

ISSN 2623-1727

Conference Proceeding on Waste Treatment Technology VOL. 1

“Perkembangan Aplikasi Teknologi Pengolahan
Limbah di Era Millennial”
September 2018



VOL. 1



2018

Conference Proceeding on
Waste Treatment Technology



WASTE TREATMENT
ENGINEERING
2018

Penerbit : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya
Telp. 031-5947186 ; Fax. 031-5942887
Website : www.ppns.ac.id
Email : wastetreatweek.ppns@gmail.com



9 772623 172006

PROGRAM STUDI D4-TEKNIK PENGOLAHAN LIMBAH
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Conference Proceeding on Waste Treatment Technology

Penanggung Jawab:

Ir. Eko Julianto, M.Sc., MRINA.

Pemimpin Umum:

George Endri Kusuma, S.T., Msc.Eng.

Pemimpin Redaksi:

Denny Dermawan, S.T., M.T.

Anggota Redaksi:

Harmin Sulistyning Titah, S.T, M.T, Ph.D (ITS)
Dr. Hardianto S.T., M.T. (ITN Malang)
Dr. Nanik Astuti Rahman S.T., M.T. (ITN Malang)
Dwi Ratri Mitha Isnadina S.T., M.T. (UNAIR)
Dr.Eng. Kusdianto S.T.,M.Sc.Eng (ITS)
Diah Susanti S.T., M.T., Ph.D (ITS)
Ahmad Erlan Afiuddin, S.T., M.T. (PPNS)
Tanti Utami Dewi, S.Si., M.Sc. (PPNS)
Moch. Luqman Ashari, S.T., M.T. (PPNS)
Mochammad Choirul Rizal, S.T., M.T. (PPNS)
Novi Eka Mayangsari, S.T., M.T. (PPNS)
Adhi Setiawan, S.T., M.T. (PPNS)
Vivin Setiani S.T., M.T., M.Sc.Eng. (PPNS)
Ulvi Pri Astuti, S.T., M.T. (PPNS)
Alma Vita Sophia, S.T., M.T. (PPNS)

Pelaksana Teknis:

Imam Hambali

Penerbit:

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Alamat Sekretariat/Redaksi:

Jurusan Teknik Permesinan Kapal Gedung Direktorat Lt. 2

Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp: +62315947186 Fax: +62315942887

Email: wastetreatweek.ppns@gmail.com

Cetakan pertama, September 2018

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

KATA SAMBUTAN KOORDINATOR PROGRAM STUDI TEKNIK PENGOLAHAN LIMBAH

Assalamualaikum Wr. Wb.,
Salam sejahtera bagi kita semua

Puji syukur Kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas terwujudnya acara “*National Conference on Waste Treatment Technology*” yang diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Pengolahan Limbah PPNS. Kegiatan ini merupakan pertama kalinya di tahun 2018 ini dan selanjutnya akan dijadikan sebagai agenda tahunan Prodi Teknik Pengolahan Limbah. Semua presentasi ilmiah pada acara ini, akan di dokumentasikan dalam prosiding ini yang bertajuk *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology Vol.1* dan telah terdaftar di ISSN.

Tema tahun ini adalah “**Perkembangan Aplikasi Teknologi Pengolahan Limbah di Era Milenial**”. Tema ini diangkat dengan sebagai upaya untuk meningkatkan kesadaran tentang pengelolaan dan pengolahan limbah, khususnya limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dengan mengutamakan faktor keselamatan, keefektifan, dan kemudahan implementasinya dalam operasional sehari-hari, sehingga di masa yang akan datang, diharapkan mampu memberikan solusi dan ide baru yang brilian dan solutif bagi isu-isu lingkungan khususnya tentang pengendalian pencemaran lingkungan.

Akhirnya, tak lupa saya mengucapkan banyak terima kasih kepada Manajemen PPNS, para sponsor, donatur, media partners, keynotes speakers, para dosen dan reviewer, pemakalah, peserta, serta panitia, yang telah berpartisipasi dan mendukung penyelenggaraan acara ini, sehingga acara ini dapat terwujud dan berjalan lancar. Akhir kata, besar harapan kami bahwasannya *Conference Proceeding* ini dapat memberi manfaat bahkan menjadi rujukan ilmiah di masa mendatang. Selamat dan sukses.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Surabaya, 23 September 2018
Koordinator Program Studi
Teknik Pengolahan Limbah

Denny Dermawan S.T., M.T.
NIP. 197604082009121001

Conference Proceeding on Waste Treatment Technology

Daftar Isi

Conference Proceeding on Waste Treatment Technology	i
KATA SAMBUTAN	i
Daftar Isi	iii

HAZARDOUS WASTE

Identifikasi Karakteristik Limbah <i>Sand Blasting</i> Di Industri Galangan Kapal	
Ragil Zika Hibriza ^{1*} , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Denny Dermawan ³	1
Identifikasi Komposisi Limbah Karbit dan Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Uji Waktu Ikat Semen (<i>Uji Setting Time</i>)	
Nuris Sidah Perdana ¹ , Moch. Luqman Ashari ² , Ridho Bayuaji ³	7
Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen	
Lita Finnyasia Aprida ¹ , Denny Dermawan ² , Ridho Bayuaji ³	13
Identifikasi Waktu Kontak Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)	
Okky Nugroho ¹ , Denny Dermawan ² , Adhi Setiawan ³	17
Pembuatan Surfaktan untuk Proses Pencucian Kain Majun yang Mengandung Limbah B3	
Yosua Ferdy Setiawan Putra ¹ , Oktavia Rudiyanti ² , dan Abas Sato ³	21
Redesain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Pada Industri Asam Phospat di Kabupaten Gresik	
Ludfiyan Reyzan Afifi ^{1*} , Moch.Luqman Ashari ² , Vivin Setiani ³ ,	27
Uji Campuran Bahan Limbah Karbit Terhadap Nilai Setting Time	
Afifah Diyah Nur'aini ¹ , Denny Dermawan ² , Ridho Bayuaji ³	31

EMISSION

Inventarisasi Emisi CO₂ Berdasarkan Penggunaan Energi pada Industri Galangan Kapal	
Islahiya Yuli Ayona ¹ , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Fitri Hardiyanti ³	35
Pemodelan Pola Sebaran NO₂ Pada Musim Hujan Dari Cerobong PT. PJB UP Gresik	
Ikka Widayarsi ¹ , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Novi Eka Mayangsari ³	39
Perancangan Bag Filter pada Ruang Packing Industri Tepung Terigu	
Rizal Hardiansyah ¹ , Ahmad Erlan Afiuddin ²	45

SOLID WASTE

Pemanfaatan Botol Plastik Bekas sebagai Biofilter Aerobik dalam Penurunan Konsentrasi COD, BOD pada Air Limbah Laboratorium Kesehatan	51
Ajeng Purnaningtias ¹ , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Tanti Utami Dewi ³	
Pengaruh Gelombang Mikro terhadap Proses Stabilisasi Dedak Padi	57
Yulia Tri Rahkadima ^{1*} dan Medya Ayunda Fitri ²	
Pengaruh <i>Typha latifolia</i> pada Rasio BOD/COD Lindi TPA Kabupaten Sidoarjo	61
Widiyanti ¹ , A., Wibisono ² , Catur L., dan Rohmah ³ , Marizatur	
Simulasi Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo	65
Waluyo Prasetyo ^{1*} dan Muchammad Tamyiz ²	
Pengukuran Timbulan, Densitas, Komposisi dan Kadar Air Limbah Padat Non B3 di PPNS	71
Rosida Khoirunnisa ^{1*} , Moch.Luqman Ashari ² , Vivin Setiani ³	

WASTE WATER

Desain Pretreatment Penurun Kadar <i>Phospate</i> Unit <i>Laundry</i> RSUD Dr. R. Koesma Tuban Dengan Metode Presipitasi dan Filtrasi	77
Riefky Nugraha Adhi ^{1*} , Denny Dermawan ² , Moch Luqman Ashari ³	
Identifikasi Pengaruh pH Terhadap Kemampuan Biosorpsi <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dalam Mengurangi Kadar Cu	85
Fariz Basyiruddin ¹ , Adhi Setiawan ² , Denny Dermawan ³	
Identifikasi Komponen FAME(<i>Fatty Acid Methyl Ester</i>) pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas	91
Rakhmad Faizal Yudha ¹ , Adhi Setiawan ² , Novi Eka Mayangsari ³	
Komparasi Efektivitas Karbon Aktif Pabrik, Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Karbon Aktif Kayu Mahoni terhadap Penurunan Nilai BOD, TSS dan <i>Turbidity</i>	97
Febi Oktafiharto ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Novi Eka Mayangsari ³	
Pemanfaatan Kayu Apu (<i>Pistia stratiotes</i>) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah <i>Laundry</i>	103
Safira Istighfari ^{1*} , Denny Dermawan ² , Novi Eka Mayangsari ³	
Pemanfaatan Waste Sludge Treatment untuk Menurunkan Total Suspended Solid	109
Qurrotul Aini ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Ahmad Erlan Afiuddin ³	
Pemanfaatan Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Jumlah Bakteri pada Filter Pengolah Air Payau	113
Laily Noer Hamidah ^{1*} , Ardhana Rahmayanti ²	
Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan Dalam Menurunkan Kandungan <i>Zinc</i> Dan Fosfat Di <i>Waste Water Treatment Plant</i> (WWTP) PT POMI	119
Nur Hidayati ¹ , Adhi Setiawan ² , Ahmad Erlan Afiuddin ³ , Erwan Yulianto ⁴	

Pengaruh F/M Rasio dan Waktu Detensi Aerasi terhadap Efisiensi <i>Removal</i> TSS pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode <i>Conventional Activated Sludge</i>	
Achmad Kurnia Saka Sandi ^{1*} , Denny Dermawan ² , Ahmad Erlan Afiuddin ³	125
Pengaruh Pemberian Dosis <i>Trichloroisocyanuric Acid</i> (TCCA) pada Bak Desinfeksi terhadap Penurunan Kandungan <i>Escherichia coli</i> di RSUD Dr. R. Koesma Tuban	
Mega Sidhi Nugrayanti ^{1*} , Denny Dermawan ² , Tanti Utami Dewi ³	129
Pengaruh Penambahan Laju Udara dan Lumpur Aktif Dalam Meremoval Kandungan COD pada Pengolahan Limbah Cair Domestik PLTU PAITON135	
Della Mahdalina ^{1*} , Denny Dermawan ² , dan Ahmad Erlan Afiuddin ³	135
Penggunaan Lidah Buaya sebagai Biokoagulan di Industri Minyak	
Dara Puspitasari ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Tanti Utami Dewi ³	141
Penurunan Konsentrasi COD, TSS, dan <i>Fluoride</i> pada Limbah Cair Industri Asam Fosfat Menggunakan Elektrokoagulasi	
Herdika Afiant Bimantara ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Novi Eka Mayangsari ³	145
Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dipo Lokomotif dengan Alternatif <i>Anaerobic Filter</i> dan <i>Anaerobic Baffle Reactor</i>	
Dynar Riski Amalia ^{1*} , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Moch Luqman Ashari ³	149
Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (Studi Kasus: RSUD Dr. R. Koesma Tuban)	
Anjan Victor Perdana ^{1*} , Moch. Luqman Ashari ² , Denny Dermawan ¹	157
Rancang Bangun Teknologi Pengolahan Limbah Cair Domestik (IPAL MINI) pada Kegiatan Asrama Mahasiswi	
Mar'atus Sholihah ^{1*} , Ahmad Erlan Afiuddin ² , Moch. Luqman Ashari ³	165
Studi Karakteristik Lumpur <i>Intake</i> Perusahaan Pembangkit Listrik	
Kusnul Dwi Ratnasari ^{1*} , Denny Dermawan ² , Moch. Choirul Rizal ³	171
<i>Recovery</i> Amonium Hidroksida (NH₄OH) dari Limbah Regenerasi Mengandung (NH₄)₂SO₄ dengan Menggunakan Distilasi Vakum	
Asadina Kusma Cahyaninggalih ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Novi Eka Mayangsari ³	177
Studi Penggunaan Dosis Koagulan PAC (<i>Poly Aluminium Chloride</i>) dan Flokulan <i>Polymer Anionic</i> Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	
Pury Erlanda Sabilina ^{1*} , Adhi Setiawan ² , Ahmad Erlan Afiuddin ³	183

Identifikasi Karakteristik Limbah *Sand Blasting* Di Industri Galangan Kapal

Ragil Zika Hibriza^{1*}, Ahmad Erlan Afiuddin², Denny Dermawan³

¹²³ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

*E-mail : zikaragil@gmail.com

Abstrak

Limbah *sand blasting* dalam proses *blasting* memiliki potensi tinggi mencemari udara didukung dengan tergolongnya limbah *sand blasting* sebagai limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sehingga memiliki dampak bahaya bagi lingkungan ataupun kesehatan manusia. Karena itu perlu dilakukan identifikasi karakteristik limbah *sand blasting* yang mencemari udara pada Industri Galangan Kapal. Analisa karakteristik limbah *sand blasting* yang dilakukan adalah mengenai ukuran partikulat, konsentrasi limbah *sand blasting* serta konsentrasi Fe dan Al pada limbah *sand blasting*. Pada penelitian ini melakukan pengujian ukuran partikulat menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*), pengujian konsentrasi limbah *sand blasting* dengan metode Gravimetri menggunakan alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) dan pengujian konsentrasi Besi (Fe) dan Aluminium (Al) menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometri*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai ukuran partikulat adalah sebesar 1,751 μm sampai 63,06 μm , untuk nilai konsentrasi limbah *sand blasting* adalah 6654,545 mg/m^3 sedangkan untuk nilai konsentrasi Fe dan Al adalah sebesar 1,6375 mg/m^3 dan 2,2925 mg/m^3 .

Kata kunci: Konsentrasi Fe dan Al, limbah *sand blasting*, ukuran partikulat.

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya dunia maritim di Indonesia tak urung membuat industri yang bergerak di bidang pembuatan kapal semakin memiliki prospek yang bagus, pada proses pembuatan kapal memiliki banyak tahapan proses dan membutuhkan waktu yang lama, salah satunya adalah proses *sand blasting*.

Menurut Hartomo dalam Sulistyono, E. dan Setyarini, P. (2011) proses *Sand blasting* adalah proses pembersihan atau persiapan permukaan logam dengan menembakkan material *abrasive* berupa pasir silika secara paksa ke permukaan material. Penyemprotan pasir ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti untuk menghilangkan karat, debu, kotoran dan membentuk kekasaran permukaan material supaya rata sehingga ketika proses pengecatan atau pelapisan cat lebih melekat dan produk tersebut akan lebih tahan terhadap korosi.

Menurut Sukandar dan Wildaniand (2010) limbah *sand blasting* dikategorikan sebagai limbah B3 karena pada limbah tersebut terindikasi mengandung sejumlah logam berat yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Paparan debu limbah *sand blasting* secara terus menerus berpotensi menyebabkan iritasi pada kulit, gangguan pernapasan bahkan silikosis. Pembuangan limbah *sand blasting* ke lingkungan tanpa pengolahan yang baik dapat mencemari udara.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara menjelaskan bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Udara merupakan salah satu elemen penting dalam kehidupan makhluk hidup, sehingga apabila terjadi pencemaran udara maka akan berdampak langsung terhadap kesehatan manusia dan mengganggu keseimbangan alam.

Penelitian ini akan membahas mengenai konsentrasi limbah *sand blasting*, ukuran partikulat serta konsentrasi Fe dan Al yang terdapat pada limbah *sand blasting*. Pengujian mengenai karakteristik limbah *sand blasting* dilakukan pada area proses *sand blasting* di Industri Galangan Kapal.

2. METODOLOGI

Sampel yang digunakan adalah limbah *sand blasting* yang diperoleh dari poroses *sand blasting* di Industri Galangan Kapal daerah Lamongan. Pengambilan sampel ini dilakukan sebanyak 8 sampel dengan lokasi serta

jarak yang berbeda untuk pengujian konsentrasi limbah *sand blasting* dan 4 sampel untuk pengujian ukuran *sand blasting* serta konsentrasi Fe dan Al yang terkandung dalam limbah *sand blasting*. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan alat berupa *High Volume Air Sampler* (HVAS).

Konsentrasi limbah *sand blasting*

Pengukuran konsentrasi limbah *sand blasting* dengan mengukur sampel sebanyak 8 sampel yang sebelumnya didapatkan dengan menggunakan alat berupa *High Volume Air Sampler* (HVAS) kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi menggunakan metode secara gravimetri yang mengacu pada SNI 19-7119.3-2005.

Ukuran partikulat

Partikulat yang terdapat pada kertas saring akan diketahui ukuran dan kandungan partikulatnya dengan cara memindai partikulat dengan menggunakan sinar elektron berenergi tinggi dan pembesaran objek pada alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) sebesar 2000 kali. Hasil dari alat SEM nantinya berupa nilai ukuran partikulat, gambar morfologi dari partikulat.

Konsentrasi Fe dan Al

Pengukuran konsentrasi besi (Fe) dan Aluminium (Al) menggunakan alat berupa AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometri*) dengan panjang gelombang sebesar 248,3 nm untuk parameter Fe dan 309,3 nm untuk parameter Al.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi limbah *sand blasting*

Hasil nilai konsentrasi limbah *sand blasting* dalam 8 sampel yang diambil dengan lokasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

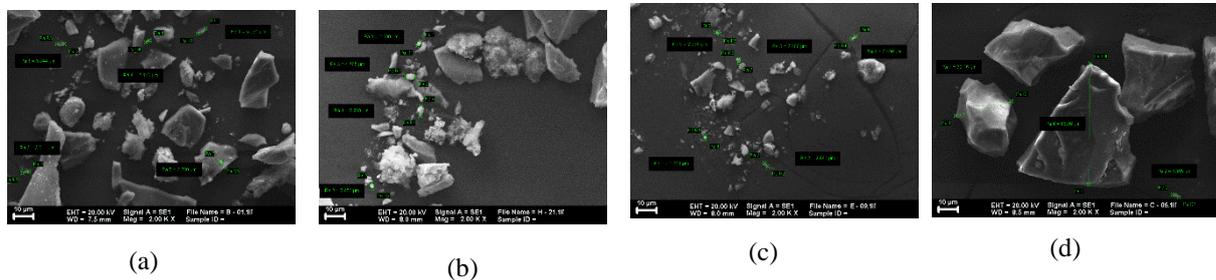
Tabel 1. Konsentrasi Limbah *Sand blasting*

No	Kode sampel	Nilai konsentrasi (mg/m ³)
1	A	587,87
2	B	4490,91
3	C	20842,42
4	D	260,61
5	E	15181,82
6	F	303,03
7	G	781,82
8	H	10787,88
Rata – rata		6654,545

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai rata – rata konsentrasi partikulat limbah *sand blasting* sebesar 6654,545 mg/m³ apabila dibandingkan dengan baku mutu partikulat sebesar 350 mg/m³ yang diatur pada Peraturan Gubernur Nomor 10 Tahun 2009, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi limbah tersebut melebihi baku mutu.

Ukuran partikulat

Dari pengujian menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan perbesaran 2000 kali didapatkan bentuk morfologi dari partikulat limbah *sand blasting*.



Gambar 1. Morfologi dan ukuran partikulat

Gambar 1 menunjukkan morfologi dari partikulat limbah *sand blasting* dan nilai ukuran partikulat pada 4 sampel, nilai ukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Partikulat

No	Kode sampel	Ukuran partikulat (μm)
1	B	2,280
		2,416
		3,611
		3,944
		5,061
2	C	3,395
		30,16
		63,06
3	E	1,751
		2,188
		2,284
		2,480
		2,682
4	H	2,950
		2,600
		4,705
		5,260

Dari hasil pengukuran, nilai ukuran partikulat yang paling terkecil adalah 1,751 μm dan ukuran yang paling besar adalah 63,06 μm .

Konsentrasi Fe dan Al

Nilai konsentrasi besi (Fe) dan Aluminium (Al) dalam 4 sampel limbah *sand blasting* yang diukur dengan menggunakan AAS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Fe dan Al

No	Kode Sampel	Hasil Pengujian Parameter Fe (mg/m ³)	Hasil Pengujian Parameter Al (mg/m ³)
1	B 01	1,66	2,78
2	C 02	0,50	0,41
3	E 03	1,17	1,93
4	H 04	3,22	4,05
Rata – rata		1,6375	2,2925

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai rata – rata konsentrasi Fe dan Al partikulat limbah *sand blasting* sebesar 1,6375 mg/m³ dan 2,2925 mg/m³ apabila dibandingkan pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia Di Tempat Kerja menjelaskan bahwa nilai ambang batas untuk parameter debu logam adalah sebesar 10 mg/m³. Dari pengukuran tersebut semua sampel tidak ada yang melebihi nilai ambang batas baik untuk parameter Fe atau Al.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi limbah *sand blasting* adalah 6654,545 mg/m³, ukuran partikulat adalah sebesar 1,751 µm sampai 63,06 µm dan konsentrasi Fe dan Al pada limbah *sand blasting* adalah sebesar 1,6375 mg/m³ untuk parameter Fe dan 2,2925 mg/m³ untuk parameter Al.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya penyusunan jurnal ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Industri Galangan Kapal di Lamongan serta Laboratorium Energi dan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah membantu penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amrin, & Ardilla, D. (2013). Analisa Besi (Fe) dan Aluminium (Al) Dalam Tanah Lempung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Kimia, Universitas Negeri Padang*.
- Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016, November). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. In Seminar MASTER PPNS (Vol. 1, No. 1).
- Hamiresa, G. (2016). Faktor Emisi Debu Jatuh Dan Total Suspended Particulate Dari Tanah Andosol Untuk Memprakirakan Penurunan Kualitas Udara.
- Huboyo, S. H. (2007). Analisis Efisiensi Teoritis Kondisi Fabric Filter di Unit Coal Mill Pada PT. SG di Tuban Jawa Timur. *Jurnal Presipitasi, Vol.2, No.1*.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Sumber Emisi Tidak Bergerak.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- SNI 06-6898.34. (2005). Air dan Air Limbah – Bagian 34: Cara Uji Kadar Aluminium (Al) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
- SNI 19-7119.3. (2005). Udara ambien – Bagian 3: Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode gravimetri.
- SNI 6898.4. (2009). Air dan Air Limbah – Bagian 4: Cara Uji Besi (Fe) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala.
- Sujatno, A., Salam, R., & Dimiyati, A. (2015). Studi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir Volume 9 Nomor 2*, 44-50.
- Sukandar, & Wildaniand, N. (2010). Studi Awal Pemanfaatan Limbah Sandblasting Sebagai Koagulan. *Jurnal Teknik Lingkungan, Vol.16, No.1*, 93-102.
- Sulistyo, E., & Setyarini, P. H. (2011). Optimasi Proses *Sand Blasting* Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja Aisi. *Jurnal Rekayasa Mesin Volume 2 Nomor 2*, 106-109

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identifikasi Komposisi Limbah Karbit dan Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Uji Waktu Ikat Semen (Uji Setting Time)

Nuris Sidah Perdana¹, Moch. Luqman Ashari², Ridho Bayuaji³

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Diploma Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60118

*E-mail : nurissaidah217@gmail.cpm

Abstrak

Limbah karbit merupakan limbah yang dihasilkan dari unit pembuatan gas *acetylene* pada salah satu industry gas di daerah Gresik. Gas *acetylene* diproduksi dengan mereaksikan kalsium karbida dengan air, sehingga menghasilkan gas *acetylene* dan meninggalkan endapan karbit yang berwujud slurry. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa komposisi kimia yang terdapat dalam limbah karbit dan pengaruhnya terhadap uji waktu ikat semen. Analisa dilakukan dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil uji XRF menunjukkan bahwa komposisi limbah karbit terdiri dari senyawa Al_2O_3 sebesar 0,61%, SiO_2 0,94%, SO_3 0,3%, CaO 95,37%, Fe_2O_3 0,48%, Y_2O_3 0,25% dan MoO_3 sebesar 2,1%. Uji waktu ikat semen (*uji setting time*) bertujuan untuk mengetahui waktu ikat awal dan waktu ikat akhir semen. Hasil uji waktu ikat awal dan waktu ikat akhir penambahan limbah karbit sebesar 0% terhadap pengurangan semen adalah pada menit ke 77,5 dan 135, penambahan 10% terjadi pada menit ke 60 dan 135, penambahan 20% terjadi pada menit ke 35 dan 105, penambahan 30% terjadi pada menit ke 22,5 dan 90.

Kata Kunci: Limbah Karbit, X-Ray Fluorescence, Waktu ikat semen (*uji setting time*)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin modern memicu berkembangnya industri – industri guna mendukung kebutuhan – kebutuhan manusia yang semakin kompleks. Seiring dengan bertambahnya industri, semakin meningkat pula permasalahan mengenai limbah yang dihasilkan oleh tiap- tiap industri. Salah satunya adalah industri yang bergerak dalam bidang produsen gas industri yang memproduksi gas *acetylene*. *Acetylene* merupakan gas yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Gas ini banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam pengelasan *acetylene*. Bahan baku dalam pembuatan gas *acetylene* adalah kalsium karbida (CaC_2) dengan ditambahkan air sebagai pereaksinya. Reaksi tersebut menghasilkan gas *acetylene* (C_2H_2) dan $Ca(OH)_2$ (kalsium hidroksida) yang berwujud *slurry*. Limbah karbit yang dihasilkan dalam satu tahun rata – rata sekitar 1978,72 m³. Menurut PP No 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun pada lampiran I dinyatakan bahwa limbah karbit yang berasal dari kegiatan industri gas termasuk limbah B3 dengan kategori bahaya 2. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan limbah B3 yang tepat untuk menghindari kontaminasi dengan manusia serta lingkungan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, komposisi kimia terbesar dalam limbah karbit adalah CaO sebesar 56,5% dan SiO_2 4,3% (Makarantat, 2010 dalam Denny & Luqman, 2016). Sedangkan komposisi terbesar semen *portland* adalah CaO sebesar 60 – 65% dan unsur Si 17 – 25%. Material utama dari semen *portland* adalah kapur dan silika. Beberapa semen juga mengandung sejumlah kecil Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO dan SO_3 (Sagel dkk.,1997 dalam Yusibani Et al, 2016).

X-Ray Fluoresensi (XRF) merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia dari suatu material (Duggal, 2008 dalam Yusibani Et al, 2016). *X-Ray Fluoresensi* (XRF) merupakan salah satu metode analisis unsur dalam suatu material secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dapat memberikan informasi mengenai unsur apa saja yang terkandung dalam material tersebut, sedangkan analisa kuantitatif dapat memberikan informasi mengenai jumlah unsur yang terkandung dalam material tersebut (Brouwer, 2010 dalam Yusibani Et al, 2016).

Berdasarkan hasil pengujian *X-Ray Fluoresensi* (XRF) dari limbah karbit menunjukkan bahwa komposisi limbah karbit terdiri dari senyawa Al_2O_3 sebesar 0,61%, SiO_2 0,94%, SO_3 0,3%, CaO 95,37%, Fe_2O_3 0,48%, Y_2O_3 0,25% dan MoO_3 2,1%. Material utama penyusun semen *portland* adalah kapur dan silika (Sagel dkk.,1997 dalam Yusibani, 2016). Komposisi senyawa kimia CaO dan SiO_2 dalam limbah karbit sebesar

95,37% dan 0,94%. Sedangkan senyawa kimia CaO dan SiO₂ dalam semen *portland* sebesar 60 – 65% dan 17 – 25% (Sagel dkk, 1997 dalam Yusibani Et al, 2016). Senyawa CaO dalam semen berfungsi sebagai pengontrol kekuatan dan ketahanan material terhadap palapukan dan SiO₂ berfungsi sebagai penambah kekuatan, jika terlalu banyak akan membuat *setting time* lambat (Sagel dkk, 1997 dalam Yusibani Et al, 2016).

Sehingga dalam penelitian ini, dilakukan pemanfaatan limbah karbit sebagai substitusi semen. Pengujian yang dilakukan yaitu uji waktu ikat semen yang telah ditambahkan limbah karbit sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap pengurangan semen.

Uji waktu ikat semen (*setting time*) berdasarkan SNI 03-6827-2002 bertujuan untuk mendapatkan nilai waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal merupakan waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Waktu ikat awal ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum *vicat* mencapai nilai 25 mm. Waktu ikat akhir merupakan waktu dimana penetrasi jarum *vicat* tidak terlihat secara visual.

2. METODOLOGI

Langkah awal dalam penelitian ini adalah dilakukan pengujian komposisi senyawa kimia pada limbah karbit dengan menggunakan metode uji *X-Ray Fluoresensi* (XRF). Tujuan dari pengujian komposisi senyawa kimia pada limbah karbit adalah untuk mengetahui kesamaan komposisi kimia limbah karbit dengan komposisi kimia semen *portland*.

Setelah dilakukan uji komposisi kimia limbah karbit, maka dilakukan uji waktu ikat semen yang telah ditambahkan limbah karbit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan hasil data. Persentase penambahan limbah karbit dalam penelitian ini sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap pengurangan semen. Alat – alat yang digunakan dalam pengujian waktu ikat semen (*setting time*) yaitu alat *vicat*, cincin *ebonite*, plat kaca dengan ukuran (150 x 150 x 3 mm), jarum *vicat*, timbangan digital, loyang, *stopwatch* dan gelas ukur. Limbah karbit dan semen *portland* yang telah ditimbang sebanyak 250 gr dituang ke dalam loyang dan ditambahkan air sedikit demi sedikit, kemudian diaduk sampai menjadi homogen. Setelah itu, adonan tersebut dibentuk menjadi bola pasta dan diletakkan ke dalam cincin *ebonite* yang telah diberi alas plat kaca. Kemudian diamati dan dicatat nilai penurunan yang terjadi saat jarum *vicat* ditusukkan ke dalam pasta semen setiap 15 menit hingga jarum *vicat* tidak dapat menembus pasta semen tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil Uji *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Limbah karbit yang akan diuji berasal dari salah satu industry gas di daerah Gresik. Uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk mengetahui jenis – jenis senyawa kimia serta presentase senyawa kimia tersebut dari limbah karbit. Hasil uji komposisi senyawa kimia limbah karbit terdapat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil Uji XRF pada Limbah Karbit

No.	Senyawa	Presentase (%)
1.	Al ₂ O ₃	0,61
2.	SiO ₂	0,94
3.	SO ₃	0,3
4.	CaO	95,37
5.	Fe ₂ O ₃	0,48
6.	Y ₂ O ₃	0,25
7.	MoO ₃	2,1

(Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2018)

Bahan penyusun utama dalam semen *portland* adalah kapur dan silika. Komposisi kimia CaO dan SiO₂ dalam semen *portland* sebesar 60 – 65% dan 17 – 25%. Senyawa CaO dalam semen berfungsi sebagai pengontrol kekuatan dan ketahanan material terhadap palapukan dan SiO₂ berfungsi sebagai penambah kekuatan, jika terlalu banyak akan membuat (*setting time*) lambat (Sagel dkk, 1997 dalam Yusibani Et al, 2016).

Berdasarkan hasil pengujian *X-Ray Fluoresensi* (XRF) dari limbah karbit menunjukkan bahwa komposisi SiO₂ sebanyak 0,94% dan CaO sebanyak 95,37%. Komposisi senyawa kimia terbesar yang dimiliki oleh limbah karbit adalah CaO begitupun pada semen *portland*. Sehingga limbah karbit dapat digunakan sebagai substitusi semen *portland*.

B. Analisa Hasil Uji Ikatan Semen (*Setting Time*)

Berdasarkan SNI 03-6827-2002, pengujian waktu ikat semen dibagi menjadi 2, yaitu waktu ikat awal dimana penetrasi jarum *vicat* mencapai 25 mm dan waktu ikat akhir dimana penetrasi jarum *vicat* tidak terlihat secara visual. Uji *setting time* dilakukan terhadap tiap – tiap persentase penambahan limbah karbit yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%. Uji *setting time* dimulai setelah bola pasta semen didiamkan dalam cincin *ebonite* selama 45 menit. Setelah itu dilakukan penetrasi setelah 15 menit. Berikut ini merupakan hasil dari uji *setting time* :

Tabel 2. Uji *Setting Time* Semen dengan Penambahan Limbah Karbit 0%

Waktu (menit)	Waktu Kumulatif (menit)	Penurunan (mm)
45	45	40
15	60	38
15	75	27
15	90	15
15	105	5
15	120	3
15	135	0

Berdasarkan tabel di atas, nilai waktu ikat awal semen tanpa limbah karbit terjadi pada menit ke 77,5 dan waktu ikat akhir atau waktu pengerasan terjadi pada menit ke 135.

Tabel 3. Uji *Setting Time* Semen dengan Penambahan Limbah Karbit 10%

Waktu (menit)	Waktu Kumulatif (menit)	Penurunan (mm)
45	45	32
15	60	25
15	75	20
15	90	7
15	105	0

Berdasarkan tabel di atas, nilai waktu ikat awal semen dengan penambahan limbah karbit 10% lebih cepat yaitu terjadi pada menit ke 60 dan waktu ikat akhir atau waktu pengerasan juga lebih cepat yaitu terjadi pada menit ke 105.

Tabel 4. Uji *Setting Time* Semen dengan Penambahan Limbah Karbit 20%

Waktu (menit)	Waktu Kumulatif (menit)	Penurunan (mm)
45	45	23
15	60	20
15	75	15
15	90	3
15	105	0

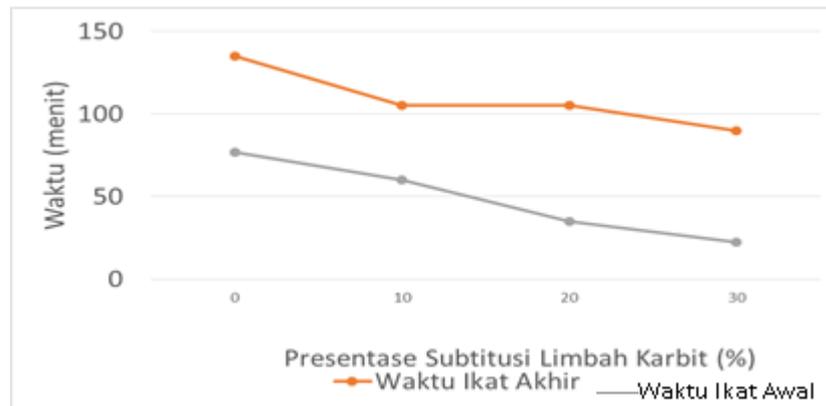
Berdasarkan tabel di atas, nilai waktu ikat awal semen dengan penambahan limbah karbit 20% lebih cepat yaitu terjadi pada menit ke 22,5 dan waktu ikat akhir atau waktu pengerasan sama seperti waktu ikat akhir semen persentase limbah karbit sebelumnya yaitu terjadi pada menit ke 105.

Tabel 5. Uji *Setting Time* Semen dengan Penambahan Limbah Karbit 30%

Waktu (menit)	Waktu Kumulatif (menit)	Penurunan (mm)
45	45	19
15	60	16
15	75	8
15	90	0

Berdasarkan tabel di atas, nilai waktu ikat awal semen dengan penambahan limbah karbit 30% adalah yaitu terjadi pada menit ke 22,5 dan waktu ikat akhir atau waktu pengerasan merupakan yang paling cepat dibanding komposisi lainnya yaitu terjadi pada menit ke 90.

Grafik 1. Uji *Setting Time* Semen dengan Penambahan Limbah Karbit 0%, 10%, 20% dan 30%



Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi substitusi limbah karbit dalam semen *portland*, maka semakin cepat juga waktu ikat akhir dan waktu ikat awal semen. Hal ini dikarenakan komposisi silika dalam limbah karbit yang hanya sebesar 0,94%, sedangkan pada semen normal nilai SiO_2 sebesar 17 – 25%. Fungsi SiO_2 dalam semen adalah sebagai penambah kekuatan namun jika terlalu banyak akan membuat *setting time* lama. Uji *setting time* semen *portland* yang ditambahkan limbah karbit akan semakin cepat dibandingkan dengan uji *setting time* semen *portland* tanpa adanya penambahan limbah karbit .

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji XRF, kandungan terbesar dari limbah karbit adalah CaO yaitu sebesar 95,37% Senyawa CaO juga merupakan komposisi senyawa kimia terbesar dari semen *portland*, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen. Komposisi senyawa SiO_2 dalam limbah karbit yang lebih kecil dari pada semen yaitu sebesar 0,94% dapat meningkatkan waktu ikat awal maupun waktu ikat akhir semen yaitu mencapai menit ke 22,5 dan menit ke 90.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak Industri Gas yang telah mengizinkan dan membantu penulis dalam melakukan penelitian ini, pihak Laboratorium Energi dan Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pihak Laboratorium Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya yang telah membantu penelitian dalam laboratorium.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standart, 2010, ASTM C191-08. *Standart Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement Vicat Needle*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ashari, M.L. dan Denny Dermawan . (2018). *Studi Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Spent Bleaching Earth sebagai Pengganti Agregat pada Campuran Beton*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia 03-6827-2002 Tentang Metode pengujian waktu ikat awal semen Portland dengan menggunakan alat vicat untuk pekerjaan sipil* (2002). Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004 Tentang Semen Portland*. (2004). Jakarta
- Dermawan, D., & Ashari, M. (2016). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. *Seminar*

- MASTER PPNS, 1(1). Retrieved from
<http://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTER/article/view/72>
- Dewi, N.R, Ashari, M.L. dan Denny Dermawan . (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton)*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Dewi, V., Ashari, M., & Dermawan, D. (2018). Analisis Pengaruh Limbah Slag dan Debu EAF (Electric Arc Furnace) Terhadap Uji SEM, Uji Kuat Tekan Beton, dan Uji TCLP. *Seminar K3, 1(1)*, 292-296. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/112>
- Has dan Suprpto. (2016). *Pengaruh Penambahan Limbah Gas Asetilen Pengganti Fly Ash Terhadap Kualitas Genteng Beton Sesuai SNI 0096:2007*. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Natania, Dea. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah Karbit PT Z Sebagai Bahan Campuran Dalam Pembuatan Beton Ringan*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Nur Anisya, L., Ashari, M., & Dermawan, D. (2018). Pemanfaatan Limbah Padat Debu EAF Pada Perusahaan Peleburan Baja Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Beton. *Seminar K3, 1(1)*, 367-372. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/171>
- Republik Indonesia. *Undang – undang No.101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan berbahaya dan beracun (2014)*. Jakarta
- Wahyuningtyas, Dyah., & Suprpto. (2016). *Pengaruh Penggunaan Copper Slag sebagai Pengganti Pasir Terhadap kualitas Genteng Beton sesuai SNI 0096:2007*. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Yasin, A.K dan Ridho Bayuaji . (2015). *Pengaruh Penambahan Serbuk Limbah Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Subtit Usi Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Fitri, Nurul., Yusibani, Elin, & Yufita, Evi (2016). *Identifikasi Kandungan Material Perekat pada Benteng Purba di Kawasan Aceh Besar Menggunakan XRF*. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen

Lita Finnyasia Aprida¹, Denny Dermawan², Ridho Bayuaji³

^{1,2}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Diploma Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
60118

*E-mail : litaaprida@gmail.com

Abstrak

Limbah karbit merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dari proses produksi gas asetilen sehingga, memiliki dampak bahaya bagi karyawan ataupun lingkungan disekitar tempat produksi. Limbah karbit yang mengandung CaO dan silika (SiO_2) yang tinggi sehingga diidentifikasi dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan beton. Selain itu, limbah abu sekam padi dianggap bisa digunakan sebagai campuran bahan bangunan karena juga mengandung silika (SiO_2) yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi karakteristik limbah karbit dan abu sekam padi sebagai upaya pemanfaatan keduanya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi karakteristik limbah karbit dan abu sekam padi sebagai bahan alternatif pengganti semen. Pada penelitian ini pengujian kandungan dari limbah karbit dan abu sekam padi menggunakan metode XRF (*X-ray Fluorescence*). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan dari limbah karbit yaitu CaO 95,37%, SiO_2 0,94%, Al_2O_3 0,61% dan Fe 0,48%. Kandungan dari abu sekam padi yaitu SiO_2 80,4%, Fe_2O_3 10,4%, CaO 5% dan K_2O 2,89 %. Kandungan CaO yang tinggi pada limbah karbit dan kandungan SiO_2 yang tinggi pada abu sekam, mengindikasikan bahwa kedua jenis limbah dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti semen.

Kata Kunci: Limbah Karbit, Abu Sekam Padi. Kandungan CaO dan SiO_2 .

1. PENDAHULUAN

Indonesia salah satu negara yang memiliki pertumbuhan penduduk yang pesat sehingga berbanding lurus dengan kebutuhan pembangunan tempat tinggal. Oleh karena itu kebutuhan bahan bangunan juga ikut meningkat salah satunya yaitu kebutuhan semen. Jadi dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang bahan alternatif pengganti semen untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Bahan pengganti semen yang dapat digunakan antara lain limbah karbit dan abu sekam.

Limbah karbit merupakan limbah B3 yang berasal dari Proses produksi gas asetilen. Limbah karbit tersebut berasal dari reaksi antara air dan karbit pada reaktor pembuatan gas asetilen. Berdasarkan Lampiran Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 mengenai Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah karbit termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber spesifik dengan kode limbah B356-1 dengan kategori bahaya kronis.

Limbah karbit memiliki komposisi kimia 60% *Calcium* (CaO), 1,48% SiO_2 , 0,09% Fe_2O_3 , 9,07% Al_2O_3 , pada penelitian yang sama diketahui bahwa unsur pembentuk utama dari semen adalah Calcium yang berasal dari batu kapur (Rajiman, 2015). Menurut (Utomo, 2010) kandungan kalsium yang cukup tinggi membuat limbah karbit ini memiliki sifat-sifat fisis yang menyerupai kalsium hidroksida dalam hal senyawa kimia terbesar adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$, daya ikat terhadap air cukup tinggi, memiliki tekstur bahan berbutir, mempunyai bau yang khas, dan diameter butiran-butiran relatif lebih besar dibanding butiran lempung. Penambahan limbah karbit merupakan upaya untuk meningkatkan unsur kalsium yang diperlukan dalam terjadinya reaksi pozzolanic bila tercampur dengan SiO_2 dalam limbah karbit. Reaksi pozzolanic merupakan reaksi antara kalsium, silika atau aluminat dengan air sehingga membentuk suatu massa yang keras dan kaku yang hampir sama dengan proses hidrasi pada Portland Cement (Aswad, 2013).

Limbah sekam belum dimanfaatkan secara maksimal padahal merupakan bahan baku yang dapat dikembangkan dalam agroindustri, karena tersedia dalam jumlah banyak serta murah. Di samping sebagai bahan bakar, sekam padi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif, kertas karbon, batu baterai dan lain-lain (Satriyani Siahaan, 2013). Abu sekam padi memiliki aktivitas *pozzolanic* yang sangat tinggi sehingga lebih unggul dari *fly ash*, *slag*, dan *silica fume* (Bakri, 2008). Pada penelitian lainnya limbah abu sekam dianggap bisa menjadi bahan campuran bahan bangunan, dari hasil pengujian diperoleh

hasil kadar *silica* (SiO_2) yang terkandung dalam abu sekam padi memiliki kandungan sebesar 93.5 % dan merupakan komposisi kimia terbesar dalam abu sekam (Nurhaeri Zulkaidah, 2016). Dengan kadar *silica* yang tinggi abu sekam padi bisa di buat sebagai bahan pengganti semen.

Penelitian ini akan membahas mengenai kandungan limbah karbit dan abu sekam padi sebagai alternatif pengganti semen. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 15-2049-2015 komposisi semen portland yaitu CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO dan K_2O sehingga jika diamati dari SNI tersebut dan penelitian sebelumnya limbah karbit serta abu sekam padi memiliki kandungan yang bisa digunakan sebagai bahan pengganti semen.

2. METODOLOGI

Sampel yang digunakan adalah limbah karbit dari industri pembuatan gas di Gresik dan juga sekam padi dari penggilingan padi di Gresik. Pengambilan sampel limbah karbit dilakukan dalam TPS limbah B3 sedangkan untuk sekam padi pengambilan sampel dilakukan dalam tempat pembuangan sekam padi pada tempat penggilingan.

Pembuatan Abu Sekam Padi

Sekam padi yang digunakan berasal dari tempat penggilingan padi yang ada di daerah Gresik. Sekam padi yang akan digunakan dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran yang ada pada sekam padi, kemudian dikeringkan hingga mencapai keadaan kering. Sekam padi yang telah kering kemudian dibakar menggunakan metode yang dilakukan oleh (Bakri, 2008) dengan melakukan beberapa penyesuaian. Sekam padi dibakar dalam drum pada suhu $\pm 400^\circ \text{C}$ selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi. Arang sekam padi kemudian didinginkan selama 24 jam kemudian dibakar pada furnace pada suhu 600°C selama 2 jam. Setelah dilakukan proses furnace abu sekam padi kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortar selama 5 menit. Abu sekam padi yang telah siap disimpan dalam kantong plastik yang tertutup sebelum dianalisis.

Kandungan Limbah Karbit

Pengujian kandungan limbah karbit menggunakan alat XRF (*X-ray Fluorescence*) dengan metode tanpa standar, tanpa filter, mediumnya helium, waktu pengujiannya 60 detik, energi yang digunakan 14 KV dan berat sampelnya yaitu 7,3936 gram.

Kandungan Abu Sekam Padi

Pengujian kandungan Abu Sekam Padi menggunakan alat XRF (*X-ray Fluorescence*) dengan metode tanpa standar, tanpa filter, mediumnya udara, waktu pengujiannya 60 detik, energi yang digunakan 30 KV dan berat sampelnya yaitu 3,5054 gram.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Limbah Karbit

Hasil pengujian kandungan dari limbah karbit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian XRF Limbah Karbit

Unsur Penyusun Limbah Karbit		Senyawa Penyusun Limbah Karbit	
Komponen	Konsentrasi (%)	Komponen	Konsentrasi (%)
Al	0,4	Al_2O_3	0,61
Si	0,49	SiO_2	0,94
S	0,2	SO_3	0,3
Ca	96,68	CaO	95,37
Fe	0,51	Fe_2O_3	0,48
Y	0,2	Y_2O_3	0,25
Mo	1,5	MoO_3	2,1
Mg	No intensity	MgO	No intensity

Berdasarkan hasil pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) yang telah dilakukan dapat diketahui prosentase kandungan dari limbah karbit. Pengujian tersebut dilakukan sebanyak 2 kali dan didapatkan prosentase yang relatif sama pada kandungan limbah karbit. Selain itu dalam pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) pada limbah karbit prosentase senyawa CaO (kapur) 95%. Senyawa CaO tersebut mampu digunakan sebagai bahan bangunan karena sifatnya yang mudah mengeras. Senyawa CaO juga merupakan bahan dasar dari pembuatan semen. Sifat fisik limbah karbit yang mudah halus sehingga dengan tingkat

kehalusan tersebut limbah karbit dapat masuk kerongga-rongga yang terdapat dalam semen dan akan mempercepat reaksi kimia sehingga akan meningkatkan kekuatan (Rajiman, 2015). Senyawa CaO tersebut mampu digunakan sebagai bahan bangunan karena sifatnya yang mudah mengeras. Selain itu dapat diketahui bahwa unsur pembentuk utama dari semen adalah Calsium yang berasal dari batu kapur (Rajiman, 2015). Namun, penambahan limbah karbit pada beton menunjukkan bahwa semakin banyak limbah karbit yang digunakan maka akan semakin rendah kuat tekannya. Hal ini dipengaruhi oleh sifat limbah karbit yang mudah menyerap air sehingga terlalu banyak kandungan air pada campuran beton dan dapat memperlemah beton (Dewi, 2016).

Kandungan Abu Sekam Padi

Hasil pengujian kandungan dari limbah karbit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian XRF ABu Sekam Padi

Unsur Penyusun Abu Sekam Padi		Senyawa Penyusun Abu Sekam Padi	
Komponen	Konsentrasi (%)	Komponen	Konsentrasi(%)
Si	65,1	SiO ₂	80,4
S	0,66	SO ₃	0,8
K	5,28	K ₂ O	2,89
Ca	8,19	CaO	5
Mn	0,591	MnO	0,308
Fe	19,7	Fe ₂ O ₃	10,4
Cu	0,2	CuO	0,086
Zn	0,17	ZnO	0,073

Berdasarkan hasil pengujian XRF (*X-Ray Flourescence*) yang telah dilakukan dapat diketahui prosentase kandungan dari abu sekam padi. Pengujian tersebut dilakukan sebanyak 2 kali dan didapatkan prosentase yang relatif sama pada kandungan abu sekam padi. Pada pengujian XRF (*X-Ray Flourescence*) pada abu sekam padi persentase senyawa SiO₂ (silika) 80%. Silika mempunyai sifat hydophilic yaitu sifat untuk menarik atau mengikat air, sehingga apabila silika tercampur dengan air, maka akan terjadi suatu ikatan yang kuat dan berkurangnya pori-pori yang ada di dalam beton (Rajiman, 2015). Kandungan silika yang cukup tinggi pada abu sekam padi dapat berpengaruh terhadap kuat tekan beton (Nurhaeri Zulkaidah, 2016). Didukung dengan tekstur abu sekam padi yang halus maka, dapat mengisi kekosongan celah antar agregat halus sehingga, membuat beton lebih padat (Sri Raharja, 2015)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian tersebut, kandungan CaO limbah karbit sebesar 95,37%. Limbah karbit memiliki potensi digunakan sebagai bahan alternatif pengganti semen. Kandungan SiO₂ abu sekam padi sebesar 80,4%, maka abu sekam padi memiliki potensi sebagai pengganti semen.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan selesainya penelitian ini maka penulis menyampaikan ucapan terimakasih ini kepada Industri Pembuatan Gas di Gresik dan Laboratorium Energi dan Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah membatu penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asward, N.H. (2012) Penggunaan Limbah Las Karbit Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Subtitusi Semen Pada Paving Block. *Metropilar* Volume 11 Nomor 3, 244252.
- Ashari, M.L., Dermawan, D. (2018) Studi Pemnfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Minyak Kepala Sawit Spent Bleaching Earth Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Beton. *Jurnal Presipitasi* Vol.15 No. 1.
- Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia Nomor 15-2049-2004. Tentang Semen Portland. (2004). Jakarta : Republik Indonesia
- Bakri. (2008). Komponen Kimia Dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai Scm Untuk Pembuatan Komposit Semen. *Jurnal Perennial*, 5(1) , 9-14.

- Dewi, N.R., Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016) Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi* Vol. 13 No.1, 34-43.
- Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016) Studi Pemanfaatan Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. *Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan* Vol. 01. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya , Surabaya.
- Nurhaeri Zulkaidah, T. H. (2016). Pengaruh Silika (Sio₂) Dalam Ampas Tebu Dan Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Batu Bata Tanpa Pembakaran. 1-9. Universitas Hasanudin, Makasar.
- Peraturan Pemerintah Nomor 101. Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. (2014). Jakarta : Republik Indonesia.
- Rajiman. (2015). Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Material Agregat Alam (Feldspart) Terhadap Sifat Fisik Beton. *Tapak* Vol. 4 No. 2 , 118-124.
- Satriyani Siahaan, M. H. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi . *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2, No. 1, 26-30.
- Sri Raharja, S. A. (2015). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *MATRIKS TEKNIK SIPIL* Vol. 1 No. 4, 5003-510.
- Utomo, H. M. (2010). Analisis Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah. Tugas Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta.

Identifikasi Waktu Kontak Karbon Aktif Sekam Padi sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb)

Okky Nugroho¹, Denny Dermawan², Adhi Setiawan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Kampus-ITS, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60119

*E-mail: nugrohookky20@gmail.com

Abstrak

Perkembangan industri beserta kegiatannya akan menimbulkan limbah yang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Dampak yang ditimbulkan berupa pencemaran logam berat. Salah satunya logam berat Pb (Timbal). Timbal merupakan salah satu logam yang sangat berbahaya dan dapat menimbulkan masalah kesehatan apabila terakumulasi dalam tubuh, untuk mengantisipasi hal tersebut perlu dilakukan upaya untuk menurunkan kadar logam berat Pb. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penurunan kadar logam berat Pb yang dipengaruhi oleh variasi waktu kontak (35, 75, dan 115 menit) dengan konsentrasi awal 12,16 ppm, serta mendapatkan nilai daya serap adsorben sekam padi melalui uji *Atomic Absorption Spectrofotometri*. Metode dalam penelitian ini meliputi tahap sebagai berikut : Pembuatan karbon aktif sekam padi, proses aktivasi karbon secara kimia, Analisa SEM (*Scanning Elektron Microscope*), pembuatan larutan Pb(NO₃)₂, dan uji adsorpsi. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah Logam berat Timbal (Pb) dan parameter keberhasilan dari penelitian ini adalah % penurunan tertinggi pada logam berat timbal (Pb) di limbah cair. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil penurunan kadar logam berat Pb tertinggi pada waktu kontak 115 menit.

Kata kunci: *Atomic Absorption Spectrofotometri*; Adsorben; Logam Berat; Sekam padi; Waktu Kontak.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, dimana banyak bermunculan industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan yang diperlukan manusia. Seiring berkembangnya jaman, sektor industri tidak luput dengan hasil sampingan yaitu berupa limbah. Salah satunya adalah limbah logam berat. Logam berat cenderung tidak terdegradasi dan tersirkulasi, akan tetapi terakumulasi melalui rantai makanan yang merupakan ancaman bagi hewan dan manusia. (Wardalia, 2016). Pencemaran logam biasanya tidak berdiri sendiri namun dapat terbawa oleh komponen lingkungan yaitu air, tanah, dan udara. Komponen lingkungan yang tercemar oleh senyawa anorganik, maka di dalamnya kemungkinan mengandung berbagai logam berat seperti Cr, Zn, Pb, Cd, Fe dan sebagainya. (Wardalia, 2016). Kandungan logam Pb dapat berasal dari berbagai sumber diantaranya industri kelapa sawit, pertambangan minyak, pelabuhan serta galangan kapal.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menyatakan bahwa konsentrasi Pb yang diperbolehkan adalah sebesar 0,01 mg/l untuk golongan I dan 1 mg/l untuk golongan II, oleh karena itu sebelum dibuang ke perairan, perlu adanya *treatment* supaya tidak mencemari lingkungan. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam suatu tubuh makhluk hidup untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997). Metode yang digunakan dalam penurunan logam berat dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu dengan metode adsorpsi. (Diantariani dkk, 2008; Giyatmi dkk, 2008; Haryani, 2007; Kartohardjono dkk, 2008). Saat ini banyak dikembangkan teknologi aplikasi adsorpsi, yaitu menggunakan hasil sampingan seperti sekam padi untuk menurunkan kadar logam berat dari air (adsorpsi).

Penghilang ion-ion logam dapat dilakukan dengan menggunakan pemanfaatan limbah yang berasal dari sekam padi (Junaedi., dkk., 2009). Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan waktu kontak optimum ion Timbal (Pb) dengan arang sekam padi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa waktu kontak optimum adsorpsi ion Timbal (Pb) adalah 120 menit, dengan kapasitas penyerapan logam timbal (Pb) adalah 0,406 mg/gr serta efisiensi penyerapan ion Timbal (Pb) adalah 34,01%. Berdasarkan penelitian Citra Lestari., dkk, (2017). Penentuan waktu kontak optimum dan massa optimum arang aktif kulit kakao sebagai adsorben ion timbal (Pb), waktu kontak yang paling optimum pada waktu kontak 2.400 detik dengan presentase

penyerapan sebesar 98,547%. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi penurunan kadar logam berat Pb terhadap variasi waktu kontak dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrofotmetric*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pembuatan Karbon dari Sekam Padi

Tahapan awal yang dilakukan adalah membuat karbon aktif dari sekam padi. Pertama sekam padi terlebih dahulu dicuci menggunakan air biasa yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel lalu di keringkan pada udara terbuka selama 1 hari, lalu dimasukkan ke dalam oven 105^o C selama 2 jam. Proses pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang ada di sekam padi, apabila sekam padi masih mengandung banyak air, maka dapat merusak *furnace*. Sekam padi di bakar dalam *furnace* selama 2 jam dengan suhu 400^oC, setelah itu sekam padi yang telah menjadi arang aktif mengalami proses penumbukan untuk memperkecil ukuran, dan dilakukan pengayakan menggunakan kertas saring.

2.2 Proses Aktivasi Karbon Secara Kimia

Sekam padi yang telah menjadi karbon kemudian diaktivasi dengan cara direndam menggunakan 500 ml aktivator asam (HCl) 10 % selama 1 hari. Setelah itu arang disaring menggunakan kertas saring untuk selanjutnya dibilas dengan aquadest sampai pH netral. Arang yang telah menjadi karbon aktif kemudian dikeringkan menggunakan *furnace* selama 2 jam dengan suhu 500^oC. Ulangi percobaan diatas dengan mengganti jenis aktivator menggunakan (ZnCl₂) 10%.

2.3 Analisis Morfologi Karbon Aktif

Analisa SEM yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui morfologi dari karbon aktif sekam padi dengan menggunakan alat *Zeiss EVO MA 10 Scanning Elcetron Microscope* (SEM) dengan tegangan 2 - 30 kV. Sebelum dimasukkan kedalam SEM pastikan *sample* terlebih dahulu di *coating* dengan emas yang bertujuan agar *sample* tidak rusak saat ditembakkan *electron*. Untuk mendapatkan hasil dari pembacaan SEM, maka perlu dipastikan bahwa *sample* benar- benar kering, agar proses *coating* dapat melapisi *sample* dengan baik dan jelas dalam pembacaan.

2.4 Pembuatan Larutan Pb(NO₃)₂

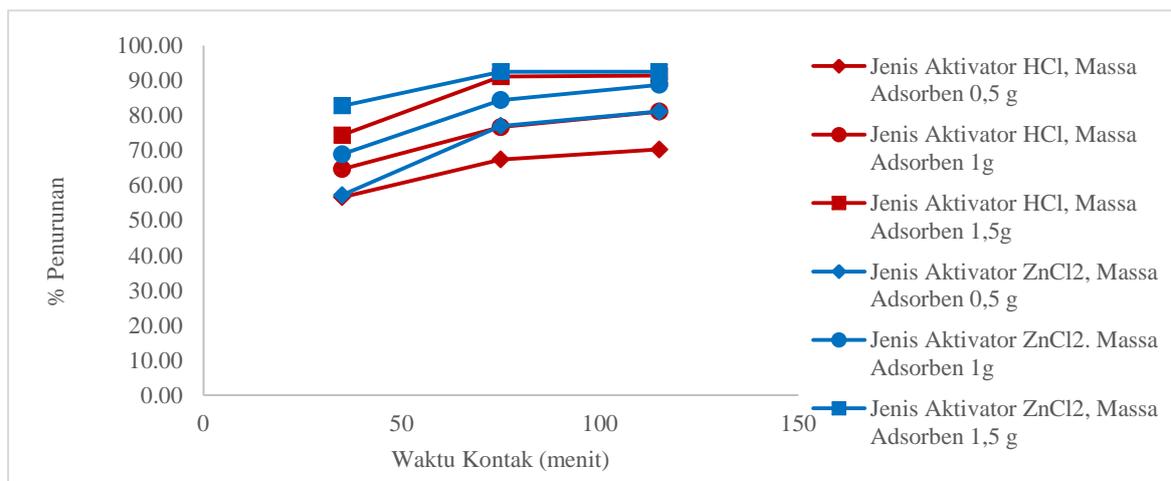
Sebelum melakukan uji adsorpsi terlebih dahulu membuat larutan Pb(NO₃)₂ sebanyak 0,01944 gram kedalam 1000 ml aquabidest untuk mendapatkan konsentrasi Pb²⁺ sebesar 12,16 ppm.

2.5 Uji Adsorpsi

Larutan Pb(NO₃)₂ yang sudah dibuat, selanjutnya dilakukan uji adsorpsi dengan cara memasukkan larutan Pb(NO₃)₂ 12,16 ppm sebanyak 100ml kedalam *beaker glass*, kemudian memasukkan 1 gram adsorben yang telah diayak menggunakan kertas saring kedalam larutan Pb(NO₃)₂, mengaduk adsorben dengan kecepatan 250 rpm selama 35 menit. Setelah itu dilanjutkan pengukuran menggunakan AAS (*Atomic Absorption spektrofotmeter*) dengan metode yang tertera pada SNI 06-6989.8-2004. Ulangi percobaan diatas dengan mengganti massa adsorben 0,5 g dan 1,5 g serta waktu kontak 75 menit dan 115 menit.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Salah satu yang mempengaruhi daya serap karbon aktif adalah waktu kontak. Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan adsorben sekam padi untuk menyerap logam berat timbal. Penelitian ini menggunakan variasi waktu kontak yaitu 35 menit, 75 menit, dan 115 menit. Pengaruh variasi waktu kontak terhadap larutan Pb dengan menggunakan jenis aktivator HCl 10% dan ZnCl₂ 10% dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap % Penurunan Konsentrasi Logam Berat

Berdasarkan Gambar 1 untuk penggunaan jenis aktivasi HCl 10% dengan ukuran mesh yang berbeda, perbedaan waktu kontak arang aktif dengan air limbah logam berat memberi pengaruh terhadap persen penyerapan logam timbal Pb. Selain waktu kontak ukuran adsorben dan massa adsorben juga berpengaruh, dapat dilihat bahwa dari waktu 35 menit hingga 115 menit dengan massa adsorben 0,5 g sampai 1,5 gram mengalami kenaikan itu yang berarti bahwa semakin lama waktu kontak, maka semakin besar persen penyerapan karena didapatkan 91,36% penyerapan logam berat Pb pada waktu 115 menit dengan bobot 1,5 gram. Semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak logam yang teradsorpsi karena semakin banyak peluang untuk partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan logam berat. Hal ini menyebabkan semakin banyak logam yang terikat didalam pori-pori karbon aktif (Sanjaya,A.M, 2014). Aktivasi menggunakan ZnCl₂ 10 % mampu mendapatkan hasil yang paling tinggi pada menit ke 115 dengan massa adsorben 1,5g. Hal ini disebabkan semakin lama waktu interaksi adsorben dengan adsorbat memungkinkan banyaknya tumbukan yang terjadi sehingga persen penyerapan meningkat (Ai Nailil Muna, 2011).

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri, Laboratium Energi dan Lingkungan yang telah membantu dalam proses perolehan data.

5. KESIMPULAN

Waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat Pb. Semakin lama waktu kontak, maka penurunan kadar logam berat semakin tinggi. Waktu kontak 35 menit, 75 menit, dan 115 menit dengan menggunakan jenis aktivator HCl 10% menghasilkan penurunan untuk mengurangi kandungan limbah logam berat Pb sebesar 74,37 % , 91,07 % , 91,36 % . Waktu kontak 35 menit , 75 menit, dan 115 menit dengan menggunakan jenis aktivator ZnCl₂ 10% menghasilkan penurunan untuk mengurangi kandungan limbah logam berat Pb sebesar 82,76 % , 92,51 % , 92,47 % .

6. DAFTAR PUSTAKA

- Diantariani, N.P, I.W. Sudiarta dan N.K Elantiam. (2008). Proses Biosorpsi dan Desorpsi Ion Cr (VI) pada Biosorben Rumpun Laut. *Jurnal Kimia*. 2(1):45-52.
- Giyatmi, Zaenal, K dan Damajati, M (2008).Penurunan Kadar Cu,Cr, dan Ag dalam Limbah cair Industri perak Di Kota Gede setelah diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean.
- Harsono, H. (2002). Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi, *Jurnal Ilmu Dasar*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. 2(3) 98-103.
- Haryani, K. (2007). Pembuatan Khitosan dari Kulit Udang untuk Mengadsorpsi Logam Krom (Cr⁶⁺) dan Tembaga (Cu). *Reaktor*. 11(2) :86-90.

- Hendra, R. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia dengan Metode Aktivasi Fisika dan Karakteristiknya. Universitas Indonesia.
- Junaedi, Nurul, F, Faraouck, M, Mary, S. (2009). Pemanfaatan Arang Sekam Padi sebagai Adsorben untuk Menurunkan Ion Logam Berat dalam Air Limbah Timbal (Pb). Universitas Hasanuddin.
- Kartohardjono, S. M. Al Lukman dan G.P. Manik. 2008. Penentuan Kulit Batang Jambu Biji (*Psidium Guajava*) untuk Adsorpsi Cr (VI) dari Larutan.
- Muna, Ai Nailil. (2011). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang sebagai Adsorben untuk Penyerapan Ion Logam Cr (VI) pada air Limbah Industri. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang.
- Peraturan Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 tetang Baku Mutu Air Limbah
- SNI 06-6989.8-2004. Cara Uji Timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.
- Wardalia. (2016). Karakterisasi Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi sebagai Pengadsorpsi Logam Timbal pada Limbah Cair. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 83-88.

Pembuatan Surfaktan untuk Proses Pencucian Kain Majun yang Mengandung Limbah B3

Yosua Ferdy Setiawan Putra¹, Oktavia Rudiyantri², dan Abas Sato³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jalan Arief Rahman Hakim No. 100, Sukolilo, KotaSBY, JawaTimur 60117

*E-mail: yosuaferdysetiawanputra@gmail.com

Abstrak

Surfaktan adalah senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang mempunyai kemampuan untuk menggabungkan fase yang memiliki derajat polaritas yang berbeda seperti minyak dan air. Penelitian ini bertujuan untuk membuat surfaktan polyoxyethylenomonodiglisericid (POE-MDG) dari minyak goreng sehingga dapat digunakan untuk pencucian limbah kain majun yang mengandung limbah B3. Pembuatan surfaktan POE-MDG menggunakan proses gliserolisis dengan mereaksikan minyak goreng, gliserol, dan n-butanol. Berat katalis MgO yang ditambahkan pada proses gliserolisis yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 gram dengan lama pengadukan yaitu 2, 4, 6 jam. MDG dilanjutkan proses etoksilasi dengan cara direaksikan menggunakan polietilen glikol. Berat katalis NaOH yang ditambahkan pada proses etoksilasi yaitu 1,0; 1,4; 1,8; 2,2; 2,6 gram dengan lama pengadukan yaitu 1, 2, 3 jam. Sampel kemudian dianalisis bilangan asam lemak bebas dan yield surfaktan POE-MDG. Hasil terbaik proses gliserolisis yaitu asam lemak bebas 0,3807% dan yield MDG 70,0714%. Hasil terbaik proses etoksilasi yaitu asam lemak bebas 1,8048% dan yield surfaktan POE-MDG 98,4053%. Surfaktan POE-MDG dan proses bleaching sangat berpengaruh mengurangi kadar logam berat dalam proses pencucian limbah kain majun yang mengandung B3 seperti timbale (Pb), tembaga (Cu), seng (Zn), Besi (Fe), dan Timah (Sn).

Kata kunci: surfaktan, gliserolisis, etoksilasi, limbah kain majun

1. PENDAHULUAN

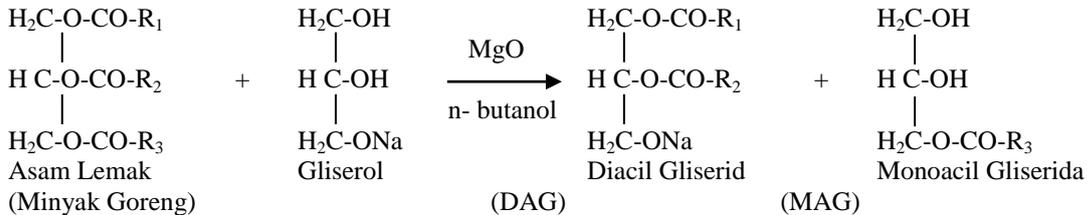
Kain majun merupakan kain olahan dari limbah industri garmen yang dimanfaatkan kembali sebagai alat pembantu kegiatan perawatan dan pemeliharaan mesin dalam suatu industri. Kain majun yang telah digunakan akan mengalami kontaminasi dari oli bekas dan pengotor lain yang melekat pada mesin, selanjutnya kain majun ini akan menjadi limbah yang umum dikenal dengan limbah kain majun. Berdasarkan Peraturan Pemerintah no 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3 menjelaskan bahwa limbah kain majun merupakan limbah B3 dari sumber non spesifik dengan kode B110D. Limbah kain majun ini dapat diolah dengan cara menghilangkan kontaminan pada kain majun. Salah satu metodenya adalah penggunaan surfaktan sebagai bahan pembersih dan pelarut minyak yang menempel pada limbah kain majun.

Surfaktan merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang mempunyai kemampuan untuk menggabungkan fase yang memiliki derajat polaritas yang berbeda seperti minyak dan air. Salah satu keunggulan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia ialah minyak sawit. Minyak sawit dapat menjadi peluang terbesar bagi Indonesia untuk dimanfaatkan berbagai macam seperti produk konvensional, bahan bakar, dan lain-lain. Pada umumnya surfaktan diproduksi dari minyak bumi, sedangkan kebutuhan minyak bumi semakin meningkat, dan harganya pun mahal dan relatif naik, sehingga diganti menggunakan minyak goreng karena harganya yang lebih murah, namun memiliki kualitas di bawah standart (Khan dan Shah, 2008).

Surfaktan merupakan zat yang bersifat mudah terurai (*biodegradable*), dan ramah lingkungan serta dapat disintesis dari minyak sawit adalah *polyoxyethylene mono-diglisericid* (POE-MDG). Surfaktan *polyoxyethylene mono-diglisericid* dibuat melalui proses gliserolisis yang dilanjutkan dengan proses etoksilasi (Fatarina dan Pramudono, 2009).

Gliserolisis adalah reaksi antara gliserol dengan minyak atau lemak untuk menghasilkan mono dan *diacyl glycerol* (MAG dan DAG). Gliserol adalah sebuah komponen utama dari semua lemak dan minyak dalam bentuk ester. Asam lemak adalah asam organik yang terdapat sebagai ester triglisericida atau lemak baik yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Triglisericida ialah ester dari asam lemak dan gliserol. Ester adalah senyawa kimia turunan asam dimana gugus hidroksi (OH) digantikan gugus alkoksi (OR). Reaksi

gliserolisis berlangsung dengan cepat jika menggunakan katalis asam, basa atau enzim. Katalis basa biasanya berlangsung lebih cepat bila dibandingkan dengan katalis asam, tetapi kelemahannya yaitu memerlukan suhu reaksi yang cukup tinggi, produk akhirnya menghasilkan sabun, berwarna gelap serta terbentuk bau yang tidak diinginkan. Fungsi katalis selain untuk mempersingkat waktu reaksi juga untuk mengarahkan gugus OH ke arah pembentukan MAG dan DAG. Pada dasarnya reaksi gliserolisis dari lemak/minyak terdiri dari tiga tahap yaitu reaksi gliserolisis dengan metil ester, gliserolisis parsial dengan metil ester diikuti oleh gliserolisis terhadap lemak/minyak dan gliserolisis metil ester dengan triglisericid (Fatarina dan Pramudono, 2009).



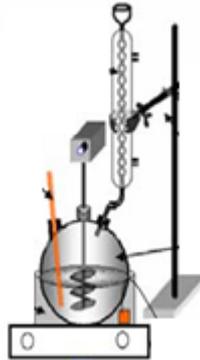
Proses reaksi gliserolisis dengan katalis MgO ini dilakukan untuk meningkatkan kelarutan minyak dalam gliserol. Katalis MgO mudah dipisahkan dari produk hasil reaksi karena berbentuk padat dan mudah mengendap, pemisahan katalis MgO dilakukan dengan cara dekantasi. Pada penelitian ini pelarut yang dapat meningkatkan kelarutan minyak dalam alkohol adalah senyawa alkohol alifatik. Senyawa alkohol alifatik yang dipilih adalah senyawa alkohol alifatik rantai panjang yang memiliki titik didih cukup tinggi (di atas 100°C) yaitu n-butanol. N-Butanol merupakan alkohol primer dengan 4 atom karbon. N-butanol sering digunakan sebagai pelarut pada berbagai jenis proses kimia maupun proses tekstil. Pelarut ini mempunyai titik didih 117,73°C, sehingga reaksi gliserolisis bisa dilakukan pada suhu yang lebih rendah, untuk menghindari terbentuknya warna coklat dan bau tidak sedap akibat terbakarnya bahan dan produk (Sadi, 1993).

Etoksilasi adalah reaksi kimia antara *ethylene oxide* dan asam lemak dimana hasil reaksinya lebih larut dalam air. Bahan-bahan kimia yang dapat mengalami etoksilasi antara lain: alkohol, asam lemak amina, dan zat asam karbol. Etoksilasi secara komersial adalah reaksi antara *ethylene oxide* (EO) dan asam lemak dengan menggunakan katalis alkali pada temperatur di atas 100°C. Reaksi etoksilasi terjadi dua tahap. Tahap pertama reaksi berlangsung lambat, dimana sebagian besar hasilnya adalah *ethylene glycol monoester*, kemudian dilanjutkan tahap kedua yaitu reaksi antara 1 mol EO dengan asam lemak. Penambahan EO akan meningkatkan kecepatan adisi untuk pembentukan *polyethylene glycol ester*. Hasil *polyoxyethylen ester* dari asam lemak tinggi berbentuk padat pada suhu kamar, sedangkan apabila dipakai asam lemak rendah akan berbentuk cair dan akan menjadi padat apabila jumlah rantai *oxyethylen* dinaikkan. Proses etoksilasi gliserol mono oleat dengan menggunakan katalis KOH/NaOH (Fatarina dan Pramudono, 2009).

Surfaktan POE-MDG merupakan surfaktan nonionik karena tidak mengandung ion. Gugus nonionik surfaktan antara lain ester, eter, amina, alkil ester, alkanol amina, dan alkil poli glikosida. Etoksilasi surfaktan nonionik diproduksi dengan mereaksikan etilen oksida dengan molekul organik yang mengandung hidrogen aktif seperti *fatty alcohol*, alkilfenol, atau asam lemak. Reaksi yang terjadi biasanya dalam fase cair dengan suhu operasi 150-180°C, dengan bantuan katalis alkalin yaitu KOH atau NaOH dengan tujuan untuk membuat asam lemak bersifat larut dalam air (Sadi, 1993).

Poliethilen glikol (PEG) dikenal juga dengan nama poliethilen oksida atau polioksi etilen (POE) merupakan jenis polieter komersial, merupakan polimer dari etilen oksida. NaOH sebagai katalis alkalin. Pada proses ini terjadi reaksi polimerisasi dimana molekul minyak yang lebih kecil bergabung membentuk molekul yang lebih besar yaitu dari minyak menjadi surfaktan POE-MDG. Reaksi Etoksilasi dapat dilihat dari reaksi berikut (Fatarina dan Pramudono, 2009)

2. METODOLOGI



Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

2.1 Proses Gliserolisis

1. Mereaksikan sebanyak 25 ml minyak goreng; 87,5 ml; gliserol; 67,5 ml solven n-butanol dalam labu leher tiga.
2. Pemanasan dilakukan hingga suhu 70°C, dengan kecepatan pengadukan 400 rpm.
3. Setelah suhu operasi tercapai, selanjutnya menambahkan katalis MgO dengan berat dan waktu reaksi sesuai dengan variabel.
4. Setelah proses gliserolisis selesai, selanjutnya mendinginkan selama 24 jam dengan tujuan agar katalis dapat mengendap sempurna.
5. Pemisahan katalis dari hasil gliserolisis dilakukan dengan cara dekantasi, sedangkan memisahkan sisa solven dengan cara distilasi.
6. Menimbang berat mono digliserida (MDG) yang dihasilkan, menghitung % berat *yield*, dan uji FFA

2.2 Proses Etoksilasi

1. Mereaksikan *mono-digliserid* hasil gliserolisis (pada kondisi optimum) dengan PEG 400 sesuai dengan variabel.
2. Menggunakan katalis NaOH sebanyak 4% dari total volume bahan yang masuk, kecepatan pengadukan 400 rpm, pada suhu 160°C dan lama waktu pengadukan sesuai dengan variabel.
3. Menimbang berat surfaktan *polyoxyethylene monodigliserid* (POE-MDG) yang dihasilkan, menghitung % berat *yield*, dan uji FFA.

2.3 Proses Bleaching

1. Merendam kain majun dalam air, melakukan uji logam berat pada air hasil rendaman, untuk mengetahui kandungan logam berat sebelum dicuci surfaktan.
2. Mencampurkan NaOH dan H₂O₂ dengan perbandingan terbaik
3. Setelah itu, memasukkan limbah kain majun ke dalam bak dan melakukan perendaman selama 8 jam.
4. Merendam limbah kain majun kedalam larutan CH₃COOH selama 5 menit untuk dinetralkan.
5. Selanjutnya limbah kain majun direndam menggunakan larutan surfaktan *polyoxyethylene monodigliserid* (POE-MDG), melakukan uji kandungan logam berat (Pb, Cu, Zn, Sn, dan Fe) pada air rendaman sebelum dan sesudah pencucian limbah kain majun.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Penambahan Berat Katalis MgO dan Waktu Pengadukan Terhadap Kandungan Asam Lemak Bebas (FFA) pada Proses Gliserolisis

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas pada monodigliserida setelah ditambahkan katalis MgO sebanyak 0,5 gram dengan waktu pengadukan 2 jam, kandungan asam lemak bebas pada monodigliserida ialah 0,0987 %, hal ini mengalami penurunan dari kandungan asam lemak bebas pada minyak goreng yaitu 2,65 % dan pada waktu pengadukan yang sama dengan berat katalis MgO 1 gr, kandungan asam lemak bebas menjadi 0,1339 % atau mengalami peningkatan kandungan asam lemak bebas 0,0352 %. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan berat katalis MgO pada monodigliserida menyebabkan terjadi peningkatan pada kandungan asam lemak bebas. Peningkatan asam lemak bebas disebabkan oleh adanya air yang membantu proses hidrolisa, lama waktu proses gliserolisis bereaksi.

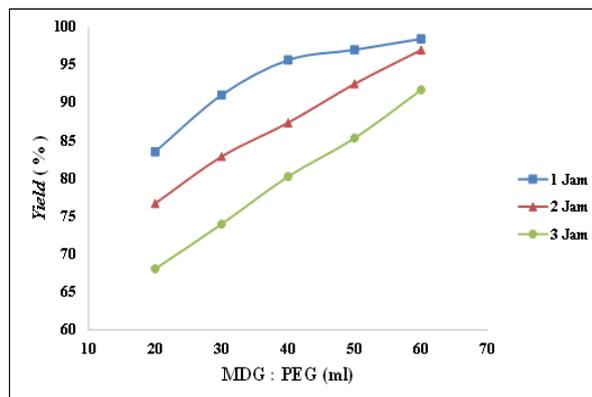
3.2 Pengaruh Perbandingan MDG : PEG (v/v) dan Waktu Pengadukan Terhadap Kandungan Asam Lemak Bebas (FFA) pada Proses Etoksilasi

Dari hasil analisa asam lemak bebas surfaktan *polyoxyethylene monodiglisericid* (POE-MDG) dengan lama waktu reaksi etoksilasi 1 jam, dengan perbandingan MDG : PEG = 4 : 1 atau MDG 20 ml dan PEG 5 ml, didapatkan nilai asam lemak bebas 1,0575 %. Pada saat perbandingan MDG : PEG ditambah menjadi 6 : 1 yaitu 30 ml MDG dan 5 ml PEG, nilai asam lemak bebas mengalami penurunan menjadi 0,9729 %, maka mengalami penurunan kandungan asam lemak bebas sebesar 0,0846 % dan pada penambahan monodiglisericida yang sama sebanyak 30 ml dengan waktu pengadukan 2 jam pada surfaktan *polyoxyethylene monodiglisericid*, didapatkan hasil analisa kandungan asam lemak bebas yang semakin tinggi yaitu sebesar 1,1844 %. Pada penelitian ini terlihat bahwa waktu pengadukan dapat mempengaruhi penurunan kandungan asam lemak bebas pada surfaktan, karena semakin lama waktu pengadukan dapat menyebabkan campuran minyak dan ekstrak dapat lebih homogen maka pada percobaan ini didapatkan semakin lama waktu reaksi, maka semakin tinggi pula kandungan asam lemak bebas. Hasil yang terbaik adalah pada waktu pengadukan 3 jam dengan berat katalis NaOH 1 gram, perbandingan MDG : PEG = 4 : 1, yaitu 20 ml monodiglisericida dan 5 ml *Poly Ethyl Glycol* (PEG) memiliki kandungan asam lemak tertinggi yaitu 1,80475 %. Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan asam lemak bebas yang cenderung menurun pada proses etoksilasi ialah karena dimana semakin besar perbandingan MDG : PEG maka semakin kecil pula kandungan asam lemak bebasnya, ini dikarenakan semakin banyak MDG yang diberikan dalam reaksi, maka semakin kecil pula kandungan asam lemak bebasnya.

3.3 Pengaruh Penambahan Berat Katalis MgO dan Waktu Pengadukan Terhadap Yield Monodiglisericida (MDG) yang Dihasilkan

Yield monodiglisericida terbaik, dimana semakin singkat waktu pengadukannya maka semakin besar % *yield* monodiglisericida, maka bahan dasar untuk pembentukan surfaktan juga semakin banyak, sehingga monodiglisericida mengalami peningkatan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa % *yield* pada monodiglisericida pada saat ditambahkan katalis MgO sebanyak 0,5 gram dengan waktu pengadukan 2 jam, *yield* pada monodiglisericida ialah 70,0714 %, pada waktu pengadukan yang sama dengan berat katalis MgO 1 gr, % berat *yield* menjadi 69,9696 % atau mengalami penurunan berat *yield* sebesar 0,1018 %. Penurunan *yield* pada monodiglisericida disebabkan oleh lamanya waktu reaksi dan pengadukan pada proses gliserolisis. Pada penelitian ini *yield* monodiglisericida yang terbaik ialah 70,0714 % pada proses gliserolisis selama 2 jam, dengan berat katalis MgO 0,5 gram.

3.4 Pengaruh Perbandingan MDG : PEG (v/v) dan Waktu Pengadukan Terhadap Yield Surfaktan POE-MDG yang Dihasilkan



Gambar 2. Hubungan Antara Perbandingan MDG : PEG (v/v) Dengan % Yield Surfaktan POE-MDG Pada Berbagai Variasi Waktu Pengadukan

Yield monodiglisericida terbaik dimana bila semakin besar mono diglisericida (MDG) maka semakin besar *yield* surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG), maka surfaktan untuk pencucian limbah kain majun yang mengandung limbah B3 juga semakin banyak, sehingga surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG) mengalami peningkatan. Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa % *yield* surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG) pada saat ditambahkan katalis NaOH sebanyak 1 gram (4% dari total bahan yang masuk) dengan waktu proses etoksilasi selama 1 jam, dan perbandingan

MDG : PEG = 4 : 1 yaitu 20 ml MDG dan 5 ml PEG, berat *yield* (%) yang dihasilkan pada surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG) ialah 83,5153 %, pada waktu pengadukan yang sama dengan berat katalis NaOH 1,4 gr, dan perbandingan MDG : PEG = 6 : 1 yaitu 30 ml MDG dan 5 ml PEG, *yield* surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* menjadi 90,9945 % atau mengalami peningkatan *yield* sebesar 7,4792 %. Pada **Gambar 2** terlihat bahwa semakin banyak monodiglisericida (MDG) dan semakin banyak penambahan berat katalis NaOH pada surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG) menyebabkan terjadi peningkatan pada *yield* (%). Peningkatan *yield* (%) pada surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* (POE-MDG) disebabkan oleh lamanya waktu reaksi, pengadukan pada proses etoksilasi, dan banyaknya bahan yang bereaksi. Pada penelitian ini *yield* surfaktan *polyoxyethylen monodiglisericid* yang terbaik ialah 98,4053 % pada proses etoksilasi selama 1 jam, dengan berat katalis NaOH 2,6 gram.

3.5 Analisa Kandungan Logam Berat (Fe, Cu, Zn, Pb, Sn) pada Limbah Kain Majun Sebelum dan Sesudah Pencucian Menggunakan Surfaktan POE-MDG

Tabel 1. Hasil Analisa Logam Berat

No	Jenis Sample	Analisa Pb (mg/L)	Analisa Cu (mg/L)	Analisa Zn (mg/L)	Analisa Sn (mg/L)	Analisa Fe (mg/L)
1.	Sebelum dicuci	0,551	0,311	1,599	-	6,707
2.	Sesudah dicuci	< 0,0764	< 0,0223	< 0,0233	0,003	0,068

Hasil analisa logam berat dari proses *bleaching* dan pencucian limbah kain majun menggunakan surfaktan POE-MDG pada sampel sebelum dan dicuci terlihat bahwa kandungan logam Pb, Cu, Zn, dan Fe mengalami penurunan kandungan logam yang cukup banyak. Timbal (Pb) sebelumnya 0,551 mg/L setelah dilakukan pencucian kadar timbal menjadi < 0,0764 mg/L, maka mengalami penurunan kurang lebih sebanyak 0,4746 mg/L menjadi 13,865% dari sebelumnya. Pada kadar tembaga (Cu) juga mengalami penurunan kadarnya menjadi 7,17% yaitu sebanyak 0,2887 mg/L. Seng (Zn) mengalami penurunan sebanyak 1,5757 mg/L yaitu sekitar 1,45 %, dan Besi (Fe) juga mengalami penurunan 6,639 mg/L sekitar 1,013% dari sebelumnya. Berbeda pada kandungan timah (Sn) awal yang tidak terdeteksi setelah dicuci menggunakan surfaktan POE-MDG menjadi 0,003 mg/L, hal tersebut dikarenakan kemungkinan adanya kandungan timah pada bahan proses pencucian kain majun.

Pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh pencucian kain majun menggunakan surfaktan POE-MDG dan proses *bleaching* dapat mengurangi beberapa kandungan logam berat seperti Pb, Cu, Zn, dan Fe yang ada pada kain majun yang mengandung limbah B3. Surfaktan POE-MDG bersifat baik dan cukup efektif dalam melakukan pemisahan logam berat dari kain majun yang mengandung limbah B3.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan surfaktan untuk proses pencucian kain majun yang mengandung limbah B3 dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin berat katalis MgO maka semakin tinggi kandungan asam lemak bebas (FFA), dan semakin turun *yield* monodiglisericida (MDG), hasil terbaik MDG ialah *yield* 70,0714%, dan FFA 0,3807%.
2. Semakin tinggi perbandingan MDG : PEG maka semakin turun kandungan FFA, dan semakin tinggi *yield* surfaktan *polyoxyethylene monodiglisericid* (POE-MDG), hasil terbaik surfaktan POE-MDG ialah *yield* 98,4053%, dan FFA 1,8047%.
3. Pencucian kain majun yang mengandung limbah B3 dengan surfaktan POE-MDG dan proses *bleaching* cukup efektif dalam melakukan pemisahan logam berat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2013. *Jumlah Industri Pengolahan Besar dan Sedang Jawa dan Luar Jawa*. [Online] Tersedia di: <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1053>. Diakses tanggal 13 Agustus 2016.
- Khan, A. M. dan Shah, S. S. W. 2008. *Determination of Critical Micelle Concentration (CMC) of Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) and the Effect of Low Concentration of Pyrene on its Cmc Using Origin Software*. *J. Chem. Soc.Pak*, 30(2), 186-191.

- Fatarina, E. P. & Pramudono, B. 2009 *Pembuatan Surfaktan Polyoxyethylene dari Minyak Sawit: Pengaruh Rasio Mono-Digliserida Dan Polyethylen Glykol*. Balai Besar Tekstil. Volume 32, No 1, 41-50
- Sadi, Serio. 1993. *Penggunaan Minyak Sawit dan Inti Sawit Sebagai Bahan Baku Surfaktan*, Berita PPKS, 1 (1) : 57-63
- Kuntari. 2006. *Optimalisasi Proses Desizing, Scouring, Bleaching dan Caustisizing Secara Simultan, Sistem Pad-Batch Pada Kain Rayon Viskosa*, Balai Besar Pulp dan Kertas, DEPERIN: Bandung.
- Sadi, S. 1993. *Penggunaan Minyak sawit dan Inti Sawit Sebagai Bahan Baku Surfaktan*. *Berita PPKS*. 1(1): 57-63.

Redesain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Pada Industri Asam Phospat di Kabupaten Gresik

Ludfiyan Reyzan Afifi^{1*}, Moch.Luqman Ashari², Vivin Setiani³,

^{1,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : ludfiyanreyzanafifi@gmail.com

Abstrak

Industri asam phospat sudah memiliki Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 tetapi belum sesuai dengan KEPKA Bapedal No.1 Tahun 1995 dan PP 101 Tahun 2014. Pada penelitian ini densitas limbah B3 diukur dengan menggunakan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Hasil pengukuran densitas oli bekas 896 kg/m³, pengotor belerang 1216.3 kg/m³, ball cart bekas 3792.6 kg/m³. Pewadahan limbah B3 oli bekas mempunyai sifat mudah terbakar dan beracun ditempatkan pada drum besi 200 L, pengotor belerang mempunyai sifat beracun ditempatkan pada kotak besi karbon 1210 L, dan ball cart bekas mempunyai sifat beracun ditempatkan pada drum plastik 200 L. Redesain tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 memerlukan 104 palet dan 37 blok. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa TPS limbah B3 yang telah desain ulang berukuran 18.4 m x 17.5 m x 8 m.

Kata kunci: Redesain, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), Limbah B3

1. PENDAHULUAN

Industri asam phospat merupakan industri yang bergerak dibidang produksi H₂SO₄ dan H₂PO₃ yang terletak di Kabupaten Gresik. Industri asam phospat menghasilkan limbah B3 dari produksi limbah B3 yang dihasilkan adalah oli bekas, pengotor belerang dan ball cart bekas. Limbah B3 yang dihasilkan tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan dikarenakan dapat merusak dan membahayakan lingkungan manusia juga makhluk hidup lainnya. Tempat penyimpanan sementara limbah B3 pada indutri asam phospat belum memenuhi persyaratan yang sesuai dengan KEPKA Bapedal No 1 Tahun 1995 tentang persyaratan teknis penyimpanan limbah B3 dan Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 tentang pengeolaan limbah bahan beracun dan berbahaya.

Jadi, tempat penyimpanan sementara limbah B3 pada indutri asam phospat perlu untuk didesain ulang agar dapat menampung seluru limbah B3 yang dihasilkan sesuai dengan KEPKA Bapedal No. 1 Tahun 1995 dan Peraturan Pemerintah 101 Tahun 2014. Batasan masalah dalam penelithan ini adalah tidak membahas proses produksi, menggunakan limbah B3 pada bulan September - Desember 2017.

2. METODOLOGI

Desain ulang tempat penyimpanan sementara limbah B3 pada industri asam phospat dimulai dengan mengobsevasi kondisi eksisting TPS limbah B3, mengambil data jenis dan kuantitas limbah B3 yang dihasilkan, mengidentifikasi limbah B3 yang dihasilkan, melakukan pengukuran densitas dan timbulan limbah B3, menentukan simbol limbah B3, melakukan perencanaan palet limbah B3, melakukan perencanaan pewadahan/pengemasan limbah B3, mentukan jumlah blok yang akan digunakan, sehingga dihasilkan output berupa luasan TPS limbah B3 yang mampu menampung seluruh limbah B3 yang dihasilkan oleh industri asam phospat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan TPS Limbah B3

Perencanaan TPS limbah B3 yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan data jenis dan kuantitas limbah B3 yang dihasilkan. Pengumpulan data limbah B3 dilakukan pada bulan September – Desember 2017. Limbah B3 yang dihasilkan oleh industri asam phospat ini adalah oli bekas, pengotor belerang, dan

ball cart bekas. kuantitas limbah B3 terbesar pada bulan September – Desember 2017 adalah oli bekas 24 drum (200L), pengotor belerang 30.100 L, ball cart bekas yaitu pada bulan Oktober sebesar 2 drum plastik 200 liter, berat untuk setiap drum sebesar 427,23 kg. kuantitas ballcart bekas akan dirata-rata selama 4 bulan maka akan menjadi 213,62 kg. Kemudian mengidentifikasi karakteristik limbah B3 yang dihasilkan. Selanjutnya melakukan pengukuran densitas limbah B3 dengan menggunakan SNI 19-3964-1994 untuk limbah B3 padat dan stp-03e untuk limbah B3 cair.

Tabel 1 *Volume Limbah B3*

No	Jenis Limbah B3	Kuantitas Limbah B3 perbulan	Satuan	@drum = 200 liter	Kuantitas limbah B3 (Liter/bulan)	Kuantitas Limbah B3 (m ³ /bulan)
1	Oli bekas	24	Drum	200	4800	4.8
2	Pengotor belerang	30100	Liter	-	30100	30.1
3	Ball Chart bekas	213.62	Kg	-	56.32	0.056

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

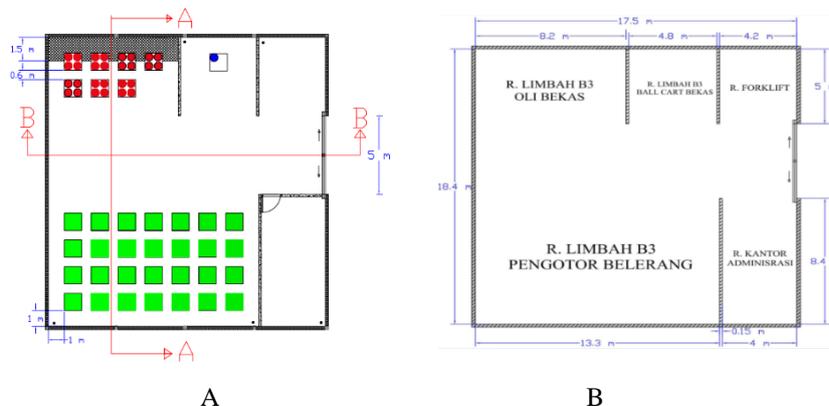
Volume limbah B3 digunakan untuk menghitung jumlah kemasan, palet, dan blok yang akan digunakan dalam penyimpanan sementara limbah B3. Limbah oli bekas menggunakan wadah drum besi 200 L, pengotor belerang menggunakan wadah kotak besi karbon 1210 L, ball cart bekas menggunakan drum plastik 200 L. Berikut ini hasil perhitungan kebutuhan kemasan, palet dan blok :

Tabel 2 *Kebutuhan Kemasan, Palet, dan Blok*

Jenis Limbah B3	Kebutuhan Kemasan	Kebutuhan Palet	Kebutuhan Blok
Oli Bekas	79 Drum Besi	20 palet	7 blok
Pengotor Belerang	82 Kotak Besi	82 palet	28 blok
Ball Cart Bekas	1 Drum Plastik	1 palet	1 blok
Total	-	103 palet	36 blok

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 2 digunakan untuk memudahkan dalam perencanaan peletakan limbah B3 dalam TPS limbah B3. Dalam TPS limbah B3 menggunakan sistem tumpukan kecuali pada limbah ball cart bekas tidak boleh ditumpuk karena memiliki wadah plastik, dan jumlah kemasan sedikit yaitu 1 drum. Tinggi TPS limbah B3 di dapat kan dari tinggi tumpukan yaitu sebesar 5 m dan tingi untuk bagian atap yaitu 3 m. Maka dimensi untuk perencanaan ulang TPS limbah B3 pada industri asam phospat adalah 18.4 m x 17.5 m x 8 m. Lahan yang disediakan oleh industri asam phospat yaitu 20 m x 20 m sehingga desain TPS limbah B3 dapat diterapkan pada industri asam phospat.



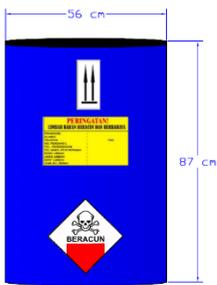
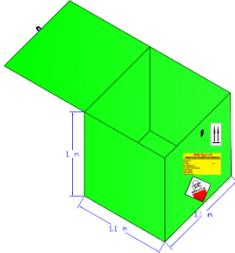
Gambar 1 (A). Desain Peletakan Limbah B3 (B). Desain Ruangans TPS Limbah B3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Simbol dan Label Limbah B3

Simbol dan label berguna untuk memudahkan menengetahui limbah B3 apa yang ada didalam kemasan. Oleh karena itu simbol dan label pada kemasan merupakan hal yang diperhatikan dalam perencanaan ulang tempat penyimpanan sementara limbah B3 dan sudah diatur dalam Permen LH No. 14 Tahun 2013. Industri asam phospat harus menyiapkan 3 label yaitu cairan mudah terbaaar, padatan mudah terbakar dan korosif masing masing berukuran 15 cm x 15 cm. kemudian untuk label industri asam phospat harus menyediakan label label limbah B3 yang berukuran 20 cm x 15 cm dan label petunjuk tutup wadah dengan ukuran 7 cm x 15 cm.

Tabel 3 Simbol, Label dan Wadah Limbah B3

	Jenis Limbah B3		
	Oli bekas	Pengotor Belerang	Ball Cart Bekas
Simbol			
Wadah			
Label	Petunjuk Tutup Wadah		Label Limbah B3
			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemgolahan datayang sudah dilakukan, maka dapat diperoleh :

Hasil perancangan ulang TPS limbah B3 sesuai dengan PP 101 Tahun 2014 dan Kepka Bapedal No.1 Tahun 1995 diperoleh bahwa :

- a. Wadah penyimpanan limbah B3 oli bekas berupa drum besi 200 L
- b. Wadah penyimpanan limbah B3 pengotor belerang berupa kotak besi karbon 1210 L
- c. Wadah penyimpanan limbah B3 ball cart bekas berupa drum plastik 200 L
- d. Desain ulang TPS limbah B3 mempunyai volume 18.4 m x 17.5 m x 8 m, sehingga desain TPS limbah B3 dapat diterapkan dalam industri asam phospat.

5. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1994. (SNI) 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

Bapedal 1995. Kepala Bapedal No. 01 Tahun 1995 tentang tata cara dan persyaratan teknis penyimpanan dan pengumpulan limbah bahn beracun dan berbahaya, Bapedal, Jakarta, Indonesia.

Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2005. SNI 19-4782-2005. Palet Kayu, BSN, Jakarta Indonesia.

Peraturan Pemerintah, 2014. Peraturan Pemerintah (PP) No. 101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, 2013. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 14 Tahun 2013 tentang simbol dan label limbah B3.

Septiawan, M., Hardiyanti, F., & Ashari, M. (2018). Perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara Material B3 Proyek Tol Surabaya - Mojokerto Seksi 1B PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. *Seminar K3*, 1(1), 390-395. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/175>

Sari, D., Ashari, M., & Rizal, M. (2018). Penentuan Risiko dan Analisis Kekuatan Struktur Baja pada Bangunan Tapping Bay Area Steel Melting Shop dengan Aplikasi SAP2000. *Seminar K3*, 1(1), 245-249. Retrieved from <http://journal.ppns.ac.id/index.php/seminarK3PPNS/article/view/103>

RILTA. Packaging and Labelling of Hazardous Waste, RILTA, Dublin, Irland.

Uji Campuran Bahan Limbah Karbit Terhadap Nilai Setting Time

Afifah Diyah Nur'aini¹, Denny Dermawan², Ridho Bayuaji³

^{1,2}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Diploma Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60118

*E-mail: diyah.afifah@gmail.com

Abstrak

Limbah karbit adalah limbah dari produksi pembuatan gas asetilen yang berasal dari reaksi antara karbit dan air. Limbah karbit di golongan dalam jenis kapur padam karena memiliki sifat-sifat kapur untuk bahan bangunan sesuai dengan SII 0024-80. PP No 101 Tahun 2014 menyatakan bahwa limbah karbit merupakan limbah berbahaya dengan kategori bahaya kronis. Pengujian kualitas dan kelayakan bahan limbah karbit yang akan digunakan sebagai bahan bangunan dapat dilakukan dengan pengujian *setting time*. Pengujian *setting time* dilakukan dengan menggunakan jarum vicat. *Setting time* terdiri dari *setting time* awal dan *setting time* akhir. Penelitian ini menggunakan 4 variabel yaitu menggunakan semen, air dan limbah karbit, dengan prosentase limbah karbit sebesar 0%; 2,5%; 5%; dan 7,5%. Berdasarkan hasil percobaan didapatkan nilai *setting time* awal dan akhir secara berturut-turut yaitu 77,5 menit; 75,75 menit; 73 menit ; dan 67,5 menit serta untuk nilai pengikat akhirnya yaitu 135 menit, 120 menit, 115 menit, dan 105 menit. Berdasarkan data tersebut didapatkan waktu pengikatan dan pengerasan yang akan berlangsung semakin cepat seiring dengan bertambahnya limbah karbit yang digunakan.

Kata Kunci : limbah karbit, *setting time* awal, *setting time* akhir

1. PENDAHULUAN

Limbah karbit adalah residu dari reaksi antara air dan karbit yang menghasilkan gas asetilen (Dewi dkk, 2016). Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas asetilen memiliki warna putih kehitaman atau keabu-abuan. Limbah karbit hasil residu gas asetilen awalnya berupa koloid (semi cair), dikarenakan limbah tersebut mengandung gas serta air, sehingga setelah kurun waktu 3-7 hari gas dan air akan menguap dan limbah karbit akan berangsur-angsur mengering dan membentuk gumpalan-gumpalan yang mudah untuk dihancurkan.

PP No 101 tahun 2014 mengatakan bahwa limbah karbit merupakan limbah berbahaya dengan kategori bahaya 2 atau bisa disebut limbah dengan kategori tingkat bahaya kronis yang memiliki efek tunda (*delayed effect*), sehingga perlu adanya pengelolaan limbah B3 mengingat limbah tersebut merupakan limbah yang berbahaya. Limbah karbit tergolong kedalam jenis kapur padam yang memiliki karakteristik kapur yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan, digolongkan dalam jenis kapur padam seperti yang dinyatakan Zainal Abidin (1984) dalam Putri (2017) bahwa limbah karbit memiliki sifat-sifat kapur untuk bahan bangunan sesuai dengan SII 0024-80 dengan adanya parameter yang menyimpang yaitu CaO yang cukup tinggi.

Syarat penentu mutu/kualitas bahan bangunan adalah dengan menggunakan pengujian *setting time*. Pengujian *setting time* terdiri dari waktu pengikat awal (mulai mengikat) dan waktu pengikatan akhir (mulai mengeras). *Setting time* awal adalah waktu dimana jarum pada alat vicat mencapai kedalaman 25 mm pada objek yang diuji, sedangkan *setting time* akhir adalah waktu yang dibutuhkan hingga objek yang diuji sudah benar-benar mengeras dan menyebabkan jarum pada alat vicat sudah tidak mampu lagi menembus objek tersebut. Metode pengujian *setting time* mengacu pada SNI 03-6827-2002 tentang Metode Pengujian Waktu Ikat Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil. Penelitian uji campuran bahan limbah karbit terhadap nilai *setting time* bertujuan menganalisis pengaruh penambahan limbah karbit terhadap waktu pengikatan awal dan waktu pengerasan.

2. METODOLOGI

Subjek penelitian ini adalah limbah karbit yang dicampur dengan semen dan air. Jumlah pengujian pada penelitian yaitu 4 percobaan, yaitu:

1. Percobaan pertama semen, air dan 0% limbah karbit
2. Percobaan kedua semen, air dan 2,5% limbah karbit
3. Percobaan yang ketiga yaitu untuk semen, air dan 5% limbah karbit
4. Percobaan yang terakhir adalah semen, air dan 7,5% limbah karbit.

Sehingga bahan yang digunakan dalam pengujian limbah karbit terhadap nilai *setting time* adalah:

1. Semen
2. Air
3. Limbah karbit.

Alat yang digunakan antara lain:

1. Satu set alat vicat yang terdiri dari alat vicat, jarum vicat dan cincin ebonite
2. Spatula
3. *Stopwatch*,
4. Gelas ukur
5. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 gram
6. Tempat pengaduk
7. Plat kaca (15x15x0,3) cm

Pengujian *setting time* dilakukan dengan menimbang semen sebanyak 250 gram dan akan terus berkurang karena jumlah semen telah digantikan oleh limbah karbit pada proporsi yang berbeda-beda disetiap percobaannya. Mencampur semen dengan air dengan volume yang sudah ditentukan melalui uji konsistensi normal selama 3 menit hingga menjadi bola pasta. Bola pasta dilemparkan dari tangan satu ke tangan yang lain dengan jarak kurang lebih 30 cm sebanyak 6 kali, setelah itu pasta dicetak ke dalam cetakan yang sudah disediakan pada alat vicat. Bola pasta dibiarkan selama 45 menit kemudian jarum vicat dijatuhkan dan dicatat penurunannya. Mencatat penurunan jarum vicat tiap 15 menit sampai pasta dirasa benar-benar sudah mengeras.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji pengukuran campuran limbah karbit akan disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Nilai *Setting Time* Awal dan *Setting Time Akhir*

Prosentasi Limbah Karbit	Waktu Pengikat Awal	Waktu Pengikat Akhir
0 %	77,5 menit	135 menit
2,5 %	75,75 menit	120 menit
5 %	73 menit	115 menit
7,5 %	67,5 menit	105 menit

Berdasarkan hasil ke empat percobaan didapatkan nilai *setting time* yang berbeda-beda tiap proporsinya, semakin banyak limbah karbit yang digunakan sebagai bahan substitusi, maka semakin cepat waktu pengikat awal dan akhirnya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Natania (2016) yang menyatakan bahwa kandungan CaO yang tinggi mengakibatkan limbah karbit memiliki sifat fisis yaitu salah satunya daya ikat terhadap airnya cukup tinggi. Berdasarkan data tersebut didapatkan kesimpulan bahwa tidak disarankan penggunaan limbah karbit untuk mensubstitusi semen dengan kadar prosentase tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan mengenai uji campuran bahan limbah karbit terhadap nilai *setting time* dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan limbah karbit yang digunakan sebagai bahan campuran untuk mensubstitusi semen maka semakin kecil pula nilai *setting time* nya baik itu waktu pengikat awal dan waktu pengikat akhir.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Industri Pembuatan Gas, Bame dan kepada Laboratorium Beton D3 Teknik Sipil ITS yang telah membantu dalam proses mendapatkan serta pengolahan data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2015). *Modul Praktikum Teknologi Beton ITS*. Surabaya : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Standarisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6827-2002 tentang Metode Pengujian Waktu Ikut Awal Semen Portland dengan Menggunakan Alat Vicat untuk Pekerjaan Sipil*. (2002). Jakarta : Republik Indonesia.
- Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016). *Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton*. Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan 21 November 2016. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Dermawan, D., Ashari, M.L. (2018). *Studi Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Spent Bleaching Earth sebagai Pengganti Agregat pada Campuran Beton*. Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan Vol.15/ No.1/ Maret 2018. Surabaya.
- Dewi, N. R., Dermawan, D., Ashari, M.L. 2016. *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus: PT. Varia Usaha Beton)*. Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP Vol.13 / No.1 / Maret 2016. Semarang.
- Natania, D. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah Karbit PT Z sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Beton Ringan*. Tugas Akhir. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. (2014). Jakarta: Republik Indonesia.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. (1999). Jakarta: Republik Indonesia.
- Purnomo, T.A. (2013). *Pengaruh Penambahan Tras Muria Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Bata Beton Pejal*. Jakarta : Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- Putri, N.S. (2017). *Studi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Fly Ash pada Pasta Geopolimer*. Proyek Akhir Terapan I RC-096599. Surabaya : Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sari, S.P. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah Sandblasting PT X dan Limbah Karbit PT Z Sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan Beton Ringan*. Tugas Akhir. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Utomo, H. (2010). *Analisis Kuat Tekan Batako dengan Limbah Karbit sebagai Bahan Tambah*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wiryodiningrat, S. (2010). *Pemanfaatan Limbah Lumpur Padat dari Industri Penyamakan Kulit untuk Pembuatan Bata Beton Pejal*. Jurnal Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik, Vol. 26, Nomer 1, pp. 16-24.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Inventarisasi Emisi CO₂ Berdasarkan Penggunaan Energi pada Industri Galangan Kapal

Islahiya Yuli Ayona¹, Ahmad Erlan Afiuddin², Fitri Hardiyanti³

¹²³ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : Ayona658@gmail.com

Abstrak

Industri galangan kapal merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan kapal. Dengan kapasitas yang besar industri ini bisa menyebabkan efek gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil dan penggunaan energi. Efek gas rumah kaca biasa terjadi karena berlebihnya gas CO₂ di atmosfer yang memiliki dampak peningkatan suhu di bumi, perubahan iklim, dan naiknya permukaan air laut. Industri galangan kapal merupakan salah satu industri yang berpotensi menghasilkan gas CO₂ yang cukup besar, untuk itulah dilakukan penelitian mengenai perhitungan inventarisasi emisi CO₂. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghitung jumlah emisi karbon dioksida di area bengkel, *assembly*, gudang dan kantor pada galangan kapal. Langkah pertama untuk menghitung jumlah emisi karbon ini dimulai dengan mengidentifikasi sumber emisi karbon dioksida selanjutnya menghitung inventarisasi emisinya dimana perhitungannya mengacu pada IPCC 2006. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, total emisi CO₂ primer dan sekunder di galangan kapal sebesar 358.693,723 ton CO₂/tahun.

Kata kunci : CO₂, galangan kapal, gas rumah kaca

1. PENDAHULUAN

Industri galangan kapal selain menghasilkan berbagai macam jenis kapal dengan kapasitas besar tentunya galangan kapal juga menghasilkan limbah, polutan atau emisi gas dari proses pembuatan kapal. Energi dan pembakaran bahan bakar fosil memiliki peranan penting dalam menghasilkan emisi salah satunya gas CO₂. Dari gas CO₂ yang dihasilkan ini perlu diadakannya pengukuran emisi gas CO₂ atau pengendalian agar emisi Gas CO₂ ini terkontrol dan tidak merugikan.

Sumber pencemaran udara di industri galangan kapal bisa berasal dari beberapa kegiatan baik di bengkel, kantor maupun area galangannya sendiri. Beberapa aktivitas di lokasi tersebut memiliki potensi cukup besar sebagai penyumbang pencemaran udara dan memberikan dampak berupa efek gas rumah kaca. Gas rumah kaca memiliki fungsi sebagai mantel bumi akan tetapi berlebihnya gas-gas tersebut juga memberikan dampak negatif pada bumi.

Jejak karbon adalah suatu ukuran jumlah total dari emisi karbon dioksida yang secara langsung ataupun tidak disebabkan karena aktivitas dan akumulasi yang berlebihan dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari (Wiedman & Minx, 2007). Jejak karbon dibagi menjadi dua yakni primer dan sekunder. Jejak karbon primer, yaitu ukuran emisi dari CO₂ yang bersifat langsung. Emisi ini didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil secara langsung, sedangkan jejak karbon sekunder yaitu ukuran emisi CO₂ yang bersifat tidak langsung. Emisi ini diperoleh dari penggunaan produk yang digunakan dengan memanfaatkan sumber energi listrik.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada februari 2018 sampai dengan juni 2018. Perhitungan emisi karbon dioksida dilakukan di beberapa lokasi yaitu kantor yang meliputi HSE, produksi, PPIC, *engineering*, dan gudang, selain itu juga dilakukan di beberapa area bengkel seperti fabrikasi, *outfitting*, *assembly*, dan juga listrik. Dari beberapa lokasi dilakukan inventarisasi emisi sekunder dan primer kemudian dari data tersebut akan digunakan untuk mencari kebutuhan ruang terbuka hijau. Untuk melakukan inventarisasi emisi bisa dilakukan dengan metode perhitungan sebagai berikut :

a.) Perhitungan emisi karbon dioksida primer bisa dengan menggunakan rumus :

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times EF \times NCV$$

Dimana :

- Emisi CO₂ = total emisi CO₂ (g karbon)
- A = konsumsi bahan bakar (kg)
- EF = faktor emisi CO₂ bahan bakar (satuan massa/MJ)
- NCV = Net Calorific Volume (energy content) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)

b.) Perhitungan emisi karbon dioksida sekunder bisa dengan menggunakan rumus :

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum FC \times \text{CEF}$$

Dimana :

$$\sum FC = \text{jumlah listrik yang dikonsumsi (Kwh)}$$

$$\text{CEF} = \text{Carbon Emission Factor (kg CO}_2/\text{Kwh)}$$

c.) Perhitungan emisi karbon dioksida total

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ total} = \text{emisi CO}_2 \text{ primer} + \text{emisi CO}_2 \text{ sekunder}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis nilai CO₂ ini terlebih dahulu dilakukan penentuan lokasi dan sumber yang akan dihitung inventarisasinya. Perhitungan inventarisasi ini dilakukan di beberapa area perbengkelan dan juga kantor pada galangan kapal :

Tabel 4. Lokasi inventarisasi emisi

No.	Nama Kantor	No.	Nama Bengkel
1.	PPIC	5.	Fabrikasi
2.	Engineering	6.	Outfitting
3.	Produksi	7.	Gudang
4.	HSE	8.	Assembly
		9.	Listrik

Perhitungan CO₂ primer

Perhitungan CO₂ primer ini dengan melakukan inventarisasi dari penggunaan energi seperti solar dan LPG yang nantinya akan dikalikan dengan faktor emisi dan kalornya seperti berikut ini :

➤ Solar yang digunakan sebesar 1.800.000 liter/tahun dan menghasilkan emisi CO₂ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \sum FC \times \text{CEF} \times \text{NCV} \\ &= 1.800.000 \text{ liter/tahun} \times 0,000036 \text{ Tj/liter} \times 74,1 \text{ tonCO}_2/\text{Tj} \\ &= 4801,68 \text{ tonCO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

➤ LPG yang digunakan sebesar 72 Kg/tahun dan menghasilkan emisi CO₂ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV}_{\text{LPG}} \\ &= 72 \text{ Kg/tahun} \times 63,1 \text{ grCO}_2/\text{MJ} \times 47,3 \text{ GR CO}_2/\text{tahun} \\ &= 214,89 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

✓ Emisi CO₂ total = 5016,57 ton CO₂/tahun

Perhitungan CO₂ sekunder

Emisi CO₂ sekunder merupakan emisi yang dihasilkan dari peralatan elektronik yang pemakaiannya menggunakan sumber daya dari listrik. Perhitungan emisi CO₂ sekunder ini dilakukan dengan cara mengalikan besar daya dari setiap alat elektronik dengan faktor emisi CO₂. Untuk perhitungan beban emisi CO₂ sekunder bisa diambil contoh seperti dibawah ini :

- Jumlah alat = 3 unit
- Jenis alat = komputer
- Jam operasi = 16896 jam/tahun
- Daya = 3,04 KWh
- Faktor emisi = 0,59 kgCO₂/tahun

Dari data diatas bisa dihitung total konsumsi listrik yang dihasilkan adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah konsumsi listrik/tahun} &= \text{jumlah alat} \times \text{jam operasi} \times \text{daya} \\ &= 3 \times 16896 \text{ jam/tahun} \times 3,04 \text{ KWh} \\ &= 154.091,52 \text{ KWh/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \sum FC \times \text{CEF} \\ &= 154.091,52 \text{ KWh/tahun} \times 0,59 \text{ Kg CO}_2/\text{KWh} \\ &= 90,9139968 \text{ tonCO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas perhitungan CO₂ sekunder setiap alat seperti pada Tabel 2 :

Tabel 2. Perhitungan CO₂ di kantor HSE

No	Nama Alat	Jumlah Unit	Jam Operasi		Daya (kWh)	Faktor Emisi (kg CO ₂ /Kwh)	Emisi (ton CO ₂ /tahun)
			Jam / hari	Jam/ tahun			
1	Komputer	3	8	16896	3,04	0,59	90,9139968
2	AC ruangan	1	8	16896	2,64	0,59	26,3172096
3	Mesin printer	1	8	16896	0,104	0,59	1,03673856
4	Mesin laminating	1	1	264	0,65	0,59	0,101244
5	Dispenser	2	8	16896	2	0,59	39,87456
6	Lampu TL	5	8	16896	0,32	0,59	15,949824
7	Kipas angin	1	2	1056	0,206	0,59	0,12834624
8	Telepon	1	24	152064	0,0696	0,59	6,244356096
Total jumlah emisi							180,5662753

Dari tabel diatas, nilai CO₂ untuk setiap lokasi sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai emisi CO₂ di setiap lokasi

No.	Nama	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	No.	Nama	Emisi (tonCO ₂ /tahun)
1.	PPIC	419,46	6.	Outfitting	27.574,22
2.	Engineering	488,64	7.	Gudang	69.855,20
3.	Produksi	248,79	8.	Assembly	140.476,29
4.	HSE	180,57	9.	Bengkel Listrik	45.117,27
5.	Fabrikasi	69.531,39			
Total CO ₂ sekunder 353.891,83 (tonCO ₂ /tahun)					

Berdasarkan tabel perhitungan diatas bisa dilihat bahwa tempat yang menghasilkan beban emisi terbesar adalah tempat *assembly* dimana ditempat itu terjadi kegiatan pembuatan blok kapal bermula. Sedangkan beban emisi terendah terdapat di kantor HSE, dimana ditempat tersebut hanya menggunakan alat elektronik dengan daya rendah.

a. Emisi CO₂ total

Emisi CO₂ total didapat dari penambahan antara emisi CO₂ primer dengan emisi CO₂ sekunder. Dari proses penambahan ini didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 \text{ total} &= \text{emisi CO}_2 \text{ primer} + \text{emisi CO}_2 \text{ sekunder} \\ &= 5016,57 \text{ ton CO}_2 \text{/tahun} + 353.891,8278 \text{ ton CO}_2 \text{/tahun} \\ &= 358.908,401 \text{ ton CO}_2 \text{/tahun} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Lokasi inventarisasi emisi paling besar berada di *assembly* dengan nilai 140.476,29 ton CO₂/tahun
- Lokasi dengan inventarisasi emisi terendah berada di kantor HSE dengan nilai 180,57 ton CO₂/tahun
- Galangan kapal ini memiliki nilai emisi CO₂ total sebesar 358.908,401 ton CO₂/tahun

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu proses penelitian ini. Terutama untuk keluarga, selain itu juga untuk para pekerja di industri kapal di Lamongan yang turut membantu. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah banyak membantu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Afiuddin, A. E., & Astuti, U. P. (2016). Perhitungan Emisi Karbon dan Kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Lingkungan Kampus (Studi Kasus: Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya).
- Hardiyanti, F., & Rizal, M. (2017). STUDI BIAYA EMISI CO AKIBAT ADANYA RENCANA PENGEMBANGAN TRANSPORTASI MASSAL CEPAT (TREM) DI. Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa), 0(3). doi:<https://doi.org/10.22219/sentra.v0i3.1431>
- Hidup, K. L. (2012). *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*.
- Izzati Winda Murti, J. H. (2015). *Inventarisasi Dan Penentuan Kemampuan Serapan Emisi CO2 Oleh Ruang Terbuka Hijau Di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur* .
- IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories –Workbook (Volume 2)*. <http://www.ipcc.ch>
- Lapenangga, K. A. (2016). Perhitungan Jejak Karbon Bangunan Rumah Tinggal Tipe 45 m2 di Kota Kupang.
- Mira Tri Wulandari, H. P. (2013). Kajian Emisi CO2 Berdsarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga sebagai Penyebab Pemanasan Global. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* .
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara SNI 19-7117.10-2005 Tentang Emisi Gas Buang-Sumber tidak Bergerak-Bagian 10: Cara Uji Konsentrasi CO, CO₂, Dan O₂ dengan Peralatan Anilis Ptomatik
- Suradji. (2010). pencemaran udara. 11.
- Wiedman, T., & Minx, J. (2007). A Definition of Carbon Footprint. *ISA UK Research*

Pemodelan Pola Sebaran NO₂ Pada Musim Hujan Dari Cerobong PT. PJB UP Gresik

Ikka Widyasari¹, Ahmad Erlan Afiuddin², Novi Eka Mayangsari³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: ikkawidyasari24@gmail.com

Abstrak

PT. PJB UP Gresik sebagai salah satu industri pembangkit listrik telah menghasilkan gas buang berupa NO₂. Gas NO₂ ini dikeluarkan melalui cerobong dan nantinya akan menyebar menuju daerah di sekitarnya, sehingga perlu adanya penelitian mengenai sebaran gas NO₂ tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pola sebaran NO₂ yang dihasilkan oleh cerobong pada musim hujan. Pada penelitian ini dipilih model *Dispersi* Gauss untuk memodelkan sebaran gas NO₂ yang dihasilkan oleh cerobong dan *software* Golden Surfer untuk membantu proses penyelesaian penggambaran pola sebaran emisi NO₂. Hasil penelitian menunjukkan semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi maka semakin kecil konsentrasi yang diterima. Konsentrasi NO₂ tertinggi berdasarkan hasil simulasi menghasilkan nilai 405,42 µg/m³ pada koordinat 683593,91 m ; 9207119,41 m. Hasil konsentrasi tersebut dapat digolongkan kedalam range baik berdasarkan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

Kata Kunci: Cerobong, Model *Dispersi* Gauss, Musim dan NO₂.

1. PENDAHULUAN

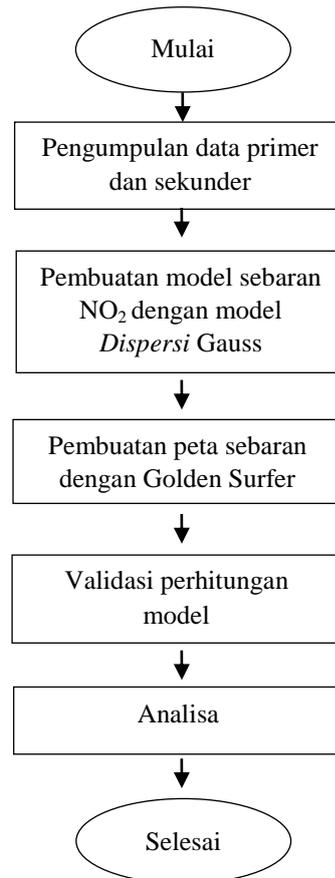
Pencemaran udara adalah menurunnya kualitas udara ambien akibat masuknya komponen lain baik secara sengaja ataupun tidak sengaja yang disebabkan karena aktivitas manusia (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010). Pencemaran udara dapat membawa dampak negatif bagi makhluk hidup khususnya manusia. Seperti contoh, kasus pencemaran udara di Kabupaten Gresik yang baru-baru ini terjadi. Kasus pencemaran udara ini telah menyebabkan banyak anak-anak terserang penyakit ISPA. Kasus pencemaran udara ini kemungkinan salah satunya disebabkan karena aktivitas dari industri yang berada di Kabupaten Gresik (Jawa Pos, 2017).

PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik adalah salah satu industri yang berada di Kabupaten Gresik. Industri ini bergerak dalam bidang penghasil energi listrik. Proses produksi di PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik menggunakan mesin pembangkit utama dengan jenis PLTU dan PLTGU yang berbahan bakar gas. Akibat aktivitas produksi energi listrik yang dilakukan oleh PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik, industri ini menghasilkan emisi gas buang dominan berupa NO₂. Gas NO₂ ini dikeluarkan melalui cerobong sebagai media penyalur gas buang dan sumber emisi tidak bergerak. Gas NO₂ yang keluar dari cerobong nantinya akan menyebar menuju daerah di sekitarnya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian pencemaran dan pemantauan kualitas udara akibat dari adanya aktivitas industri tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu melalui pembuatan pola sebaran emisi. Pembuatan pola sebaran emisi dalam penelitian ini menggunakan model *Dispersi* Gauss yang mana model Gauss merupakan model matematis paling tepat dalam menggambarkan pola semburan emisi dari sumber pencemar (Anita, 2011 dalam Hasibuan dkk., 2015). Pemodelan pola sebaran emisi dengan menggunakan model *Dispersi* Gauss pernah dilakukan oleh Muhaimin, dkk (2015) yang mana Muhaimin melakukan pemodelan emisi SO_x dan NO_x dari aktivitas di PLTU Cirebon. Proses penyelesaian penggambaran pola sebaran emisi NO₂ ini menggunakan *software* Golden Surfer.

Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pola penyebaran emisi NO₂ yang dihasilkan oleh cerobong PT. PJB UP Gresik pada saat musim hujan berdasarkan persamaan model *Dispersi* Gauss.

2. METODOLOGI



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Pembuatan model sebaran

Pembuatan model *dispersi* ini menggunakan model Gauss, meliputi penentuan konsentrasi emisi NO₂ pada beberapa titik penerima yang disusun dalam grid berjarak 200 m. Tahapan dalam pembuatan model :

- a. Penentuan beban emisi
- b. Penentuan musim

Penentuan musim didasarkan pada banyaknya curah hujan yang terjadi di setiap bulannya (rata-rata curah hujan bulanan) selama 10 tahun.

- c. Penentuan arah dan kecepatan angin dominan

Penentuan arah dan kecepatan angin menggunakan *software* WRPLOT View. Hasil keluaran dengan menggunakan *software* ini berupa *Wind Rose* yang digunakan untuk memperoleh gambaran umum mengenai arah serta kecepatan angin dominan yang terjadi.

- d. Penentuan Stabilitas Atmosfer, didasarkan pada kecepatan angin dan intensitas penyinaran matahari.

Tabel Klasifikasi kelas stabilitas atmosfer bersumber dari Koehn, A. dkk. 2013

- e. Menghitung kecepatan angin pada ketinggian cerobong (Visscher.2014)

$$u_2 = u_1 \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^p$$

(1)

Dimana :

u_2 = Kecepatan angin pada ketinggian Z_2 (m/s)

u_1 = Kecepatan angin yang diukur dengan anemometer (m/s)

Z_2 = Tinggi lokasi Z_2 (m)

Z_1 = Tinggi lokasi pengambilan data kecepatan angin dari permukaan tanah (m)

P = Nilai eksponen berdasarkan stabilitas atmosfer

- f. Menghitung nilai plume rise (Dr. Akshey. 2016)

$$\Delta h = \frac{V_s \cdot d_s}{U} [1,5 + 2,68(10)^{-3} Pa \frac{T_s - T_a}{T_s}] d_s \quad (2)$$

Dimana :

- Δh = Plume rise (m)
- V_s = Kecepatan emisi keluar dari cerobong (m/s)
- d_s = Diameter cerobong (m)
- Pa = Tekanan atmosfer (milibar)
- T_s = Temperatur gas di cerobong (K)
- T_a = Temperatur atmosfer (K)
- $2,68 \times 10^{-3}$ = Konstanta ($m^{-1}mbar^{-1}$)

g. Menghitung ketinggian efektif (h)

$$h = h_s + \Delta h \quad (3)$$

Dimana :

- h = Tinggi efektif cerobong (m)
- h_s = Tinggi cerobong (m)
- Δh = Plume rise (m)

h. Menghitung konsentrasi zat pencemar (Visscher.2014)

$$C(x, y, z, h) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z-h)^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(z+h)^2}{\sigma_z^2}\right] \right\} \quad (4)$$

Dimana :

- C = Konsentrasi polutan di titik (x,y,z) dengan satuan g/m^3
- Q = Laju emisi dari polutan dengan satuan g/s
- σ_y = Koefisien dispersi horizontal (y), dalam satuan meter
- σ_z = Koefisien dispersi vertikal (z), dalam satuan meter
- u = Kecepatan angin pada ketinggian cerobong, satuan m/s
- h = Ketinggian efektif cerobong, dalam satuan meter
- x = Kepulan horizontal dari sumber pencemar searah dengan arah angin, dalam satuan meter (downwind)
- y = Kepulan horizontal tegak lurus dengan arah angin, dalam satuan meter (crosswind)
- z = Kepulan vertikal dari permukaan, dalam satuan meter.

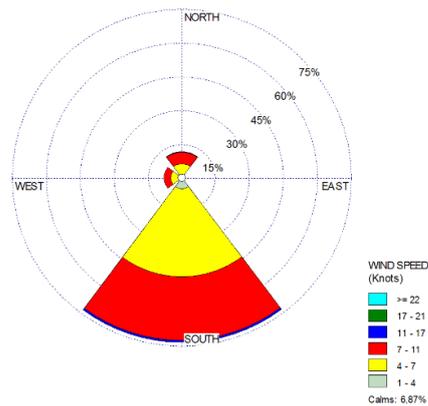
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Penentuan Musim

Penentuan waktu musim hujan untuk tahun 2018 didasarkan pada data curah hujan dari periode Januari 2007 sampai dengan Januari 2017 atau kurun waktu 10 tahun. Berdasarkan hasil pengolahan data, diketahui bahwa musim hujan terjadi pada bulan Desember, Januari, Februari dan Maret. Pemilihan ini didasarkan pada criteria musim hujan yang memiliki nilai rata-rata curah hujan bulanan sebesar >150 mm/bulan.

b. Penentuan Arah, Kecepatan Angin dan Stabilitas Atmosfer

Berdasarkan hasil olahan data dengan menggunakan *software* WRPLOT View, diketahui bahwa pada saat musim hujan angin berhembus dari arah utara menuju arah selatan dengan kecepatan rata-rata 3,07 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penerimaan polutan berada di selatan dari sumber emisi. Gambar windrose dari musim hujan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Windrose Musim Hujan

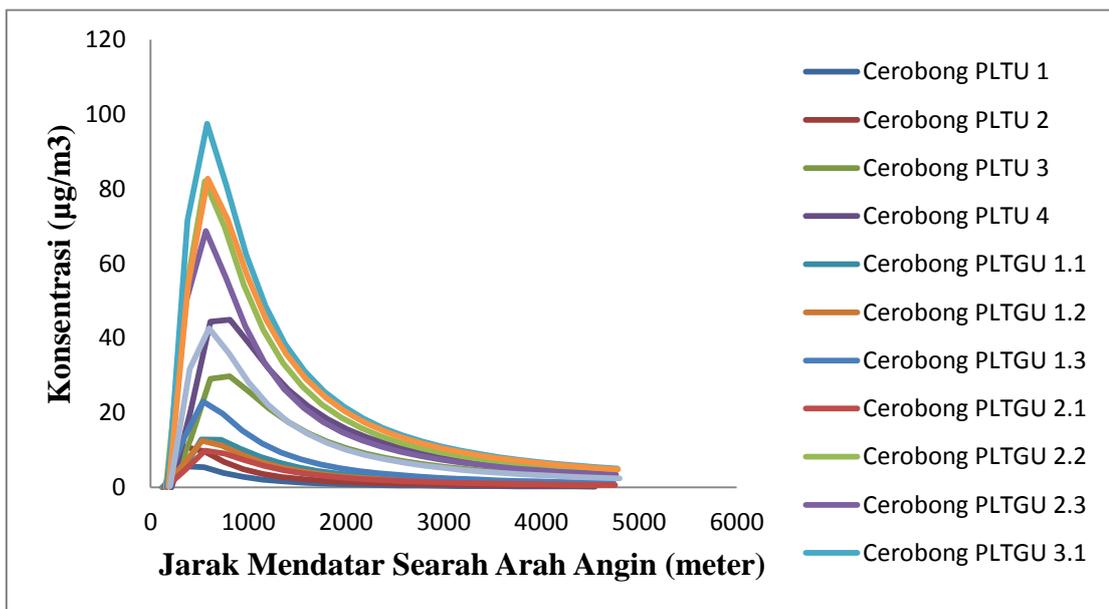
Dengan kecepatan angin rata-rata 3,07 m/s dan nilai instensitas penyinaran matahari 186,15 watt/m² maka kelas stabilitas atmosfer pada musim hujan menunjukkan kelas C yang artinya sedikit tidak stabil.

c. Perhitungan Nilai Konsentrasi NO₂ Di Titik Penerima

Sumber emisi yang dimodelkan dalam penelitian ini berjumlah 13 cerobong meliputi 4 cerobong PLTU dan 9 cerobong PLTGU. Perhitungan nilai konsentrasi dilakukan di titik penerima sebaran yang sebelumnya telah disusun dalam grid berjarak 200 m. Perhitungan ini dilakukan pada setiap masing-masing cerobong terhadap titik penerima yang nantinya nilai konsentrasi di titik penerima tersebut akan diakumulasikan dari semua sumber emisi. Berikut contoh perhitungan nilai konsentrasi di salah satu titik penerima dari satu sumber emisi :

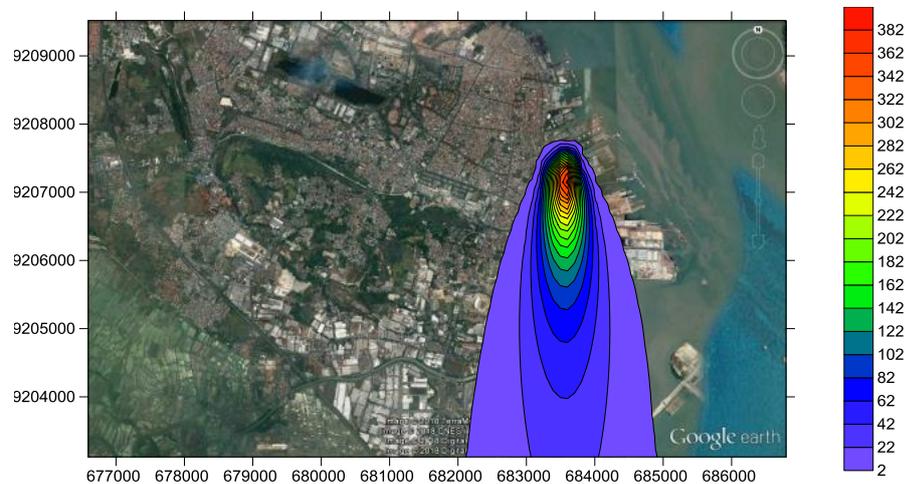
Sumber Cerobong PLTGU 3.3 (Beban emisi (Q) = 20,04 gr/detik, Kecepatan angin di ketinggian cerobong (U₂) = 4,46 m/s, Jarak downwind (x) = 600 m, Jarak crosswind (y) = 200 m, σ_y = 118,54 m, σ_z =120 m, Tinggi penerima dari permukaan tanah (z) = 1,5 m, Plume rise (Δh) = 92,26 m, Tinggi cerobong (h_s) = 65 m, Tinggi efektif cerobong (h) = Δh + h_s = 92,26 m + 65 m = 157,26 m. maka jika data tersebut dimasukkan dalam rumus maka akan menghasilkan konsentrasi sebesar 1,02693E-05gr/m³ atau 10,26929175 μgr/m³.

Hasil sebaran konsentrasi NO₂ pada jarak y = 0 meter dan sepanjang jarak x (downwind) pada musim hujan menunjukkan nilai yang tertinggi. Hasil tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Sebaran NO₂ Pada Musim Hujan (y=0)

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi, maka semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan. Konsentrasi tertinggi berada dekat dengan sumber emisi, dan akan terus menurun seiring titik penerima menjauhi sumber emisi. Langkah selanjutnya adalah penggambaran pola sebaran NO_2 dari akumulasi sumber emisi di titik penerima. Hasil pola sebaran NO_2 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pola Dispersi Emisi NO_2 Di Musim Hujan Dari Akumulasi Cerobong

Peta sebaran diperoleh dari Google Earth. Garis X dan Y pada peta menunjukkan koordinat dari titik penerima. Besarnya konsentrasi ditunjukkan dengan skala warna. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa saat sumber emisi beroperasi secara bersamaan maka menghasilkan konsentrasi NO_2 tertinggi sebesar $405,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada koordinat $683593,91 \text{ m}$; $9207119,41 \text{ m}$. Hasil konsentrasi tersebut jika dibandingkan dengan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997 tentang Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), maka konsentrasi NO_2 ambien pada saat musim hujan dapat digolongkan ke dalam kategori baik. Hal ini dikarenakan pada hasil perhitungan ISPU berdasarkan konsentrasi NO_2 musim hujan menghasilkan indeks ISPU terhitung sebesar 35,51.

4. KESIMPULAN

Semakin jauh jarak titik penerima dari sumber emisi maka semakin kecil konsentrasi yang diterima. Hasil konsentrasi maksimum persebaran NO_2 dimusim hujan menunjukkan nilai $405,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada koordinat $683593,91 \text{ m}$; $9207119,41 \text{ m}$. Hasil konsentrasi persebaran menunjukkan kondisi yang baik berdasarkan Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PT. PJB UP Gresik dan BMKG Maritim Perak II yang telah membantu dalam proses perolehan data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dr. Akshey. (2016). *Effect of Wind Speed and Stack Height on Plume Rise Using Different Equations*. Global Institute of Engineering and Technology, ISSN 2321 3361.
- Hasibuan, F. Warsito dan Sri. (2015). *Simulasi Model Dispersi Polutan Gas dan Partikulat Molekul Pada Pabrik Semen Dengan Menggunakan Software Matlab 7.12*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, Vol. 03, No. 02.
- Koehn A.C. 2013. *“Comparison of Atmospheric Stability Method for Calculating Ammonia and Methane Emission Rates with Windtrax”*. American Society of Agriculture and Biological Engineer, ISSN 2151-0032 EPA. 1992.
- Manik, Samuel Novan. dkk (2017). *Analisis Curah Hujan, Tipe Iklim dan Evapotranspirasi Potensial Untuk Kota Medan*. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Muhaimin.Sugiharto, E. dan Suratman, A. (2015). *Air Pollution Simulation From Cirebon Power Plant Activity*. Jurnal Ilmu MIPA, ISSN : 1411-1047.

Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010*. Jakarta.

Republik Indonesia. 1997. *Keputusan Kepala Bappedal Nomor 107 Tahun 1997*. Jakarta.

Sugiarti. (2009). *Gas Pencemar Udara Dan Pengaruhnya Bagi Kesehatan Manusia*. Jurnal *Chemica*, Vol. 10, No.1.

Ulfah, Afriyas. dkk (2015). *Penentuan Kriteria Awal Musim Alternatif Di Wilayah Jawa Timur*. Sekolah Tinggi Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.

Visscher, A. (2014). *Air Dispersion Modelling*. New Jersey : John Willwy & Sons Inc.

Perancangan Bag Filter pada Ruang Packing Industri Tepung Terigu

Rizal Hardiansyah¹, Ahmad Erlan Afiuddin²

¹² Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail : rizalportabel97@gmail.com

Abstrak

Ruang packing pada industri tepung terigu memiliki potensi tingkat pencemar partikulat yang tinggi dimana debu dari kegiatan packing tepung berterbangan sehingga alat penangkap debu dan partikulat sangat dibutuhkan, debu hasil packing ini tidak memiliki efek khusus tetapi dikhawatirkan dapat menyebabkan infeksi saluran pernafasan pada pekerja yang terpapar oleh debu tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendali pencemar partikulat menggunakan alat bag house atau juga bisa disebut bag filter dimana udara yang mengandung debu di dorong menuju kain yang berfungsi menahan debu tersebut dan udara bersih lolos, pada perencanaan ini terdapat beberapa tahapan dalam melakukan perencanaan bag house tersebut yaitu dimulai dari tahap perencanaan hood dan laju hisapnya, lalu menghitung diameter pipa duct utama dan duct cabang yang digunakan, menghitung air cleaner bag filter, menghitung filter length, menghitung jumlah bag filter. Berdasarkan analisa dan perhitungan didapatkan hasil hood yang digunakan tipe plain multiple slot opening 2 dengan panjang x lebar x tinggi. 1.6m x 0.5m x tinggi 0,8 dan Q yang dihisap 12.99 m³/s dengan 3 hood dalam 1 ruangan, diameter pipa untuk duct utama sebesar 0.92m dan pipa cabang 0.5m. Perhitungan bag filter didapatkan 110 bag filter dengan dimensi 3 x 0.15 m dan jarak antar titik 0.254 m.

Kata Kunci : bag filter, hood , *Dust collector*

1. PENDAHULUAN

Pada industri tepung terigu salah satu polusi yang dihasilkan salah satunya berupa partikulat yang merupakan bagian terkecil dari total polutan yang dilepaskan ke atmosfer, tetapi memiliki pengaruh yang lebih berbahaya dari jenis polutan lainnya. Partikulat tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia, menurunkan kualitas lingkungan dan mempengaruhi kualitas material. Besarnya pengaruh-pengaruh ini merupakan fungsi dari distribusi ukuran partikel, konsentrasi dan komposisi fisik dan kimia partikulat..

Partikulat yaitu padatan tersuspensi yang melayang di udara dan partikel cair yang berukuran lebih besar daripada molekul (molekul memiliki rata-rata 0,002 μm) tetapi lebih kecil dari 500 μm . Partikulat digolongkan menjadi tiga kategori antara lain ukuran 5- 10 nm yang mudah tersaring secara fisik oleh. Kemudian yang kedua yaitu partikulat dengan ukuran antara 2 - 5 nm. Ketiga partikulat dengan ukuran berkisar < 2 m akan mudah masuk ke dalam saluran respirasi dan akan mudah keluar kembali bersama udara ekspirasi. Sehingga apabila tidak dilakukan pengolahan gas dan partikulat lingkungan kerja maka dapat mengakibatkan menurunnya kualitas kesehatan pekerja.

Pada dunia perindustrian untuk mengatasi masalah debu tersebut, dapat menggunakan mesin *Dust Collector*, yang berfungsi untuk menghisap udara yang bercampur dengan debu ruangan dan menyaring debu tersebut sehingga debu dapat dipisahkan dengan udara, udara yang telah bersih dibuang atau dialirkan ke lingkungan sehingga tidak terjadi pencemaran dan kondisi dalam ruangan bebas dari debu..

Teknik untuk mengontrol emisi partikel didasarkan pada penangkapan partikel sebelum dilepaskan ke atmosfer. Metode yang digunakan untuk mencapai tujuan tersebut dipengaruhi oleh ukuran partikel. Penelitian pengendali partikulat bertujuan untuk mengetahui nilai pressure drop pada unit fabric filter, mengetahui perkiraan net cloth area unit shaker bag house, mengetahui filter drag dan pressure drop maksimum unit shaker bag house, mengetahui jumlah kantung pada pulse-jet bag house, dan mengetahui daya kompresor unit pulse-jet bag house.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada perencanaan dust collector ini perlu diketahui konsentrasi partikulat dimana hal ini berfungsi untuk mengetahui banyaknya partikulat yang akan di tangkap dalam bag house tersebut.

Konsentrasi partikulat

Pengukuran konsentrasi partikulat pada ruang packaging industri tepung terigu dimana menggunakan alat *High Volume Air Sampler (HVAS)* kemudian dilakukan pengukuran konsentrasi menggunakan metode secara gravimetri.

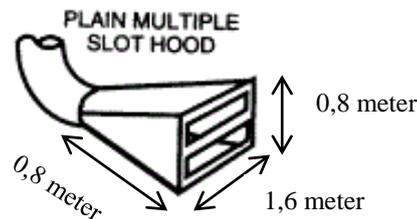
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Partikulat

Berdasarkan data yang berasal dari industri tepung terigu yang memproduksi tepung sebesar 300.000 kg/hari yang 0,4% nya tidak masuk dalam proses packaging. Sehingga dapat diketahui bahwa terdapat konsentrasi partikulat matter ukuran 10 mikron (PM10) sebesar 36,39 mg/m³ (8 jam pengukuran) yang melebihi nilai ambang batas faktor kimia di udara, dimana berdasarkan SK Mennaker No. SE.01/MEN/1997 (NAB = 10 mg/m³ untuk 8 jam).

Menentukan Hood

Hood yang akan dipakai dalam perancangan ini adalah hood tipe *Plain Multiple Slot Opening 2 or More Slots* agar menghasilkan kecepatan hisap yang tinggi dan memiliki titik jangkauan yang lebih lebar. Dimensi hood yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Detail hood *plain multipleslot opening 2 or more slots* yang direncanakan

Panjang (L)	: 1,6 m
Lebar (W)	: 0,8 m
Tinggi	: 0,8 m

kecepatan hisapan berapa pada range kecepatan 350 fpm (feet per minute), sehingga untuk perhitungan *capture velocities* menggunakan kecepatan minimal sebesar 350 fpm, yang kemudian nilai tersebut dikonversikan kedalam m/s, didapatkan :

$$A = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ = 1,6 \times 0,8 \\ = 1,28 \text{ m}^2$$

Jadi dari perhitungan tersebut didapatkan kecepatan hisapan untuk perancangan hood adalah .

$$V = 350 \frac{\text{feet}}{\text{menit}} \times \frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ feet}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} = 1,778 \text{ m/s}$$

Menghitung Laju Aliran Hisapan Hood

Menghitung laju alir hisapan hood menggunakan rumus untuk *plain multiple slot hood*

$$X = \text{Radius / jarak terhadap kontaminan (} X < 1,5 \text{ d)} \\ X = 0,92 \text{ m}$$

$$Q = 0,75 V (10 X^2 + A)$$

$$Q = 0,75 \times 1,778 \text{ m/s} \times (10 \times (0,92 \text{ m})^2 + 1,28 \text{ m}^2) \\ Q = 12,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kecepatan Dalam Duct

Range of Minimum Duct Design Velocities, dapat diketahui bahwa kecepatan yang akan melewati duct sebesar 3500, sehingga untuk perhitungan *Duct Design Velocities*, sehingga untuk perhitungan *Duct Design Velocities* menggunakan kecepatan minimal sebesar 3500 fpm atau sama dengan 17,78 m/s .

Menghitung Diameter Dalam Duct

Dengan menggunakan besar kecepatan udara yang bergerak dalam duct serta besar laju aliran dalam duct, maka diameter duct utama dapat dicari melalui persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$d = \left(\frac{4 \times Q}{\pi \times V} \right)^{1/2}$$

$$d = \left(\frac{4 \times 12,99362 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 17,78 \text{ m/s}} \right)^{1/2}$$

$$d = 0,866678 \text{ m}$$

Diameter yang telah didapatkan dari perhitungan, disesuaikan dengan diameter yang ada di pasaran yakni 1,067 m.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$V = \frac{12,99362 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,067 \text{ m})^2}$$

$$V = 14,53891 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan dalam pipa dengan diameter 1,067 m adalah 14,53891 m/s.

Menentukan Diameter Cabang Duct

Dalam menentukan diameter *duct*, didasarkan pada nilai Q dari *Vcapture velocities* dan *Vtransport velocity*, adapun perhitungannya dapat menggunakan persamaan 2.4 berikut :

Dimana :

$$\begin{aligned} V_{\text{capture velocities}} &= 1,778 \text{ m/s} \\ A &= 1,28 \text{ m}^2 \\ Q_{\text{desain}} &= V_{\text{capture velocities}} \times A \\ &= 1,778 \text{ m/s} \times 1,28 \text{ m}^2 \\ &= 2,27584 \text{ m}^3/\text{s} \\ V_{\text{transport velocity}} &= 3500 \frac{\text{feet}}{\text{menit}} \times \frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ feet}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}} = 17,78 \text{ m/s} \\ A_{\text{duct}} &= \frac{Q_{\text{desain}}}{V_{\text{transport velocity}}} \\ &= \frac{2,27584 \text{ m}^3/\text{s}}{17,78 \text{ m/s}} \\ &= 0,128 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka nilai diameter untuk *ducting* cabang adalah :

$$\begin{aligned} A_{\text{ducting cabang}} &= \pi \cdot r^2 \\ 0,128 \text{ m}^2 &= 3,14 \times r^2 \\ r^2 &= 0,041 \text{ m}^2 \\ r &= 0,202 \text{ m} \\ d &= 0,404 \text{ m} \end{aligned}$$

dengan diameter yang ada di pasaran yaitu yang mendekati nilai 0,404 m adalah 0,5 m.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$= \frac{2,27584 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,5 \text{ m})^2}$$

$$= 11,59664 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan dalam pipa dengan diameter pipa 0,5 m adalah 11,59664 m/s.

perhitungan effective filtration velocity

Perhitungan ini dapat ditentukan dengan mengetahui data aplikasi debu (application), temperatur (temperature), ukuran partikel (particle size), dan berat debu (dust load),

$V_{fn} = 3 \text{ fpm}$ (Berdasarkan filter velocity untuk klasifikasi debu)

$A = 0,9$ (Karena debu tersebut dianggap debu yang mengganggu dalam lingkungan kerja tersebut)

$T = 1$

$P = 1,1$

$D = 1,2$

$V_{ef} = V_{fn} \times A \times T \times P \times D$

$V_{ef} = 3 \text{ fpm} \times 0,9 \times 1,0 \times 1,1 \times 1,2$

$V_{ef} = 3,564 \text{ fpm}$

Menentukan filter length

Untuk mencari panjang filter (filter length) dapat mengacu pada grafik *optimizing can velocity versus filter bag length*. Penggunaan grafik ini bertujuan untuk mengetahui nilai dari kecepatan filtrasi (filter velocity) atau V_{ef} dan nilai *can velocity* (V_c). Adapun data yang digunakan untuk pembacaan grafik tersebut adalah sebagai berikut :

$V_{ef} = 3,564 \text{ fpm}$

$V_c = 200 \text{ fpm}$ (mengacu pada *filter sizing factor for primary filter collector*).

Dari data diatas diperoleh nilai *filter length* dengan cara menarik garis sumbu Y (velocity / V_c) sebesar 200 fpm sampai dengan garis filter velocity 9 ft. Setelah mendapatkan titik potong tersebut tarik garis lurus ke arah sumbu X yaitu garis yang menunjukkan tinggi dari filter (filter length) sehingga didapatkan nilai 9 ft = 2.74 m

Menentukan Jumlah Bag Filter

Untuk menentukan jumlah bag filter mengacu pada grafik *Optimizing Number of filter bag versus filter bag length*, dalam perhitungannya hampir sama dengan menghitung filter length yaitu dengan cara menarik sumbu X sebesar 9 ft sampai berpotongan dengan garis *filter velocity* = 7.5 ft/min. setelah mendapatkan titik potong tersebut digarik garis lurus ke arah sumbu Y yaitu garis yang menunjukkan jumlah dari bag filter (number of filter). sehingga didapatkan 110 bag filter.

Desain bag filter

Untuk memenuhi kebutuhan jumlah bag sebanyak 110 maka dimensi perancangan ini sebagai berikut :

Panjang = 11 bag

Lebar = 10 bag

Tinggi filter = 2,70 m

Diameter bag = 0,15 m

Panjang bag = 4 m

Lebar bag = 3 m

Jarak pusat ke pusat bag pada dimensi panjang direncanakan = 0,254 m

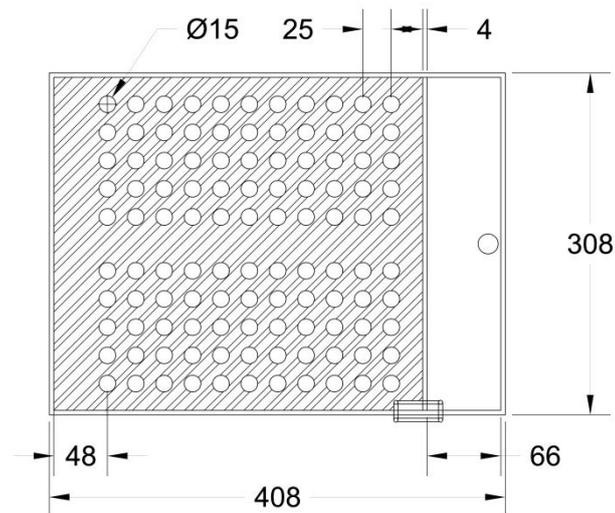
Jarak pusat ke bag pada dimensi lebar direncanakan = 0,254 m

Jadi luas area bag filter pada perancangan ini adalah :

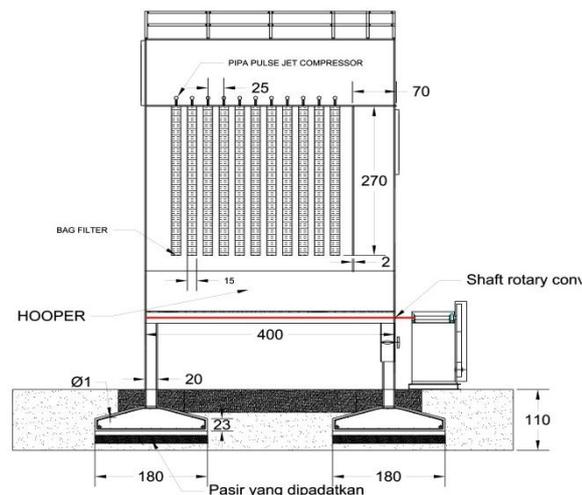
$\text{Luas bag filter} = p \times l$

$\text{Luas bag filter} = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$

$\text{Luas bag filter} = 12 \text{ m}^2$



Gambar 2. Desain Bag filter Dust Collector Tampak atas



Gambar 3. Desain Bag filter dust collector tampak samping

4. KESIMPULAN

Dust Collector direncanakan memiliki 3 hood yang masing masing berdimensi 1,6m x 0,8m x 0,8m memiliki kekuatan hisap $12,99m^3/s$ dengan dimensi duct utama dan duct cabang masing masing 1,067m dan 0,5m dengan jumlah bag yg digunakan 110bag.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis disampaikan kepada dosen teknik pengolahan limbah ppns dan pihak pihak terkait yang membantu penelitian ini serta teman teman D4 TPL.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Archieves, T. N.(2011). Controlling airborne Contaminants At Work, London: Health And Safety Executive
- Crawford, M.(1976).Air Pollution Control Theory. Birmingham: University of Alabama in Birmingham
- Croom, M.L. (1995).Filter Dust Collectors. United States Of America: McGrawHill
- Dive, K. M.(1998) Industrial Ventilation. Ohio American Conference Of Govermental Industries Hygienist

Transmigrasi, Menteri Tenaga Kerja.(2011). Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia di Tempat Kerja. Jakarta: Permenakertrans

Pemanfaatan Botol Plastik Bekas sebagai Biofilter Aerobik dalam Penurunan Konsentrasi COD, BOD pada Air Limbah Laboratorium Kesehatan

Ajeng Purnaningtias¹, Ahmad Erlan Afiuddin², Tanti Utami Dewi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: tiasajengpurna@gmail.com

Abstrak

Botol plastik bekas merupakan salah satu limbah yang jumlahnya selalu meningkat setiap tahunnya, oleh karena itu dibutuhkan suatu alternatif pemanfaatan, yakni sebagai media biofilter. Biofilter merupakan suatu teknologi pengolahan biologis yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mengolah air limbah. Dalam suatu biofilter dibutuhkan media sebagai tempat melekatnya bakteri. Bahan yang dapat digunakan sebagai media biofilter memiliki kriteria tertentu seperti inersitas tinggi, fraksi volume rongga tinggi, luas permukaan yang besar, bersifat hidrofilik, dan sebagainya. Beberapa sifat-sifat ini dapat ditemukan dalam botol plastik bekas. Penelitian dilakukan untuk mengamati kinerja dan efisiensi removal dari modifikasi botol plastik bekas. Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan 9 buah reaktor terbuka yang terbuat dari plastik tanpa penutup dimana setiap reaktor dilengkapi dengan aerator dan diisi dengan media yang berbeda dan air limbah sebanyak 4 liter dengan variasi waktu detensi (td) 3 jam, 6 jam dan 9 jam. Penelitian akan dilakukan dengan mengamati efisiensi removal *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada setiap media lekat. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan karakteristik air limbah laboratorium kesehatan yakni COD 614,23 mg/l, BOD 197,05 mg/l, Fosfat 9,1 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu detensi 3 jam yakni penurunan COD sebesar 86,89 % dan BOD sebesar 75,18 %.

Kata Kunci: Biofilter, Biofilm, Botol Plastik, Media Biofilter, Pengolahan Biologis

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan pernyataan Tuti Hendrwati Minarsih, dirjen Pengelolaan Sampah Limbah dan Bahan Beracun dalam (Republika, 2017) jumlah sampah plastik yang dihasilkan perhari pada tahun 2015 adalah sebesar 64 juta ton dan meningkat sebanyak 1 juta ton menjadi 65 juta ton pada tahun 2016. Berdasarkan jumlah tersebut, botol plastik mengambil peran yang cukup besar karena menurut sumber data yang diperoleh dari *Beverage Marketing Corporation and International Bottled Water Association* diketahui bahwa Indonesia merupakan negara dengan industri botol minuman yang berkembang pesat sehingga konsumsi air minum pada tahun 2016 mencapai 4.82 Milyar botol minuman plastik pertahun (Sukses Sejahter Energi, 2017).

Demi mengurangi dampak negatif dari sampah botol plastik bekas berbagai jenis teknologi pemanfaatan botol plastik dikembangkan, diantaranya adalah penggunaan botol plastik sebagai media biofilter. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Putra & Karnaningroem, 2016) membuktikan bahwa botol plastik bekas minuman probiotik dapat mereduksi COD 73.24%-80.53%. Keuntungan dari proses biofilter yaitu efisiensi penghilangan COD, BOD, dan padatan tersuspensi yang cukup tinggi, pengelolaannya mudah, biaya operasional rendah, dan menghasilkan lumpur yang relatif sedikit jika dibandingkan dengan proses lumpur aktif (Said, Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans, 2005). Menurut (Salas, 2016) Biofiltrasi merupakan kegiatan pengolahan yang didalamnya terjadi aktifitas absorpsi, oksidasi dan filtrasi zat pencemar yang disebabkan oleh aktifitas mikroorganisme tertentu dalam *biofilm*. Biofilm adalah lapisan lendir biologis yang berisi mikroorganisme (aerobik, anaerobik, bakteri fakultatif, jamur, dan protozoa) yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi polutan dalam air limbah. (Chaudhary, Vigneswaran, & H, 2003)

Beberapa kriteria yang dapat dipenuhi dalam menentukan media biofilter menurut (Said, Aplikasi Media Filter Bioball Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean, 2005) adalah bahan yang dapat digunakan sebagai media biofilter memiliki kriteria tertentu seperti inersitas tinggi, fraksi volume rongga tinggi, luas permukaan yang besar, bersifat hidrofilik, dan sebagainya. Beberapa sifat-sifat ini dapat

ditemukan dalam botol plastik bekas sehingga diharapkan botol plastik bekas mampu dimanfaatkan sebagai media biofilter dan memiliki kemampuan penghilangan COD dan BOD yang tinggi.

2. METODOLOGI

1.1 Material

Material yang dipersiapkan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yakni air limbah dan media lekat dan diuraikan seperti berikut:

A. Air Limbah

Air limbah yang digunakan adalah air limbah yang berasal dari kegiatan domestik laboratorium kesehatan di Surabaya, Jawa Timur.

B. Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan adalah botol plastik bekas yang telah dimodifikasi dengan cara dipotong pada ukuran 2 x 10 cm dan digulung hingga terbentuk silinder dengan beberapa lapisan seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut;



Gambar 2. 1 Modifikasi Botol Plastik Bekas

2.1 Prosedur Percobaan

A. Seeding Bakteri

Pada pengolahan biofilter hal pertama yang perlu dilakukan adalah *seeding* bakteri. *Seeding* bakteri adalah kegiatan pembiakan bakteri pengolah limbah pada media yang telah disediakan. Cara *seeding* yang dilakukan dalam penelitian ini yakni air limbah dialirkan kedalam reaktor biofilter aerobik dengan waktu kontak selama 72 jam. Untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang lebih cepat dapat ditambahkan starter bakteri dan penambahan glukosa. Kegiatan ini terus dilakukan hingga terdapat biofilm yang terbentuk pada media dan terjadi pengolahan yang stabil.

B. Percobaan Inti

Proses pengolahan dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah pada aerobik yang telah dipersiapkan. Reaktor yang digunakan adalah tabung terbuka tanpa penutup dengan diameter 18 cm dan tinggi 25 cm dan dilengkapi dengan aerator. Rasio media yang digunakan pada penelitian ini adalah 60% dari ketinggian air limbah. Reaktor yang dipersiapkan adalah untuk mengolah air limbah sebanyak 3 buah dimana reaktor tersebut dipergunakan pada waktu detensi yang berbeda yakni 3 jam, 6 jam dan 9 jam. Analisa COD dan BOD dapat dilaksanakan dengan mengambil sampel pada masing-masing reaktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Proses Penumbuhan Bakteri (*Seeding*)

Seeding adalah proses penumbuhan bakteri di suatu media lekat. Pada saat dilakukan penelitian, masing-masing media belum terdapat biofilm. Proses *seeding* ini dilakukan agar terjadi pembentukan biofilm pada seluruh permukaan media. Dalam penelitian ini *seeding* dilakukan dengan cara mengalirkan reaktor dengan air limbah selama 3 hari sekali dengan dilakukan penambahan Bio-HS dan glukosa sesekali sebagai sumber karbon dengan kondisi reaktor aerobik dengan demikian tidak diperlukan waktu yang lama untuk menumbuhkan bakteri pada media. Bio-HS merupakan cairan yang berisi rekayasa mikroorganisme non patogen yang umumnya digunakan untuk mengurai limbah dalam *septic tank*.

Penelitian selanjutnya akan dilaksanakan jika biofilm pada media telah terbentuk dan mikroorganisme telah dalam kondisi stabil. Pengamatan pertumbuhan mikroorganisme dapat dilaksanakan dengan melihat kemampuan removal COD. Nilai efisiensi yang cenderung meningkat menunjukkan adanya aktifitas mikroorganisme yang telah tumbuh semakin banyak. Biofilter akan siap digunakan ketika nilai efisiensi removal telah berjalan stabil. Hasil analisa penurunan nilai COD beserta efisiensi removalnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Hasil *Seeding* Bakteri

Waktu operasi (hari)	COD		
	masuk (mg/l)	keluar (mg/l)	efisiensi penghilangan (%)
1	688,5	485,8	29,44
2	630,5	362,5	42,51
3	614,9	305,8	50,27
4	615,6	292,66	52,46
5	608,5	293,05	51,84

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada hari pertama efisiensi removal yang dicapai adalah 29,44% hal ini disebabkan mikroorganisme dalam reaktor belum banyak yang menempel pada media. Setelah operasi berjalan 3 hari reaktor mulai menunjukkan efisiensi removal 50,27% dengan konsentrasi awal 614,9 mg/l, setelah diolah konsentrasinya menjadi 305,8 mg/l dan berjalan stabil hingga hari ke 5. Dengan demikian proses selanjutnya dapat dilaksanakan.

b. Hasil Percobaan Variasi Waktu Tinggal

Sebelum penelitian dilaksanakan terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui karakteristik air limbah laboratorium kesehatan. Karakteristik air limbah laboratorium kesehatan dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Karakteristik Air Limbah

No.	Parameter	Konsentrasi	Satuan
1	COD	614,23	mg/l
2	BOD	197,05	mg/l
3	TSS	608,05	mg/l
4	PO ₄	9,105	mg/l
5	E-coli	2,2x10 ²	CFU/ml

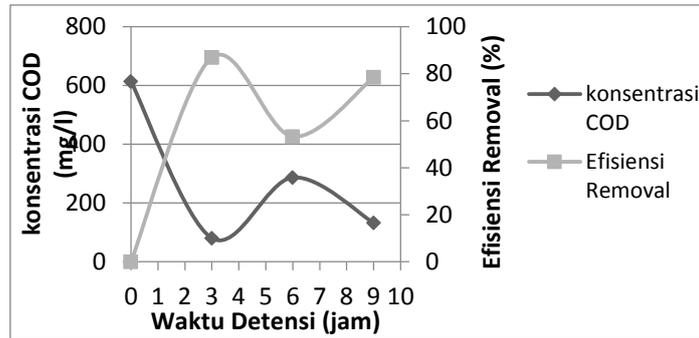
Analisa Kadar COD

Pada proses analisa COD terjadi proses penurunan efisiensi removal pada pergantian waktu detensi. Hal ini disebabkan karena biofilm yang melekat pada media mengalami kondisi *detachment* (peluruhan) sehingga biofilm yang meluruh diidentifikasi sebagai limbah. Proses *detachment* berasal dari pelepasan partikel besar karena pecahnya kelebihan jaringan sel pada bagian dalam biofilm (Bakke, 2003). Hasil analisa penurunan kadar COD dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Hasil Analisa COD

No.	Jenis Pengamatan	Pengamatan Jam ke-	Nilai COD (mg/l)	Rata-rata (mg/l)	efisiensi removal (%)
1	Inlet (A0)	0	615,81	614,235	-
			612,66		
2	Botol Plastik (C1)	3	81,5	80,525	86,89
			79,55		
3	Botol Plastik (C2)	6	288,15	286,955	53,28
			285,76		
4	Botol Plastik (C3)	9	133,55	132,195	78,48
			130,84		

Adapun grafik hasil analisa COD terdapat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Grafik Hasil Analisa COD

Dari Tabel dan Gambar diatas menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan tertinggi didapatkan dengan waktu detensi 3 jam yang mampu menurunkan konsentrasi COD sebanyak 87 % dari konsentrasi awal 614,2 mg/l menjadi 80,5 mg/l. Sedangkan pada waktu detensi 6 jam didapatkan kemampuan pengolahan biofilter aerobik adalah 53 % dengan konsentrasi awal sebesar 614,2 mg/l dan mampu diturunkan menjadi 287 mg/l. Pada waktu detensi 9 jam didapatkan efisiensi pengolahan sebesar 78 % dengan konsentrasi awal sebesar 614,2 mg/l menjadi 132 mg/l

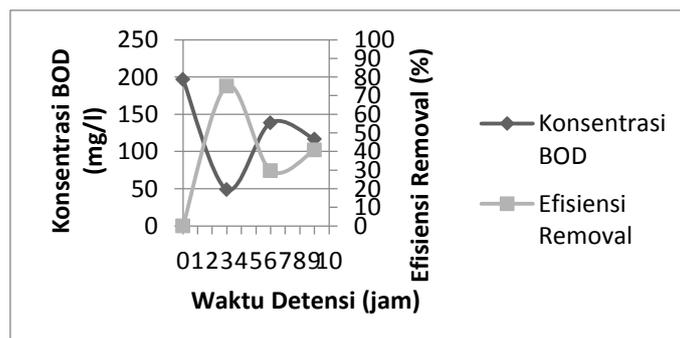
Analisa Kadar BOD

Berdasarkan pernyataan dari (Razif & Masduqi) Nilai BOD akan berbanding lurus dengan COD, semakin tinggi nilai COD dalam air limbah maka akan semakin tinggi pula nilai BOD nya, begitupun sebaliknya. Nilai BOD pada penelitian ini mengalami penurunan efisiensi pada waktu detensi jam ke 6. Penurunan efisiensi removal ini disebabkan karena fenomena *detachment* biofilm atau banyaknya jumlah biofilm yang mengalami peluruhan sehingga biofilm yang terlepas tersebut akan diidentifikasi sebagai limbah. Peluruhan biofilm dari berfungsi untuk menyeimbangkan pertumbuhan biofilm yang memungkinkan untuk terciptanya kondisi *steady state*. Selanjutnya hasil analisa kadar pencemar BOD disajikan dalam Tabel 3.4 sebagai berikut;

Tabel 3. 4 Analisa Kadar BOD

No.	Jenis Pengamatan	Pengamatan Jam ke-	Nilai BOD	Rata-rata	efisiensi removal (%)
1	Inlet (A0)	0	198,5	197,05	-
			195,6		
2	Botol Plastik (C1)	3	48,1	48,9	75,18
			49,7		
3	Botol Plastik (C2)	6	138,6	138,6	29,66
			136,95		
4	Botol Plastik (C3)	9	116,51	116,51	40,87
			118,05		

Adapun grafik dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Grafik Hasil Analisa BOD

Berdasarkan tabel dan gambar tersebut dapat dianalisa efisiensi pengolahan tertinggi didapatkan pada waktu detensi 3 jam yang mampu menurunkan konsentrasi BOD sebanyak 75 % dari konsentrasi awal 197 mg/l menjadi 48,9 mg/l. Sedangkan pada waktu detensi 6 jam didapatkan kemampuan pengolahan biofilter aerobik adalah 29,6 % dengan konsentrasi awal sebesar 197 mg/l dan mampu diturunkan menjadi 138,6 mg/l. Pada waktu detensi 9 jam didapatkan efisiensi pengolahan sebesar 40,8% dengan konsentrasi awal sebesar 197 mg/l menjadi 116,5 mg/l.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pemanfaatan botol plastik bekas sebagai biofilter aerobik dalam penurunan konsentrasi COD, BOD pada air limbah laboratorium kesehatan yang telah dilaksanakan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Botol plastik bekas dapat dimanfaatkan sebagai media biofilter
2. Kemampuan penghilangan konsentrasi COD dan BOD tertinggi berada pada waktu pengolahan 3 jam dengan COD sebesar 87 % dan BOD sebesar 75 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bakke, R. K. (2003). Modeling Pseudomonas Aeruginosa Biofilm Detachment. *HiT Working Paper no. 3/2003*.
- Chaudhary, Vigneswaran, & H, N. (2003). Biofilter in Water Treatment and Wastewater Treatment . *Korean J.Chem. Eng 20(60:1054-1065*.
- Putra, Y. E., & Karnaningroem, N. (2016). Upaya Peningkatan Kualitas Air Sungai dengan Menggunakan Biofilter Bermedia Botol Plastik Bekas Minuman Probiotik.
- Razif, M., & Masduqi, A. (t.thn.). Penelitian Korelasi COD dan BOD Limbah Cair Untuk Monitoring Pencemaran Kali Surabaya.
- Republika. (2017, 03 15). *Setiap Hari Indonesia Produksi 65 Juta Ton Sampah Plastik*. Dipetik 05 29, 2018, dari Republika.co.id: <http://nasional.republika.co.id/berita/nasional/daerah/17/03/15/omv2sg319-setiap-hari-indonesia-produksi-sampah-65-juta-ton>
- Said, N. I. (2005). Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans. *JAI Vol 1, No 1*.
- Said, N. I. (2005). Aplikasi Media Filter Bioball Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean. *JAI Vol 1, No 1*.
- Salas, A. A. (2016). *Penuruan Polutan Bahan Air Baku Menggunakan Biofiltrasi dengan Media Potongan Botol Plastik Bekas*. Bogor: Institute Pertanian Bogor.
- Sukses Sejahter Energi. (2017). *Berita : Sampah botol plastik akan diapakan?* Dipetik 1 24, 2018, dari PT Sukses Sejahtera Energi Website: <http://ptsse.co.id>

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pengaruh Gelombang Mikro terhadap Proses Stabilisasi Dedak Padi

Yulia Tri Rahkadima^{1*} dan Medya Ayunda Fitri²

¹²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo

*Email: yuliarahkadima@gmail.com

Abstrak

Proses stabilisasi dedak padi sebagai limbah utama dari proses penggilingan padi dengan bantuan gelombang mikro telah dilakukan. Proses ini meliputi dua tahapan, tahapan pertama berupa proses stabilisasi dedak padi menggunakan gelombang mikro diikuti tahapan kedua yaitu proses ekstraksi minyak dedak padi. Pengaruh variabel proses yaitu waktu stabilisasi dan masa simpan dedak padi terhadap perolehan minyak dedak padi dan kadar asam lemak bebas dipelajari secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan daya microwave daya 3, dan waktu stabilisasi 1-3 menit, kadar asam lemak bebas minyak dedak padi yang diperoleh cenderung konstan selama 2 minggu masa simpan dedak padi. Hal ini menunjukkan bahwa proses stabilisasi dengan menggunakan microwave efektif untuk menonaktifkan enzim lipase yang ada di dalam dedak padi. Massa minyak tertinggi sebesar 7,58% diperoleh pada waktu stabilisasi selama 5 menit dengan masa simpan dedak padi 1 minggu pada daya 3.

Kata Kunci: Dedak padi, Microwave, Stabilisasi

1. PENDAHULUAN

Dedak padi merupakan produk samping dari proses penggilingan padi. Dedak memiliki kandungan minyak yang cukup tinggi untuk dijadikan alternatif minyak pangan. Menurut Rachmat dkk (2004), pada proses penggilingan padi yang berkadar air 14% akan dihasilkan rendemen beras berkisar 57-60%, sekam 18-20% dan dedak sebanyak 8-10%. Indonesia memiliki potensi dedak sebanyak 5 juta ton/tahun atau potensi minyak pangan atau minyak kesehatan dari dedak sebesar 750.000 ton/tahun jika rendemen minyak dedak 15% (Hadipernata dkk, 2012).

Minyak dedak padi merupakan salah satu jenis minyak yang mempunyai kandungan gizi tinggi karena kandungan asam lemak yang seimbang, komponen-komponen aktif biologis dan senyawa antioksidan yang baik untuk kesehatan (Ju dan Vali, 2005). Minyak dedak mengandung beberapa jenis lemak, yaitu 47% lemak monounsaturated, 33% polyunsaturated, dan 20% saturated, serta beberapa asam lemak (Hadipernata dkk, 2007). Hasil penelitian Parrado dkk (2006), menunjukkan bahwa komposisi asam lemak pada minyak dedak padi adalah asam oleat sebesar 42,4% dan asam linoleat adalah 36,4%. Untuk komposisi minyak mentah dedak padi (CRBO), kandungan saponifiable matter (90-96%) dan unsaponifiable matter cukup tinggi (> 4%) dibandingkan dengan minyak tumbuhan yang lain.

Untuk menjaga kualitas minyak dedak padi tetap baik maka perlu dilakukan proses stabilisasi dengan menonaktifkan enzim lipase yang ada, segera setelah proses penggilingan berlangsung. Beberapa usaha dalam proses stabilisasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu seperti proses stabilisasi secara kimia, hidrotermal, penguapan, ekstruksi, microwave dan radiasi infra merah (Patil dkk, 2016). Tao dkk (1993) melaporkan bahwa proses menonaktifkan enzim lipase dalam dedak padi bergantung pada suhu dan durasi panas yang diberikan. Proses stabilisasi menggunakan penguapan ataupun ekstruksi membutuhkan biaya yang mahal dan memberikan hasil stabilisasi yang tidak konsisten (Tao dkk, 1993) sehingga metode ini dinilai tidak ekonomis.

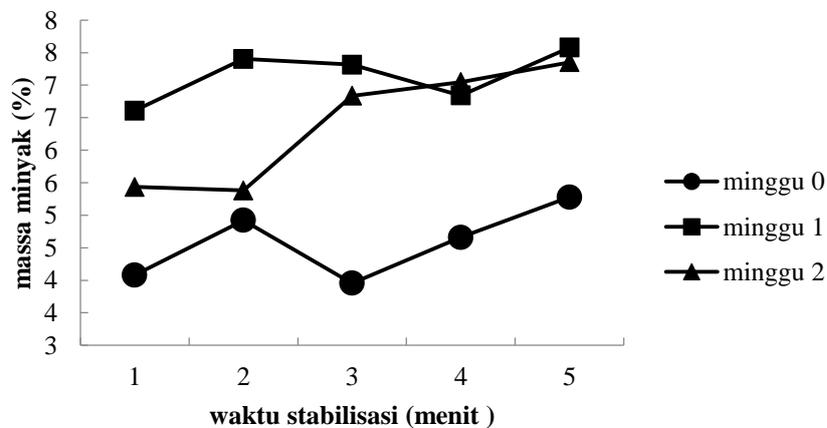
Teknologi microwave marak dikembangkan akhir akhir ini dalam proses stabilisasi dedak padi. Hal ini dikarenakan teknologi microwave menawarkan proses stabilisasi yang lebih efisien, murah, membutuhkan waktu yang singkat, proses pemanasan dan pendinginan yang cepat, proses yang dapat dengan mudah dikontrol sehingga proses berjalan sesuai dengan yang diinginkan, dan pemanasan yang merata (Gude dkk, 2013; Rahkadima dan A'yuni, 2017). Selain itu dengan menggunakan microwave, nilai nutrisi dari dedak padi tidak banyak mengalami perubahan (Patil dkk, 2016). Panas yang digenerasi oleh gelombang mikro berasal dari interaksi dengan bahan ditingkat molekuler tanpa mengubah struktur molekul (Rahkadima dan A'yuni, 2017; Gude dkk, 2013). Oleh karena itu maka penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh stabilisasi dedak padi dengan menggunakan microwave terhadap perolehan rendemen minyak dan kadar asam lemak bebasnya.

2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dedak padi yang diambil langsung dari proses penggilingan. Dedak padi kemudian disaring untuk menghilangkan impuritis dan menyeragamkan ukuran bahan baku. Selanjutnya, dedak padi dibungkus dengan plastik dan disimpan dalam lemari pendingin untuk mencegah terjadinya hidrolisis oleh enzim lipase sampai bahan digunakan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu microwave. Penggunaan microwave pada daya maksimum 700 watt. Dedak padi ditimbang sejumlah 10 gram kemudian dimasukkan ke microwave untuk dilakukan proses stabilisasi sesuai dengan parameter operasi yang diinginkan. Setelah proses stabilisasi selesai, dedak padi dikeluarkan dari dalam microwave dan disiapkan untuk tahapan selanjutnya yaitu proses ekstraksi. Proses ekstraksi menggunakan metode ekstraksi konvensional yaitu menggunakan sokhlet ekstraktor. Sebanyak 150 ml n-hexane digunakan sebagai solven ekstraksi dan dimasukkan ke dalam labu alas bulat dalam rangkaian alat ekstraksi. Sementara itu, 10 gram dedak padi terlebih dahulu dibungkus dengan menggunakan kertas saring dan kemudian dimasukkan ke dalam sokhlet ekstraktor. Proses ekstraksi berlangsung selama 3 jam. Hasil ekstraksi kemudian di distilasi untuk memisahkan n-hexane dengan minyak yang diperoleh. Minyak hasil distilasi kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70 C untuk memastikan n hexane telah teruapkan semua. Pada tahap ini akan dihasilkan minyak dedak padi yang siap untuk dianalisis. Minyak tersebut ditimbang untuk mengetahui rendemen minyak yang diperoleh. Prosentase massa minyak dicari dengan membagi massa minyak yang diperoleh dengan massa dedak padi. Sedangkan untuk menentukan kadar asam lemak bebas, volume NaOH dikalikan dengan normalitas NaOH dan 28,2 kemudian dibagi dengan massa minyak.

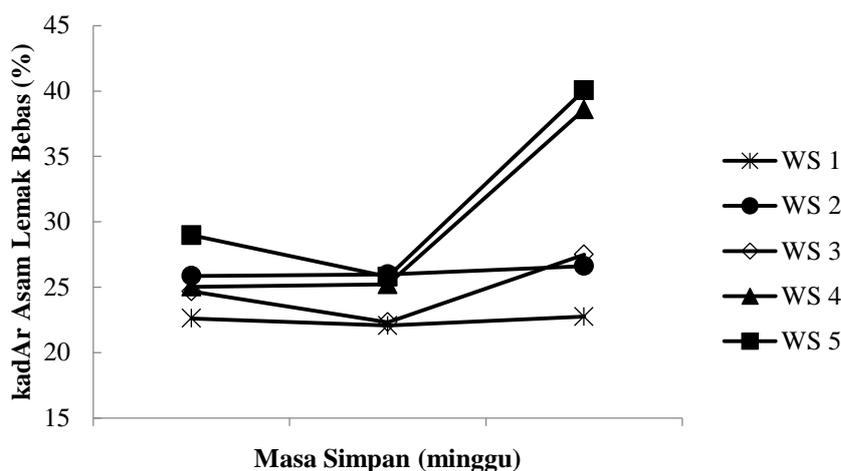
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari proses stabilisasi ini adalah untuk menjaga kualitas minyak serta memiliki waktu simpan yang lama. Pengaruh proses stabilisasi menggunakan gelombang mikro terhadap masa simpan dedak dan massa minyak dedak padi yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengaruh waktu stabilisasi dengan massa minyak yang diperoleh

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa massa minyak dedak padi yang diperoleh cenderung mengalami kenaikan dengan diperpanjangnya masa simpan dedak padi dari 0 minggu ke 1 minggu dan menurun pada waktu simpan 2 minggu. Massa minyak dedak padi meningkat dari 4,08 % ke 6,61 % saat masa simpan dedak padi ditingkatkan dari 0 minggu ke 1 minggu dan menurun menjadi 5,44 % pada waktu simpan 2 minggu. Hal ini terjadi pada hampir semua waktu stabilisasi yang digunakan. Sementara itu, kenaikan waktu stabilisasi dari 1 menit ke 5 menit dapat meningkatkan perolehan massa minyak dedak padi yaitu dari 4,08 % ke 5,28 % pada masa simpan dedak padi 0 minggu. Kecenderungan ini terjadi untuk semua masa tunggu dedak padi yang ditentukan. Kenaikan prosentase massa minyak yang diperoleh yang disebabkan oleh durasi waktu stabilisasi cukup signifikan jika dibandingkan dengan kenaikan yang disebabkan oleh peningkatan masa simpan dedak padi. Hal ini mungkin disebabkan oleh kemampuan gelombang mikro untuk memutuskan ikatan kovalen yang mengikat minyak pada matrik. Sehingga semakin lama waktu stabilisasi maka akan semakin lama pula kesempatan gelombang micro memutuskan ikatan kovalen yang ada (Patil dkk, 2016).



Gambar 3.2 Pengaruh proses stabilisasi terhadap kandungan asam lemak bebas dalam minyak dedak padi yang diperoleh

Asam lemak bebas menyebabkan minyak dedak padi yang diperoleh memiliki kualitas rendah sehingga tidak memenuhi standar mutu SNI sebagai minyak pangan yaitu kandungan asam lemak bebas $< 0.3\%$ (Sopianti dkk, 2017). Pengaruh proses stabilisasi dengan menggunakan *microwave* terhadap kadar asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak dedak padi pada berbagai masa simpan dan waktu stabilisasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Dengan menggunakan daya 3, kadar asam lemak bebas pada waktu stabilisasi 1, 2 dan 3 menit cenderung konstan sampai 2 minggu masa simpan dedak padi yaitu dari 22.61 % ke 22.75 % untuk waktu stabilisasi 1 menit, 25.86 % ke 26.62 % untuk waktu stabilisasi 2 menit dan 24.68 % ke 27.50 % untuk waktu stabilisasi 3 menit. Hal ini menunjukkan bahwa proses stabilisasi menggunakan *microwave* cukup efektif untuk menekan laju kenaikan asam lemak bebas pada minyak dedak padi. Hal ini diharapkan dapat menjaga kualitas minyak yang diperoleh dalam masa simpan yang lama.

Sementara itu untuk waktu stabilisasi 4 dan 5 menit, pada masa simpan 0 ke 1 minggu kadar asam lemak bebas pada minyak yang diperoleh cenderung konstan dan terjadi kenaikan kadar asam lemak bebas yang signifikan saat masa simpan dedak padi diperpanjang sampai 2 minggu. Kadar asam lemak bebas meningkat secara signifikan menjadi 38.59 % untuk waktu stabilisasi 4 menit dan 40.06 % untuk waktu stabilisasi 5 menit. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan daya tinggi dan waktu stabilisasi yang lama tidak efektif untuk menonaktifkan aktifitas enzim lipase yang ada.

4. KESIMPULAN

Proses stabilisasi dedak padi dengan menggunakan *microwave* telah berhasil dilakukan. Massa minyak tertinggi sebesar 7.58 % diperoleh pada waktu stabilisasi selama 5 menit dengan masa simpan dedak padi 1 minggu pada daya 3. Kadar asam lemak bebas produk cenderung stabil pada penggunaan daya *microwave* 3 dan waktu stabilisasi 1 sampai 3 menit dengan masa simpan dedak padi sampai 2 minggu. Stabilisasi dedak padi dengan bantuan *microwave* telah berhasil menekan aktifitas enzim lipase sehingga kadar asam lemak bebas dalam produk tidak mengalami peningkatan yang signifikan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Gude, V.G., Patil, P, Martinez-Guerra, E, Deng, S., Nirmalakhandan, N. 2013. Review *Microwave Energy Potential for Biodiesel Production. Sustainable Chemical Processes*, 1:5.
- Hadipernata, M., Supartono, W., dan Falah, M.A.F., 2012. Proses Stabilisasi Dedak Padi (*Oryza Sativa* L) Menggunakan Radiasi Far Infra Red (FIR) Sebagai Bahan Baku Minyak Pangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, Vol 1 No 4.
- Ju, Y.H., dan Vali, S.R., 2005. Rice Bran Oil as a Potential Resource for Biodiesel: a review. *J. Sci. Ind. Res.* 64, 868–882
- Parrado, J., Miramontes, E., Jover, M., Gutierrez J.F., Teran, L.C., and Bautista, J., 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *Food Chemistry* 98: 742–748.
- Patil, S.S, Kar, A., dan Mohapatra, D. 2016. Stabilization of rice bran using *microwave*: Process optimization and storage studies. *Food and Bioproducts Processing*, pp. 204–211

- Rachmat, R., Nugraha, S., Sudaryono, Lubis, S., dan Hadipernata, M., 2004. Agroindustri Padi Terpadu. Laporan Penelitian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Sopianti, D.D. Herlina, dan Saputra. H.T. 2017. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng. *Jurnal Katalisator*. Vol 2 No. 2
- Tao, J., Rao, R., Liuzzo, J., 1993. Microwave Heating for Rice Branstabilization. *J. Microw. Power Electromagn. Energy* 28,156–164.
- Yulia, R., dan A'yuni, Q., 2017. Transesterifikasi Minyak Dedak Padi Secara In-Situ Dengan Bantuan Gelombang Mikro. *Journal of Research and Technology*, Vol. 3 No. 2
- Yulia, R., dan A'yuni, Q., 2017. Produksi Biodiesel Dari Dedak Padi Menggunakan Metode *In Situ* Dengan Bantuan *Microwave*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi II. Universitas Brawijaya.

Pengaruh *Typha latifolia* pada Rasio BOD/COD Lindi TPA Kabupaten Sidoarjo

Widiyanti¹, A., Wibisono², Catur L., dan Rohmah³, Marizatur

^{1,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

²Program Studi Sistem Informasi, FILKOM, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo 61218

*E-mail: widiyantienviron@gmail.com

Abstrak

Sampah menjadi permasalahan nasional yang hingga saat ini belum teratasi. Diperkirakan pada tahun 2020 volume sampah mencapai 650 juta ton. Peningkatan volume sampah berdampak pada peningkatan volume lindi. Diketahui lindi TPA Kabupaten Sidoarjo memiliki konsentrasi BOD COD yang sangat besar, masing-masing 2864 mg/L dan 4620 mg/L. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui rasio BOD/COD dengan proses fitoremediasi menggunakan *Typha latifolia*. Penelitian dilakukan menggunakan skala laboratorium menggunakan sistem aliran *vertical free flow* yang dilakukan selama 4 hari dengan 2 reaktor. Satu reaktor dengan menggunakan batang *Typha latifolia* sedang satu reaktor tanpa *Typha latifolia*. Lindi yang digunakan mengandung konsentrasi 512 mg/L COD. Debit lindi yang digunakan adalah 15 L/hari. Media yang digunakan adalah kerikil, pasir dan tanah. Hasil penelitian menunjukkan reaktor tanpa *Typha latifolia* hari pertama hingga hari keempat rasio BOD/COD sebesar 0,51; 0,51; 0,50 dan 0,51. Sedangkan reaktor dengan *Typha latifolia* rasio BOD/COD sebesar 0,51; 0,51; 0,49 dan 0,49. Penggunaan *Typha latifolia* menghasilkan rasio BOD/COD yang hampir sama dengan tanpa *Typha latifolia*.

Kata Kunci: Lindi, Rasio BOD/COD, *Typha latifolia*, *vertical free flow*

1. PENDAHULUAN

Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 38,5 juta ton/tahun. Sampah mengandung banyak bahan beracun seperti logam berat dan insektisida sehingga manusia yang kontak langsung dengan sampah beresiko tinggi mengalami gangguan kesehatan. Selain gangguan kesehatan sampah menyebabkan penurunan estetika, pencemaran udara dan air tanah akibat rembesan lindi yang dihasilkan. Lindi adalah cairan yang dihasilkan dari proses penguraian sampah dan air hujan pada saat musim hujan yang merembes ke dalam tumbukan sampah (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010).

Lindi mengandung bahan organik, amonium, bahan beracun dan logam berat dengan konsentrasi tinggi (Liu, 2013). Sehingga lindi menyebabkan gangguan kesehatan manusia bila mencemari lingkungan (Paramita, 2008). Berdasarkan umur TPA, lindi dibedakan menjadi tiga tipe: lindi usia muda, lindi intermediet dan lindi stabil. Karakteristik lindi mengandung bahan organik biodegradable seperti *volatile fatty acids* (VFAs), BOD (4.000-13.000 mg/L), COD (6.000-60.000 mg/L), $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (2.000-5.000 mg/L) dan rasio BOD/COD (0,4-0,7) (Kurniawan, 2011). Rasio BOD/COD merupakan level degradasi yang menggambarkan dampak output bahan organik yang ada pada air, air limbah, lindi maupun kompos (Mangkoedihardjo, 2010)

Typha latifolia adalah tanaman yang diketahui mampu menurunkan konsentrasi BOD sebesar 64,8% Leto *et al.*, (2013). Selain itu *Typha latifolia* diketahui mampu menyerap pencemaran logam kromium pada tanah (Goudarzi dan Afrous, 2012). TPA Kab. Sidoarjo menghasilkan volume lindi yang sangat besar dan memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi (Widiyanti, 2013). Lindi yang dihasilkan hanya diresirkulasi tanpa ada pengolahan khusus. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh tumbuhan *Typha latifolia* terhadap rasio BOD/COD pada pengolahan lindi TPA Kab. Sidoarjo.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah lindi yang diambil dari TPA Kab. Sidoarjo, media tanam dan *Typha latifolia*. Media tanam yang digunakan berupa kerikil, pasir dan tanah. Reaktor fitoremediasi berdimensi 30 x 30 x 50 cm. Tahap penelitian ini sebagai berikut:

a. Tahap aklimatisasi

Persiapan *Typha latifolia* diambil dari wetland ditumbuhkan selama 7 hari pada tangki plastik bervolume 40 L yang berisi media kerikil, pasir dan tanah.

b. Uji fitoremediasi

Uji fitoremediasi menggunakan 2 reaktor yang telah berisi media tanam. Satu reaktor ditanami *Typha latifolia* sedangkan satu reaktor tanpa *Typha latifolia*. Media diisikan pada reaktor dengan ketebalan 30 cm. Uji Fitoremediasi menggunakan sistem *vertical free flow* selama empat hari. Menurut Suhendrayatna *et al.*, 2012), *Typha latifolia* mampu mereduksi COD 591 mg/L. Sehingga konsentrasi lindi yang digunakan pada penelitian ini 591 mg/L COD. Lindi diambil dari TPA Kab. Sidoarjo, lalu diencerkan hingga konsentrasi 591 mg/L COD. Debit yang digunakan adalah 15 L/hari. *Typha latifolia* ditanam 10 cm dari permukaan media (Gambar 1.). Pengambilan sampel dilakukan setiap hari hingga hari keempat lalu dianalisa BOD COD. Analisa BOD menggunakan metode Winkler, sedangkan analisa COD menggunakan metode Refluks.



Gambar 1. Reaktor Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penelitian

Hari	Reaktor Tanpa <i>Typha Latifolia</i>			Reaktor dengan <i>Typha Latifolia</i>		
	Parameter (mg/L)		Rasio BOD/COD	Parameter (mg/L)		Rasio BOD/COD
	COD	BOD		COD	BOD	
1	77	40	0,51	71	36	0,51
2	62	32	0,51	59	30	0,51
3	95	48	0,50	89	44	0,49
4	62	32	0,51	53	26	0,49

Berdasarkan hasil penelitian diatas rasio BOD/COD pada reaktor dengan atau tanpa *Typha latifolia* tidak menunjukkan perbedaan. Rasio BOD/COD pada reaktor tanpa *Typha latifolia* berkisar 0,50-0,51 reaktor dengan *Typha latifolia* berkisar 0,49-0,51. Degradasi BOD COD cenderung stabil, sehingga rasio BOD/COD pun tidak berbeda jauh. Pada hari pertama dan kedua rasio BOD/COD pada kedua reaktor cenderung sama yaitu 0,51. Pada hari ketiga kedua reaktor mengalami penurunan, pada reaktor tanpa *Typha*

latifolia rasio BOD/COD sebesar 0,5 sedangkan reaktor dengan *Typha latifolia* 0,49. Pada hari keempat reaktor tanpa *Typha latifolia* mengalami kenaikan menjadi 0,5 sedang pada reaktor dengan *Typha latifolia* tetap 0,49.

Rasio BOD/COD merupakan indikator level degradasi suatu limbah. Menurut Mangkoedihardjo (2010), rasio BOD/COD merupakan indikator untuk dampak output dari zat organik yang ada pada air, air limbah, lindi serta kompos, baik kompos dari alam maupun kompos buatan. Rasio BOD/COD terbagi menjadi 3 zona, yaitu zona stabil, zona biodegradable dan zona toksik. Zona biodegradable berada pada rasio 0,2-0,5. Sehingga hasil penelitian ini menunjukkan kedua reaktor berada di zona biodegradable.

Akar tumbuhan mengeluarkan zat organik yang disebut eksudat. Eksudat berupa senyawa fenol, protein, enzim dan asam organik. Zat-zat organik tersebut mudah didegradasi oleh bakteri, sehingga apabila eksudat bercampur dengan limbah yang memiliki rasio BOD/COD kecil maka menghasilkan effluent dengan BOD/COD yang lebih besar/biodegradable. Zona biodegradable adalah zona dimana rasio BOD/COD suatu limbah yang mampu didegradasi oleh lingkungan/bakteria (Mangkoedihardjo, 2010).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa pengolahan lindi menggunakan *Typha latifolia* maupun tanpa *Typha latifolia* menunjukkan rasio yang hampir sama. Kedua reaktor menghasilkan rasio BOD/COD yang biodegradable sehingga hasil pengolahan lindi bersifat mudah didegradasi bakteri dan aman dibuang ke lingkungan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Goudarzi, S., Afrous, A. 2012. Phytoremediation of the Sludge Contaminated with Chromium by Aquatic Plants in Dezful. *Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci.*; Volume 1 [9] Agustus 2012: 58 – 60
- Kurniawan, T.A. 2011. Treatment of Landfill. Lambert Academic publishing GmbH and Co.KG
- Leto, C., T. Tuttolomondo, S. La Bella, R. Leone, M. Licata. 2013. Effects of plant species in a horizontal subsurface flow constructed wetland – phytoremediation of treated urban wastewater with *Cyperus alternifolius* L. and *Typha latifolia* L. in the West of Sicily (Italy). *Ecological Engineering Volume 61, Part A*, December 2013, Pages 282–291
- Liu, Sha. 2013. Landfill leachate treatment methods and evaluation of Hedeskoga and Masalycke landfills. Water and Environmental Engineering Departement of Chemical Engineering. Master Thesis Lund University.
- Mangkoedihardjo S. dan G. Samudro. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Paramitha, I. and Sudarmaji. 2008. Hubungan Jarak Terhadap Kualitas Kimia Air Tambak Dan Keluhan Kesehatan Masyarakat Konsumen Ikan Hasil Tambak Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Sampah Benowo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol.4, NO.2
- Suhendrayatna, Marwan, R. Andriani, Y. Fajriana and Elvitriana. 2012. Removal of Municipal Wastewater BOD, COD, and TSS by Phytoreduction: A Laboratory-Scale Comparison of Aquatic Plant at Different Species *Typha latifolia* and *Sacharum Spotaneum*. *International Journal of Engineering Innovative Technology (IJEIT)*. Vol.2 issue 6
- Widiyanti, Atik. 2013. Pengaruh Selenium dan Jumlah *Scirpus grossus* Untuk Efisiensi Pengolahan Lindi TPA Kabupaten Sidoarjo Menggunakan Variasi Komposisi Media. *Tesis Teknik Lingkungan*. ITS

Halaman ini sengaja dikosongkan

Simulasi Pengelolaan Sampah di Kabupaten Sidoarjo

Waluyo Prasetyo^{1*} dan Muchammad Tamyiz²

^{1*}Program Studi Teknik Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Jl Monginsidi Dalam Kav. DPR Sidoklumpuk Sidoarjo 61218

²Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Jl Monginsidi Dalam Kav. DPR Sidoklumpuk Sidoarjo 61218

*E-mail: waluyo.tin@unusida.ac.id; m_tamyiz.tkl@unusida.ac.id

Abstrak

Jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo dengan tingkat pertumbuhan yang relatif tinggi membawa akibat bertambahnya volume sampah. Pertambahan jumlah volume sampah adalah berbanding lurus dengan pertambahan jumlah penduduk. Di samping pertambahan volume sampah akibat pertambahan jumlah penduduk, fakta empiris juga menunjukkan bahwa jenis sampah yang dihasilkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat semakin beragam seiring dengan kehidupan masyarakat yang semakin konsumtif. Volume sampah anorganik semakin bertambah seiring dengan pola konsumtif kehidupan masyarakat yang terus berkembang. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi performansi dari model transportasi sampah eksisting dan memberikan usulan-usulan untuk perbaikan pada model transportasi sampah yang digunakan. Metode yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah menggunakan simulasi. Kontribusi dari penelitian ini adalah penggunaan atau pengembangan usulan hasil penelitian ini pada perusahaan/instansi lainnya dengan menggunakan skenario yang diusulkan sehingga diperoleh rute jarak pengangkutan sampah yang efisien sehingga waktu operasional kendaraan lebih efektif.

Kata kunci: Sampah, Transportasi, Simulasi, Biaya, Rute Terpendek.

1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo dengan tingkat pertumbuhan yang relatif tinggi membawa akibat bertambahnya volume sampah yang dihasilkan. Pada tahun 2012 jumlah penduduk Kabupaten Sidoarjo berjumlah 2.053.467 jiwa sementara di tahun 2016 jumlah penduduk 2.199.171 (mengalami kenaikan sebanyak 145.704 jiwa). Menurut Penjelasan pada Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah dan Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah dan Retribusi Pelayanan Persampahan/Kebersihan, pertambahan jumlah volume sampah berbanding lurus dengan pertambahan jumlah penduduk, artinya jumlah sampah yang dihasilkan meningkat (baik sampah organik maupun anorganik). Sampah yang sangat dominan dihasilkan oleh rumah tangga dan perkantoran yang jumlahnya terus meningkat. Selain pertambahan volume sampah akibat pertambahan jumlah penduduk, fakta empiris menunjukkan bahwa jenis sampah yang dihasilkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat semakin beragam seiring dengan kehidupan masyarakat yang semakin konsumtif. Volume sampah anorganik semakin bertambah seiring dengan pola konsumtif kehidupan masyarakat yang terus berkembang.

Pengelolaan sampah yang dilakukan sampai saat ini adalah memandang sampah sebagai sumber daya yang tidak mempunyai manfaat dan bertumpu pada pendekatan hilir. Pengelolaan sampah yang bertumpu pada pada hilir ini sudah saatnya ditinggalkan dan diganti dengan paradigma baru yaitu pengelolaan sampah dari hulu sampai ke hilir. Pengelolaan sampah dengan paradigma baru memandang sampah sebagai sumber daya yang mempunyai manfaat, sedangkan pengelolaannya bertumpu pada pendekatan sumber (pendekatan hulu-hilir). Paradigma baru pengelolaan sampah meliputi seluruh siklus-hidup sampah mulai dari hulu (sejak sebelum dihasilkan) sampai ke hilir (pada fase produk sudah digunakan dan menjadi sampah) yang kemudian dikirim ke TPA.

Sentral TPA di salah satu lokasi di Kabupaten Sidoarjo sudah *overload*, sehingga Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) berencana untuk membangun TPA Kawasan di setiap kecamatan untuk mengolah sampah. Keberadaan TPA Kawasan ini diharapkan dapat mengurangi volume sampah yang dibuang di sentral TPA. Sentral TPA difokuskan untuk sampah-sampah yang tidak bisa dimanfaatkan saja. Salah satu rencana pembangunan sampah dengan menggunakan Metode *Sanitary Landfill* gagal dilaksanakan karena

terhambat masalah jarak yang terlalu jauh dan perlu biaya mahal untuk membangun infrastruktur di lokasi tersebut.

Saat ini volume sampah di Kabupaten Sidoarjo mencapai 4.000 m³ per hari (<http://www.kabupatenreport.com/dkp-sidoarjo-ingin-ada-tpa-kawasan-setiap-kecamatan/>). Sampah tersebut baru tertangani 800 m³ atau 20 persennya saja. Masalah sampah yang tak tertangani dengan baik mengakibatkan banyak lokasi di Sidoarjo yang terlihat kumuh akibat tumpukan sampah sehingga tidak jarang meresahkan warga yang tinggal di sekitarnya.

Permasalahan transportasi sampah yaitu merupakan kegiatan yang dilakukan dalam upaya pengelolaan sampah. Transportasi cepat dan efisien memberikan banyak penjelasan tentang kota-kota berkembang dan apa yang dilakukan oleh penduduknya. AS kembali menggali sejarah tentang peran penting transportasi dalam pembangunan ekonomi. Sekitar \$600 miliar dihabiskan setiap tahun untuk kebutuhan transportasi di Amerika Serikat. Lebih dari 5 persen dari produk domestik bruto AS atau lima sen dari setiap dolar yang dihabiskan di Amerika Serikat, hampir 83 persen dihabiskan untuk transportasi dengan kendaraan bermotor (truk), dan sisanya dikonsumsi oleh moda transportasi lainnya (kereta api, laut, udara, dan jaringan perpipaan). (Goldsby & Martichenko, 2005).

Tujuan dari sistem transportasi tersebut adalah untuk memenuhi kebutuhan pengangkutan dengan mempertimbangkan kecepatan, ketepatan waktu, keandalan, fleksibilitas, ketersediaan, keamanan, kapasitas, dan biaya efisiensi. Moda transportasi truk memiliki keunggulan relatif terhadap moda lain dalam fleksibilitas, keandalan, dan ketersediaannya sehingga lebih disukai. Sebuah rute diperlukan untuk menentukan tempat tujuan dari sebuah kendaraan pengangkut. Banyaknya tempat tujuan dan keterbatasan kapasitas kendaraan menjadi kendala dalam masalah ini. Rute-rute yang terbentuk mempunyai tingkat efisiensi masing-masing, seperti efisiensi jarak, biaya, jumlah kendaraan, dan waktu.

Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikemukakan pada penelitian ini adalah bagaimana mensimulasikan model transportasi pengelolaan sampah di Kabupaten Sidoarjo untuk meminimalkan waktu tempuh dan total biaya pengangkutan.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menggambarkan model transportasi pengelolaan sampah eksisting yang digunakan.
2. Mengevaluasi performansi dari model transportasi pengelolaan sampah eksisting.
3. Memberikan usulan-usulan untuk perbaikan pada model transportasi pengelolaan sampah yang digunakan.

Batasan Masalah

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Rute yang diteliti merupakan daerah operasional pengangkutan sampah di Kabupaten Sidoarjo.
2. Pengaturan posisi sampah dalam bak kendaraan tidak diperhitungkan sebagai batasan.
3. Pengangkutan sampah sesuai jam operasional yang telah ditetapkan oleh DKP Kabupaten Sidoarjo.

Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengangkutan sampah berjalan lancar, situasi lalu lintas dan kondisi kendaraan dianggap baik.
2. Pengaruh faktor hujan, kemacetan, kondisi jalan, dan bencana yang terjadi di Kabupaten Sidoarjo tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.
3. Sifat pengangkutan tidak *real time*.

2. METODOLOGI

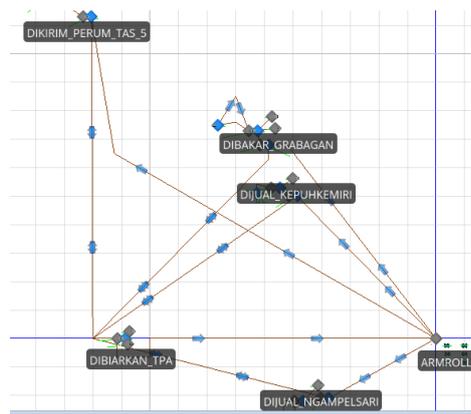
Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan simulasi yang dibantu dengan aplikasi komputer menggunakan software SIMIO *Academic License*. Langkah-langkah pada penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan review literatur dan *critical review* untuk mengidentifikasi penelitian yang akan dilakukan.
- b. Mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya, model dasar dan pendukung untuk referensi utama yang digunakan dalam pengembangan model.
- c. Mengumpulkan data yang digunakan dalam penelitian melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi.
- d. Mengolah data, kemudian melakukan pengecekan distribusi data.
- e. Membuat model awal. Model ini adalah representasi dari model yang diobservasi.
- f. Membuat model yang kemudian divalidasi dan diverifikasi sehingga diperoleh model yang sesuai dengan model riilnya.

- g. Memperbaiki model apabila dalam uji coba model ternyata masih ada kekeliruan.
- h. Melaksanakan proses simulasi apabila model yang dibuat sudah valid.
- i. Membuat model usulan berdasarkan model eksisting dengan mengakomodir batasan-batasan dan asumsi-asumsi yang digunakan.
- j. Menganalisis hasil *running* simulasi.
- k. Langkah berikutnya adalah membuat kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan juga memberikan rekomendasi untuk perbaikan yang lebih baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model simulasi eksisting yang digambarkan secara parsial dengan menggunakan software SIMIO adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Model eksisting

Work schedules yang digunakan untuk TPS eksisting adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Existing Work Schedules

No.	Nama	Start date	Hari Kerja	Day Patterns
1	HARI_KERJA_TPS	01/09/2018	7 days	StandardDay
2	JADWAL_DUMPTRUCK_NGAMPELSARI	03/09/2018	2 days	ANGKUT_NGAMPELSARI
3	JADWAL_ARMROLL_GRABAGAN	03/09/2018	3 days	AMROLL_GRABAGAN
4	JADWAL_PENGANGKUTAN_PERUMTAS	03/09/2018	12/09/2018 27/09/2018	ANGKUT_PERUMTAS
5	HARI_KERJA_TPA	03/09/2018	7 days	KERJA_TPA & SETENGAH_HARI
6	JADWAL_DUMPTRUCK_KEPUHKEMIRI	03/09/2018	2 days	ANGKUT_KEPUHKEMIRI
7	GEROBAK_GRABAGAN_KEPUHKEMIRI	03/09/2018	7 days	StandardDay
8	GEROBAK_PERUMTAS	03/09/2018	7 days	PERUMTAS_GEROBAK
9	GEROBAK_NGAMPEL	03/09/2018	7 days	NGAMPELSARI_GEROBAK

Skenario Pemodelan

Tiga skenario simulasi yang diusulkan:

- a. **Skenario 1**, semua sampah di TPS/TPST aktif akan diangkut menggunakan truk untuk dikirim ke TPA Jabon menggunakan rute pertama (Tabel 2), kecuali TPST Bligo (karena di Bligo tingkat pemilahan sampah dilakukan secara menyeluruh sehingga menyisakan sedikit sampah organik).

Tabel 2. Jarak Tempuh Rute Skenario 1

NO	Lokasi	Jarak Tempuh (Km)	
		Depo - TPS	TPS - TPA
1	Ngampelsari	8,2	14,7
2	Gelang	20,3	18,1

NO	Lokasi	Jarak Tempuh (Km)	
		Depo - TPS	TPS - TPA
3	Kedondong	12	22,1
4	Pangkemiri	18,6	20,5
5	Grabagan	15,5	30,7
6	Kenongo	16,8	22,3
7	Kepatihan	14,7	21,6
8	Tulangan (Kawasan)	14	22,3
9	Kepuh Kemiri	15,5	30,7
10	Kebaron	17,8	24,1
11	TAS 5/Kel Temu	25,5	32,3
12	Cangkring Krembung	22,3	20,8

- b. **Skenario 2**, sama dengan Skenario 1, tetapi menggunakan rute kedua atau alternatif (Tabel 3).

Tabel 3. Jarak Tempuh Rute Skenario 2

No	Lokasi	Jarak Tempuh (Km)	
		Depo - TPS	TPS - TPA
1	Ngampelsari	9,8	15,1
2	Gelang	17,7	17,5
3	Kedondong	11,5	20,9
4	Pangkemiri	15,2	17,9
5	Grabagan	15,1	26,5
6	Kenongo	15,1	20,1
7	Kepatihan	13,6	20,3
8	Tulangan (Kawasan)	13,9	21,3
9	Kepuh Kemiri	15,1	26,5
10	Kebaron	16,8	21,5
11	Tas 5/Kel Temu	24,9	33,4
12	Cangkring Krembung	20,6	28,5

- c. **Skenario 3**, sama seperti Skenario 1 maupun 2, tetapi menggunakan rute terpendek (Tabel 4) sehingga dapat menjadikan TPS Cangkring Krembung dan Perum Tas 5 dalam satu hari pengangkutan.

Tabel 4. Jarak Tempuh Terdekat

No	Lokasi	Jarak Tempuh (Km)	
		Depo - TPS	TPS - TPA
1	Ngampelsari	8,2	14,7
2	Gelang	17,7	17,5
3	Kedondong	11,5	20,9
4	Pangkemiri	15,2	17,9
5	Grabagan	15,1	26,5
6	Kenongo	15,1	20,1
7	Kepatihan	13,6	20,3
8	Tulangan (Kawasan)	13,9	21,3
9	Kepuh Kemiri	15,1	26,5
10	Kebaron	16,8	21,5
11	Tas 5/Kel Temu	24,9	32,3
12	Cangkring Krembung	20,6	20,8

4. KESIMPULAN

Berdasarkan skenario yang diusulkan, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Skenario 1 menghasilkan total jarak tempuh truk pengangkut sampah adalah 647 km dan jumlah sampah yang terangkut sebanyak 720 m³.
2. Skenario 2 menghasilkan total jarak tempuh sejauh 621,1 km dan jumlah sampah yang terangkut sebanyak 682 m³.

3. Skenario 3 menghasilkan total jarak tempuh sejauh 588,5 km dan jumlah sampah yang terangkut sebanyak 685 m³.

Hasil dari *running* scenario menunjukkan bahwa Skenario 3 merupakan usulan yang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, yaitu memberikan rute dengan jarak paling efisien sehingga waktu operasional kendaraan pengangkut sampah lebih efektif dan biaya operasional bahan bakar yang lebih efisien.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, Kopertis Wilayah VII, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo, Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Sidoarjo, dan SIMIO LLC 504 Beaver St., Sewickley, PA 15143.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Asmungi. 2007. *Simulasi Komputer Sistem Diskrit*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Berita Jawa Timur, __. <http://m.metrotvnews.com/jatim/peristiwa/eN4vz8ok-pemkab-sidoarjo-salahkan-warga-soal-menumpuknya-sampah> [diakses 24 Mei 2017]
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2002. *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. ____:____.
- Berita Sidoarjo, __. <http://www.sidoarjonews.com/komisi-c-desak-pemkab-sidoarjo-segera-tangani-sampah/> [diakses 24 Mei 2017].
- Departemen Pekerjaan Umum (DPU). 1990. *Tata Cara Pengelolaan Teknik Sampah Perkotaan*. Bandung: Yayasan LPMB.
- Goldsby, T., and Martichenko, R. 2005. *Lean Six Sigma Logistics*. J. Ross Publishing, Inc. Boca Raton: Florida.
- Jogiyanto. 1984. *Program Komputer untuk Analisa Ekonomi*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Kabupaten Sidoarjo Report, __. <http://www.kabupatenreport.com/dkp-sidoarjo-ingin-ada-tpa-kawasan-setiap-kecamatan/> [diakses 24 Mei 2017].
- Kakiay, Thomas J. 2004. *Pengantar Sistem Simulasi*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Kelton, W. David, Sadowski, Randal P., and Sadowski, Deborah A. 2002. *Simulation with Arena*, Second Edition. McGraw Hill: New York.
- Kodoatie, R.J. 2003. *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo Nomor 6 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah dan Retribusi Pelayanan Persampahan/Kebersihan. 2012. Sidoarjo.
- Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah. 2009. Sidoarjo.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pengukuran Timbulan, Densitas, Komposisi dan Kadar Air Limbah Padat Non B3 di PPNS

Rosida Khoirunnisa^{1,*}, Moch.Luqman Ashari², Vivin Setiani³

^{1,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : rosidakhoirunnisa@gmail.com

Abstrak

Politeknik perkapalan negeri surabaya adalah perguruan tinggi yang memiliki jumlah mahasiswa setiap tahun meningkat. Berdasarkan hasil pengukuran pewardahan sampah di PPNS tahun 2018, volume bak sampah sebesar 3000 L dan perkiraan volume sampah pada tahun 2018 sebesar 6.060 L. Hal ini menunjukkan bahwa bak sampah tidak mampu menampung sampah yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini adalah menghitung timbulan, densitas sampah, komposisi sampah, dan kadar air sampah. Penelitian yang di lakukan selama 8 hari sesuai dengan SNI 3242-2008 dan SNI 19-2454-2002. Maka akan mengetahui banyak nya timbulan sampah, densitas dan komposisi, dan kadar air sampah. yang di hasilkan. Hasil timbulan sampah di PPNS didapatkan sebesar 0,08 Kg/orang/ hari, densitas sampah didapatkan sebesar 50,02 Kg/m³, komposisi sampah terdiri dari sisa makanan sebesar (13,80%), PET (10,50%), LDPE (14%), PS (9,9%), Kertas campuran (13,05%), Kertas bermutu tinggi (3,85%), Kertas karton (13,8%), Limbah taman (14%), B3 (3,45%), Aluminium (36%) dan kadar air sampah di PPNS terdiri dari sisa makanan (57,65%), plastik (5,39 %), kertas (8,88%) dan limbah taman (36,20%).

Kata Kunci: Timbulan sampah, densitas sampah, komposisi sampah, kadar air sampah di PPNS .

1. PENDAHULUAN

Politeknik perkapalan negeri surabaya adalah perguruan tinggi yang terus berkembang dari setiap tahun ke tahun. Pertambahan jumlah civitas akademik di PPNS dari tahun 2012 hingga tahun 2018 selalu meningkat dari 2307 menjadi 3030 orang (PPNS, 2017). Sampah adalah segala buangan yang timbul akibat aktivitas manusia dan hewan, biasanya berupa padatan yang dianggap tidak berguna atau tidak diinginkan lagi (Tchobanoglous et al, 1993).

Jika sampah tersebut tidak dikelola dengan baik, maka akan menimbulkan berbagai masalah seperti masalah estetika karena bau yang ditimbulkannya, menjadi vektor penyakit dan dapat mengganggu kualitas tanah dan air tanah sekitarnya. Untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia maka perlu dirancang suatu sistem pengelolaan persampahan yang baik mulai dari sumber, pengumpulan, transportasi hingga ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Menurut SNI 19-2454-2002 sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan. Dan menurut Undang-Undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, pengertian sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang dihasilkan PPNS berasal dari kegiatan akademik, administrasi, kantin, laboratorium, dan taman, dapat menyebabkan timbulan sampah dan komposisi sampahnya bervariasi. Oleh sebab itu, diperlukan pengelolaan sampah yang baik di PPNS untuk mencegah terjadinya dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Data mengenai timbulan, densitas, komposisi, dan kadar air sampah merupakan hal yang sangat menunjang dalam menyusun sistem pengelolaan persampahan di PPNS. Data tersebut harus tersedia agar dapat disusun suatu alternatif sistem pengelolaan sampah yang baik. Berdasarkan pertimbangan diatas, penulis tertarik melakukan penelitian tentang timbulan, densitas, komposisi, dan kadar air sampah di PPNS sehingga dapat direncanakan sistem pengelolaan sampah yang paling tepat.

2. METODOLOGI

Perencanaan sistem pengelolaan sampah yang dilakukan di PPNS meliputi 3 tahap: (1) persiapan, (2) pengumpulan data, (3) analisis data dan perencanaan.

1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal sebelum dimulainya pengumpulan data dan perencanaan yang dimulai dari, survei pendahuluan, penentuan titik pengambilan, persiapan peralatan.

2. Pengumpulan Data

Pada teknik pengumpulan data dilakukan pengumpulan data dan informasi yang diperlukan untuk menunjang analisis. Data yang dikumpulkan terbagi menjadi 2 jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan. Data primer yang dibutuhkan untuk perencanaan yaitu timbulan sampah, densitas sampah komposisi sampah, dan kadar air sampah. Data sekunder yang diperlukan adalah *layout PPNS*, jumlah civitas kampus, dan struktur tanah di PPNS.

3. Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis. Data dianalisis dengan rumus atau aturan-aturan yang ada. Pedoman yang digunakan dalam pengukuran antara lain SNI 19-7030-2004, SNI 19-2454-2002, SNI 3242-2008, dan buku Tchobanoglous, 1993.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Politeknik perkapalan negeri surabaya adalah perguruan tinggi yang terus berkembang dari setiap tahun ke tahun. Pertambahan jumlah civitas akademik di PPNS dari tahun 2013 hingga tahun 2017 selalu meningkat dari 2307 menjadi 3030 orang (PPNS, 2017). Hal ini mengakibatkan jumlah timbulan sampah di PPNS semakin meningkat.

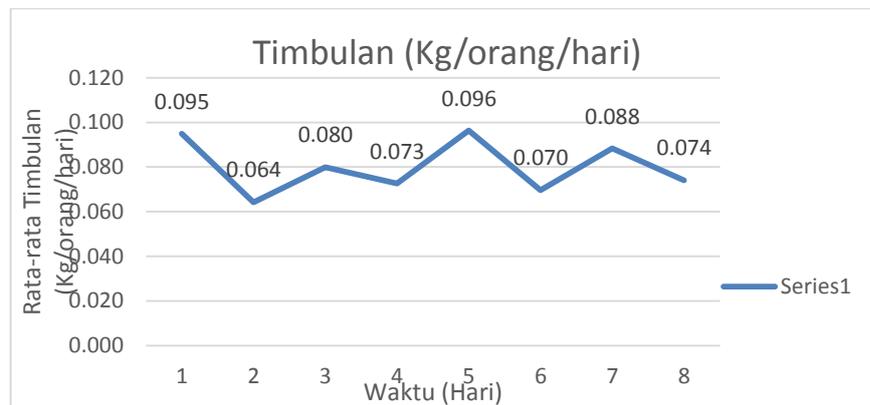
Dalam pengukuran timbulan, densitas, komposisi, dan kadar air sampah peneliti melakukan beberapa tahapan sebelum meneliti yaitu :

1. Mewawancarai kepada cleaning service untuk mengetahui sistem pembuangan sampah di PPNS.
2. Melakukan pengambilan sampel di setiap lokasi pada pukul 13.00 selama 8 hari.
3. Mengetahui berapa jumlah orang yang ada di setiap lokasi

Pengukuran timbulan sampah di PPNS dilakukan selama 8 hari berturut-turut sesuai dengan SNI 19-3694-1994. Pengukuran timbulan sampah di PPNS menggunakan persamaan :

$$\text{Timbulan Sampah} = \frac{\text{berat sampah (kg/hari)}}{\text{jumlah pekerja (orang)}}$$

Hasil timbulan sampah di PPNS dapat dilihat pada Gambar.1

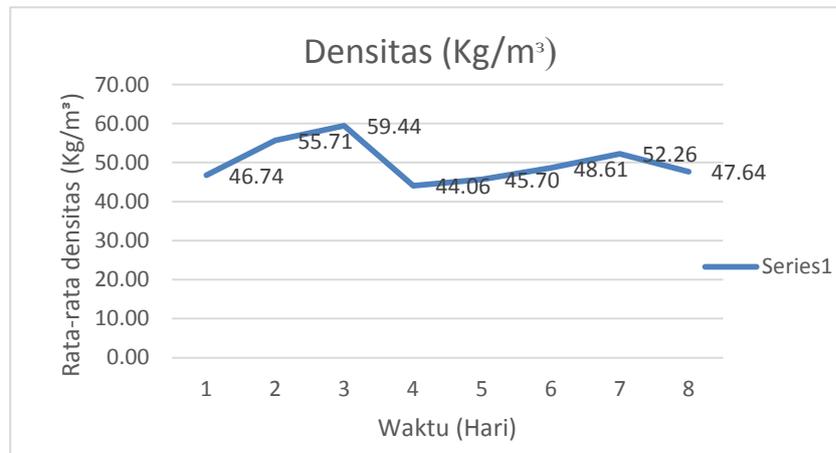


Gambar 1. Timbulan Sampah

Gambar 1. menunjukkan bahwa hasil rata-rata timbulan sampah dari hari ke-1 sampai dengan hari ke-8 adalah 0,08 Kg/orang/hari. Hasil timbulan sampah paling besar pada hari ke-1 dan ke-5 yaitu hari Selasa 3-04-2018 dan Senin, 9-04-2018. Faktor yang mempengaruhi timbulan sampah di kampus antara lain jumlah penghasil sampah, jumlah kegiatan, dan durasi kegiatan yang berpotensi menghasilkan sampah. Selanjutnya menghitung densitas dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Densitas Sampah} = \frac{\text{berat sampah(Kg)}}{\text{volume sampah (m}^3\text{)}}$$

Lalu untuk hasil pengukuran densitas sampah di PPNS dapat dilihat pada Gambar 2.

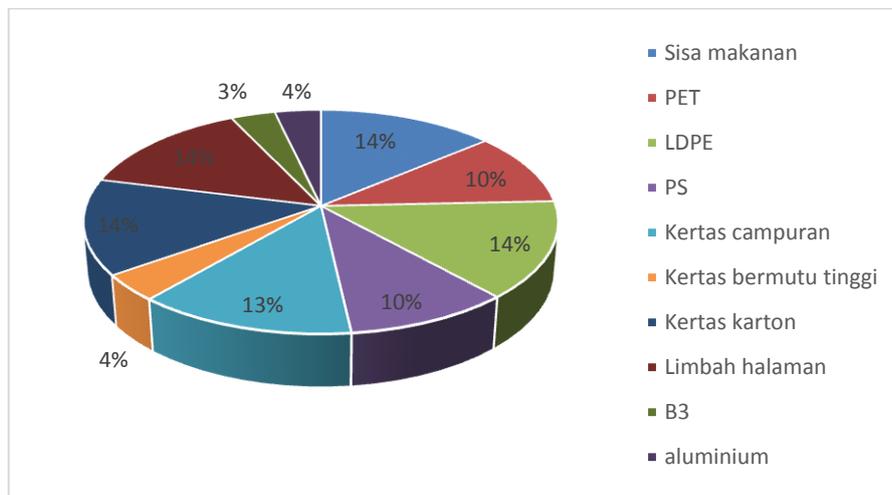


Gambar 2. Densitas Sampah

Rata-rata densitas sampah di PPNS selama 8 hari didapatkan sebesar 50,02 kg/m³, nilai tertinggi didapatkan pada hari ke -3 yaitu hari kamis 5-04-2018 dengan faktor berat sampah yang dihasilkan dan volume sampah pada kotak densitas berukuran 40L sangatlah tinggi . Selanjutnya komposisi sampah berdasarkan hasil pengukuran selama 8 hari ditampilkan dalam satuan % berat didapatkan menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Komponen} = \frac{\text{Berat Komponen (Kg)}}{\text{Berat Sampel (Kg)}} \times 100 \%$$

Hasil komposisi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komposisi Sampah

Gambar 3. menunjukkan komposisi sampah yang paling banyak yaitu sisa makanan (14%), Plastik jenis LDPE (14%) dan limbah taman (14%). Dimana komposisi sampah dikelompokkan sesuai jenis bahan yang digunakan, seperti jenis bahan PET yang terdiri dari botol aqua, LDPE terdiri dari plastik makanan, bungkus kopi.

Lalu untuk kadar air sampah PPNS sesuai dengan komposisi yang di hasilkan selama 8 hari menggunakan dengan cara duplo, pengujian secara duplo adalah pengambilan atau pengujian suatu kadar air yang ada pada sampel dengan menggunakan perbandingan antara 2 contoh sampel yang diamati kadar air nya dengan menggunakan persamaan :

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{\text{berat cawan isi (a)} - \text{berat cawan isi (b)}}{\text{berat cawan isi (a)} - \text{berat cawan kosong (c)}} \times 100\%$$



Gambar 5. Kadar Air Sampah

Pada Gambar 5. Kadar air sampah domestik berbeda-beda karena beberapa faktor yang mempengaruhi, antara lain komposisi sampah yang dihasilkan, musim tahunan, kelembapan, kondisi cuaca terutama hujan.. Kadar air sangat penting pada proses pengomposan. Hal tersebut terjadi apabila kandungan air terlalu rendah atau tinggi akan mengurangi efisiensi proses pengomposan. Apabila kadar air kurang dari yang ditentukan dilakukan penambahan air, sedangkan apabila kadar air melebihi dari yang ditentukan maka dilakukan mengeringkan bahan. Dari Grafik diatas menunjukkan bahwa kadar air belum sesuai typical yang ada pada (Tchobagnolous, 1993) seperti kadar air pada sampah sisa makanan typical kadar airnya adalah 70% sedangkan hasil penelitian sisa makanan kadar air adalah 57, 65% sehingga membutuhkan penambah air. Untuk sampah domestik tipikal kelembaban adalah 2 – 70% (Tchobagnolous, 1993).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan di PPNS dapat disimpulkan :

1. Timbulan sampah di PPNS didapatkan sebesar 0,08 Kg/orang/hari, nilai tertinggi pada hari ke-5 sebesar 0,096 Kg/orang/hari karena banyak nya aktivitas yang dilakukan.
2. Densitas sampah di PPNS sebesar 50,02 Kg/m³, nilai tertinggi didapatkan pada hari ke-3 sebesar 59,44 Kg/m³.
3. Komposisi sampah di PPNS terdiri dari sisa makanan sebesar (14%), LDPE (14%), PS (9,9 %),PET (10,50), Kertas bermutu tinggi (3,85%), Kertas campuran (13,05%), Kertas karton (13,8%), B3 (3,45%), Aluminium (3,6%) dan Limbah taman (14%).
4. Kadar air sampah di PPNS terdiri dari sisa makanan (57,65%), plastik (5,39 %), kertas (8,88%) dan Limbah taman (36,20%).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan atas bimbingan selama ini, kepada jajaran direksi dan bapak ibu dosen Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Terimakasih juga buat kedua orang tua atas doanya, serta teman-teman teknik pengolahan limbah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Tchobanoglous, G., Theisen, H. dan Vigil, S. 1993. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, Inc. Singapore
- Dooley, R. B. 2001. *Turbine Steam Chemistry and Corrosion*. EPRI : California.
- EPA.1991. Material Recovery Facilities For Municipal Solid Waste Handbook. Washington,DC 20460
- Lina, P dan Yulinah, T. 2009. Perencanaan Material Recovery di Sukolilo Surabaya. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1994, (SNI) 19-3964-1994 tentang Metode pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.

- Damanhuri, E. 2010. Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah. Penerbit Teknik Lingkungan ITB. Bandung, Indonesia.
- Dermawan, D., & Ashari, M. (2016). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. Seminar MASTER PPNS, 1(1)
- Wardiha,W.M., 2013. Timbulan dan Komposisi Sampah di Kawasan Perkantoran dan Wisma. Denpasar. Balai Pengembangan Teknologi Perumahan Tradisional Denpasar.
- Purnama,H.G.,2013. Studi Perencanaan MRF Sebagai Upaya Optimalisasi Untuk Meningkatkan Efisiensi Kualitas Pengelolaan Sampah di Kampus Sudirman Universitas Udayana. Udayana. Ilmu Kesehatan Masyarakat Fak. Kedokteran Udayana

Halaman ini sengaja dikosongkan

Desain Pretreatment Penurun Kadar *Phosphate* Unit *Laundry* RSUD Dr. R. Koesma Tuban Dengan Metode Presipitasi dan Filtrasi

Riefky Nugraha Adhi^{1*}, Denny Dermawan², Moch Luqman Ashari³

¹²Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 6011

³Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 6011

E-mail: rifynugrahaadhi28@gmail.com

Abstrak

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang mencemari lingkungan. Unit *laundry* merupakan salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan kimia yang tinggi, salah satu kandungan kimia yang terdapat pada limbah cair tersebut adalah *phosphate*. Pembuatan *prototype pretreatment* unit *laundry* RSUD Dr. R. Koesma Tuban, bertujuan untuk dapat mendesain dan merancang *prototype pretreatment* penurun kadar *phosphate* unit *laundry* RSUD Dr. R. Koesma Tuban. Metode yang digunakan dalam pembuatan *prototype* penurun kadar *phosphate* adalah metode presipitasi dan filtrasi. Metode presipitasi merupakan salah satu proses pengolahan kimiawi yang efektif menghilangkan kandungan *phosphate* dalam pengolahan air limbah, digunakan variasi bahan kimia dalam meremoval kadar *phosphate* yaitu dengan menggunakan alum, feri klorida dan ferro sulfat sebagai presipitan. Metode filtrasi digunakan filter yang efektif dalam meremoval *phosphate* yaitu, menggunakan filter zeolit dengan ketinggian media 25 cm dan diaktivasi pada suhu 300°C.

Kata Kunci: limbah *laundry*, *phosphate*, *prototype*, presipitasi, filtrasi

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mencemari lingkungan, salah satu kegiatan yang menjadi sumber pencemar salah satunya unit *laundry*. Unit *laundry* merupakan salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan kimia yang tinggi, hal tersebut disebabkan oleh penggunaan deterjen pada unit *laundry*. Salah satu kandungan kimia yang terdapat pada limbah cair tersebut adalah *phosphate*, limbah yang mengandung *phosphate* akan menyebabkan masalah lingkungan hidup yaitu menyebabkan *eutrofikasi*.

Menurut Nurlaila (2008), presipitasi merupakan salah satu proses pengolahan kimiawi yang efektif menghilangkan kandungan *phosphate* dalam pengolahan air limbah. Presipitasi adalah pengurangan bahan-bahan terlarut dengan cara penambahan bahan-bahan kimia terlarut yang menyebabkan terbentuknya padatan-padatan. Filtrasi juga merupakan metode yang tepat untuk menurunkan kadar *phosphate*. Proses filtrasi menggunakan filter zeolit dengan ketinggian media 25 cm dan telah diaktivasi pada suhu 300°C. Persentase penurunan konsentrasi fosfat tertinggi mencapai lebih dari 52%. Zeolit memiliki kemampuan adsorpsi fosfat yang cukup baik.

Oleh karena itu guna mengurangi konsentrasi parameter *phosphate* sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013, tentang baku mutu air limbah bagi Industri dan/atau kegiatan rumahsakit, bahwa parameter *phosphate* (PO_4) adalah 2 mg/l, agar *phosphate* yang dihasilkan tidak mengakibatkan *eutrofikasi* yang mengganggu operasi IPAL, dengan menggunakan proses pengolahan secara biologis aerobik. Pembuatan *prototype pretreatment* unit *laundry* RSUD Dr. R. Koesma Tuban, bertujuan untuk dapat mendesain dan merancang *prototype pretreatment* penurun kadar *phosphate* unit *laundry* RSUD Dr. R. Koesma Tuban.

2. METODOLOGI

Identifikasi Masalah dan penetapan Tujuan

Identifikasi masalah bermaksud untuk menetapkan tujuan. Identifikasi masalah didapatkan saat melakukan pengamatan, sehingga bisa dilakukan sebuah penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan penetapan tujuan, tujuan penelitian ini adalah membuat desain *prototype* untuk menurunkan kadar *phosphate* pada limbah cair Unit *Laundry* RSUD Dr. R. Koesma Kabupaten Tuban.

Observasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung pada pengolahan limbah Unit *Laundry* RSUD Dr. R. Koesma Kabupaten Tuban. Unit laundry RSUD Dr. R. Koesma Tuban memiliki *pretreatment basin* yang berfungsi hanya sebagai perangkap busa, sehingga tidak bisa mengolah kandungan *phosphate* yang terkandung pada limbah cair tersebut.

- Studi Literatur

- Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: wawancara dengan staf RSUD Dr. R. Koesma Kabupaten Tuban dengan objek penelitian outlet Unit Laundry, dan hasil analisa pretreatment basin (PTB), outlet dan inlet Instalasi Pengolahan Air Limbah dapat dilihat pada Lampiran 1, serta debit air limbah unit laundry.

- Data sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : jenis presipitan yang efisien dalam merunkan kadar phosphate. penggunaan presipitan alum ferro sulfat dan ferri klorida, serta ketinggian filter pada metode filtrasi.

Analisa Data dan Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisis data yaitu dengan cara mendesain dan merancang *prototype*. Dalam mendesain digunakan persamaan dua(2) untuk menentukan dimensi masing-masing reaktor, dan aplikasi AutoCAD untuk menggambar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Bersih Unit Laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban

Untuk mengetahui kebutuhan Air Bersih unit laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban dilakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Unit laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban Memiliki 4 mesin cuci dengan kapasitas yang berbeda. Berikut kapasitas masing-masing mesin cuci
 - a. Mesin cuci 1 = 55 Kg (untuk pakaian B3)
 - b. Mesin cuci 2 = 32 Kg (untuk pakain non B3)
 - c. Mesin cuci 3 = 24 Kg (untuk pakaian non B3)
 - d. Mesin cuci 4 = 6,1 Kg (untuk pakaian karyawan)
2. Waktu operasi unit laundry dimulai dari pukul 07:00 sampai 19:00 dengan 2 jam waktu istirahat, yaitu pada pukul 11:00 sampai 13:00, dalam 1 hari waktu operasi unit laundry adalah 10 jam. Untuk 1 kali siklus proses pencucian dibutuhkan waktu 2 jam (30 menit pemilahan pakaian, 45 menit proses pencucian, dan 45 menit proses pembilasan). Jadi dalam 1 hari unit laundry mencuci sebanyak 5 kali siklus.
3. Berdasarkan Buku Pedoman Sanitasi Rumah Sakit Indonesia tahun 2004 kebutuhan air bersih unit laundry adalah 40 liter/kg.
4. Kebutuhan air bersih unit laundry RSUD Dr. R. Koesma Tuban dalam 1 hari:
 - a. Mesin cuci 1 (55 kg)
 - = 40 liter/kg x 55 kg x 5 kali/hari
 - = 11000 liter/hari
 - = 11 m³/hari
 - b. Mesin cuci 2 (32 kg)
 - = 40 liter/kg x 32 kg x 5 kali/hari
 - = 6400 liter/hari
 - = 6,4 m³/hari
 - c. Mesin cuci 3 (24 kg)
 - = 40 liter/kg x 24 kg x 5 kali/hari
 - = 4800 liter/hari
 - = 4,8 m³/hari
 - d. Mesin cuci 4 (6,1 kg)
 - = 40 liter/kg x 6,1 kg x 5 kali/hari
 - = 1220 liter/hari
 - = 1,22 m³/hari
5. Jadi total kebutuhan air bersih unit laundry RSUD Dr. R. Koesma Tuban:
 - = 11 m³/hari + 6,4 m³/hari + 4,8 m³/hari + 1,22 m³/hari
 - = 23,42 m³/hari

Persentase Air Bersih yang Menjadi Air Limbah

Dalam penelitian ini untuk menentukan persentase air bersih yang menjadi air limbah, peneliti melakukan pencucian dengan menggunakan mesin cuci, 1 kg baju kotor dan ember dengan volume 12,74 liter. Berikut perhitungan persentase air bersih yang menjadi air limbah:

1. Pada tahap pencucian digunakan mesin cuci yang terdapat pengering, dan menimbang baju kotor seberat 1 kg.
2. Menghitung volume ember yang digunakan dalam tahap pengisian air bersih, berikut perhitungan volume ember yang digunakan:
 - = Tinggi ember : 24 cm
 - = Diameter ember : 26 cm
 - = Volume ember / Luas alas x t
 - : $\pi \times r^2 \times t$
 - : $3,14 \times 13^2 \times 24 \text{ cm}$
 - : $12.735,84 \text{ cm}^3$
 - : 12,74 liter
3. Dilakukan 4 (empat) kali pengisian air bersih, jadi total air bersih yang digunakan:
 - = 12,74 liter x 4 : 50,96 liter
4. Pada tahap pencucian dilakukan pengisian air bersih sebanyak 2 kali, berikut total air bersih yang menjadi air limbah pada tahap pencucian :
 - = 1 (satu) ember air limbah terisi penuh : 12,74 liter
 - = 1 (satu) ember dengan tinggi air limbah : 22,5 cm
 - Volume air limbah = $\pi \times r^2 \times t$
 - = $3,14 \times 13^2 \times 22,5 \text{ cm}$
 - = $11.939,85 \text{ cm}^3$
 - = 11,94 liter
 - jadi total air bersih yang menjadi air limbah pada tahap pencucian adalah:
 - Total Air Bersih yang menjadi Air Limbah = 12,74 liter + 11,94 liter
 - = 24,68 liter
5. Pada tahap pembilasan dilakukan pengisian air bersih sebanyak 2 kali, berikut total air bersih yang menjadi air limbah pada tahap pembilasan :
 - = 1 (satu) ember air terisi penuh : 12,74 liter
 - = 1 (satu) ember air dengan tinggi air limbah : 23 cm
 - Volume air limbah = $\pi \times r^2 \times t$
 - = $3,14 \times 13^2 \times 23 \text{ cm}$
 - = $12.205,18 \text{ cm}^3$
 - = 12,21 liter
 - jadi total air bersih yang menjadi air limbah pada tahap pembilasan adalah:
 - = 12,74 liter + 12,21 liter
 - = 24,95 liter
6. Untuk total air limbah pada tahap pencucian dan pembilasan adalah :
 - = Volume air limbah pencucian + Volume air limbah pembilasan
 - = 24,68 liter + 24,95 liter
 - = 49,63 liter
7. Jadi persentase air bersih yang menjadi air limbah pada kegiatan laundry adalah:
 - = $\frac{\text{Total Volume Air Limbah}}{\text{Total Volume Air Bersih}} \times 100\%$
 - = $\frac{49,63 \text{ liter}}{50,96 \text{ liter}} \times 100\%$
 - = 97,40%

Debit Air Limbah Unit Laundry RSUD Dr. R. Koesma Tuban

Untuk mendapatkan debit air limbah yang dihasilkan oleh unit laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban, dibutuhkan data total air bersih yang digunakan oleh unit laundry RSUD Dr. R Koesma tuban dan persentase air bersih, berikut perhitungan debit air limbah unit RSUD Dr. R Koesma Tuban:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air bersih} &: 23,42 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Persentase air bersih yang menjadi air limbah} &: 97,40\% \\ \text{Debit Air Limbah (Q)} &= 23,42 \text{ m}^3/\text{hari} \times 97,40\% \\ &= 22,82 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Jadi debit air limbah yang dihasilkan oleh unit laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban adalah 22,82 m³/hari. Dalam penelitian ini hanya mengolah 10% dari limbah yang dihasilkan oleh RSUD Dr. R Koesma Tuban, dikarenakan debit yang terlalu besar untuk penelitian, dan juga berpengaruh dalam besarnya dimensi prototype skala penelitian. Jadi debit yang dipakai :

$$\text{Debit Air Limbah} : 22,82 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10\%$$

: 2,282 m³/hari

Perencanaan Pompa pada PTB

Penentuan Pompa

Untuk menentukan yang akan digunakan pada PTB unit laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban dibutuhkan data debit yang akan diolah dan lama produksi unit laundry. Berikut perhitungan penentuan pompa :

Data :

Debit limbah cair = 2,282 m³/hari
 Lama produksi = 10 jam
 Flow rate = Q (m³/hari)/ t (jam)
 = 2,282 m³/hari / 10 jam
 = 0,2282 m³/ jam
 = 3,9 liter/menit

Spesifikasi pompa yang sesuai :

Kapasitas = 4 liter/menit
 Tipe = Water pump
 Press = 100 psi
 Daya listrik = 12 volt
 Harga = Rp. 261.000

Kriteria Desain Prototype Pretreatment

Desain prototype pretreatment penurunan kadar phosphate RSUD Dr. R Koesma Tuban untuk limbah laundry didasarkan pada debit yang ditentukan oleh peneliti yaitu 10% dari debit limbah yang dihasilkan oleh unit laundry. Menurut kajian teori pada bab sebelumnya dan beberapa penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan desain proses sebagai berikut :

- a. Air limbah hasil proses laundry RSUD Dr. R Koesma Tuban akan dialirkan menuju PTB (Pretreatment Basin).
- b. Selanjutnya air limbah akan dialirkan menuju reaktor presipitasi. Pada reaktor presipitasi terdapat mixer dengan kecepatan pengadukan 30 rpm.
- c. Pada tangki dosing terdapat mixer dengan kecepatan 120 rpm, dan pompa dosing yang berfungsi mengalirkan presipitan dari tangki dosing menuju ke reaktor presipitan.
- d. Selanjutnya dari reaktor presipitasi air limbah dialirkan menuju ke reaktor pengendapan.
- e. Dan pada tahap terakhir dari reaktor pengendapan air limbah dialirkan menuju reaktor filtrasi. Pada reaktor filtrasi terdapat single media zeolit.
- f. Air limbah siap dialirkan menuju ke IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) RSUD Dr. R. Koesma Tuban.

Kriteria Desain Reaktor Pesipitasi

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

Debit limbah yang diolah = 2,282 m³/hari
 Waktu detensi = 15-30 menit (Reynold & Richards 1996)
 Lama produksi = 10 jam
 Flow rate = Q (m³/hari)/ t (jam)
 = 2,282 m³/hari / 10 jam
 = 0,2282 m³/ jam
 = 3,9 liter/menit ~ 4 liter/menit
 Volume bak = Flowrate x waktu detensi
 = 4 liter/menit x 30 menit
 = 120 liter
 = 120.000 cm³

Perencanaan dimensi bak:

Reaktor Presipitasi	- Volume reaktor = 120 liter - tinggi = 60 cm - diameter = 50 cm - freeboard = 5cm - waktu detensi = 30 menit - Motor = 15-30 rpm
---------------------	--

Kriteria Impeller:

Luas bilah / pedal dibandingkan luas permukaan bak	5-20 % (Reynold & Richards, 1996) Panjang: 16 cm Lebar: 8cm
Kecepatan impeller	15-30 rpm (Nurlaijala, 2008)

Kriteria Desain Reaktor Pengendapan

Desain reaktor pengendapan direncanakan berbentuk silinder dengan dasar berbentuk runcing atau mengerucut pada bagian bawah untuk mempermudah endapan terkumpul : berikut perhitungan dimensi:

Debit limbah cair	= 2,282 m ³ /hari
Waktu detensi	= 15-30 menit (Reynold & Richards 1996)
Lama produksi	= 10 jam
Flow rate	= Q (m ³ /hari)/ t (jam) = 2,282 m ³ /hari / 10 jam = 0,2282 m ³ / jam = 3,9 liter/menit ~ 4 liter/menit
Volume bak	= Flowrate x waktu detensi = 4 liter/menit x 30 menit = 120 liter = 120.000 cm ³
Volume kerucut	= 1/3 x π x r ² x t = 1/3 x 3,14 x 25 ² cm x 20 cm = 13.084 cm ³
Volume silinder	= π x r ² x t = 3,14 x 25 ² cm x 55 cm = 107.938 cm ³
Volume total	= Volume kerucut + Volume silinder = 13.084 cm ³ + 107.938 cm ³ = 122 cm ³

Reaktor Pengendapan	- Volume reaktor = 120 liter - waktu detensi = 30 menit • Dimensi kerucut - tinggi = 20 cm - diameter = 50 cm • Dimensi silinder - tinggi = 50 cm - freeboard = 5 cm - diameter = 50 cm
---------------------	---

Kriteria Desain Reaktor Filtrasi

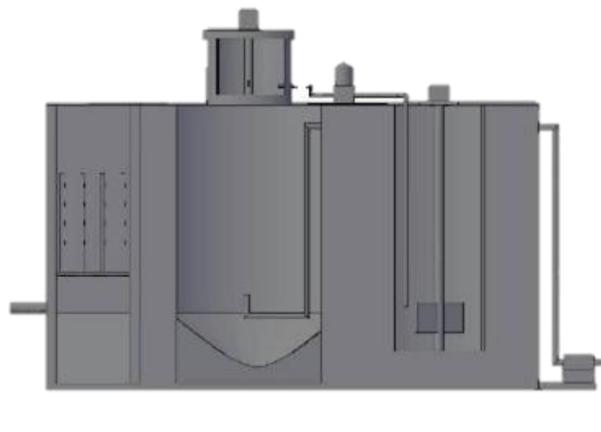
Reaktor Filtrasi	Slow sand filter - Kedalaman media 26 cm - Panjang : lebar reactor = 25cm - Tinggi reactor 55 cm - Metode pencucian 1. Pencuci lapisan atas pasir zeolite dengan dikeluarkan terlebih dahulu. 2. Lapisan pasir zeolite teratas dicuci dengan air - Berat jenis = 2,5 – 2,65 kg/dm ³ - Porositas = 0,4 - Kadar SiO ₂ = > 95%
------------------	--

Kriteria Desain Reaktor Dosing Tank

Reaktor Dosing Tank	<ul style="list-style-type: none"> - Diameter = 10 cm - Tinggi = 20 cm - Kapasitas = 1,57 Liter
Kriteria Impeler	<ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan impeller = 120 rpm (Nurlaila, 2008) - Waktu detensi = 0,5 – 6 menit - $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$ - Diameter paddle = 50 – 80% lebar bak - Lebar paddle = 1/6 – 1/10 diameter paddle <p>Sumber : Reynold and Richard, 1996</p>

4. KESIMPULAN

Pembuatan desain pretreatment penurunan kadar *phosphate* unit *laundry* rsud dr. R. Koesma tuban dengan metode presipitasi dan filtrasi digambar dengan menggunakan aplikasi *auto cad* dengan dimensi sesuai dengan kriteria disain yang telah diperoleh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4.1 Detail Desain

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti dan Firmansyah, 2016. Kemampuan Filtrasi Upflow Pengolahan Filtrasi Upflow Dengan Media Pasir Zeolit dan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Fosfat dan Deterjen Air Limbah Domestik. Malang : Institut Teknologi Malang.
- Effendi, 2015. Penurunan Fosfat Pada Sistem Resirkulasi Dengan Penambahan Filter Yang Berbeda. Lampung : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budaya Perairan.
- Fauzia, Nur, 2012. Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso. Surakarta.
- Majid, Amir dan Hengky, 2017. Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif Pada Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Usaha Laundry Di Kota Pare-Pare Sulawesi Selatan. Pare-Pare : Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA “Peran Tenaga Kesehatan Dalam Pelaksanaan SDGs”.
- Nugrahaningrum, Harninto dan Budiono, 2012. Penanganan Bahaya Infeksi Di Instalasi Laundry RSUD. Dr. Moewardi. Surakarta : Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.
- Nurlaila, Liesda D, 2008. Kajian Proses Presipitasi Kimia Terhadap Penurunan Senyawa Ortofosfat Pada Efluen Pengolahan Biologi Industri Cangkang Kapsul Berbasis Gelatin. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit.
- Setiawati, Destiarti dan Nelly, 2015. Pemanfaatan Zeolit A Termodifikasi *Hexadecyl Trimethylammonium* (HDTMA) Sebagai Absorbent Fosfat. Pontianak : Universitas Tanjungpura.

SNI 06-6898.31-2005. Cara Kerja Kadar Fosfat Dengan Spektrofotometer

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identifikasi Pengaruh pH Terhadap Kemampuan Biosorpsi *Saccharomyces cerevisiae* dalam Mengurangi Kadar Cu

Fariz Basyiruddin^{1*}, Adhi Setiawan², Denny Dermawan³

¹²³Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : farizbasy15@gmail.com

Abstrak

Salah satu jenis logam berat yang memiliki sifat esensial yaitu tembaga (Cu). Cu dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah tertentu. Cu dapat bersifat toksik dan membunuh organisme dalam jumlah yang melebihi. Biosorpsi merupakan salah satu teknologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mengurangi kadar logam berat pada air limbah. Terdapat berbagai mikroorganisme yang dapat dijadikan sebagai biosorben, salah satunya yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganismenya ini banyak digunakan dalam industri bir pada proses fermentasi dan memiliki dinding sel yang kaya akan protein, sehingga cocok digunakan sebagai biosorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan biosorben *Saccharomyces cerevisiae* dalam mengurangi kadar Cu yang dipengaruhi oleh pH awal larutan. Proses pembuatan biosorben terdapat beberapa tahapan yaitu pengendapan, penyaringan dan pengeringan. pH yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 3, 4 dan 5. Pengontakkan antara biosorben dengan larutan Cu 25 mg/L menggunakan *magnetic stirrer* sebagai pengaduknya selama 1, 2 dan 3 jam. Konsentrasi akhir Cu setelah dikontakkan dengan biosorben diukur dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis yang telah terkalibrasi. Pada penelitian ini, didapatkan hasil pada pH 3 waktu kontak 1 jam berat biosorben 0,25 gr persen penurunannya 15,2%, pada pH 4 waktu kontak 1 jam berat biosorben 0,25 gr persen penurunannya 43,92%. Pada pH 5 waktu kontak 1 jam berat biosorben 0,25 gr persen penurunannya 47,4%. Dari seluruh hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi pH awal larutan, maka semakin besar pula persen removal-nya.

Kata Kunci : biosorpsi, logam Cu, pH, *Saccharomyces cerevisiae*, spektrofotometer Uv-Vis

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, industri-industri yang ada juga mengalami suatu perkembangan. Perkembangan industri memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Selain itu, perkembangan tersebut juga memiliki dampak negatif. Salah satu dampak yang muncul ialah dihasilkan limbah dari proses yang ada di industri. Salah satu jenis limbah yang berbahaya adalah limbah yang mengandung logam berat. Hal tersebut dikarenakan limbah yang mengandung logam berat bersifat toksik dan *non biodegradable* (Naimah dkk, 2011). Salah satu jenis logam berat yang memiliki toksisitas tinggi adalah tembaga (Cu).

Logam Cu merupakan logam yang bersifat esensial, yaitu logam yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh organisme. Logam tersebut dapat menimbulkan efek toksik dalam kadar tertentu (Maier dkk, 2009). Pada konsentrasi 0,01 ppm dapat membunuh fitoplankton dan pada konsentrasi 2,5 - 3 ppm limbah yang mengandung Cu dapat membunuh ikan (Fitriyah dkk, 2013). Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi yang dapat mengolah limbah yang mengandung logam berat.

Biosorpsi merupakan salah satu teknologi yang dapat mengolah logam berat dengan menggunakan mikroorganisme baik hidup maupun mati. Teknologi ini memiliki beberapa kelebihan, antara lain efisiensi pengikatan logam berat yang tinggi, regeneratif serta melimpahnya mikroorganisme yang dapat dijadikan biosorben (Kresnawaty dkk, 2007).

Berbagai mikroorganisme yang dapat dijadikan sebagai biosorben, salah satunya yaitu *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganismenya ini banyak digunakan dalam industri bir, yaitu pada proses fermentasi dan memiliki persentase material dinding sel sebagai sumber pengikat logam berat yang tinggi (Khoirunnisa dkk, 2017). Biomassa yang dipilih pada penelitian ini adalah biomassa yang sudah mati. Hal tersebut dikarenakan tidak ada perbedaan penyerapan yang berarti antara biomassa yang hidup ataupun mati (Pratiwi dkk, 2017). Biomassa yang sudah mati memiliki kelebihan dalam proses penyerapan logam berat yakni biomassa yang telah mati tidak memerlukan penambahan nutrisi dalam penyerapannya (Pratiwi dkk, 2017).

Dalam proses biosorpsi terdapat berbagai macam faktor yang dapat mempengaruhi, salah satunya pH. pH awal larutan memiliki pengaruh terhadap proses pengikatan yang dilakukan oleh dinding sel mikroorganisme (Cabuk dkk, 2007).. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kemampuan biosorpsi *Saccharomyces cerevisiae* yang telah mati dalam menyerap logam berat Cu yang dipengaruhi oleh pH (3-5).

2. METODOLOGI

a. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Spektrofotometer Uv-Vis Cary 60, *magnetic stirrer* Cimarec, timbangan analitik kapasitas 250 gr Nimbus, pH meter ATC, oven, stopwatch, desikator, *beaker glass* 100 mL Iwaki, pipet ukur 1 mL dan 5 mL Iwaki, gelas ukur 5 mL dan 100 mL Iwaki, labu ukur 50 mL dan 1000 mL Iwaki, cawan petri, cawan porselin dan ayakan.

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya biomassa hasil samping fermentasi bir, limbah artificial Cu, aquades, buffer pH 4 dan pH 6,86, Alkohol 70%, HNO₃ 1M SAP Chemicals, CuSO₄.5H₂O SAP Chemicals, NH₄OH 10% SAP Chemicals, Na-Dietilditiokarbamat Merck *made in* China.

b. Prosedur Percobaan

1. Pembuatan Limbah Artifisial Cu

Dalam membuat larutan Cu 25 mg/L, diperlukan larutan induk Cu 1000 mg/L yang dibuat dengan menimbang 3,9291 gr CuSO₄.5H₂O yang kemudian dilarutkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda batas. Larutan induk 1000 mg/L diencerkan menjadi larutan Cu 25 mg/L.

2. Pembuatan Biosorben

Limbah hasil samping fermentasi bir yang mengandung *yeast (Saccharomyces cerevisiae)* diendapkan selama 24 jam. *Yeast* yang telah diendapkan, supernatant-nya dibuang dan disaring. Setelah itu dioven pada suhu 80°C selama 24 jam. Biosorben kering kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh (Naimah dkk, 2011).

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi Cu

Sebelum membuat kurva kalibrasi, terlebih dahulu menentukan panjang gelombang maksimum yaitu sebesar 450 nm dan waktu kestabilan kompleks maksimum yaitu selama 3 menit. 6 buah labu ukur 50 ml masing-masing diisi dengan larutan Cu 25 mg/L, berturut-turut 0 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml dan 10 ml. Setelah itu ditambah aquades sebanyak 10 ml. Kemudian ditambahkan 5 ml NH₄OH 5% + 5 ml Na-dietilditiokarbamat 1%. Kemudian tambahkan aquades hingga tanda batas. Baca pada panjang gelombang maksimum dan waktu kestabilan maksimum.

4. Pengujian Penyerapan Logam Cu

Biomassa (*Saccharomyces cerevisiae*) kering yang lolos ayakan 80 mesh (Berat 0,25; 0,5; 0,75 gr) dimasukkan ke dalam limbah artificial Cu dengan konsentrasi 25 mg/l yang telah diberi perlakuan yang berbeda terhadap pH, yaitu dengan pH 3, 4 dan 5 menggunakan HNO₃. Larutan tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1, 2 dan 3 jam dengan kecepatan 250 rpm. Setelah itu larutan tersebut dipisahkan antara supernatant dengan biosorbennya dengan menggunakan kertas saring lalu dianalisis dengan Spektrofotometer Uv-Vis untuk mengetahui konsentrasi Cu yang tidak teradsorpsi (Ratnawati, 2010).

5. Pengujian Kadar Cu Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis

Langkah pertama dalam penentuan kadar Cu yang tidak teradsorpsi adalah 5 ml larutan Cu yang telah dikontakkan dengan biosorben dan telah disaring dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan aquades sebanyak 10 ml. Setelah itu ditambahkan 5 ml NH₄OH 5% + 5 ml Na-Dietilditiokarbamat 1%. Lalu ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dibiarkan selama 3 menit. Absorbansi senyawa kompleks dibaca pada panjang gelombang 450 nm (Hidayati dkk).

c. Analisa Data

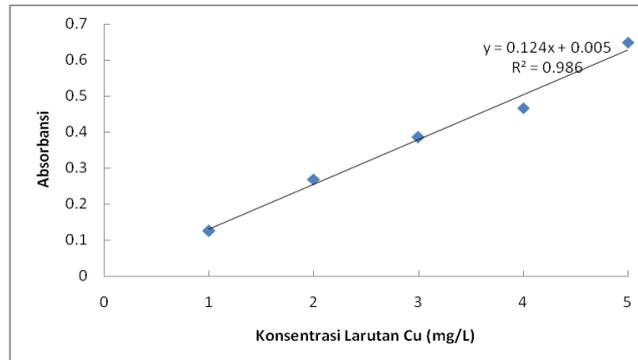
Dalam menghitung efisiensi penyerapan logam berat Cu oleh biosorben *Saccharomyces cerevisiae* dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$\% \text{ Efisiensi Penyerapan Cu} = \frac{\text{Kons. Cu awal} - \text{Kons. Cu akhir}}{\text{Konsentrasi Cu awal}} \times 100\% \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kurva Kalibrasi Cu

Dalam menentukan konsentrasi Cu yang tidak teradsorpsi dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis, diperlukan kurva kalibrasi Cu. Berikut kurva kalibrasi Cu yang ditunjukkan Gambar 1.

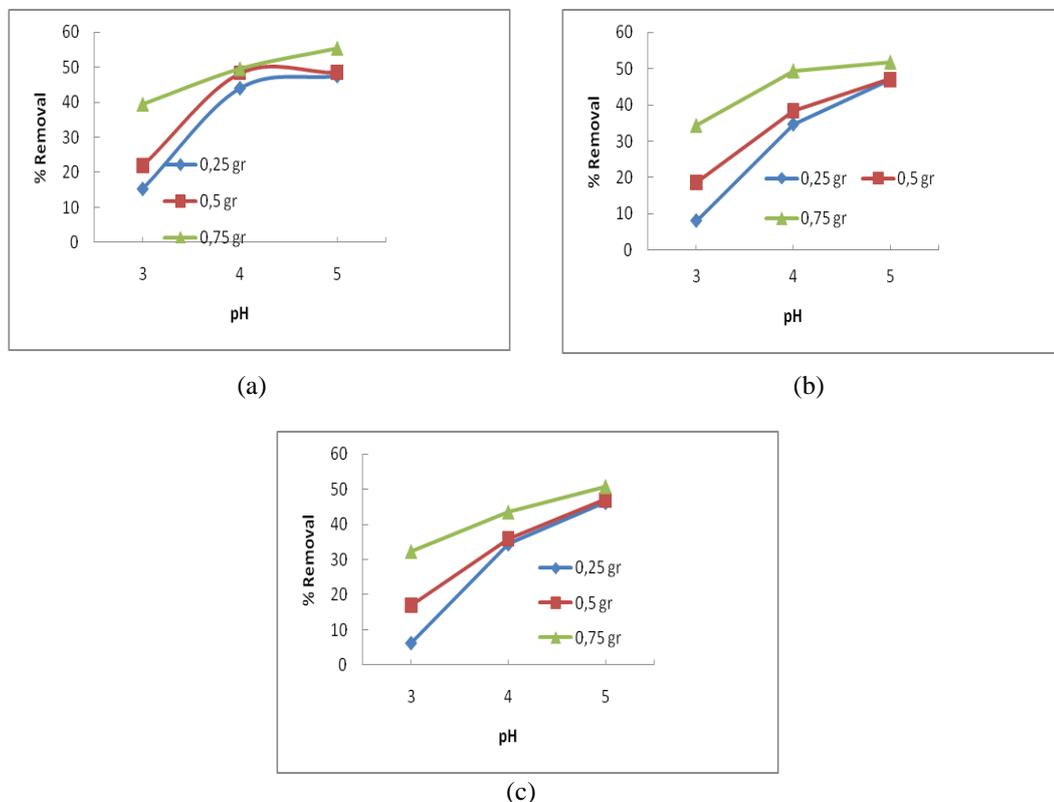


Gambar 1. Kurva Kalibrasi Cu

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa koefisien korelasi (R^2) adalah 0,986. Koefisien korelasi yang memiliki nilai mendekati 1 ini dapat dikatakan bahwa kurva hampir linear. Dengan begitu kurva tersebut dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi logam Cu. Konsentrasi logam Cu yang terdapat dalam sampel dapat dihitung dengan menginterpolasikan hasil pembacaan absorbansi pada spektrofotometer Uv-Vis ke dalam persamaan regresi yang telah didapat.

b. Identifikasi Pengaruh pH Terhadap Kemampuan Biosorpsi Logam Cu

Berikut merupakan data hasil pengujian biosorpsi logam Cu yang dipengaruhi pH awal larutan yang ditunjukkan Gambar 2 yang merupakan grafik hubungan antara pH awal larutan dengan % penurunan.



Gambar 2. Biosorpsi Logam Cu Pengaruh pH (a) Waktu Kontak 1 Jam (b) 2 Jam (c) 3 Jam

pH merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi terjadinya proses biosorpsi. pH memiliki pengaruh terhadap muatan yang ada pada situs aktif biosorben, spesies dari tembaga dan tingkat ionisasi dari biosorben selama bereaksi (Peng dkk, 2010). Jika dilihat dari ketiga grafik tersebut, semakin besar nilai pH maka semakin besar pula nilai dari persen penurunannya dan persen penurunan paling tinggi berada pH 5. Hal tersebut dikarenakan pada nilai pH yang lebih kecil dari 3 situs aktif permukaan dinding sel dari mikroorganisme memiliki muatan yang positif. Sedangkan nilai pH yang berada di atas 3 mempunyai muatan negatif. Dengan begitu interaksi antara situs aktif permukaan dinding sel dari mikroorganisme yang memiliki muatan negatif dengan ion tembaga yang mempunyai muatan positif dapat terjadi. Hal tersebut mengakibatkan proses biosorpsi yang terjadi akan semakin meningkat pada rentang pH 3-6 (Lestari dkk, 2004).

pH juga berpengaruh terhadap spesies spesies logam dalam larutan. ion-ion logam yang terdapat dalam larutan sebelum mengalami proses adsorpsi oleh adsorben terlebih dahulu mengalami hidrolisis, sehingga menghasilkan proton seperti pada persamaan berikut $M^{2+} + nH_2O \rightleftharpoons [M(OH)_n^{2-n}]^+ + nH^+$. Kompleks hidroksida $[M(OH)_n^{2-n}]^+$ yang terbentuk dari persamaan tersebut akan lebih mudah untuk teradsorpsi bila dibandingkan dengan kation logam bebas (M^{2+}). Pada kondisi pH 1 sampai 4 yang memiliki tingkat keasaman lebih tinggi dari pH 5 persamaan tersebut akan bergeser ke kiri yang menyebabkan jumlah dari kompleks hidroksida logam yang terbentuk lebih sedikit dan jumlah kation logam bebas lebih banyak. Pada pH 5 proses biosorpsi relatif tinggi. Hal tersebut disebabkan kompleks hidroksida logam yang terbentuk lebih banyak dan permukaan dari biosorben akan bermuatan negatif sehingga akan terjadi tarik menarik melalui gaya elektrostatik yang menyebabkan peningkatan adsorpsi (Sembiring dkk, 2009).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Peng dkk (2010) menunjukkan bahwa persen removal logam berat meningkat seiring dengan meningkatnya nilai pH pada rentang 2 sampai 5. Hal yang sama juga ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Stanila dkk (2016). Dalam penelitian tersebut disebutkan bahwa pengikatan logam berat semakin meningkat seiring meningkatnya nilai dari pH.

Pada penelitian ini juga menggunakan uji statistik untuk mengetahui adakah pengaruh pH awal larutan terhadap persen penurunan logam berat Cu. Uji statistik pada penelitian ini menggunakan metode *One Way Anova* dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05 (5 %). Berikut merupakan hasil uji statistik yang ditunjukkan Gambar 3.

ANOVA

persenremoval

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1458.000	2	729.000	97.200	.000
Within Groups	180.000	24	7.500		
Total	1638.000	26			

Gambar 3 Hasil Uji Statistik Metode *One Way Anova*

Pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa tingkat signifikansi $< 0,05$ (H_0 ditolak). Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pH awal larutan terhadap persen penurunan logam berat Cu.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil dan pembahasan di atas adalah pH awal larutan memiliki pengaruh terhadap persen penurunan konsentrasi logam berat Cu yang ditunjukkan oleh grafik penelitian dan uji statistik serta semakin besar nilai dari pH awal larutan maka semakin besar pula persen penurunannya. Pada pH 5 memiliki persen penurunan yang tinggi dari pH 3 dan 4, yaitu sebesar 55,36 %.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Novi Eka Mayangsai, S.T., M.T. selaku kepala laboratorium limbah yang telah mengizinkan untuk memakai sarana dan prasarana yang ada pada laboratorium limbah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S.H., I.M. Ismail, T.M. Mostafa dan A.H. Sulaymon. 2014. Journal of Chemical Science and Technology. *Biosorption of Heavy Metals: A Review*, Vol. 3 Iss. 4, pp. 74-102.
- Cabuk, A., T. Akar, S. Tunali dan S. Gedikli. 2007. Chemical Engineering Journal. *Biosorption of Pb(II) by Industrial Strain of Saccharomyces cerevisiae Immobilized on The Biomatrix of Cone Biomass of Pinus nigra: Equilibrium and Mechanism Analysis*, 131 pp. 293-300.
- Fahrudin. 2014. *Bioteknologi Lingkungan (Edisi Revisi)*. Alfabeta, Bandung.
- Fitriyah, A.W., Y. Utomo dan I.K. Kusumaningrum (2013). *Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya*. **Jurnal UM**, pp.1-8.
- Hidayati, M.A, dan Yusrin (n.d.). *Analisis Cu (II) pada Kerang Hijau (Mytilus Viridus) di Peraian Tanjung Mas Semarang*. **Jurnal Unimus**, pp 1-8
- Khoirunnisa, A. dan Senam. 2017. Jurnal Kimia Dasar. *Pengaruh Interferensi Ion Kadmium (Cd^{2+}) Terhadap Biosorpsi Ion Timbal (Pb^{2+}) Oleh Sel Ragi Saccharomyces Cerevisiae*, Vol. 6 No 2, pp.53-59.
- Kresnawaty, I. dan T. Panji. 2007. Menara Perkebunan. *Biosorpsi Logam Zn Oleh Biomassa Saccharomyces cerevisiae*, 75(2), pp.80-92.
- Lestari, S., E. Sugiharto dan Mudasir. 2004. Jurnal Sains dan Sibernatika. *Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Saccharomyces cerevisiae yang Terimobilkan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II)*, XVII(2)
- Maier, R.M., I.L. Pepper dan C.P. Gerba. 2009. *Environmental Microbiology*. 2nd Edition. Tucson Arizona: Academia Press.
- Naimah, S. dan R. Ermawati. 2011. Jurnal Kimia Kemasan. *Biosorpsi Logam Berat Cr (VI) dari Limbah Industri Pelapisan Logam Menggunakan Biomassa Saccharomyces cerevisiae dari Hasil Samping Fermentasi Bir*, Vol. 33 No. 1, pp.113-117.
- Peng, Q., Y. Liu, G. Zeng, W. Xu, C. Yang dan J. Zhang. 2010. Journal of Hazardous Materials. *Biosorption of Copper(II) by Immobilizing Saccharomyces cerevisiae on The Surface of Chitosan-coated Magnetic Nanoparticles from Aqueous Solution*, Vol. 177, pp. 676-682.
- Pratiwi, R.R., S. Elystia dan S.R. Muria. 2017. Jom FTEKNIK. *Biosorpsi Kromium (Cr) pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Biomassa Ragi Roti (Saccharomyces cerevisiae)*, Vol. 4 No. 1, pp.1-7.
- Ratnawati, E. 2010. Jurnal Kimia dan Kemasan. *Pengaruh pH, Konsentrasi Biosorben dan Waktu Reaksi Terhadap Penurunan Logam Berat Pb dengan Memanfaatkan Limbah Industri Bir dalam Bentuk Pelet Sebagai Biosorben*, Vol. 32 No. 2, pp.73-78.
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso dan Sumadi. 2009. Indo. J. Chem. *Isoterm Adsorpsi Ion Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) Pada Biomassa Nannochloropsis sp yang Dienkapsulasi Akuagel Silika*, Vol. 9(1), pp. 1-5.
- Stanila, A., T.A. Mihaiescu, C. Socaciu dan Z. Diaconeasa. 2016. Revista de Chimie. *Removal of Copper and Lead Ions from Aqueous Solution Using Brewer Yeast as Biosorbent*, 67 pp. 1276-1280

Halaman ini sengaja dikosongkan

Identifikasi Komponen FAME(*Fatty Acid Methyl Ester*) pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas

Rakhmad Faizal Yudha¹, Adhi Setiawan², Novi Eka Mayangsari³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail : r.f.yudha@gmail.com

Abstrak

Minyak goreng bekas merupakan salah satu minyak nabati yang dihasilkan dari kelapa sawit. Selama ini minyak goreng bekas merupakan limbah bagi ibu rumah tangga, bahkan dibuang sembarangan. Minyak goreng bekas dapat digunakan alternatif sebagai pengganti solar dikarenakan sifat komposisi fisika-kimia antara biodiesel dan solar yang memiliki kemiripan. Potensi dari minyak goreng bekas adalah ketersediaan produksinya kontinyu dibandingkan jenis bahan yang lain. Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai biodiesel dengan catatan dilakukan proses *de-gumming*, esterifikasi dan transesterifikasi terlebih dahulu. Tujuan pada penelitian ini adalah mengidentifikasi komposisi FAME yang dilakukan menggunakan alat GC-MS pada biodiesel dari bahan dasar minyak goreng bekas dengan metode yang sudah ada, yaitu dengan proses *de-gumming*, esterifikasi, dan transesterifikasi terlebih dahulu. Hasilnya yaitu minyak goreng bekas yang disintesis menjadi biodiesel memiliki yield 71,43% dengan kandungan FAME sebesar 99,35% yang terdiri atas metil palmitat, metil oleat, metil stearat, dan metil miristat masing-masing 49,08%, 44,62%, 4,01%, dan 1,68%.

Kata kunci : FAME, De-gumming, Esterifikasi, Transesterifikasi, Minyak Goreng Bekas

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dan industri mengakibatkan meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil sehingga ketersediaannya semakin menipis. Bahan bakar fosil tersebut bukan merupakan bahan bakar yang terbarukan, sehingga bisa memicu krisis energi di masa yang akan datang (Jin dkk., 2015). Zaman sekarang, transportasi didominasi oleh kendaraan yang memakai bahan bakar petrol, seperti bensin dan diesel, di mana konsumsi energi pertahun meningkat 1,1% akibat dari perkembangan industri otomotif. Sektor transportasi berkontribusi sekitar 63% dalam konsumsi bahan bakar cair sejak tahun 2010 hingga 2040 (Mahmudul dkk., 2017). Beberapa usaha telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil, di mana salah satunya ialah biodiesel yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar diesel (Charpe dan Rathod, 2011).

Pada dasarnya, biodiesel adalah senyawa *fatty acid methyl ester* (FAME) yang dapat disintesa dari minyak goreng bekas (Leung dkk., 2010 dalam Setiawan dkk., 2017). Selama penggorengan, minyak goreng akan mengalami pemanasan pada suhu tinggi 170° C- 180° C dalam waktu yang cukup lama. Hal ini akan menyebabkan terjadinya proses oksidasi, hidrolisis dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak keton, aldehyd dan polimer yang merugikan kesehatan manusia. Proses-proses tersebut menyebabkan minyak mengalami kerusakan. Kerusakan utama timbulnya bau dan rasa tengik, sedangkan kerusakan lain meliputi peningkatan kadar asam lemak bebas (FFA), bilangan Iodin (IV), timbulnya kekentalan minyak, terbentuknya busa, adanya kotoran dari bumbu yang digunakan dan bahaya yang digoreng (Ketaren, 1986 dalam Tazi dan Sulistiana, 2011).

Minyak goreng bekas merupakan bahan nabati yang dihasilkan dari kelapa sawit. Selama ini minyak goreng bekas merupakan limbah bagi ibu rumah tangga, bahkan dibuang sembarangan (Tazi dan Sulistiana, 2011). Minyak goreng bekas dapat dijadikan sebagai biodiesel dikarenakan sifat komposisi fisika-kimia antara biodiesel dan solar tidak jauh beda (Fitriani, 2016). Potensi dari minyak jelantah adalah ketersediaan produksinya kontinyu dibandingkan jenis bahan yang lain (Kuncahyo dkk., 2013). Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai biodiesel dengan catatan dilakukan proses *De-gumming*, esterifikasi dan transesterifikasi terlebih dahulu untuk didapatkan senyawa metil esternya (Pratiwi dkk., 2016) dan menganalisa komposisi dari *fatty acid methyl ester* dengan alat GC-MS untuk mengetahui *yield* biodiesel dari minyak goreng bekas (Fitriana, 2016).

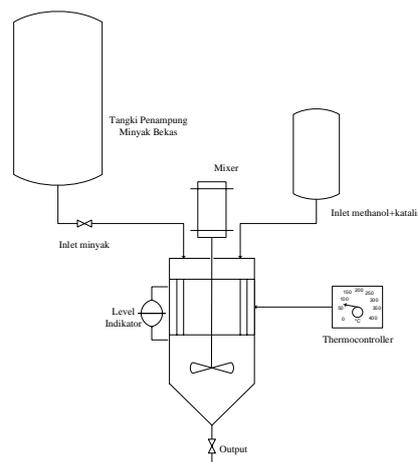
Untuk mensintesis minyak goreng bekas menjadi biodiesel, diperlukan proses *de-gumming* yang bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor berupa gum, protein fosfolipid, dan lain-lain. Selain itu, minyak goreng bekas biasanya memiliki kandungan FFA yang tinggi, yaitu sekitar 11,5% (Latifah dkk., 2011). Oleh karena itu perlu dilakukan proses esterifikasi untuk mengurangi kadar FFA yang tinggi agar tidak terjadi proses penyabunan. Di samping itu, reaksi esterifikasi juga dapat menghilangkan kadar air dikarenakan kandungan air juga dapat mengakibatkan reaksi hidrolisis yang menyebabkan biodiesel yang dihasilkan berkurang (Hirata dan Berchmans, 2008 dalam Gashaw dkk., 2015).

Setelah reaksi esterifikasi dilakukan, selanjutnya ialah melakukan proses transesterifikasi yaitu mereaksikan trigliserida pada minyak goreng bekas dengan methanol dan katalis basa, membentuk senyawa metil ester dan gliserol. Reaksi transesterifikasi sebenarnya berlangsung dalam 3 tahap yaitu sebagai berikut:

1. Pada tahap pertama, penyerangan ikatan karbonil pada trigliserida oleh anion dari alkohol dan membentuk zat antara tetrahedral.
2. Pada tahap kedua, zat antara tetrahedral bereaksi dengan alkohol dan terbentuk anion dari alkohol.
3. Pada tahap akhir, zat antara tetrahedral mengalami transfer proton sehingga terbentuk ester dan alkohol. Pada reaksi transesterifikasi yang menggunakan katalis - katalis alkali, bilangan asam dari minyak nabati yang digunakan harus kurang dari satu. Jika bilangan asamnya lebih dari satu, maka minyak nabati yang harus dinetralisir terlebih dahulu dengan menambahkan jumlah alkali sehingga basa yang digunakan dapat berfungsi sebagai katalis dan penetralisir asam. Bilangan asam yang tinggi disebabkan oleh adanya kandungan asam lemak bebas pada minyak nabati (Susilowati, 2006 dalam Fitriani, 2016)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi dkk. (2016), proses *de-gumming*, esterifikasi, dan transesterifikasi dilakukan dengan cara yang sama, yaitu dipanaskan pada suhu 70°C dan diaduk selama 70 menit. Pada perlakuan ini, *yield* biodiesel yang dihasilkan hanya menyentuh 62,667%. Menurut penelitian yang dilakukan Refaat dkk. (2008), bahwa untuk mensintesis minyak goreng bekas menjadi biodiesel dengan katalis NaOH pada proses transesterifikasi, dengan waktu reaksi 1 jam dan suhu 65°C dapat menghasilkan *yield* sekitar 83%, melangsungkan reaksi hingga 3 jam tidak mempengaruhi *yield* biodiesel secara signifikan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Darmawan (2013), proses sintesa biodiesel dari bahan baku minyak goreng bekas dan menggunakan katalis NaOH yang dilakukan pada suhu 60°C selama 30 menit, dapat mengurangi hasil gliserol dan menambah *yield* biodiesel yang dihasilkan. Oleh karena itu, peneliti ingin mensintesis biodiesel dari bahan dasar minyak goreng bekas menggunakan metode *de-gumming*, esterifikasi, dan transesterifikasi dengan perlakuan pada penelitian sebelumnya, kemudian mengidentifikasi komponen FAME yang dihasilkan dari sintesa biodiesel.

2. METODOLOGI



Gambar 2. Reaktor Pembuatan Biodiesel

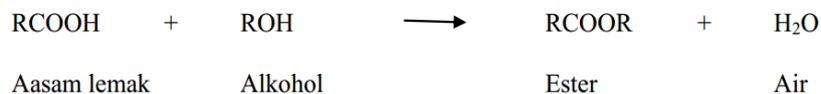
Pada proses pembuatan biodiesel dilakukan pada reaktor dengan volume 3 L seperti pada Gambar 1. Reaktor dilengkapi dengan termokontroler sebagai pengatur suhu reaktor, dinamo sebagai penggerak *mixer*, dan level indikator untuk melihat level minyak yang ada pada reaktor. Sebanyak 1750 ml dari minyak goreng bekas yang telah ditreatment melalui filtrasi dilakukan proses *de-gumming* yaitu dengan dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C kemudian direaksikan dengan asam fosfat 0,5% dari berat minyak goreng selama 30 menit kemudian didiamkan selama 24 jam, lalu gum yang mengendap pada reaktor dikeluarkan melalui outlet. Setelah proses *de-gumming*, dilakukan proses esterifikasi yaitu dengan mereaksikan minyak hasil

proses *de-gumming* dengan methanol (99% wt Merck) sebanyak 10% dari volume minyak goreng yang ditambahkan katalis asam sulfat (99% wt Merck) sebanyak 0,5% berat minyak goreng pada suhu 60°C dan diaduk selama 60 menit kemudian didiamkan selama 24 jam, setelah itu minyak dimurnikan. Selanjutnya dilakukan proses transesterifikasi yaitu mereaksikan minyak dengan methanol 10% dari volume minyak goreng dengan katalis NaOH (99% wt Merck) sebanyak 0,5% dari berat minyak goreng. Proses dilakukan pada suhu 60°C dan diaduk selama 60 menit kemudian didiamkan selama 24 jam sehingga terbentuk 2 lapisan, yaitu lapisan atas berupa biodiesel sedangkan lapisan bawah berupa campuran gliserol, sisa methanol, dan katalis. Biodiesel yang terbentuk selanjutnya dicuci dengan akuades pada suhu 50°C dan ditambahkan *anhydrous* Na₂SO₄ sebanyak 1% dari berat minyak, lalu dipanaskan pada suhu 105°C selama 30 menit. Setelah dilakukan pengeringan, kemudian dihitung yield biodiesel yang dihasilkan. Setelah diketahui *yield*nya, kemudian dilakukan pengujian kadar FAME (*Fatty acid Methyl Ester*). Kandungan FAME dianalisis menggunakan perangkat GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrofotometry*) Agilent 19091S-433. Suhu kolom diprogram dengan suhu 100°C (ditahan selama 1 menit, kemudian dinaikkan dengan laju 15°C/menit sehingga suhu mencapai 250°C (ditahan 9 menit).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

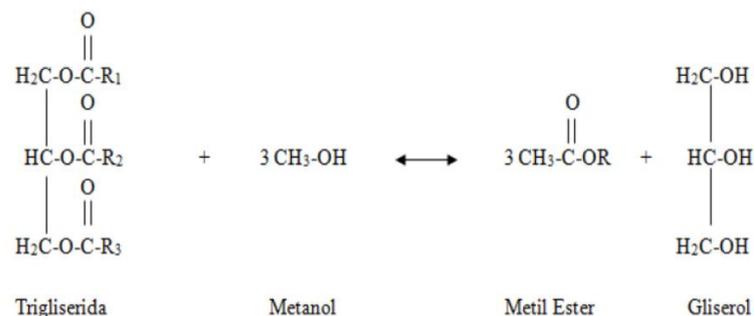
Biodiesel yang dihasilkan dari minyak goreng bekas dari proses *de-gumming*, esterifikasi, dan transesterifikasi. Menurut Pratiwi dkk. (2016), pada proses *de-gumming*, minyak bekas direaksikan dengan asam fosfat untuk menghilangkan pengotor, mengingat minyak yang digunakan mengandung gum, protein, fosfolipid dan lain-lain yang berasal dari penggorengan makanan. Setelah proses *removal* gum pada proses *de-gumming*, dilanjutkan proses esterifikasi.

Proses esterifikasi berguna untuk mengurangi FFA atau asam lemak bebas serta kadar air. Minyak goreng bekas memiliki kandungan FFA yang tinggi yaitu sekitar 11,5% (Latifah dkk., 2011) yang menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi pada proses transesterifikasi nantinya, selain itu esterifikasi juga dapat menghilangkan kandungan air di mana keberadaan air pada minyak menyebabkan reaksi hidrolisis dan dapat mengurangi yield biodiesel (Hirata dan Berchmans, 2008 dalam Gashaw dkk., 2015). Reaksi esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 3 Reaksi Esterifikasi

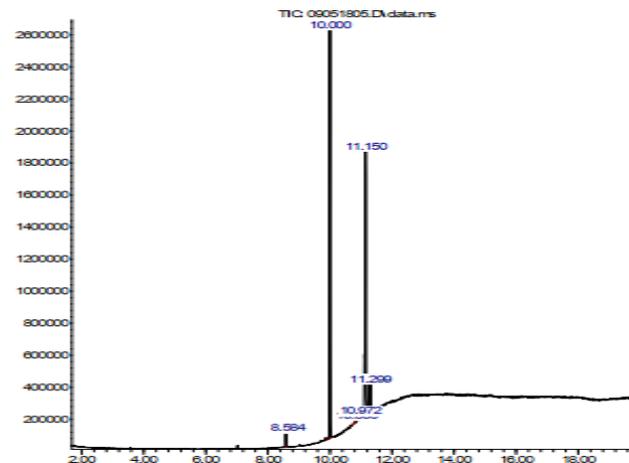
Setelah proses esterifikasi, dilanjutkan transesterifikasi. Proses transesterifikasi mengubah senyawa trigliserida yang direaksikan dengan methanol dan katalis basa menghasilkan metil ester asam lemak dan gliserol. Proses reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 4 Reaksi Transesterifikasi

Metanol ataupun etanol merupakan alkohol yang umumnya digunakan. Reaksi ini cenderung lebih cepat menghasilkan metil ester daripada reaksi esterifikasi dengan bantuan katalis asam. Namun, penggunaan bahan baku pada reaksi transesterifikasi harus mempunyai angka asam lemak bebas yang kecil (< 1%) untuk menghindari pembentukan sabun (Pristiyani, 2015 dalam Fitriani, 2016). Oleh karena itu, proses esterifikasi dilakukan terlebih dahulu agar dapat dilakukan transesterifikasi. Setelah transesterifikasi dilakukan, selanjutnya dilakukan pencucian biodiesel kemudian dikeringkan. *Yield* yang dihasilkan pada penelitian ini

yaitu sekitar 71,43%. Setelah didapatkan *yieldnya* kemudian dilakukan analisa kandungan FAME dengan menggunakan alat GC-MS. Kromatogram pada analisa GC-MS dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Kromatogram pada biodiesel

Pada Kromatogram, terdeteksi 6 senyawa yang berbeda dan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 4. Hasil Analisa GC-MS

Retention Time	Senyawa	Kandungan (%)
8,586	Metil Miristat	1,68
9,997	Metil Palmitat	49,08
10,849	Gliserol Trilaurat	0,34
10,969	Gliserol Trilaurat	0,26
11,1152	Metil Oleat	44,62
11,300	Metil Stearat	4,01
Total		99,99%

Dari hasil Analisa GC-MS, Senyawa Metil Ester yang ada pada Biodiesel yang dihasilkan pada minyak jelantah berjumlah sebanyak 99,35% dan sisanya gliserol sebanyak 0,64. Pada SNI 7182-2015 tentang biodiesel, disebutkan bahwa kandungan metil ester minimal adalah 96,5%, di mana pada penelitian ini kandungan metil ester mencapai 99,35%, sehingga biodiesel yang dihasilkan telah memenuhi SNI. Senyawa FAME yang dihasilkan dari biodiesel dengan bahan dasar minyak goreng bekas didominasi oleh Metil Palmitat sebanyak 49,08% dan kandungan paling kecil sebanyak 1,68% yaitu metil Miristat. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan dkk. (2017), Hasil ini memiliki perbedaan yang dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 5. Perbandingan komponen FAME

Komponen FAME	Hasil Penelitian	Setiawan dkk., 2017
Metil Miristat	1,68%	-
Metil Palmitat	49,08%	31,31%
Metil Oleat	44,62%	45,54%
Metil Stearat	4,01%	7,2%
Metil Linoleat	-	14,3%

Pada penelitian yang dilakukan Setiawan dkk. (2017), di mana senyawa yang dihasilkan didominasi oleh Metil Oleat sebesar 45,54% dan diikuti oleh Metil Palmitat, Metil Linoleat, dan Metil Stearat masing-masing sebesar 31,31%, 14,3%, dan 7,2%. Perbedaan ini bisa terjadi karena komposisi asam lemak pada bahan minyak goreng bekas berbeda, sehingga FAME yang dihasilkan pun bisa berbeda pula.

4. KESIMPULAN

Biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak goreng bekas yang disintesis dengan proses *degumming*, esterifikasi, dan transesterifikasi menghasilkan *yield* biodiesel sebanyak 71,43% dan memiliki komposisi FAME sebanyak 99,35% berupa senyawa Metil Palmitat sebanyak 49,08% dan diikuti oleh Metil Oleat, Metil Stearat, dan Metil Miristat masing-masing sebesar 44,62%, 4,01%, dan 1,68% dengan total kandungan FAME sebanyak 99,35% yang telah memenuhi standar SNI, yaitu Sebesar 96,5%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kasublab Bahan Bakar dan Pelumas Teknik Mesin UNESA dan Kepala Laboratorium PT. Gelora Djaja yang telah menyediakan fasilitas membantu penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Charpe, T.W. and Rathod, V.K. (2011). Biodiesel Production Using Waste Frying Oil, *Waste Management*, 31, pp. 85–90.
- Darmawan. (2013). Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem. TM. Volume 02 Nomor 01, 80-87.
- Fitriani. (2016). Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Transesterifikasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. Bandarlampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Gashaw, A., Getachew, T., & Teshita, A. (2015). A Review on Biodiesel Production as Alternative Fuel. *JOURNAL OF FOREST PRODUCTS & INDUSTRIES*, 80-85.
- Jin, D., Zhou, X., Wu, P., Jiang, L., and Ge, H. (2015). Corrosion Behavior of ASTM 1045 Mild Steel in Palm Biodiesel, *Renewable Energy*, 81, pp. 457-463
- Kuncahyo, P., M. Fathallah, A. Z., & Semin. (2013). Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel Sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1*, 62-66.
- Mahmudul, H.M., Hagos, F.Y., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W., and Alenezi, R. (2017). Production, Characterization and Performance of Biodiesel as an Alternative Fuel in Diesel Engines – A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, pp. 97-509.
- Pratiwi, N., Masriani, & Prihatiningtyas, I. (2016). Perbandingan Proses Esterifikasi dan Esterifikasi-Transesterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 1-7.
- Refaat, A. A., Attia, N. K., Sibak, H. A., & Eldiwani, G. I. (2008). Production Optimization and Quality Assesment of Biodiesel from Waste Vegetable Oil. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 75-82.
- Setiawan, A., Novitrie, N. A., & Ashari, L. (2017). Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas. *Seminar MASTER 2017 PPNS*, 149-154.
- Setiawan, A., Novitrie, N. A., Nugroho, A., & Widiyastuti. (2017). Corrosion Characteristics of Carbon Steel upon Exposure to Biodiesel Synthesized from Used Frying Oil. *Reaktor Vol. 17 No. 4*, 177-184
- SNI 7182-2015 tentang Biodiesel
- Wahyuni, S., Kadarwati, S., & Latifah. (2011). Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah sebagai Sumber Eenergi Aalternatif Solar. *Jurnal Sain dan Teknologi Vol. 9 No. 1*, 51-62.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Komparasi Efektivitas Karbon Aktif Pabrik, Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Karbon Aktif Kayu Mahoni terhadap Penurunan Nilai BOD, TSS dan *Turbidity*

Febi Oktafiharto^{1*}, Adhi Setiawan², Novi Eka Mayangsari³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: febioktafiharto@gmail.com

Abstrak

Beberapa Parameter air limbah dalam sebuah industri farmasi tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, parameter tersebut adalah BOD, TSS dan *turbidity*. Salah satu cara untuk menurunkan nilai dari parameter tersebut adalah dengan menggunakan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas karbon aktif pabrik, karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif kayu mahoni dalam penurunan nilai BOD, TSS dan *turbidity* jika ditinjau dari efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* dengan variasi massa karbon aktif (200 gram dan 300 gram) dan waktu operasional karbon aktif (2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit dan 10 menit). Efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* karbon aktif tempurung kelapa dengan massa 300 gram selama 7,5 menit merupakan yang tertinggi diantara lainnya, dimana efisiensi *removal* BOD mencapai 64,6%, efisiensi *removal* TSS mencapai 77,8% dan efisiensi *removal turbidity* mencapai 78,46%.

Kata Kunci: BOD, Karbon Aktif, TSS, *Turbidity*

1. PENDAHULUAN

Sebuah industri farmasi menghasilkan air limbah yang beberapa parameter karakteristik air limbahnya tidak memenuhi baku mutu, diantaranya BOD, TSS dan *turbidity*. Nilai BOD dan TSS dari industri farmasi tersebut tidak memenuhi baku mutu Permen-LHK No. 68 Tahun 2018, sedangkan nilai *turbidity* tidak memenuhi Peraturan Pemerintah RI No.20 Tahun 1990. Salah satu cara untuk menurunkan nilai BOD, TSS dan *turbidity* dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif. Potensi bahan pembuat karbon aktif di sekitar kita seperti tempurung kelapa dan kayu mahoni belum dimanfaatkan dengan baik.

Karbon aktif merupakan karbon amorf dari pelat-pelat datar disusun oleh atom-atom C yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya yang luas permukaan berkisar antara 300 m²/g hingga 3500 m²/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal sehingga mempunyai sifat sebagai adsorben (Jamilatun & Setiawan, 2014).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ladakwala (2016) penggunaan karbon aktif pada industri gula dapat mereduksi 80% BOD. Idris, dkk. (2016) dalam penelitiannya, penggunaan karbon aktif dapat mereduksi 99,83% TSS pada industri tekstil. Kabir, dkk. (2016) menyebutkan bahwa penggunaan karbon aktif dapat mereduksi 20-30% *Turbidity* pada air permukaan. Hal tersebut membuktikan penggunaan karbon aktif cukup efektif untuk mereduksi parameter BOD, TSS dan *turbidity*.

Penelitian ini akan menganalisis dan mengidentifikasi penurunan BOD, TSS dan *turbidity* menggunakan karbon aktif pabrik, karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa dan karbon aktif yang terbuat dari kayu mahoni menggunakan aktivator CaCl₂ dengan variasi waktu operasional penggunaan karbon aktif.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini, hal yang pertama dilakukan adalah membuat karbon aktif dari tempurung kelapa dan kayu mahoni dengan mengeringkan bahan-bahan tersebut terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonasi dengan suhu 800-100⁰C selama 4 jam. Setelah dikarbonasi, bahan tersebut ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan berukuran 6 mesh. Selanjutnya dilakukan aktivasi dengan merendam bahan tersebut menggunakan CaCl₂ 0,3 M selama 24 jam.

Selanjutnya dilakukan uji spesifikasi karbon aktif dan analisis morfologi karbon aktif. Uji spesifikasi karbon aktif dilakukan untuk dapat mengetahui kadar air, kadar abu, bagian yang hilang pada 950⁰C, kadar karbon terikat dan daya serap *iodine* karbon aktif. Sedangkan analisis morfologi karbon aktif dilakukan untuk mengetahui morfologi karbon sebelum aktivasi dan setelah aktivasi. Analisis morfologi pada penelitian ini menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Setelah dilakukan uji spesifikasi karbon aktif dan analisis karbon aktif dilakukan percobaan adsorpsi air limbah menggunakan karbon aktif dengan massa 200 gram dan 300 gram yang dialiri air limbah dengan debit 7 liter/menit, selanjutnya dilakukan sampling ketika air limbah telah melewati karbon aktif setelah 2,5 menit, 5 menit, 7,5 menit dan 10 menit, air limbah sebelum melewati karbon aktif juga harus disampling agar penurunan nilai BOD, TSS dan *turbidity* dapat diketahui. Selanjutnya dilakukan analisis BOD menggunakan *BODTrak*, analisis TSS menggunakan metode gravimetri dan analisis *turbidity* menggunakan turbidimeter pada masing-masing sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

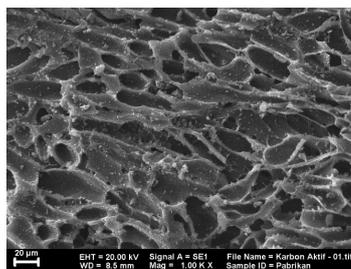
A. Hasil Uji Spesifikasi Karbon Aktif

Pengujian spesifikasi karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kadar air, kadar abu bagian yang hilang pada suhu 950⁰C, kadar karbon terikat dan daya serap karbon terhadap *iodine*. Metode dan standar yang digunakan dalam pengujian karbon aktif tercantum dalam SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif.

Tabel 6 Spesifikasi Karbon Aktif

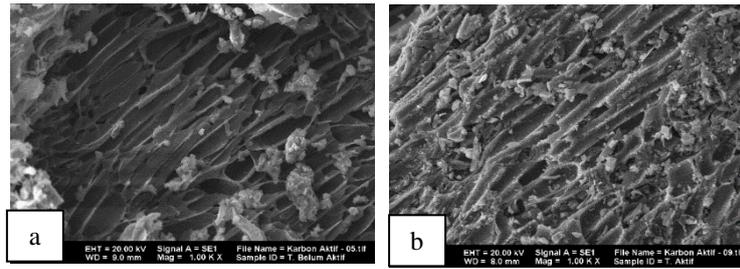
Parameter	Satuan	Pabrikasi	Tempurung Kelapa	Kayu Mahoni	Standard
Kadar air	%	13,22	2,65	29,40	Max. 4,4
Kadar abu	%	2,76	1,26	2,98	Max. 2,5
Bagian yang hilang pada suhu 950 ⁰ C	%	23,57	29,56	46,15	Max. 15
Kadar karbon terikat	%	73,6657	69,1797	50,8771	Min. 80
Daya serap terhadap <i>iodine</i>	mg/g	885,89	931,12	894,79	Min 750

B. Hasil Analisis Morfologi Karbon Aktif menggunakan SEM



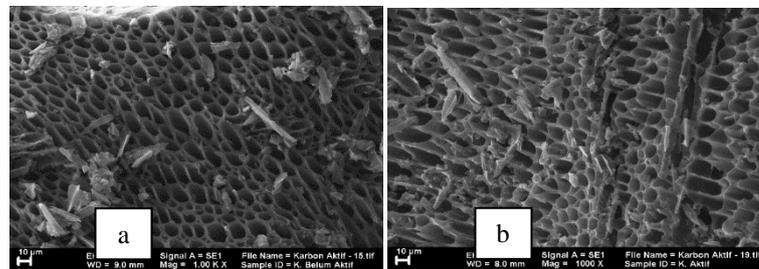
Gambar 6 Hasil uji SEM karbon aktif pabrikasi

Gambar 1 merupakan hasil uji SEM karbon aktif pabrikasi dengan perbesaran 1000 kali. Ukuran pori dari karbon aktif pabrikasi tersebut rata-rata 40 μm .



Gambar 2 Hasil uji SEM karbon aktif tempurung kelapa (a) sebelum aktivasi (b) setelah aktivasi

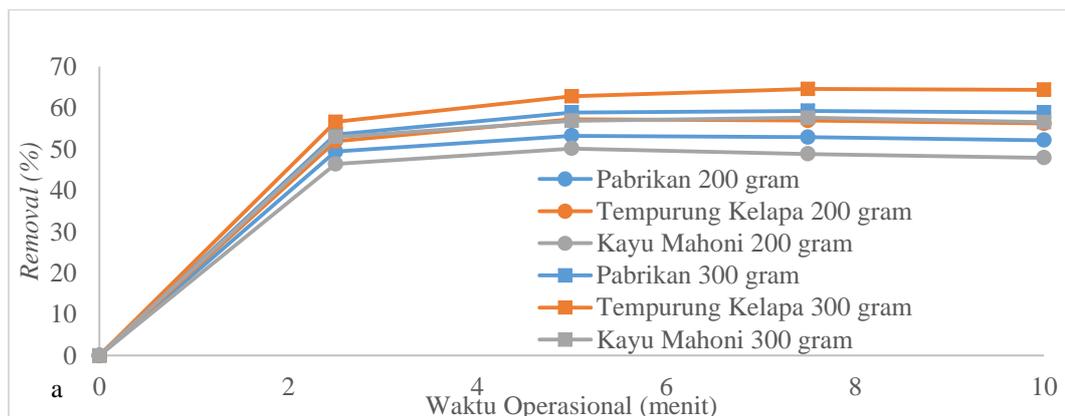
Gambar 2 menunjukkan hasil uji SEM tempurung kelapa sebelum diaktivasi (a) dan setelah diaktivasi (b). Perbesaran yang digunakan pada uji SEM tempurung kelapa sebelum dan setelah diaktivasi adalah 1000 kali. Ukuran pori dari tempurung kelapa sebelum diaktivasi rata-rata 28 μm dan setelah diaktivasi rata-rata menjadi 63 μm . Dapat dilihat bahwa pori yang ada pada tempurung kelapa sebelum diaktivasi masih terlihat rapat dan tertutup, sedangkan setelah diaktivasi pori terlihat lebih terbuka dan memiliki ukuran yang lebih besar daripada sebelum diaktivasi.

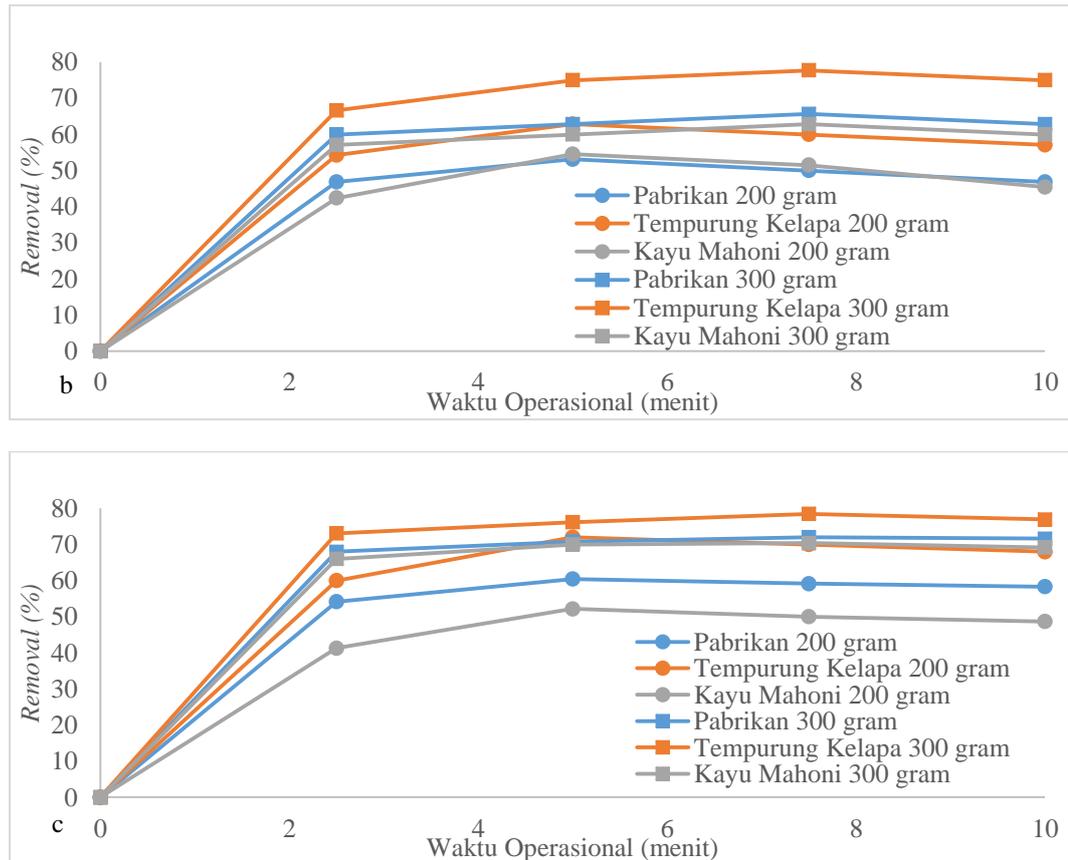


Gambar 3 Hasil uji SEM karbon aktif kayu mahoni (a) sebelum aktivasi (b) setelah aktivasi

Gambar 3 menunjukkan hasil uji SEM kayu mahoni sebelum diaktivasi (a) dan setelah diaktivasi (b). Perbesaran yang digunakan pada uji SEM kayu mahoni sebelum dan setelah diaktivasi adalah 1000 kali. Ukuran pori dari kayu mahoni sebelum diaktivasi rata-rata 17 μm dan setelah diaktivasi rata-rata menjadi 22 μm . Dapat dilihat bahwa pori yang ada pada tempurung kelapa sebelum diaktivasi masih terlihat rapat dan tertutup, sedangkan setelah diaktivasi pori terlihat lebih terbuka dan memiliki ukuran yang lebih besar daripada sebelum diaktivasi.

C. Hasil Analisis Efisiensi *removal* BOD, TSS dan *Turbidity* Menggunakan Karbon Aktif





Gambar 4 Efisiensi *removal* (a) BOD, (b) TSS, (c) *Turbidity*

Hasil analisis yang diperoleh dapat dilihat bahwa efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* karbon aktif tempurung kelapa dengan massa 300 gram selama 7,5 menit merupakan efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* tertinggi dibandingkan jenis karbon aktif lainnya. Efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* karbon aktif tempurung kelapa dengan massa 300 gram selama 7,5 menit masing-masing adalah 64,6%, 77,8% dan 78,46%. Hal tersebut disebabkan karena kadar air dan kadar abu karbon aktif tempurung kelapa lebih rendah daripada kadar air dan kadar abu karbon aktif pabrikasi dan karbon aktif kayu mahoni.

Tingginya kadar air dalam karbon aktif akan menurunkan daya serap karbon aktif baik terhadap gas maupun cairan (Pari, 1995). Tingginya kadar abu disebabkan oleh proses oksidasi. Kadar abu yang diinginkan maksimal 2,5% karena adsorpsi gas ataupun cairan dapat berlangsung dengan baik, hal ini disebabkan kandungan mineral dalam abu dapat menyebar ke dalam pori dan menutupi pori karbon aktif (Pari, 1995).

Daya serap iodine karbon aktif tempurung kelapa juga lebih tinggi dari karbon aktif lainnya, daya serap iodine biasanya dijadikan indikator utama dalam menentukan kualitas karbon aktif, karena dapat diketahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap zat warna (Rumidatul, 2006). Ukuran pori karbon aktif tempurung kelapa juga lebih besar dibandingkan dengan jenis karbon aktif lainnya, Ukuran pori karbon aktif juga mempengaruhi daya serap dari karbon aktif, semakin besar ukuran pori karbon aktif, maka semakin besar luas permukaan dari karbon aktif, sehingga daya kontak karbon aktif juga semakin besar (Yuningsih, 2016).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* yang tertinggi adalah dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa 300 gram selama 7,5 menit. Efisiensi *removal* BOD, TSS dan *turbidity* karbon aktif tempurung kelapa dengan massa 300 gram selama 7,5 menit masing-masing mencapai 64,6%, 77,8% dan 78,46%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.SC.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Bapak Denny Dermawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Bapak Adhi Setiawan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I tugas akhir penulis, Ibu Novi Eka Mayangsari, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir penulis. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada pihak Industri Farmasi yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Idris, M. R., Ahmed, M., & Rahman, M. W. (2016). *Treatment of Textile Effluent by Activated Carbon as Adsorbent*. Journal of Chemistry and Chemical Sciences, Vol. 6(3) , pp. 226-232.
- Jamilatun, S., & Setyawan, M. (2014). *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair*. Spektrum Industri, Vol. 12, No. 1 , pp. 73-83.
- Kabir, T., Hasan, M., & Das, P. (2016). *Applicability of Activated Carbon Filtration in Surface Water Treatment*. Asian Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 1 Issue 10 , pp. 1-6.
- M.M., L. (2016). *Biological Oxygen Demand (BOD) Removal of Sugar Industry Waste Water*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research 8(2) , pp. 765-772.
- Pari, G. (1995). *Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif dari Kayu dan Batubara*. Tesis Program Pasca Sarjana Magister Sains Kimia Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Domestik.
- Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- Rumidatul, A. (2006). *Efektivitas Arang Aktif sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah*. Tesis Departemen Teknologi Hasil Hutan Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., & Kurnia, A. J. (2016). *Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Terhadap Luas Permukaan dan Daya Jerap Iodin*. Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 2(1), pp. 30-34.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Menurunkan Kadar BOD, COD, dan Fosfat pada Air Limbah *Laundry*

Safira Istighfari^{1*}, Denny Dermawan², Novi Eka Mayangsari³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : safiraistighfari13@gmail.com

Abstrak

Dampak negatif yang ditimbulkan dari limbah *laundry* adalah pencemaran badan air yang disebabkan dari hasil proses pencucian baju oleh adanya kandungan nitrogen dan fosfat, sehingga menyebabkan kekeruhan dan menghalangi masuknya sinar matahari yang akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. Berdasarkan hasil pengujian air limbah *laundry* dari salah satu usaha *laundry* di daerah Keputih, Surabaya diperoleh data kandungan BOD dalam air limbah *laundry* mencapai 103,74 mg/L, COD sebesar 239,25 mg/L dan fosfat sebesar 16 mg/L. Kandungan BOD, COD, dan fosfat ini melebihi baku mutu air limbah kegiatan *laundry* berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Berdasarkan permasalahan yang ada, salah satu alternatif penyisihan BOD, COD, dan fosfat yang mudah, murah, dan efektif adalah teknik fitoremediasi menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi tumbuhan kayu apu dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan fosfat pada air limbah *laundry*. Metode yang digunakan adalah eksperimen skala laboratorium menggunakan wadah berupa ember plastik yang diisi air limbah *laundry* 100%. Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah aklimatisasi tumbuhan selama 3 hari, selanjutnya dilakukan uji fitoremediasi selama 15 hari atau sampai tumbuhan mati. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan kayu apu mampu bertahan hanya sampai hari ke- 5 dengan persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada air limbah sebesar 8,753%, 20,033%, dan 46,875%.

Kata kunci : BOD, COD, fitoremediasi, kayu apu, fosfat.

1. PENDAHULUAN

Saat ini banyak muncul usaha kecil pencucian pakaian (*laundry*), terutama di perkotaan. Pertumbuhan usaha *laundry* ini memiliki efek samping yang kurang baik, karena sebagian besar langsung membuang limbahnya ke selokan atau badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Limbah *Laundry* mengandung fosfat (PO_4) yang tinggi, fosfat berasal dari *Sodium Tripoly Phosphate* (STPP) yang merupakan salah satu bahan dalam deterjen. STPP berfungsi sebagai *builder* yang merupakan unsur penting kedua setelah surfaktan, karena kemampuannya menghilangkan mineral kesadahan dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal. Fosfat yang berlebih dalam badan air akan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi. Eutrofikasi adalah masalah lingkungan hidup yang mengakibatkan tumbuhan akan tumbuh dengan sangat cepat dibandingkan pertumbuhan yang normal, seperti alga dan Enceng gondok yang sering dijumpai pada badan air tercemar (Stefhany, 2013). Limbah cair *laundry* juga akan mempengaruhi kualitas air pada parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan derajat keasaman (pH) (Padmaningrum, 2014).

Berdasarkan hasil pengujian air limbah *laundry* dari salah satu usaha *laundry* di daerah Keputih, Surabaya diperoleh data kandungan BOD dalam air limbah *laundry* mencapai 103,74 mg/L, COD sebesar 239,25 mg/L dan fosfat sebesar 16 mg/L. Kandungan BOD, COD, dan fosfat ini melebihi baku mutu air limbah kegiatan *laundry*. Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 52 tahun 2014 menetapkan kandungan maksimal BOD, COD, dan fosfat sebesar 75 mg/L, 180 mg/L, dan 10 mg/L. Berdasarkan permasalahan yang ada, salah satu alternatif penyisihan BOD, COD, dan fosfat yang mudah, murah, dan efektif adalah teknik fitoremediasi menggunakan tumbuhan kayu apu (*Pistia stratiotes*).

Kayu apu merupakan salah satu jenis tumbuhan yang mudah berkembangbiak. Dengan mudah berkembang biak, hal ini menjadi salah satu pertimbangan penggunaan kayu apu dalam fitoremediasi (Rahadian, 2017). Dipilihnya tumbuhan kayu apu karena tumbuhan ini memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik, dengan bantuan bakteri aktif rhizosfer. Mikroorganisme rhizosfer merupakan kelompok mikroba yang hidup bersimbiosis di sekitar akar tumbuhan, baik tumbuhan pada habitat tanah atau air, yang kehadirannya secara khas tergantung pada akar

tersebut. Mikroba rhizosfer ini memiliki kemampuan untuk melakukan penguraian terhadap benda-benda organik ataupun benda anorganik yang terdapat pada limbah (Suastuti, 2015). Penelitian ini dimaksud untuk mengetahui efisiensi tumbuhan kayu apu dalam menurunkan kandungan BOD, COD, dan fosfat pada air limbah *Laundry* dengan menggunakan fitoremediasi.

2. METODOLOGI

A. Tahap Aklimatisasi

Aklimatisasi tumbuhan bertujuan agar tumbuhan kayu apu dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Tahap aklimatisasi dilakukan selama 3 (tiga) hari (Rukmi, 2013) menggunakan akuades sebelum dipindahkan ke dalam wadah untuk uji fitoremediasi. Wadah yang digunakan adalah 2 (dua) ember plastik dan masing-masing ember berisi 6 (enam) buah tumbuhan, selanjutnya, 4 (empat) buah tumbuhan yang telah diaklimatisasi dilakukan uji awal konsentrasi BOD, COD, dan fosfat yang terakumulasi pada tumbuhan menggunakan metode destruksi. Sedangkan, sisanya 8 (delapan) buah tumbuhan yang telah diaklimatisasi dipindahkan ke wadah uji fitoremediasi.

B. Uji Fitoremediasi

Pada tahap uji fitoremediasi, volume air limbah yang digunakan sebanyak 4 (empat) liter untuk masing-masing wadah. Limbah *laundry* yang digunakan 100% murni tanpa adanya pengenceran. Dalam penelitian ini digunakan metode fitoremediasi statis (air limbah yang diolah dalam keadaan diam atau tidak mengalir) (Madaniyah, 2016). Pada tahap uji fitoremediasi ini, 8 (delapan) buah tumbuhan kayu apu yang telah diaklimatisasi diletakkan pada 2 (dua) wadah berisi air limbah *laundry*, masing-masing wadah berisi 4 (empat) buah tumbuhan.

Pengujian BOD, COD, fosfat dan pH pada air limbah dilakukan pada hari ke- 0 (saat pengambilan sampel air limbah langsung dari outlet usaha *laundry*), hari ke- 5, ke- 10, dan ke- 15 dengan teknik pengambilan sampel secara *grab sampling* saat sore hari pukul 15.00, untuk mengetahui kandungan air limbah *laundry* setelah tumbuhan terpapar sinar matahari, karena pada saat intensitas cahaya sangat tinggi (di saat siang hari) reaksi fotosintesis berjalan lebih besar daripada waktu lainnya. Pengujian BOD menggunakan metode titrasi winkler (SNI 6989.72:2009), COD menggunakan refluks tertutup (SNI 6989.2:2009), dan fosfat menggunakan spektrofotometri (SNI 06-6989.1.31.2005). Pengamatan morfologi dilakukan pada hari ke- 5, ke- 10, dan ke- 15. Pada hari ke- 15 atau pada hari saat tumbuhan mati dilakukan pengujian akumulasi BOD, COD, dan fosfat pada 4 (empat) tumbuhan kayu apu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Karakteristik Air Limbah *Laundry*

Air limbah yang digunakan adalah air limbah *laundry* dari salah satu usaha *laundry* di daerah Keputih, Surabaya. Uji karakteristik air limbah *laundry* ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi BOD, COD, fosfat, dan pH air limbah *laundry* yang selanjutnya akan dibandingkan dengan baku mutu air limbah bagi usaha/kegiatan *laundry* pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014. Hasil uji karakteristik air limbah *laundry* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 5. Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Laundry*

No.	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
1.	BOD	mg/L	103,74	75
2.	COD	mg/L	239,25	180
3.	Fosfat	mg/L	16	10
4.	pH	-	5	6-9
5.	Suhu	°C	21	-

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium Terpadu Poltekkes Surabaya, 2018.

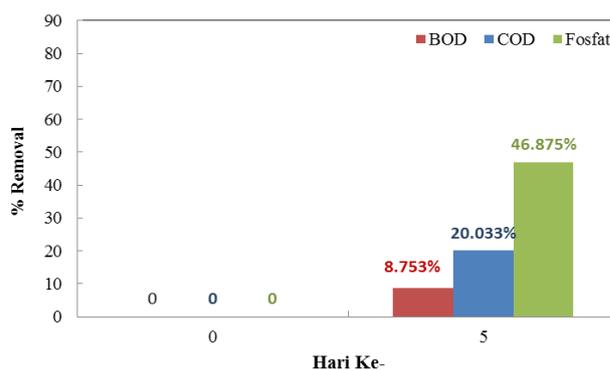
Berdasarkan hasil uji karakteristik air limbah *laundry* diperoleh data untuk parameter BOD, COD, fosfat, dan pH tidak memenuhi baku mutu air limbah *laundry*.

B. Analisa Efektifitas Tumbuhan Kayu apu pada Air Limbah *Laundry*

Pada bagian ini akan membahas tentang efektifitas tumbuhan kayu apu dari hasil penelitian utama yaitu uji fitoremediasi. Uji fitoremediasi didahului oleh tahap aklimatisasi yang bertujuan agar tumbuhan dapat beradaptasi dengan lingkungan baru dan diharapkan kondisi tumbuhan menjadi stabil. Tumbuhan dikatakan stabil apabila tumbuhan tersebut dapat tumbuh subur dan tidak mengalami kematian (Argita

dan Mangkoedihardjoe, 2016). Apabila tumbuhan dapat tumbuh dengan stabil, maka tumbuhan tersebut mampu digunakan untuk uji fitoremediasi.

Kondisi fisik akar tumbuhan kayu apu sebelum dilakukan aklimatisasi dipenuhi dengan lumpur karena kayu apu diambil dari sungai, sedangkan setelah dilakukan aklimatisasi akar tumbuhan kayu apu menjadi lebih bersih. Kondisi akuades yang digunakan untuk aklimatisasi menjadi warna hitam, karena akuades membersihkan akar tumbuhan yang kotor. Selama tahap aklimatisasi 3 (tiga) hari, tumbuhan kayu apu tetap tumbuh subur dan tidak mengalami tanda-tanda kematian seperti daun layu dan menguning serta tumbuhan berada dibawah permukaan air. Hal ini menunjukkan bahwa salah satu tujuan aklimatisasi untuk membuat tumbuhan menjadi stabil (tumbuh subur dan tidak mengalami kematian) telah tercapai. Uji fitoremediasi dilakukan setelah tahap aklimatisasi selama 15 hari menggunakan tumbuhan yang sudah di aklimatisasi sebelumnya. Hasil persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada wadah tumbuhan kayu apu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 7. Persentase Removal BOD, COD, dan Fosfat Kayu Apu

Analisa uji akumulasi BOD, COD, dan fosfat pada kayu apu serta berat basah dilakukan pada jumlah total tumbuhan dalam 1 wadah, yaitu 4 tumbuhan untuk mengetahui konsentrasi awal BOD, COD, dan fosfat yang terakumulasi pada tumbuhan. Hasil Analisa uji akumulasi BOD, COD, dan fosfat pada kayu apu serta berat basahnya dapat dilihat pada Tabel 2.

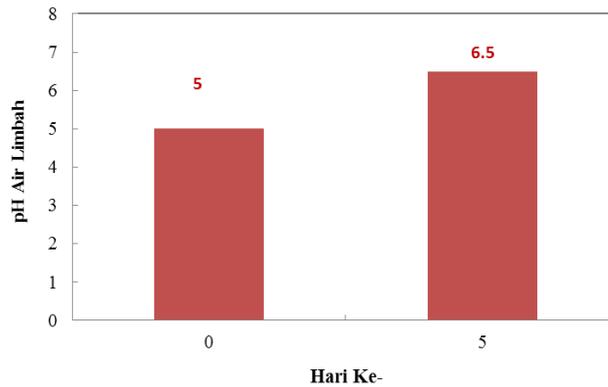
Tabel 6. Akumulasi BOD, COD, dan Fosfat pada Kayu apu serta Berat Basah

Parameter	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		Fosfat (mg/L)		Berat Basah (gr)	
	0	15	0	15	0	15	0	15
KA 1	26,39	0	54,47	0	2,25	0	285,9	0
KA 2	26,39	0	54,47	0	2,25	0	285,9	0
Rata-rata	26,39	0	54,47	0	2,25	0	285,9	0
% penyerapan	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 1 menunjukkan besarnya persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada wadah tumbuhan kayu apu mengalami kenaikan pada pengamatan awal yaitu hari ke- 5 masing-masing sebesar 8,753%, 20,033%, dan 46,875%. Persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada wadah kayu apu hari ke-10 hingga hari akhir pengamatan tidak dapat dilakukan analisa karena tumbuhan telah mengalami kematian total. Hal ini disebabkan karena tumbuhan kayu apu tidak dapat beradaptasi dengan baik pada konsentrasi BOD, COD, dan fosfat air limbah laundry dalam penelitian ini. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Fachrurazi (2010) yang menyebutkan bahwa daya tahan tumbuhan kayu apu terhadap limbah kurang baik yang dibuktikan dalam penelitian pada air limbah tahu tanaman kayu apu setelah dipergunakan sebagai sarana pengolahan limbah selama 1 (satu) minggu sebagian tumbuhan rusak dan membusuk, hal ini dikarenakan proses adaptasi kayu apu dengan lingkungan tumbuh yang baru dengan kandungan hara dan zat kimia yang berbeda dengan lingkungan asalnya (Hariyanti, 2016). Menurut Wandana dan Laksmono (2013), tumbuhan kayu apu yang dapat menyerap zat organik dalam pertumbuhannya ditandai dengan tumbuhnya tunas baru. Berdasarkan penelitian ini, kondisi morfologi tumbuhan kayu apu tidak mengalami penambahan tunas baru, sehingga dapat dikatakan bahwa tumbuhan kayu apu tidak dapat menyerap zat organik dengan baik pada konsentrasi BOD air limbah laundry dalam penelitian ini. Tabel 2 menunjukkan hasil analisa akumulasi BOD, COD, dan fosfat pada tumbuhan kayu apu serta berat basahnya yang hanya didapatkan data hari ke- 0 saja karena tumbuhan sudah mengalami kematian total setelah hari- 5. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada hari ke- 0 sebelum tumbuhan dikontakkan

dengan air limbah *laundry* sudah memiliki kandungan BOD, COD, dan fosfat dari perairan tempat tumbuhan hidup dengan nilai rata-rata 26,39 mg/L, 54,47 mg/L, dan 2,25 mg/L.

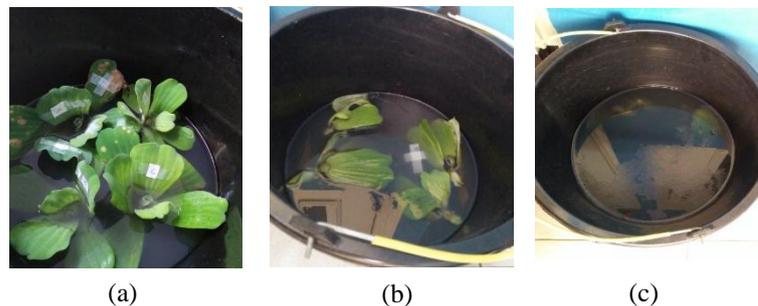
Hasil analisa pH berdasarkan Gambar 2 menunjukkan pada pengamatan awal yaitu terjadi pada hari ke- 0, pH air limbah *laundry* memiliki nilai 5 (lima) yang merupakan pH asam. Nilai pH pada wadah kayu apu mengalami kenaikan pada hari ke- 5 yaitu 6,5, sedangkan pada pada hari ke- 10 dan hari ke- 15 tidak dapat dilakukan pengukuran pH karena tumbuhan telah mati total. Pada umumnya unsur hara akan mudah diserap tumbuhan pada pH 6-7, karena pada pH tersebut sebagian besar unsur hara akan mudah larut dalam air (Argita dan Mangkoedihardjoe, 2016). pH yang tidak normal akan mengganggu metabolisme tumbuhan yang berakibat tumbuhan air tersebut mati. pH air limbah sebelum pengolahan bersifat asam hal ini berpengaruh terhadap tumbuhan air yang akan menghambat dalam proses penguraian bahan organik (Sriyana, 2006 dalam Hariyanti, 2016). Tumbuhan kayu apu relatif tidak tahan terhadap pH rendah, hal ini terbukti pada daun tumbuhan kayu apu menguning dan membusuk sehingga proses pengolahan bahan organiknya tidak optimal (Hariyanti, 2016).



Gambar 8. pH Air Limbah *Laundry* pada Wadah Kayu Apu

C. Analisa Karakteristik Tumbuhan Kayu Apu

Hasil penelitian Raissa (2017) menyebutkan bahwa dari hasil pengamatan selama 7 (tujuh) hari, terlihat bahwa tumbuhan kayu apu mampu hidup dengan baik pada konsentrasi limbah *laundry* sebesar 20% yang setara dengan 79,4 mg/L BOD, 92,8 mg/L COD, dan 2,06 mg/L fosfat, sedangkan pada konsentrasi 25% sampai 40% kayu apu tidak dapat hidup dengan baik ditandai dengan daun yang menguning dan tumbuhan tenggelam ke dasar. Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini, dengan konsentrasi air limbah *laundry* sebesar 103,74 mg/L BOD, 239,25 mg/L COD, dan 16 mg/L fosfat tumbuhan kayu apu tidak mampu hidup lebih dari 5 (lima) hari. Pada hari ke-2 tumbuhan mulai layu dan hari ke- 5 telah menunjukkan tanda-tanda kematian yaitu tumbuhan berada dibawah permukaan air dan mulai membusuk, sehingga tidak dapat dilakukan pengamatan fisik tumbuhan kayu apu pada hari ke- 5 hingga akhir pengamatan. Gambar 3 dibawah ini menunjukkan perubahan fisik tumbuhan kayu apu.



Gambar 9. Pengamatan Perubahan Fisik Kayu Apu
(a) Hari ke- 0 tumbuhan segar (b) Hari ke- 2 tumbuhan mulai layu (c) Hari ke- 5 tumbuhan berada dibawah permukaan air

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tumbuhan kayu apu mampu bertahan hanya sampai hari ke- 5 dengan persentase removal BOD, COD, dan fosfat pada air limbah sebesar 8,753%, 20,033%, dan 46,875%. Nilai pH air limbah mengalami kenaikan dari 5 menjadi 6,5.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya penyusunan jurnal ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan pemilik usaha *Laundry* di Keputih, Surabaya yang telah membantu dalam proses perolehan data penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Argita, D., Mangkoedihardjoe, S. (2016). Fitoremediasi Tanah Inceptisols Tercemar Limbah Laundry Dengan Tanaman Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.). Jurnal Purifikasi, Vol. 16, No. 1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B., Suryani, D. (2010). Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes* L. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. Jurnal KES MAS UAD, Vol. 4 No. 1, ISSN : 1978-0575, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Hariyanti, F. (2016). Efektifitas *Subsurface Flow-Wetlands* dengan Tanaman Enceng Gondok dan Kayu Apu Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus. **Skripsi**, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang.
- Madaniyah (2016). Efektivitas Tanaman Air dalam Pembersihan Logam Berat pada Air Asam Tambang. **Tesis**, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Padmaningrum, T. R., Aminatun, T., Yuliati. (2014). Pengaruh Biomassa Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Teratai (*Nyphaea firecrest*) terhadap Kadar Fosfat, BOD, COD, TSS, dan Derajat Keasaman Limbah Cair *Laundry*. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 19, Nomor 2, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Rahadian, R., Sutrisno, E., Sumiyati, S. (2017). Efisiensi Penurunan COD dan TSS dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.) Studi Kasus: Limbah Laundry. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 6, No. 3, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Raissa, G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah *Laundry* dengan Menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*). Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Rukmi, D. P., Ellyke, Pujiati, R. S. (2013). Efektivitas Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa, Universitas Jember, Jember.
- Suastuti, D. A., Suarsa, I. W., Putra, D. K. (2015). Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea Crassicaulis*) dalam Sistem *Batch* (Curah) Teraerasi. Jurnal Kimia 9 (1) : 98-104 ISSN 1907-9850, Universitas Udayana, Bali.
- Wandana, R., Laksmono, R. (2013). Penggunaan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) untuk Pengolahan Air Limbah *Laundry* secara Fitoremediasi. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 5 No. 2, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jatim, Surabaya.
- Yoga, S. A. R. (2016). Studi Pemanfaatan Enceng Gondok dan *Duckweed* untuk Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Olahan IPAL PT. XYZ. Tugas Akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pemanfaatan Waste Sludge Treatment untuk Menurunkan Total Suspended Solid

Qurrotul Aini^{1*}, Adhi Setiawan², Ahmad Erlan Afiuddin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

*E-mail : qurrotulaini045@gmail.com

Abstrak

Proses koagulasi-flokulasi di perusahaan pembangkit listrik menghasilkan limbah lumpur. Selama ini limbah lumpur belum dilakukan pemanfaatan secara optimal dan setiap 2 dua tahun diserahkan ke pihak ketiga untuk dilakukan pengolahan, oleh karena itu perlu diadakan riset tentang pengolahan dan pemanfaatan limbah lumpur *outlet* dari proses *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Limbah lumpur digunakan sebagai bahan koagulan dikenal sebagai *Sludge Reagent Product* (SRP) dengan melakukan metode pengasaman yaitu menambahkan variasi konsentrasi HCl sebesar 1 N, 2 N dan 3 N dalam konsentrasi lumpur sebesar 1%. Metode *jart test* telah dilakukan dengan Penambahan variasi dosis SRP sebesar 4 ml/L, 6 ml/L, 8 ml/L, 10 ml/L. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah *Total suspended solid* (TSS), yang mana dengan penambahan dosis SRP 10 ml/L untuk masing- masing konsentrasi SRP 1 N, 2 N, 3 N mampu meningkatkan efisiensi removal sebesar 53,94%, 69,69%, 79,39%. Penurunan TSS terbesar pada dosis SRP 3 N sebesar 10 ml/L. Semakin tinggi konsentrasi HCl dan dosis koagulan SRP semakin tinggi pula tingkat efisiensi removal TSS, dengan demikian SRP berpotensi menjadi bahan alternatif pengganti koagulan yang sebelumnya dipakai.

Kata Kunci: Koagulan, Limbah Lumpur, *Jart Test*.

1. PENDAHULUAN

Pengolahan air limbah di *Waste Water Treatment Plant* pada perusahaan pembangkit listrik dilakukan pengolahan secara kimia yaitu dengan pengolahan air limbah dengan proses koagulasi. Proses koagulasi dapat meremoval zat pencemar dalam air limbah. Dalam proses koagulasi menghasilkan produk samping berupa limbah lumpur. Selama ini limbah lumpur belum dilakukan pemanfaatan secara optimal. Limbah lumpur yang dihasilkan ditampung dalam *sludge storage pond* dan dilakukan pengolahan ke pihak ketiga.

Hasil penelitian Ahmad dkk (2016) menunjukkan bahwa limbah lumpur dari proses koagulasi PDAM dapat dijadikan bahan koagulan. Dimana limbah lumpur PDAM masih mengandung unsur Aldan Fe. Penelitian dilakukan dengan metode pengasaman yaitu dengan variasi penambahan H₂SO₄ dalam limbah lumpur.

Hasil penelitian Sunardi dkk (2015) menunjukkan bahwa limbah besi bengkel bubuk dimanfaatkan sebagai koagulan dengan mensintesis ferri klorida. Ferri klorida didapatkan dengan mereaksikan limbah besi dengan asam klorida konsentrasi 28%, 30% dan 32% dengan waktu reaksi yang digunakan adalah 1, 2 dan 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan limbah besi dapat disintesis menjadi ferri klorida. Konsentrasi asam klorida optimal adalah 32% menghasilkan kristal ferri klorida 28,20%. Waktu reaksi yang optimal adalah 2 jam menghasilkan ferri klorida sebesar 28,60%.

Berdasarkan penelitian penelitian sebelumnya (Ahmad dkk, 2016; Sunardi dkk, 2015) bahwa limbah lumpur hasil proses koagulasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan koagulan untuk proses koagulasi dengan metode pengasaman. King dkk (1975) menyatakan bahwa dengan pH rendah berkisar 1 dan 3 dapat mengambil kembali aluminium dari lumpur tawas, kondisi pH optimum yaitu pada pH 2,5. Kandungan dalam limbah lumpur yang dapat digunakan adalah garam aluminium (Al) sebagai bahan koagulan. Garam aluminium didapatkan dari proses koagulasi yang menggunakan koagulan AlSO₄. Zat koagulan yang paling umum digunakan dalam proses pengolahan air adalah garam besi (Fe) atau aluminium (Al). Pemanfaatan lumpur ini juga dilakukan untuk mengurangi pembungan lumpur endapan ke lingkungan.

Pada penelitian ini limbah lumpur *outlet* dari proses *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) perusahaan pembangkit listrik akan dimanfaatkan sebagai bahan koagulan pada proses koagulasi. Proses koagulasi pada WWTP menggunakan koagulan berupa FeCl₃, yang diharapkan masih mengandung garam

besi (Fe) yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai koagulan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi konsentrasi SRP HCl yang digunakan untuk menentukan efisiensi removal TSS terbesar.

2. METODOLOGI

a. Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Magnetic Stirrer*.
2. Hot plate.
3. Kertas saring 5 *micrometer*.
4. *Stopwatch*.
5. Ayakan 250 mesh.
6. Peralatan *Jart test*.
7. Kertas saring 0,45 *micrometer*.

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Limbah lumpur WWTP PLTGU.
2. Air limbah inlet WWTP.
3. HCl.
4. *Aquadest*.

c. Pembuatan Koagulan

Cara membuatnya pertama, lumpur yang diambil dari *waste sludge storage pond* menggunakan metode *composit place* (U.S EPA 1989) dibersihkan dan dikeringkan, lumpur yang telah kering dilakukan penggerusan dan pengayakan hingga didapatkan lumpur berukuran 250 mesh, setelah itu 1 gram lumpur bubuk ditambahkan *aquadest* 100 mL, yang mana larutan ini dinamakan larutan sludge dengan konsentrasi 1%. Kemudian larutan sludge ditambahkan dengan HCl dengan variasi konsentrasi 1 N, 2 N, 3 N dengan volume penambahan 36 mL untuk masing-masing variasi konsentrasi HCl. Setelah proses penambahan variasi konsentrasi HCl ke dalam larutan sludge 1%, Selanjutnya dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer*, dipanaskan di hot plate dan dilakukan penyaringan sehingga didapatkan SRP yang mana produk ini akan digunakan sebagai alternatif koagulan dengan variasi dosis 4 ml/L, 6 ml/L, 8 ml/L, 10 ml/L. Pembuatan koagulan ini mengacu pada Ahmad dkk, 2016.

d. Jart Test

Metode *jart test* dilakukan untuk menentukan dosis koagulan yang mampu meremoval parameter pencemar paling banyak, namun pada penelitian ini jenis koagulan yang digunakan adalah limbah lumpur hasil dari proses koagulasi yang telah dilakukan perlakuan yaitu penambahan HCl untuk didapatkan produk yang dinamakan *Sludge Reagen Product* (SRP). SRP digunakan sebagai alternatif koagulan dengan variasi dosis 4 ml/L, 6 ml/L, 8 ml/L, 10 ml/L dengan konsentrasi lumpur 1%.

Sebelum dilakukan penambahan dosis SRP empat bak berisi 1000 mL air limbah dari *Waste Water Storage Pond*. Setelah itu, dilakukan penambahan dosis SRP, pengadukan cepat selama 2 menit dengan kecepatan 100 rpm dan pengadukan lambat selama 30 menit dengan kecepatan 40 rpm. Setelah itu, didiamkan 20 menit agar flok dapat mengendap dan dilakukan pengambilan supernatan dari permukaan air untuk dilakukan analisis TSS.

e. Analisis TSS

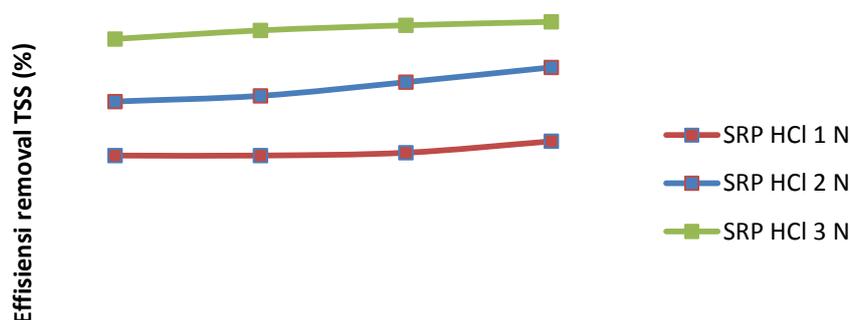
TSS didapatkan dari selisih berat kertas saring yang mengandung residu air limbah dengan kertas saring kosong, cara mendapatkannya pertama dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling, aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen. Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik 2 dari 6, Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan *Gooch* pindahkan cawan dari rangkaian alatnya. Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai

diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg. Analisis TSS ini mengacu pada SNI 06-6989.3-2004.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi removal parameter *Total Suspended Solid* yang terlarut

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, kadar TSS sebelum diberi perlakuan sebesar 165 mg/l. Konsentrasi TSS air limbah tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan. Konsentrasi TSS yang tinggi tersebut dapat diolah menggunakan penambahan koagulan yang tepat. Pada penelitian ini, koagulan yang digunakan berupa *Sludge Reagent Product* (SRP) yang dihasilkan dari beberapa variasi penambahan konsentrasi HCl. Hasil Penelitian TSS setelah di jartest dengan penambahan koagulan SRP dengan konsentrasi berbeda - beda dapat dilihat pada Gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Analisis TSS

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa dengan penambahan koagulan berupa SRP ke dalam air limbah dapat meningkatkan efisiensi removal *Total Suspended Solid* dalam air limbah. Efisiensi removal *Total Suspended Solid* terjadi pada semua dosis dan semua variasi penambahan konsentrasi HCl. Didapatkan efisiensi removal TSS tertinggi pada dosis SRP 10 ml/L dengan konsentrasi SRP HCl 3 N yaitu dengan efisiensi removal sebesar 79,79%. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi SRP HCl dan dosis koagulan SRP semakin tinggi pula efisiensi removal parameter TSS. Penurunan konsentrasi TSS tersebut terjadi karena proses destabilisasi koloid yang kemudian membentuk flok-flok yang mudah mengendap selama pengadukan cepat dan lambat, setelah flok-flok terbentuk dilakukan proses pengendapan. Pada ke 3 konsentrasi penambahan HCl yaitu 1 N, 2 N dan 3 N terjadi pembentukan flok terbesar pada konsentrasi 3 N, Pada konsentrasi ini flok yang terbentuk terlihat lebih besar dan dengan cepat mengendap (Irfan dkk, 2017)

Seiring dengan bertambahnya SRP akan terbentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ semakin tinggi, dimana senyawa ini merupakan inti flok yang memiliki luas permukaan yang tinggi. Inti flok yang terbentuk akan mengadsorpsi senyawa organik dan menangkap partikel koloid membentuk flok berukuran besar yang dengan mudah diendapkan. Berkurangnya kandungan senyawa organik dan partikel koloid menyebabkan kandungan TSS menurun (Bratby, 2006, Wulan dkk, 2010)

Penambahan koagulan berupa SRP (*Sludge Reagent Product*) ke dalam air limbah dapat menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solid* dalam air limbah, Seperti halnya dengan hasil penelitian (Ahmad dkk, 2016, Nair dan Ahammed 2014) yang menyatakan hal yang sama bahwa SRP dapat menurunkan *Total Suspended Solid* dalam air limbah.

4. KESIMPULAN

Semakin tinggi konsentrasi SRP HCl dan dosis koagulan SRP yang ditambahkan semakin tinggi efisiensi removal TSS, yaitu dengan konsentrasi SRP HCl 3 N dan dosis 10 ml/L didapatkan efisiensi removal sebesar 79,79%, dengan demikian SRP berpotensi menjadi bahan alternatif pengganti koagulan yang sebelumnya dipakai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., Ahmad, K., Ahad, A., dan Alam, M.(2016). *Characterization of Water Treatment Sludge and its Reuse as Coagulant*. Journal of Environmental Management. 182 .pp. 606-611.
- Bratby, J. (2006). *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*.
- Fridawati, M. (2008). *Analisa Struktur Kristal Dari Lapisan Tipis Aluminium (Al) Dengan Metode Difraksi Sinar X*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Hadi, dkk. (2012). *Studi Recovery Alumina Dari Tanah Lempung Gambut Kawasan*.Vol 1. No 1. pp 13-18.
- Irfan, M., Butt, T., Imtiaz, N., Abbas, N, Khan, R, A., Shafique, A (2017). *The removal of COD, TSS and colour of black liquor by coagulation–flocculation process at optimized pH, settling and dosing rate*. Arabian Journal of Chemistry (2017) 10, S2307-S2318.
- King, P.H., Chen, B.H.H., Weeks, R.K., 1975. *Recovery and Re-use of Coagulants from Treatment of Water and Wastewater*. VA Water Resource Research Center Bulletin 77
- Mirwan, A, Sari, R. F Dan Prasetyo, W. A. (2017). *Alumina Recovery From Solid Waste Sludge (SWS) PDAM Intan Banjar*. Volume 6 No. 2 Pp. 13-19. Banjarbaru KalimantanSelatan.
- Nair, A. T dan Ahammed, M. M. (2014). *Coagulant Recovery from Water Treatment Plant Sludge and Reuse in Post Treatment of UASB Reactor Effluent Treating Municipal Waste Water*. Environ Sci Pollut Res. Doi 10.1007/s11356-104-2900-1. Research Article. India.
- Norjannah, S. (2015). *Keefektifan Dosis Koagulan Ferri Klorida (FeCl₃) Dalam Menurunkan Kadar Total Solids (TSS) Pada Air Limbah Batik Brotoseno Masaran Sragen*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Pambudi, D. S. (2013). *Pemanfaatan Pasir Laut Teraktivasi H₂SO₄ Dan Tersalut Fe₂O₃ Sebagai Adsorben Ion Logam Cu (II) Dalam Larutan*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.Semarang.
- Standar Nasional Indonesia 06-6989.3-2004.*Air dan air limbah.Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid,TSS) secara gravimetri*.
- Sunardi, Prsadja, M.E., dan Sembiring, F.(2015).*Sintesis Ferri Klorida Dari Scrap Besi Bengkel Bubut*. Jurnal EKOSAINS.Vol. VII. No. 2.pp.117-120.
- U.S EPA. 1989. *POTW Sludge Sampling and Analisis Guidance Document*.
- Wulan, P. PDK, Dianursanti, Gozan, M. Nugroho, W. A. (2010). *Optimasi Penggunaan Koagulan pada Pengolahan Air Limbah Batu Bara. Prosiding Seminar Nasional*. ISSNI 1693-4393. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.

Pemanfaatan Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Jumlah Bakteri pada Filter Pengolah Air Payau

Laily Noer Hamidah^{1*}, Ardhana Rahmayanti²

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas NU
Sidoarjo, Jl. Mongisidi Dalam Kav.DPR Sidoarjo

*E-mail: enha.laily@gmail.com

Abstrak

Air tanah di wilayah pesisir, umumnya tidak bisa langsung dimanfaatkan. Hal ini disebabkan adanya intrusi air laut sehingga air menjadi payau atau terasa asin. Pengolahan air payau yang disebut sebagai desalinasi dapat dilakukan dengan pertukaran ion menggunakan filter karbon aktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari kinerja filter pengolah air payau dalam menyisihkan parameter kualitas air berupa: *Total Dissolved Solid* (TDS), Salinitas, pH, dan jumlah bakteri/*Total Plate Count* (CFU/mL). Reaktor filtrasi dibuat 2 variasi yaitu: variasi 1 dengan susunan media arang aktif (20cm), zeolit (15cm), pasir silika (15cm), kerikil (10cm), dan variasi 2 dengan susunan media arang aktif (20cm), pasir silika (15cm), zeolit (15cm), kerikil (10cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter reaktor efektif dalam menurunkan pH dan jumlah bakteri pada air baku hingga 97%, namun kurang efektif dalam menurunkan salinitas dan TDS. Kedua variasi reaktor memiliki efektifitas kinerja yang tidak berbeda nyata dalam mengolah air baku, namun secara keseluruhan reaktor dengan variasi 2 (arang aktif-pasir silika-zeolit-kerikil) memiliki kinerja yang lebih baik.

Kata Kunci: filtrasi air payau, jumlah bakteri, karbon aktif, total plate count.

1. PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan daerah yang sering kekurangan akan air bersih. Hal ini dikarenakan adanya intrusi air laut kedalam tanah yang menyebabkan air menjadi asin atau payau. Menurut Endarko, *et al.* (2013), sumber air dapat diperoleh dari mata air, air sungai dan air laut, namun yang dapat dikonsumsi oleh manusia adalah hanya berkisar 3% saja. Sehingga dengan terbatasnya ketersediaan air bersih dan sehat bagi manusia, maka diperlukan suatu teknologi pengolahan yang tepat dan sesuai dengan kondisi wilayah agar pemenuhannya dapat optimal. Kondisi air tawar yang berasal dari sumur gali sebagian besar saat ini tidak layak konsumsi. Beberapa parameter fisik dan kimia seperti bau dan rasa, kekeruhan, warna, BOD, COD, kesadahan, pH, dan kandungan Fe (besi) melebihi ambang batas (Prihartini, 2015).

Permasalahan tentang air merupakan masalah yang mendesak untuk ditangani, karena air merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan. Akan tetapi tidak semua tidak setiap daerah memiliki sumber air yang baik terutama daerah pesisir. Pemenuhan kebutuhan air bersih terutama air minum di daerah pesisir sebagian diperoleh dari Perusahaan Daerah air Minum (PDAM), sebagian dengan memanfaatkan sumur air tanah dangkal yang memiliki kualitas dibawah standar baku mutu air bersih.

Air payau atau *brackish water* merupakan air yang mempunyai salinitas (kandungan garam) 0,5 – 17 ppt (Astuti, *et al.*, 2007), pada musim kemarau panjang kualitas air tanah dangkal akan lebih menurun sebagai akibat intrusi air laut, sehingga air payau akan terasa lebih asin karena meningkatnya kadar garam (Widayat, 2005). Kondisi yang seperti ini sangat diperlukan adanya pengolahan air lebih lanjut agar air payau ini layak untuk digunakan. Pengolahan tersebut diharapkan dapat menurunkan kandungan garam dalam air dan parameter kualitas air yang lain. Pengolahan air payau dapat dilakukan dengan berbagai metode, diantaranya Widayat pada tahun 2005 menggunakan teknologi membran osmosa balik untuk mengolah air payau di daerah pulau seribu, hasil menunjukkan teknologi tersebut menghasilkan air olahan yang sesuai dengan standar air bersih. Proses pengolahan air laut maupun air payau menjadi air tawar dikenal dengan istilah desalinasi (Astuti, 2007; Said, 2008; Daer, *et al.*, 2015). Desalinasi air payau juga dapat dilakukan dengan menggunakan zeolit (SMZ), hasil menunjukkan penurunan kadar garam mencapai 52% (Astuti, dkk, 2007). Kombinasi membran osmosa balik dengan NaY zeolit mampu menurunkan kadar garam hingga 98,8% (Dong *et al.*, 2015). Ionisasi elektroda juga dapat digunakan untuk mengurangi kadar garam dalam air. Penelitian Zheng *et al.* pada tahun 2016 menerapkan teknologi hemat energi untuk desalinasi air payau dengan resin ionisasi elektroda dan berhasil mengurangi kadar garam sampai 94%. Akan tetapi teknologi

tersebut masih membutuhkan biaya yang tinggi. Pengolahan air payau juga dapat dilakukan dengan metode filtrasi. Sukoco dkk pada tahun 2016 melakukan filtrasi air asin dengan menggunakan karbon aktif arang bambu. Air payau ini terasa asin sehingga tidak bisa dikonsumsi, selain itu juga memiliki kesadahan yang tinggi dimana apabila digunakan sabun tidak akan berbuih (Dahlan, 2013). Hasil penelitian menunjukkan karbon aktif arang bambu dapat menurunkan kadar garam hingga 81,55%. Metode filtrasi ini merupakan metode yang efisien dari segi ekonomi.

Desa Sidoklumpuk Kabupaten Sidoarjo – Jawa Timur merupakan daerah yang cukup dekat dengan laut dengan jarak arak ± 20 km dari laut, sehingga air tanah yang berada di Desa Sidoklumpuk sebagian bersifat payau. Pemenuhan kebutuhan air bersih di Desa Sidoklumpuk sebagian telah didapatkan dari Perusahaan Daerah Air Minum, dan sebagian lagi masih memanfaatkan sumber air sumur dangkal. Selain terasa asin, air di Desa Sidoklumpuk juga berwarna kekuningan, keruh, berbau, dan berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan pH basa serta kandungan bakteri cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pengolahan (*treatment*) dalam mengatasi permasalahan tersebut. Pengolahan dilakukan dengan pembuatan filter penjernih air payau yang nantinya diharapkan dapat membantu masyarakat dalam memperoleh kualitas air yang memenuhi standar parameter kualitas air dari segi fisika, kimia dan biologi sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum (Ermawan dkk., 2017). Pengolahan air dengan sistem filtrasi dirancang sesuai dengan tingkat sosial ekonomi dan kebutuhan air bersih masyarakat sekitar, sehingga masyarakat mampu pengoperasian sistem pengolahan air tersebut secara mandiri dan dapat mengembangkannya di lokasi-lokasi lain yang memiliki kualitas air baku yang sama.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari kinerja filter pengolah air payau dalam menyisihkan parameter kualitas air berupa: *Total Dissolved Solid* (TDS), Salinitas, pH, dan jumlah bakteri/*Total Plate Count* (CFU/mL).

2. METODOLOGI

2.1. Preparasi reactor

Reaktor filter menggunakan pipa PVC diameter 6 inchi dan panjang 80 cm, dengan bagian bawah dipasang *valve* (kran) untuk keluarnya effluen. Media filter yang digunakan adalah berupa arang aktif dengan ketebalan 20 cm, zeolit dan pasir silika masing-masing dengan ketebalan 15 cm, dan kerikil dengan ketebalan 10 cm. Jenis media filter yang digunakan dan ketebalannya merupakan hasil modifikasi yang mengacu pada penelitian Ermawan dkk. (2017). Media filter dibungkus dengan paranet untuk menghindari tercampurnya media filter. variasi susunan media dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Variasi Reaktor Filtrasi (a) R1 (karbon aktif-zeolit-pasir silika-kerikil), (b) R2 (karbon aktif-pasir silika-zeolit-kerikil)

2.2. Running reactor

Air baku yang diolah merupakan air tanah yang bersifat payau yang terletak di Desa Sidoklumpuk. Air baku ditampung dalam sebuah bak penampung selanjutnya dialirkan melalui pipa filtrasi dengan debit 5ml/det. Bak penampung diletakkan pada ketinggian tertentu agar air dapat mengalir secara gravitasi kedalam reaktor filtrasi. Running reaktor dilakukan selama ± 3 jam, dimana sampel diambil setiap 30 menit, yaitu dimulai pada menit ke 60, 90, 120, 150, dan 180. Pengambilan sampel dilakukan di dua tempat yaitu pada *inlet* dan *outlet* untuk selanjutnya dilakukan uji kualitas air.

2.3. Analisis parameter kualitas air

Sampel yang telah diambil pada inlet dan outlet dilakukan analisa kualitas air berupa: *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, salinitas, dan jumlah bakteri. Jumlah bakteri dinyatakan dalam *Total Plate Count* (TPC). Analisa kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas NU Sidoarjo.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis *Total Dissolved Solid* (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan benda padat terlarut yaitu semua mineral, logam, garam, serta anion-kation yang terlarut dalam air. Kandungan TDS yang tinggi dalam air, sangat tidak baik bagi kesehatan manusia. Mineral dalam air tidak hilang dengan cara direbus. Apabila terlalu banyak mineral anorganik dalam tubuh dan tidak dikeluarkan, maka seiring berjalannya waktu dapat mengendap dan berakibat tersumbatnya bagian tubuh (Aliaman, 2017).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil TDS seperti yang tercantum dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil pengukuran TDS air baku serta air hasil pengolahan/filtrasi

NO	Waktu sampling	INLET (ppm)	R1 (ppm)	R2 (ppm)
1	60"	451	419	429
2	90"	451	443	439
3	120"	451	455	454
4	150"	451	470	463
5	180"	451	470	468

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat adanya penurunan TDS pada kedua jenis reaktor pada menit ke 60 dan 90, dan pada menit berikutnya tidak ada penurunan namun justru terjadi peningkatan TDS. Hal ini dimungkinkan karena kondisi karbon aktif yang telah jenuh sehingga tidak mampu menyerap/menyaring. Salah satu faktor yang sangat penting dan menentukan bahwa air tersebut layak konsumsi adalah kandungan TDS (*Total Dissolved Solid*). Menurut PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kandungan TDS dalam air yang diperbolehkan adalah 500 mg/L. keberadaan karbon aktif dan zeolit mampu menyerap TDS dalam air, sehingga dalam penelitian ini air hasil olahan masih memenuhi baku mutu air minum dari segi parameter TDS.

3.2. Hasil Analisis pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk mengukur tingkat asam-basa suatu larutan, dalam penelitian ini adalah air baku dan hasil filtrasi. pH air netral yaitu pada pH 7. Hasil pengukuran nilai pH pada air baku dan air hasil filtrasi adalah pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil pengukuran pH air baku serta air hasil pengolahan/filtrasi.

NO	Waktu sampling	INLET	Reaktor Tegak (T)	
			R1	R2
1	60"	9	7	7
2	90"	9	7	7
3	120"	9	7	7
4	150"	9	7	7
5	180"	9	7	7

Berdasarkan tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa nilai pH air hasil filtrasi dari kedua variasi reaktor memberikan kinerja yang sama, dimana pH air hasil filtrasi turun menjadi 7 (pH normal). Menurut PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum mensyaratkan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk pH yaitu sebesar 6,5-8,5.

3.3. Hasil Analisis Salinitas

Salinitas merupakan tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air yang disebut sebagai kadar ion clorida (Cl). Salinitas diukur menggunakan refraktometer dan memiliki satuan (ppm). Hasil pengukuran salinitas pada air baku dan air hasil filtrasi adalah pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran salinitas air baku serta air hasil pengolahan/filtrasi.

NO	Waktu sampling	INLET	Reaktor Tegak (ppm)	
			R1	R2
1	60"	9	8	9
2	90"	9	8	7
3	120"	9	6	6
4	150"	9	7	8
5	180"	9	8	7

Berdasarkan tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa penurunan salinitas terbesar pada kedua reaktor yaitu pada menit ke 120, dan kemudian naik kembali. Hal ini dimungkinkan karbon aktif dan zeolit telah jenuh dalam mengikat ion Cl. Meskipun belum memenuhi baku mutu, namun rasa asin air hasil filtrasi berkurang.

3.4. Hasil Analisis Jumlah Bakteri

Jumlah bakteri yang dianalisis dalam penelitian ini dinyatakan dalam *Total Plate Count* (TPC) adalah total bakteri yang terdapat dalam air baku maupun air hasil olahan yang diukur dengan cara menumbuhkan sel mikroorganisme yang masih hidup pada media agar, sehingga mikroorganisme akan berkembang biak dan membentuk koloni yang dapat dilihat langsung dan dihitung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Satuan TPC dinyatakan dalam *Colony Forming Unit/mL* (CFU/mL). Hasil analisis TPC pada air baku dan air hasil olahan adalah pada tabel 4 berikut:

Tabel 4 Hasil analisis TPC air baku serta air hasil pengolahan/filtrasi

NO	Waktu sampling	INLET	Reaktor Tegak (T)	
			R1	R2
1	60"	174×10^{-2}	5×10^{-2}	24×10^{-2}
2	90"	174×10^{-2}	140×10^{-2}	35×10^{-2}
3	120"	174×10^{-2}	157×10^{-2}	296×10^{-2}
4	150"	174×10^{-2}	21×10^{-2}	297×10^{-2}
5	180"	174×10^{-2}	12×10^{-2}	4×10^{-2}

Berdasarkan tabel 4 diatas dapat dilihat pengurangan jumlah bakteri pada kedua reaktor naik turun. Pada reaktor 1 (R1) terdapat penurunan jumlah bakteri terbesar terjadi pada awal pengambilan sampel yaitu menit ke 60 yaitu sebesar 97%. Sedangkan reaktor pada variasi 2 penurunan terbesar terjadi pada menit ke 180, yaitu sebesar 98%. Namun secara keseluruhan kualitas air hasil filtrasi belum memenuhi baku mutu, PERMENKES No.492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum mensyaratkan kadar maksimum yang diperbolehkan untuk jumlah bakteri yaitu sebesar 0/100mL air.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah filter reaktor efektif dalam menurunkan pH dan jumlah bakteri pada air baku hingga 97%, namun kurang efektif dalam menurunkan salinitas dan TDS. Kedua variasi reaktor memiliki efektifitas kinerja yang tidak berbeda nyata dalam mengolah air baku, namun secara keseluruhan reaktor dengan variasi 2 (arang aktif-pasir silika-zeolit-kerikil) memiliki kinerja yang lebih baik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aliaman, 2017. *Pengaruh Absorpsi Karbon Aktif dan Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), Fosfat (PO₄), dan Deterjen dalam Limbah Laundry*. Skripsi Program Studi Fisika FMIPA: Yogyakarta
- Astuti, W., Jamali, A., dan Amin, M., 2007. Desalinasi Air Payau menggunakan *Surfactant Modified Zeolite* (SMZ). *Jurnal Zeolit Indonesia*, 6 (1), pp.32-37.
- Daer, S., Kharraz, J., Giwa, A., Hasan, S.W., 2015. Recent Applications of Nanomaterials in Water Desalination: A Critical Review and Future Opportunities. *Desalination*, 367, pp.37-48.

- Dahlan, H., 2013. *Prototipe Alat Penyaring Air Payau (Sungai Sugihan) Menjadi Sumber Air Bersih Menggunakan Tabung Filter bagi Masyarakat Pangkalan Sakti Kecamatan Air Sugihan Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumsel*. Proposal Penelitian Doktor Jurusan Teknik Kimia: Universitas Sriwijaya.
- Dong, H., Zhao, L., Zhang, L., Chen, H., Gao, C., Ho, W.S.W. 2015. High-flux reverse osmosis membranes incorporated with NaY zeolite nanoparticles for brackish water desalination. *Journal of Membrane Science*. Vol 476, Hal: 373-383.
- Endarko; Putro, T.; Nuzula, N.I.; Armawati, N.; Wardana, A.; Rubiyanto A.; dan Untin, M., 2013. Rancang Bangun Sistem Penjernihan dan Dekontaminasi Air Sungai Berbasis Biosand Filter dan Lampu Ultraviolet. *Jurnal Berkala Fisika*, 16 (13), pp.75-84.
- Ermawan, R.P., Paryogo, T.B., Cahya, E.N., 2017. *Studi Efektifitas Filter Penjernih Air Tanah Menggunakan Media Zeolite, Karbon Aktif, Pasir Silika, dan Kerikil Untuk Mengurangi Kadar Parameter Pada Kualitas Air Minum*. Skripsi Teknik Pengairan: Universitas Brawijaya Malang.
- Prihartini, I., 2015. Kajian Kualitas Air Tanah Dangkal di Desa Jimbaran Kulon Kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Swara Bhumi*, 2 (2), pp.01-06.
- Said, Nusa I. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum: Teori dan Pengalaman Praktis*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan BPPT.
- Sukoco, M.H.; Barid, B., Ikhsan, J., 2016. *Model Unit Pengolahan Air Asin dengan Metode Filtrasi*. Seminar Tugas Akhir Prodi Teknik Sipil: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Widayat Wahyu. 2005. Pengolahan Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Sistem Osmosa Balik Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan air Minum Masyarakat Kepulauan Seribu. *JAI*. Vol 1, No. 3, Hal: 264-271
- Zheng, X.Y., Pan, S.Y., Tseng, P.C., Zheng, H.L., Chiang, P.C. 2018. Optimization of resin wafer electrodeionization for brackish water desalination. *Separation and Purification Technology*. Vol 194, Hal: 346-354.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan Dalam Menurunkan Kandungan Zinc Dan Fosfat Di Waste Water Treatment Plant (WWTP) PT POMI

Nur Hidayati¹, Adhi Setiawan², Ahmad Erlan Afiuddin³, Erwan Yulianto⁴

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

⁴ PT Paiton Operation and Maintenance Indonesia (POMI)

*Email : nurhidayati21hida@gmail.com

Abstrak

PT POMI yang merupakan salah satu pembangkit di kawasan PLTU Paiton unit 3, 7 & 8 memiliki Waste Water Treatment Plant (WWTP) untuk mengolah limbah cairnya sendiri. Salah satu proses yang digunakan di WWTP adalah proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di *aeration tank* dan *flocculant tank*. Proses koagulasi-flokulasi ini belum optimal dalam proses pengolahannya. Hal ini disebabkan dosis koagulan-flokulan yang digunakan kurang efektif untuk karakteristik air limbah yang akan diolah. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh pH, dosis koagulan-flokulan dan dosis optimum pada proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan parameter *turbidity*, fosfat dan *Zinc*. Pengolahan ini dilakukan untuk memperoleh kondisi *effluent* yang tidak melebihi baku mutu *effluent* yang ditetapkan untuk masing-masing parameter. Pengukuran terhadap parameter *turbidity* menggunakan turbidimeter, fosfat dan *Zinc* menggunakan spektrofotometer. Proses koagulasi-flokulasi ini menggunakan metode *jar test* untuk skala laboratorium. Sampel ditambahkan dengan larutan *Zinc Phosphate* 25 ppm. Jenis koagulan-flokulan yang digunakan *organic coagulan*, *cationic flocculant*. Variabel yang digunakan adalah pH (8 dan 8,5); dosis koagulan (1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm); dan dosis flokulan (0,5 ppm dan 1 ppm). Persen *removal* terbesar dari masing-masing parameter diantaranya parameter *turbidity* 96,92%; fosfat 29,47%; dan *Zinc* 62,08%.

Kata Kunci : dosis, flokulasi, fosfat, *jar test*, koagulasi dan *Zinc*

1. PENDAHULUAN

Penambahan larutan *Zinc Phosphate* ($Zn_3(PO_4)_2$) 25 ppm dapat mengatasi permasalahan korosi perpipaan. Namun, menyebabkan timbulnya permasalahan lingkungan. Hal ini disebabkan *service water* dibutuhkan untuk proses *cleaning* di area Waste Water Treatment Plant (WWTP). Selain itu, kecenderungan dari semua proses *cleaning* di semua *plant* yang menggunakan *service water* akan mengalir dan terkumpul di *equalization basin* yang selanjutnya akan diolah di WWTP. Larutan *Zinc Phosphate* yang ditambahkan dalam perpipaan *service water* akan menyebabkan konsentrasi parameter *Zinc* dan fosfat di *influent* akan relatif tinggi. Maka diperlukan pengolahan untuk menurunkan kandungan *Zinc* dan fosfat tersebut, untuk menghasilkan *effluent* yang memenuhi peraturan yang digunakan. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 363 Tahun 2013 tentang Izin Pembuangan air Limbah ke Laut PT POMI, bahwa baku mutu untuk parameter logam berat seperti *Zinc* di *effluent* dibuang ke lingkungan kurang dari 1 ppm dan parameter fosfat 10 ppm. Pengolahan yang digunakan untuk menurunkan kandungan *Zinc* dan fosfat tersebut adalah proses koagulasi-flokulasi.

Proses koagulasi-flokulasi mempengaruhi daya penyisihan konsentrasi *Zinc* dan fosfat yang ada. Pengoptimalan dari proses koagulasi-flokulasi dibutuhkan untuk menyisihkan kedua parameter tersebut. Konsentrasi *effluent* diharapkan memiliki konsentrasi yang rendah dibawah baku mutu yang ditetapkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi diantaranya yaitu pH dan dosis koagulan-flokulan, dan pengendapan.

Menurut Rahimah, dkk (2016) bila pembubuhan koagulan sesuai dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan baik. Proses pembentukan inti flok akan mempengaruhi keberhasilan dari proses flokulasi, karena proses flokulasi sendiri merupakan penggabungan dari inti-inti flok yang terbentuk yang bisa mengendap menjadi *sludge*.

Penelitian pendahuluan yang dilakukan Wulan, PDK, Dianursanti, Misri Gozan, dan Wahyu Ardie Nugroho. (2010) Penelitian ini membahas tentang optimasi penggunaan koagulan pada pengolahan air limbah batubara. Jenis koagulan yang digunakan diantaranya $FeCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, PAC dan Nalco 8100. pH yang digunakan 5, 6, 7 dan 8 dan variasi dosis pada setiap pH. Parameter yang diukur adalah *turbidity*, pH, TSS, Fe, Mn dan Al.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan yang efektif digunakan untuk mengurangi beberapa parameter tersebut adalah koagulan Nalco 8100 dengan kondisi optimal yaitu di pH 8 dan dosis 1ppm. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh pH, dosis koagulan-flokulan dan dosis optimum pada proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan parameter *turbidity*, fosfat dan *Zinc*.

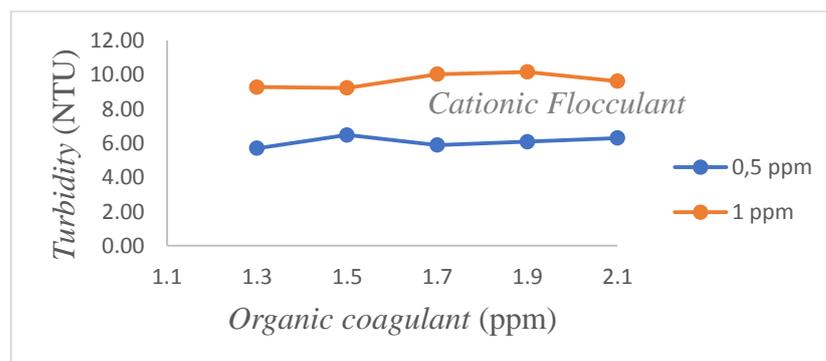
2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *jar test* sebagai uji laboratorium, dimana metode ini digunakan untuk meniru kondisi lapangan yang ada berupa proses koagulasi-flokulasi yang ada di *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Alat *jar test* yang digunakan mempunyai enam pengaduk dengan dilengkapi penanda kecepatan pengadukan. Bahan yang digunakan *organic coagulant* (N8100) dan *cationic flocculant* (N71305) produk Nalco Ecolab. Dosis koagulan-flokulan yang ditambahkan didapat dari dosis yang digunakan di WWTP dan diperluas untuk mendapat dosis yang optimum untuk sampel air limbah. Dosis koagulan terdiri dari 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm. Dosis flokulan yaitu 0.5 ppm dan 1 ppm.

Jar Test dilakukan dengan metode standar air limbah sebagai sampel. Kemudian disesuaikan pH sampel diatur sesuai variabel pH yang diinginkan dengan penambahan NaOH atau H₂SO₄ sesuai kebutuhan. Sampel 1 liter dimasukkan pada gelas ukur 1000 ml. Pengaduk dihidupkan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Koagulan ditambahkan dengan pengadukan cepat selama 3 menit dengan kecepatan 100 rpm. Proses selanjutnya penambahan flokulan dengan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan 35 rpm. Sampel diendapkan 30 menit untuk proses pengendapan flok. Sampel yang diambil merupakan bagian atas atau bagian bening setelah *jar test* dilakukan. Parameter yang dianalisa *turbidity*, *Zinc* dan fosfat. Pengukuran terhadap parameter *turbidity* menggunakan turbidimeter Hach 2100P. Pengukuran parameter fosfat dan *Zinc* menggunakan UV-Vis spektrofotometer Hach DR 3900. Panjang gelombang untuk analisa fosfat 700 nm dan panjang gelombang untuk analisa *Zinc* 620 nm.

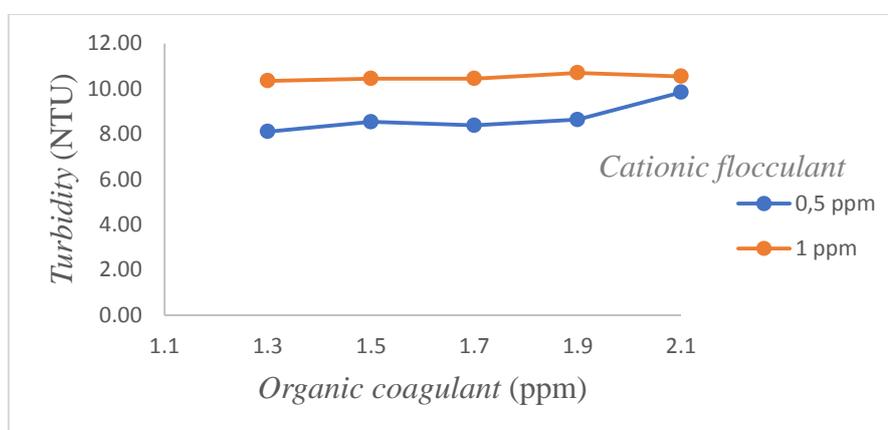
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap *turbidity* Pada kondisi pH 8 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm dapat diketahui parameter *turbidity*. *Organic Coagulant* dan *Cationic Flocculant* yang memiliki muatan positif. Dosis flokulan 0,5 ppm memberikan persen *removal* terbesar dibandingkan dosis flokulan 1 ppm. Hal ini disebabkan muatan positif dalam kandungan koagulan yang sudah bisa mengikat partikel-partikel koloid yang bersifat negatif. Sehingga dengan penambahan 0,5 ppm *Cationic flocculant* yang bersifat positif pula sudah dapat menyisihkan *influent turbidity* 185 NTU pada dosis koagulan 1,3 ppm dengan *turbidity* terkecil yang didapat sebesar 5,70 NTU dan persen *removal* mencapai 96,92%. Penambahan flokulan yang berlebih dapat menambahkan turbiditas dalam air, oleh karena itu dosis 1 ppm flokulan tidak efektif untuk ditambahkan di proses flokulasi karena dapat mempengaruhi peningkatan kekeruhan air limbah. dosis flokulan 0,5 ppm merupakan dosis optimum yang bisa dibubuhkan untuk proses koagulasi-flokulasi karena penurunan *turbidity* jauh lebih kecil dari pada dosis flokulan 1 ppm. Dosis flokulan 1 ppm sudah dianggap berlebih karena *turbidity* semakin meningkat. Menurut kristijarti,dkk (2013) overdosis polimer kation akan menyebabkan restabilisasi, yaitu ketika muatan keseluruhan permukaan partikel partikel yang ada berubah dari negatif menjadi positif dengan kekeruhan setelah pengolahan justru meningkat.



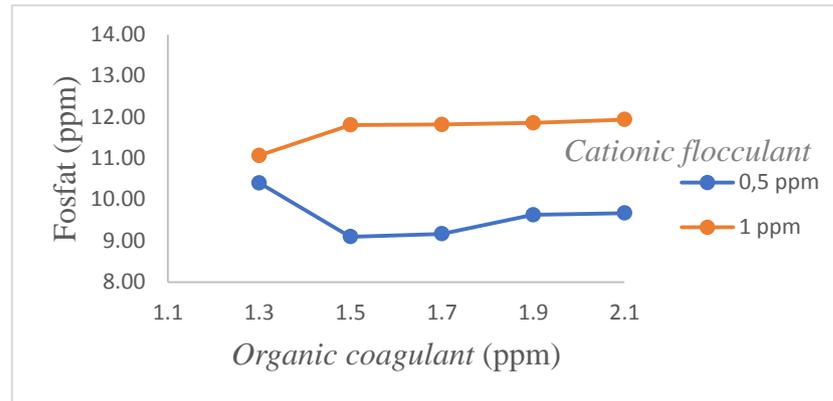
Gambar 1. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap *turbidity* pada pH 8

Gambar 2. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap *Turbidity* kondisi pH 8,5 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm. Semakin tinggi dosis koagulan semakin besar *turbidity*. Hal ini disebabkan dosis koagulan yang didunakan sudah berlebih. Menurut Kristijarti,dkk 2013, menyatakan Dosis koagulan yang berlebihan juga dapat mengakibatkan restabilisasi, sehingga tingkat kekeruhan dapat meningkat. Parameter *turbidity* mengalami *removal* terbesar pada dosis koagulan 1,3 ppm dan dosis flokulan 0,5 ppm. Hal ini sama dengan kondisi pH 8 dimana pada dosis flokulan 0,5 ppm mengalami penurunan terendah pada *turbidity* air limbah dibandingkan pada dosis flokulan 1 ppm. koagulan yang bermuatan positif yang sudah bisa mengikat partikel-partikel koloid yang bersifat negatif, sehingga dengan penambahan 0,5 ppm *Cationic flocculant* yang bersifat positif pula sudah cukup untuk mengikat partikel koloid yang ada. Dosis flokulan 1 ppm sudah tidak efektif karena *turbidity* semakin meningkat. Menurut kristijarti dkk, (2013) overdosis polimer kation akan menyebabkan restabilisasi, yaitu ketika muatan keseluruhan permukaan partikel-partikel yang ada berubah dari negatif menjadi positif, sehingga kekeruhan setelah pengolahan justru meningkat. *Influent turbidity* awal 236,5 NTU dengan penurunan *turbidity* terbesar 8,11 NTU dan persen *removal turbidity* terbesar mencapai 96,57%.



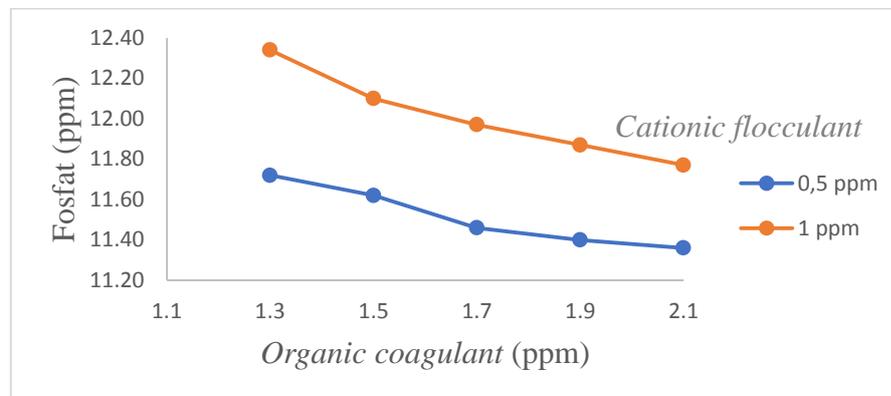
Gambar.2 Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap *turbidity* pada pH 8,5

Gambar 3. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi Fosfat kondisi pH 8 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm. Konsentrasi fosfat awalnya rendah kemudian naik seiring bertambahnya dosis koagulan pada dosis flokulan 1 ppm. Sedangkan pada dosis flokulan 0,5 ppm penurunan konsentrasi fosfat terbesar di dosis koagulan 1,5 ppm, kemudian naik kembali seiring kenaikan dosis koagulan. Persen *removal* fosfat terbesar didapat 29,47% dengan nilai konsentrasi fosfat *influent* 15,70 ppm dan terjadi penurunan konsentrasi terendah 11,07 ppm pada kondisi dosis koagulan 1, 3 ppm dan dosis flokulan 1 ppm. Ion fosfat (PO_4^{3-}) bermuatan negatif akan berikatan dengan koagulan-flokulan yang bermuatan positif pada proses koagulasi-flokulasi. Dosis flokulan 0,5 ppm merupakan dosis optimum, sehingga dosis flokulan 1 ppm menyebabkan restabilisasi koloid yang menyebabkan konsentrasi fosfat meningkat, disebabkan dosis koagulan yang berlebih dapat meningkatkan kekeruhan air limbah yang menyebabkan konsentrasi fosfat juga ikut meningkat.



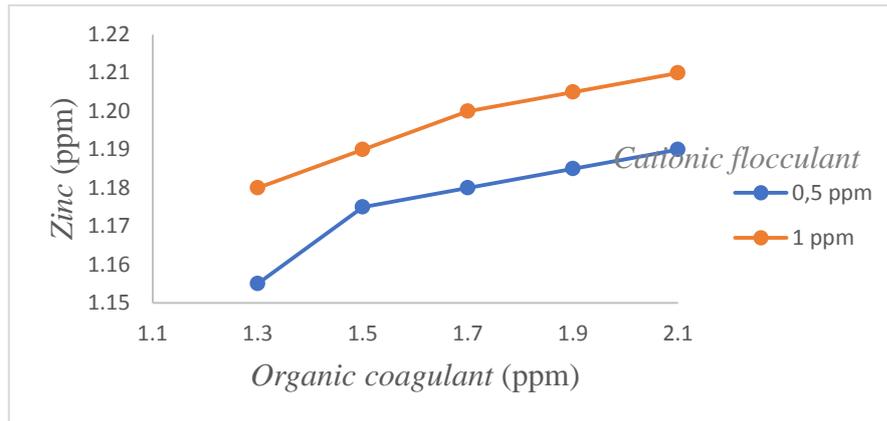
Gambar 3. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi Fosfat pada pH 8

Gambar 4. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi Fosfat pada kondisi pH 8,5 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm. Semakin tinggi dosis koagulan maka konsentrasi fosfat semakin rendah. Semakin rendah dosis flokulan 0,5 ppm akan menyisihkan konsentrasi fosfat semakin kecil dibandingkan dosis flokulan 1 ppm. Persen *removal* fosfat terbesar 17,86% dengan nilai konsentrasi fosfat *influent* 14,33 ppm dan terjadi penurunan konsentrasi terendah 11,77 ppm pada kondisi dosis koagulan-flokulan 2,1 ppm dan 1 ppm. Fosfat yang bermuatan negatif (PO_4^{3-}) memungkinkan terjadinya ikatan dengan *organic coagulant* yang bermuatan positif. Ikatan tersebut yang membentuk inti flok, sehingga dapat menurunkan konsentrasi fosfat yang ada didalam air limbah. Menurut Chen, Jing dan Luan Zhaoukun (2010) penambahan *cationic flocculant* bertujuan untuk menghubungkan antar inti flok melalui proses flokulasi. Hasil yang didapatkan semakin rendah dosis flokulan dapat menurunkan konsentrasi fosfat didalam air limbah. Berbeda dengan dosis koagulan yang semakin besar semakin rendah konsentrasi fosfat yang didapat.



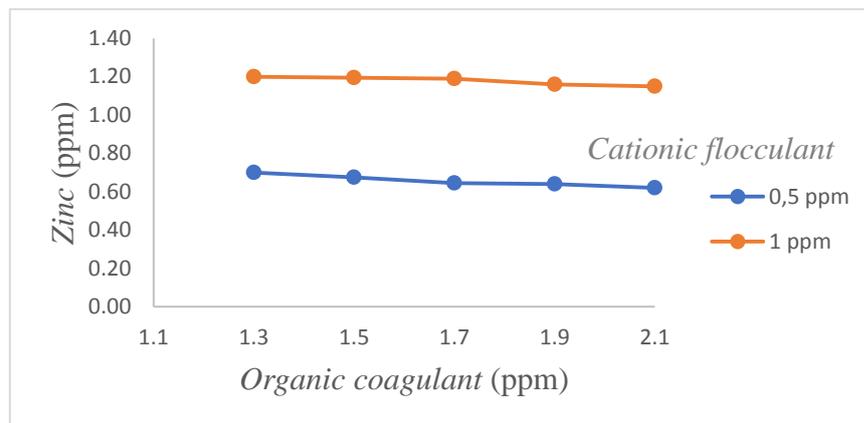
Gambar 4. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi Fosfat pada pH 8,5

Gambar 5. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi *Zinc* kondisi pH 8 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm bahwa konsentrasi dosis koagulan semakin tinggi akan meningkatkan konsentrasi *Zinc*. Namun konsentrasi paling kecil didapat saat kondisi dosis flokulan 0,5 ppm. Pada dasarnya kandungan Zn^{2+} pada air limbah, dengan penambahan jenis koagulan flokulan yang bermuatan positif yang sama maka penambahan flokulan sampai 1 ppm kurang efektif karena menyebabkan konsentrasi *Zinc* semakin besar. Hal ini berbeda dengan penelitian sebelumnya Setyawati dkk, (2016) yang menyatakan semakin besar dosis flokulan didapat konsentrasi *Zinc* semakin kecil, sehingga penggunaan dosis flokulan 0,5 ppm didapatkan konsentrasi *Zinc* 0,14 ppm, sementara dengan dosis flokulan 1 ppm didapat konsentrasi *Zinc* 0,09 ppm. Hal ini berbeda dengan penelitian ini karena dari penggunaan jenis koagulan yang berbeda yang berupa *Organic coagulant*, sedangkan pada penelitian sebelumnya menggunakan PAC dengan menggunakan jenis flokulan yang sama yaitu *Cationic flocculant*. Persen *removal Zinc* terbesar didapat 37,57% dengan konsentrasi *influent Zinc* 1,85 ppm dan didapat konsentrasi *Zinc* terkecil 1,16 ppm pada kondisi dosis koagulan-flokulan 1,3 ppm dan 0,5 ppm.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap konsentrasi Zinc pada pH 8

Gambar 6. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap Konsentrasi Zinc Pada kondisi pH 8,5 dengan variasi dosis koagulan 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; 1,9 ppm; dan 2,1 ppm serta variasi dosis flokulan 0,5 ppm dan 1 ppm. Semakin tinggi dosis koagulan maka konsentrasi Zinc semakin rendah. Namun berbanding terbalik dengan dosis flokulan yang semakin tinggi yaitu 1 ppm menyebabkan konsentrasi Zinc menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan dosis flokulan 0,5 ppm. Ketika pH dinaikk Zinc kandungan Zn^{2+} pada air limbah sudah berikatan terlebih dahulu dengan koagulan yang bermuatan positif. Persen *removal* Zinc terbesar yaitu 62,08% dengan konsentrasi *influent* Zinc 1,64 ppm dan didapat konsentrasi Zinc terkecil 0,62 ppm dikondisi dosis koagulan-flokulan 2,1 ppm dan 0,5 ppm.



Gambar 6. Pengaruh Variasi Dosis Koagulan terhadap Konsentrasi Zinc pada pH 8,5

4. KESIMPULAN

Proses koagulasi-flokulasi untuk meremoval parameter Zinc dan fosfat terdapat beberapa kondisi optimal disetiap parameternya. Persen removal turbidity terbesar pada kondisi pH 8; dosis koagulan 1,3 ppm; dan dosis flokulan 0,5 ppm sebesar 96,92 % dengan nilai *turbidity* 5,70 ppm. Persen removal fosfat terbesar pada kondisi pH 8; dosis koagulan 1,3 ppm; dan dosis flokulan 1 ppm sebesar 29,47 % dengan nilai konsentrasi fosfat 11,07 ppm. Persen removal Zinc terbesar pada kondisi pH 8,5; dosis koagulan 2,1 ppm; dan dosis flokulan 0,5 ppm sebesar 62,08 % dengan nilai konsentrasi Zinc 0,62 ppm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Erwan Yulianto (Senior Chemist Engineer di Paiton Power Station Unit 3, 7 & 8) atas semua ilmu, wawasan yang diberikan dan bantuan dalam pengambilan data, penyediaan fasilitas penelitian di Chemist dan WWTP PT POMI.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Jing dan Luan Zhoukun. (2010). Enhancing *Phosphate* Removal By Coagulation Using Polyelectrolytes and Red Mud. Research. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences. Beijing.
- Kristijarti, A., Suharto I., dan Marieanna. (2013). Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. Laporan penelitian, Universitas Parahyangan, Bandung.
- Metcalf dan Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2004) Waste Water Engineering Treatment and Reuse (4th ed). Mc Graw Hill, Singapore.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., dan Syaunyah, I. (2016). Pengolahan Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi*, Volume 5 Nomor 2 Hal. 13-19. Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Setyawati, M.R dan Hadrianto, S.A (2016). Proses Koagulasi-Flokulasi untuk Menurunkan Kadar *Zinc* dalam Air Limbah dari Waste Water Treatment Plant (WWTP)-PLTU Paiton Unit 3,7&8. Laporan Akhir Politeknik Negeri Malang, Malang.
- Wulan, P.PDK, Dianursanti, Gozan M., dan Nugroho, W.A. (2010). Optimasi Penggunaan Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Batubara. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Jakarta Universitas Indonesia.

Pengaruh F/M Rasio dan Waktu Detensi Aerasi terhadap Efisiensi Removal TSS pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode Conventional Activated Sludge

Achmad Kurnia Saka Sandi^{1*}, Denny Dermawan², Ahmad Erlan Afiuddin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : kurniasandi904@gmail.com

Abstrak

Pengolahan air limbah domestik secara biologis dilakukan untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar dalam air limbah, salah satunya kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Proses yang paling umum adalah lumpur aktif atau *conventional activated sludge*. Keberhasilan metode *conventional activated sludge* dipengaruhi oleh F/M rasio (perbandingan jumlah makanan dan mikroorganisme) dan detensi aerasi. Proses pengolahan air limbah domestik dengan metode lumpur aktif adalah dengan menambahkan lumpur yang mengandung mikroorganisme ke air limbah kemudian dilakukan aerasi (penambahan oksigen untuk membantu proses metabolisme mikroorganisme) selama waktu tertentu, kemudian diendapkan untuk memisahkan lumpur yang mengandung mikroorganisme dan air limbah yang telah diolah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi F/M Rasio dan Waktu Aerasi yang terbaik sehingga memiliki Efisiensi Removal TSS tertinggi pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Metode *Conventional Activated Sludge*. Penelitian ini melakukan simulasi pengolahan limbah cair domestik metode lumpur aktif dalam skala laboratorium. Air limbah yang berada dalam reaktor ditambahkan lumpur aktif kemudian diaerasi, setelah proses aerasi kemudian air limbah diendapkan untuk memisahkan kandungan lumpur dalam air limbah. Variasi pada setiap perlakuan berupa F/M rasio (0.25, 0.35, 0.45) dan variasi waktu aerasi (6 jam, 7 jam, 8 jam). Hasil percobaan, menunjukkan bahwa perlakuan yang nilai efisiensi *removal TSS* tertinggi adalah variasi F/M rasio 0.25 dan waktu detensi aerasi 8 jam dengan hasil efisiensi sebesar 89,7%.

Kata Kunci: *conventional activated sludge*, F/M rasio, mikroorganisme, TSS, waktu aerasi,.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, *domestic wastewater* atau limbah cair domestik adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga. Contoh limbah domestik ini adalah air bekas cucian yang mengandung deterjen, minyak, air yang terbuang saat mandi yang mengandung banyak sabun, dan kotoran manusia. Limbah-limbah ini memang tidak terlalu mengganggu bila jumlahnya sedikit. Akan tetapi, jika terakumulasi dan menjadi satu, limbah ini dapat menjadi masalah besar bagi kehidupan organisme lainnya, contohnya kelestarian ekosistem laut. limbah domestik dihasilkan dari kegiatan yang berasal dari kantin dan toilet. Pengolahan limbah cair domestik biasanya menggunakan mikroorganisme sebagai pengurai zat organik, sehingga keberhasilan pengolahan limbah cair domestik sangat ditentukan nilai F/M (*food to microorganism*) dan td (*time detention*).

Bangunan/unit yang digunakan dalam pengolahan limbah domestik SWTP (*sanitary wastewater treatment plant*) yang menggunakan metode metode lumpur aktif (*conventional activated sludge*). SWTP memiliki permasalahan dalam proses pengolahan limbah cair domestik yakni efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) pada SWTP tidak sesuai yang diharapkan yakni sebesar 85% (Anonim, 1996). Hal ini disebabkan karena nilai F/M yang terlalu besar yaitu 0,98 dan waktu detensi aerasi terlalu lama yakni 24 jam. pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif konvensional, standart rasio F/M adalah 0.25-0.45 kg BOD per KG MLSS perhari (Rick & Governor, 1990, p. 23), sedangkan waktu detensi aerasi optimum adalah range 4-8 jam (Rick & Governor, 1990, p.13).

Oleh karena itu, dalam penelitian ditentukan F/M rasio dan td (waktu detensi) aerasi sebagai variabel bebas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) dari limbah cair domestik, sehingga diharapkan dapat diketahui pengaruh dan kondisi optimal yang bisa didapatkan dari variasi variabel bebas terhadap hasil efisiensi *removal TSS* (*Total Suspended Solid*) yang sesuai atau lebih besar dari yang diharapkan yakni 85%.

2. METODOLOGI

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rangkaian reaktor aerasi, kompresor Krisbow KW1300924 (Indonesia), DO meter digital Hach HQ30D (Amerika), rotameter Siemens (Jerman), pH meter digital Hach HQ30D (Amerika), termometer, inkubator, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, *beaker glass*, mikro pipet, pH meter, stopwatch, spektrofotometer Hach DR 3900 (Amerika), neraca analitik, pompa vacuum, oven, desikator, dan imhoff cone.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah cair domestik, lumpur aktif, aquadest, kertas saring, mineral stabilizer, polyvinyl alcohol Hach (Amerika), nessler reagent Hach (Amerika), reagen phosphate (potassium persulfate) Hach (Amerika), larutan POE-2 (460-S0736) Hach (Amerika), larutan TP-1 (460-SH357) Hach (Amerika), dan larutan XP-2 (460-S5091) Hach (Amerika).

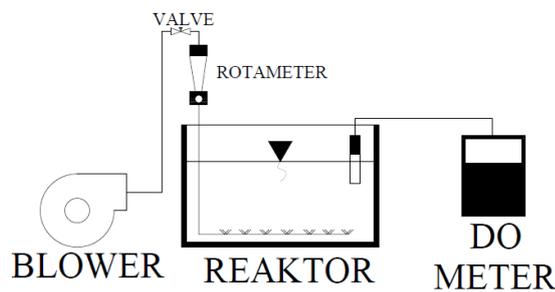
Metode Eksperimen

a. Persiapan Sampel

Sampel limbah cair domestik dan lumpur aktif diambil di titik sampling yang ditentukan, kemudian sampel dilakukan pengujian konsentrasi meliputi TSS (*Total Suspended Solid*), MLSS, $\text{NH}_3\text{-N}$, PO_4 , pH dan suhu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan sampel yang akan digunakan dalam percobaan.

b. Aerasi

Aerasi dilakukan dengan memadukan dua variabel F/M rasio (0.25, 0.35, 0.45) dan waktu detensi aerasi (6 jam, 7 jam, 8 jam) dengan total terdapat 9 perlakuan berbeda. Volume lumpur aktif yang ditambahkan mengikuti perhitungan nilai F/M kemudian diaerasi (penambahan udara) selama variabel waktu detensi aerasi. Berikut ini adalah gambar rangkaian alat percobaan aerasi (reaktor) skala laboratorium.



Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan Aerasi Sederhana

c. Sedimentasi

Sedimentasi dilakukan untuk memisahkan lumpur dan air limbah yang telah diolah sehingga air limbah dapat dilakukan pengujian konsentrasi TSS. Proses sedimentasi dilakukan dengan cara mendinginkan air limbah yang mengandung lumpur aktif selama waktu tertentu sehingga lumpur aktif yang tercampur ke air limbah dapat mengendap dengan sendirinya. Lama waktu sedimentasi mengikuti perhitungan dari waktu aerasi.

d. Analisis Metode Gravimetri

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi *removal* TSS, sehingga untuk mengetahui konsentrasi TSS dilakukan analisis menggunakan metode gravimetri. Analisa TSS dilakukan 2 kali yakni pada air limbah sebelum dilakukan percobaan dan setelah dilakukan percobaan. Menurut SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) secara gravimetri dilakukan dengan menyaring air limbah menggunakan kertas saring, kemudian dilakukan pengeringan dalam oven dan dilanjutkan dengan pengukuran berat hasil penyaringan. Konsentrasi TSS didapatkan dengan membandingkan berat hasil penyaringan dan volume air limbah yang disaring.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengolahan limbah cair dengan metode lumpur aktif (*conventional activated sludge*) bertujuan untuk mengurangi kandungan pengotor yang terdapat dalam air limbah, salah satunya adalah TSS (*Total Suspended Solid*). Efisiensi *removal* TSS adalah prosentase konsentrasi TSS yang hilang saat dilakukan

proses pengolahan (percobaan). Nilai efisiensi *removal* TSS didapatkan dengan membandingkan konsentrasi TSS pada air limbah yang sebelum dilakukan percobaan dan setelah dilakukan percobaan. Berikut ini adalah data efisiensi *removal* TSS hasil percobaan

Tabel 1. Data Efisiensi *Removal* TSS Hasil Percobaan

Nomor	F/M	td aerasi	Efisiensi <i>removal</i> TSS
		Jam	%
1	0,25	6	67,1
2		7	71,3
3		8	89,7
4	0,35	6	88,1
5		7	82,9
6		8	80,4
7	0,45	6	82,9
8		7	85,4
9		8	75,8

Berdasarkan data di atas maka dapat disimpulkan bahwa percobaan yang menghasilkan efisiensi *removal* TSS tertinggi adalah percobaan nomor 3. Percobaan nomor 3 adalah percobaan pengolahan limbah domestik dengan metode lumpur aktif dengan perlakuan nilai F/M rasio 0.25 dan td (waktu aerasi) 8 jam. Nilai efisiensi *removal* TSS sebesar 89.7 %, hal ini lebih besar dari target yakni efisiensi *removal* TSS sebesar 85%.

Variasi nilai F/M rasio paling rendah yang digunakan dalam eksperimen adalah 0,25. Nilai F/M rasio tersebut merupakan nilai yang terbaik dalam pengolahan limbah cair domestik. Menurut Ningtyas (2015), Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi semakin produktif dalam metabolisme limbah. Semakin rendah rasio F/M maka sistem pengolahan limbah semakin efisien. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan, hal ini sesuai dengan teori *conventional activated sludge*, yakni semakin kecil nilai F/M maka efisiensi *removal* TSS semakin tinggi. Standar nilai F/M rasio dalam pengolahan limbah cair domestik menggunakan metode lumpur aktif adalah 0,25-0,45 (Rick & Governor, 1990). Nilai F/M rasio dapat dikontrol dengan cara mengatur jumlah lumpur aktif dalam tangki, semakin banyak volume lumpur aktif maka nilai F/M rasio semakin rendah, begitupun sebaliknya.

Variasi waktu detensi aerasi yang digunakan dalam eksperimen adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, didapatkan waktu detensi aerasi yang hasil efisiensi *removal* TSS paling tinggi adalah 8 jam. Menurut Sudarti, dkk (2005), semakin lama limbah cair domestik diolah dengan diberi aerasi (penambahan oksigen), maka semakin menurun kandungan bahan pencemar didalamnya. Standar waktu detensi aerasi dalam pengolahan limbah cair domestik menggunakan metode lumpur aktif adalah 4 - 8 jam (Rick & Governor, 1990).

Penelitian ini menggunakan uji statistik untuk mengetahui seberapa besar pengaruh F/M rasio dan waktu detensi aerasi terhadap efisiensi *removal* TSS. Uji statistik menggunakan metode *Two Way Anova* dengan tingkat signifikansi (α) sebesar 0,05 (5%). Hasil dari uji statistika adalah sebagai berikut.

General Linear Model: Eff TSS versus F/M; td					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
F/M	2	189,18	94,591	24,25	0,000
td	2	22,11	11,057	2,83	0,111
F/M*td	4	720,31	180,077	46,17	0,000
Error	5	19,505	3,901		
Total	9	951,115			

Gambar 2. Hasil Uji Statistik metode *Two Way Anova*

Berdasarkan hasil uji *Two Way Anova* pada Gambar 2. menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada variabel F/M rasio dan waktu detensi aerasi (F/M*td) adalah <0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel F/M rasio dan waktu detensi aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS pada air limbah domestik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah efisiensi *removal* TSS tertinggi didapatkan dari perlakuan nilai F/M rasio 0.25 dan td (waktu aerasi) 8 jam yakni sebesar 89,7%, selain itu hasil uji statistik *Two Way Anova* dapat disimpulkan bahwa rasio F/M (*food to microorganism*) dan waktu detensi aerasi berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS dengan taraf kepercayaan 95%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT. Paiton *Operation And Maintenance* Indonesia (PT. POMI) khususnya pada *Chemist Laboratorium* pada *Department Production* dan Bapak Ir. Erwan Yulianto selaku pembimbing penulis selama melakukan penelitian di PT. POMI, yang telah mengizinkan dalam pengambilan sampel dan telah memfasilitasi dalam pengujian sampel pada penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996. *Sanitary Wastewater Treatment: Equipment Operating Manual*, EMCO Engineering Inc., Canton.
- Anonim., 2013. *HACH BODTrak II user manual*, HACH Company., Germany.
- Anonim., 2013. *HACH DR 3900 user manual*, HACH Company., Germany.
- Anonim., 2013. *HACH pH meter user manual*, HACH Company., Germany.
- Metcalf, Eddy., Inc., 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, Mc Graw Hill, Inc., New York.
- Ningtyas R., 2015. *Pengolahan Limbah dengan Proses Lumpur Aktif (Activated Sludge Proses)*. Jurusan Teknik Kimia, ITB. Bandung
- Rick, Governor., 1990. *Activated Sludge Process Control: Training Manual For Wastewater Treatment Plant Operators*, Environmental Assistance Center., Michigan.
- SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.
- SNI 6989.59-2008 tentang *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*.
- Sudarti N. L.G., Kasa I. W., dan Suyana I. W. B., 2005. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Udayana. Bali

Pengaruh Pemberian Dosis *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) pada Bak Desinfeksi terhadap Penurunan Kandungan *Escherichia coli* di RSUD Dr. R. Koesma Tuban

Mega Sidhi Nugrayanti^{1*}, Denny Dermawan², Tanti Utami Dewi³

Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*Email : megasidhi19@gmail.com

Abstrak

Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit dapat mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan maupun rumah sakit tersebut. Limbah cair yang mengandung bakteri *Escherichia coli* dapat berpengaruh terhadap lingkungan maupun manusia. Total bakteri *Escherichia coli* berdasarkan hasil uji pendahuluan yang dilakukan oleh pihak RSUD Dr. R. Koesma Tuban sebesar 160.000 koloni/100ml. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan kandungan *Escherichia coli* adalah dengan menggunakan metode klorinasi menggunakan *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA), tetapi cara penambahan desinfektan yang salah dapat mempengaruhi optimalisasi bak desinfeksi dalam mengurangi kandungan *Escherichia coli*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dosis optimum serta pengaruh *Trichloroisocyanuric Acid* dalam mengurangi kandungan *Escherichia coli* pada limbah cair RSUD Dr. R. Koesma Tuban. Penelitian ini menggunakan dosis *Trichloroisocyanuric Acid* sebesar 5 ppm, 10 ppm, dan 15 ppm dengan teknik pengambilan sampel menggunakan quota sampling, dilanjutkan dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit dan metode *Most Probable Number*. Hasil penelitian menunjukkan dosis optimum *Trichloroisocyanuric Acid* adalah 15 ppm dengan hasil rata-rata 10 koloni/100 ml dan hasil uji statistik menunjukkan bahwa dosis *Trichloroisocyanuric Acid* sangat berpengaruh signifikan terhadap pengurangan kandungan bakteri *Escherichia coli*.

Kata Kunci : limbah cair rumah sakit, klorinasi, *Trichloroisocyanuric Acid*, desinfeksi, *Escherichia coli*.

1. PENDAHULUAN

Limbah rumah sakit dapat mengandung bakteri coliform maupun berbagai jasad renik. Limbah rumah sakit yang mengandung bakteri *coliform* ada yang mendatangkan keuntungan tetapi banyak juga yang mendatangkan kerugian. Bakteri *coliform* dapat merupakan mikroba patogen yang akan menyebabkan penyakit pada manusia termasuk demam typhoid, *cholera*, disentri dan hepatitis sehingga limbah harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan (Waluyo dalam Khamimatus, Heru dan Dwi, 2016).

Limbah cair rumah sakit apabila tidak dikelola dan ditangani dengan benar maka akan menyebabkan dampak pada perairan dan lingkungan, terlebih jika limbah cair dari rumah sakit bersifat infeksius seperti limbah cair dari ruang operasi maupun laboratorium karena dapat mengandung berbagai macam mikroorganisme baik yang patogen maupun infeksius (Anonim, 2016). Berdasarkan data sekunder penelitian oleh pihak rumah sakit, pada limbah cair RSUD Dr. R. Koesma Tuban, diperoleh nilai MPN bakteri *Escherichia coli* pada bak outlet IPAL sebesar 160.000 MPN/100ml. Nilai MPN *coliform* limbah cair pada outlet IPAL yang tinggi dan telah melewati batas baku mutu Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya pada Lampiran III Kegiatan Rumah Sakit dengan jumlah maksimum yang telah ditentukan menunjukkan bahwa proses desinfeksi yang terjadi belum optimal.

Proses klorinasi dilakukan untuk meningkatkan kualitas air secara kimia yang pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas bakteriologisnya. RSUD Dr. R. Koesma Tuban menggunakan *Trichloroisocyanuric Acid* pada proses klorinasi yang diterapkannya. *Trichloroisocyanuric Acid* merupakan senyawa organik yang berkombinasi dengan klorin. Menurut modul Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban, *Trichloroisocyanuric Acid* tersebut digunakan karena mengandung 90% klorin sehingga lebih stabil daripada bahan-bahan kimia lain yang digunakan sebagai desinfektan seperti, kaporit, natrium hipoklorit dan kalsium hipoklorit, karena cara penambahan desinfektan yang salah maka dapat mempengaruhi optimalisasi bak desinfeksi dalam mengurangi kandungan *Escherichia coli*.

Menurut Rosyidi (2010), penambahan kaporit pada titik *Breakpoint* 55 ppm pada air limbah Rumah Sakit di kota Sidoarjo dapat menurunkan nilai bakteri *Coliform* dari $>1,6 \times 10^5$ sel/100ml menjadi 2×10^2 sel/100ml pada waktu kontak 15, 30 dan 45 menit.

Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti akan menganalisis dosis optimum serta pengaruh *Trichloroisocyanuric Acid* dalam mengurangi kandungan *Escherichia coli* pada limbah cair RSUD Dr. R. Koesma Tuban untuk mendapatkan dosis optimum pada proses desinfeksi.

2. METODOLOGI

Jenis penelitian ini merupakan penelitian *true experiment* dengan *pre-post test with control design* dengan metode pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit serta menggunakan metode Uji MPN untuk analisa kandungan *Escherichia coli*. Lokasi penelitian ini di RSUD Dr. R. Koesma Tuban. Populasi dalam penelitian ini semua limbah cair yang dihasilkan dari seluruh kegiatan rumah sakit dengan jumlah sampel sebanyak 3 liter. Teknik pengambilan sampel quota sampling. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian Pengaruh Pemberian Dosis *Trichloroisocyanuric Acid* (TCCA) pada Bak Desinfeksi Terhadap Penurunan Kandungan *Escherichia coli* di RSUD Dr. R. Koesma Tuban adalah sebagai berikut :

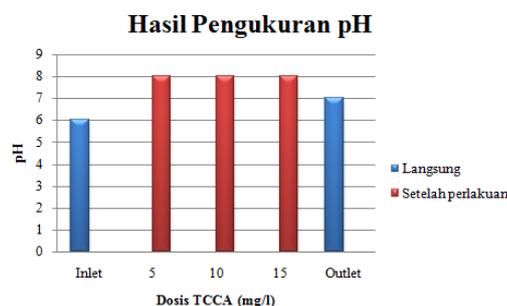
1. Persiapan alat dan bahan untuk mengidentifikasi keefektifan *Trichloroisocyanuric Acid* sebagai desinfektan dalam mengurangi kandungan *Escherichia coli* dalam air limbah. Persiapan meliputi antara lain :
 - a. Mempersiapkan peralatan pengambilan sampel, wadah sampel dengan mensterilisasikan terlebih dahulu serta peralatan untuk pengawetan sampel.
 - b. Mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan, seperti dengan melarutkan terlebih dahulu tablet *Trichloroisocyanuric Acid* sebelum digunakan.
2. Melakukan pengambilan sampel pada titik-titik pengambilan yang telah ditentukan.
3. Melakukan pengawetan sampel dengan mendinginkan sampel sampai suhu minimal 4°C.
4. Melakukan pengadukan lambat 50 rpm selama 15 menit pada air limbah serta menambahkan *Trichloroisocyanuric Acid* 5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm.
5. Melakukan pengujian kandungan *Escherichia coli* pada sampel air limbah setelah perlakuan penambahan *Trichloroisocyanuric Acid* dengan metode *Most Probable Number*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Dosis dan Waktu Kontak Optimum

a. pH

Pengukuran pH bertujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang akan mempengaruhi kehidupan mikroorganisme. Pembunuhan bakteri secara optimum akan terjadi pada pH asam atau mendekati 7. Sedangkan *Escherichia coli* memiliki pH optimum pada rentang 7-8, pH minimum 4 dan pH maksimum berada pada pH 9. Hasil pengukuran pH pada sampel air limbah dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hasil Pengukuran pH Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban

Kadar pH pada penelitian ini mengalami kenaikan dari masing-masing perlakuan. Pada perlakuan penambahan dosis 5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm terjadi kenaikan pH dari 7 menjadi 8 sedangkan pada inlet dan outlet tidak terjadi kenaikan pH yaitu 6 pada inlet dan 7 pada outlet, hal ini karena klorin dalam air akan berubah menjadi asam klorida, zat ini kemudian di netralisasi oleh sifat basa dari air sehingga akan terurai menjadi ion hydrogen dan ion hipoklorit, karena *Trichloroisocyanuric Acid* mengandung 9 ion H^+ maka membuat pH tetap stabil pada pH 8 meskipun dosis ditingkatkan sebesar 15 ppm. Hasil dari pengamatan pH tidak terlalu detail karena menggunakan kertas indikator pH, sehingga didapatkan hasil bulat sesuai warna kertas indikator yang dihasilkan. pH merupakan indikator penting untuk meningkatkan efisiensi proses klorinasi dalam proses desinfeksi air dan air limbah. Apabila dilihat dari reaksi berikut, larutan TCCA akan

berubah menjadi HOCl dan OCl⁻ apabila bereaksi di dalam air, dimana membentuk ion HOCl dalam keadaan asam dan membentuk ion OCl⁻ dalam keadaan basa. Reaksi yang terjadi :

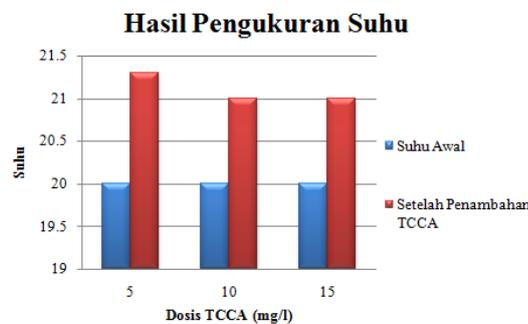


Berdasarkan hasil penelitian apabila ditinjau dari reaksi kimia tersebut, pH yang dihasilkan dari hasil penelitian tidak terjadi kenaikan atau penurunan meskipun dengan penambahan dosis *Trichloroisocyanuric Acid* sebesar 15 ppm. Hal ini disebabkan *Trichloroisocyanuric Acid* apabila bereaksi dengan air akan menghasilkan 9 ion H⁺ atau bisa dikatakan sifat dari *Trichloroisocyanuric Acid* adalah asam. Sifat asam dari *Trichloroisocyanuric Acid* akan mempengaruhi nilai pH selama proses klorinasi.

Efisiensi pembunuhan bakteri oleh HOCl sekitar 40-80 kali lebih efektif daripada OCl⁻. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit, kadar pH untuk air limbah rumah sakit adalah 6-9, sehingga hasil pH pada grafik tersebut diatas telah memenuhi baku mutu yang ada.

b. Suhu

Bakteri *Escherichia coli* dapat tumbuh pada suhu antara 10^o-40^oC, dengan suhu optimum 37^oC dan mati pada suhu 60^oC selama 30 menit, tidak bisa bertahan pada tempat yang kering, relatif peka terhadap panas, segera hancur oleh suhu pasteurisasi dan pemanasan. Hasil pengukuran suhu pada sampel air limbah dapat dilihat pada **Gambar 2**.



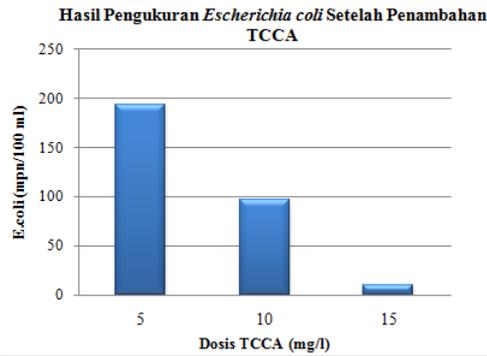
Gambar 2. Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban

Air limbah yang awalnya ditaruh pada *ice box* dengan suhu dingin dibawah 5^oC pada saat akan ditambahkan desinfektan *Trichloroisocyanuric Acid* dan akan dilakukan perlakuan harus ditunggu sampai suhu air limbah mencapai suhu ruang atau lebih dari 18^oC karena pada suhu ruang bakteri dapat tumbuh dan beraktivitas kembali setelah mengalami pembekuan pada suhu dingin.

Berdasarkan hasil analisa, kenaikan suhu yang terjadi pada air limbah disebabkan oleh reaksi metabolisme terhadap mikroba yang meliputi reaksi eksergonik yaitu reaksi yang mengeluarkan energi panas, serta aktivitas biodegradasi limbah oleh mikroba juga dapat meningkatkan suhu. Selain itu, kenaikan suhu pada perlakuan disebabkan karena adanya udara sekitar yang masuk saat memasukkan desinfektan *Trichloroisocyanuric Acid*. Semakin tinggi efektivitas desinfektan, maka semakin tinggi suhu air limbah yang dihasilkan setelah perlakuan. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit, kadar maksimum untuk suhu air limbah rumah sakit adalah 30^oC, sehingga hasil suhu pada tabel tersebut diatas telah memenuhi baku mutu yang ada.

Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*

Desinfektan dapat membunuh bakteri dengan menghambat sintesis protein, asam nukleat, sintesis dinding sel, menghancurkan membran plasma, serta menghentikan metabolisme sehingga mengakibatkan bakteri mati atau musnah. Hasil pengukuran kandungan *Escherichia coli* setelah penambahan *Trichloroisocyanuric Acid* dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Kandungan *Escherichia coli* Setelah Penambahan *Trichloroisocyanuric Acid*

Hasil pengukuran kandungan *Escherichia coli* dengan perlakuan penambahan dosis *Trichloroisocyanuric Acid* didapatkan hasil keefektifan seluruhnya hampir sama untuk masing-masing perlakuan yaitu sebesar 99,99%, selain proses pengolahan dengan kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan, penurunan yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan disebabkan oleh klorin yang bereaksi didalam air akan menghasilkan atom-atom zat asam. Atom-atom zat asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri-bakteri, bukan saja enzim yang dibakar tetapi seluruh sel bakteri rusak karena seluruh bakteri rusak seluruh bakteri pun mati. Proses tersebut hanya akan berlangsung jika klorin mengalami kontak langsung dengan organisme tersebut dan dengan dosis yang cukup. Jika air mengandung endapan atau lumpur, mikroorganisme dapat bersembunyi di dalam endapan atau lumpur tersebut dan tidak dapat melakukan kontak langsung dengan klorin, sehingga klorin membutuhkan waktu untuk membunuh semua organism.

Namun apabila dilihat dari kandungan bakteri *Escherichia coli* setelah perlakuan, hasil paling efektif didapatkan pada penambahan dosis *Trichloroisocyanuric Acid* 15 ppm dengan waktu pengadukan 15 menit yaitu sebesar 10 koloni/100 ml. Apabila dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit, kadar maksimum untuk kandungan MPN-Kuman Golongan Koli/100 ml adalah sebesar 10000 MPN/100 ml, hasil dari seluruh perlakuan telah memenuhi baku mutu, dimana kandungan *Escherichia coli* maksimal berada pada dosis 5 ppm, apabila dilihat dari hasil rata-rata yaitu sebesar 193 koloni/100 ml.

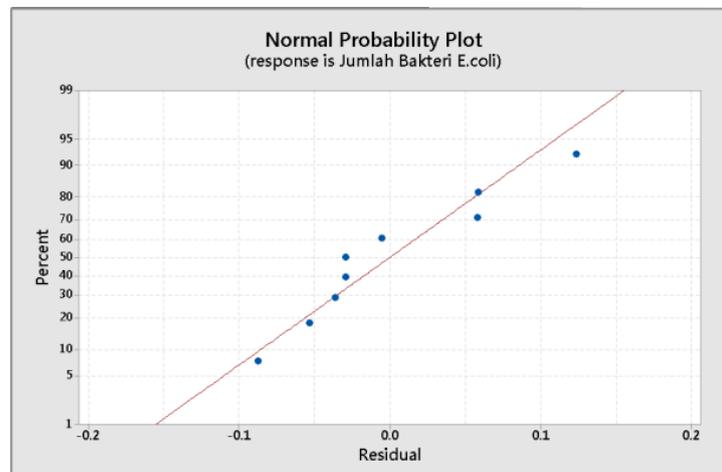
Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dosis optimum pada percobaan tersebut berada pada pemberian dosis *Trichloroisocyanuric Acid* 15 mg/l dengan hasil rata-rata 10 koloni/100 ml.

Uji Statistik One Way Anova

Uji statistik *one way anova* atau klasifikasi satu arah adalah anova satu jalur dan hanya ada satu variabel independen atau biasa disebut dengan faktor. Sebelum analisa data dilakukan, data diuji terlebih dahulu apakah memenuhi persyaratan uji anova atau tidak. Pengujiannya antara lain adalah uji normalitas, uji homogenitas dan uji hipotesis. Berikut adalah pengujiannya :

a. Uji Normalitas

Uji normalitas adalah untuk melihat apakah nilai residual terdistribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik adalah memiliki nilai residual yang terdistribusi normal. Berikut adalah *normal probability plot* dari penelitian :

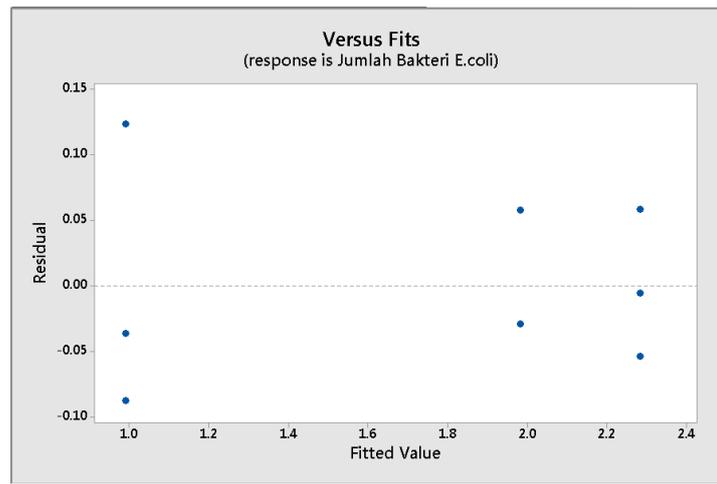


Gambar 4. Normal Probability Plot

Grafik uji normalitas tersebut menunjukkan titik-titik di sekitar garis adalah keadaan data yang diuji. Jika kebanyakan titik-titik berada sangat dekat dengan garis atau bahkan menempel pada garis, maka dapat disimpulkan jika data mengikuti distribusi normal. Namun jika ada satu saja titik yang berada jauh atau diluar garis merah, maka menandakan ada data yang tidak terdistribusi dengan normal. Maka keadaan ini menggambarkan keadaan ideal dari data yang mengikuti distribusi normal.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas perlu dilakukan untuk mengetahui apakah data dalam variabel X dan Y bersifat homogen atau tidak dalam suatu populasi yang memiliki varians yang sama. Berikut adalah grafik *versus fits* untuk menunjukkan homogenitas dari suatu variabel :



Gambar 5. Grafik *Versus Fits*

Grafik *versus fits* menunjukkan titik-titik menyebar merata diatas dan dibawah garis sumbu 0 tanpa membentuk sebuah pola tertentu. Maka dapat disimpulkan tidak terdapat gejala heteroskedastisitas (gejala tidak homogen) pada suatu variabel.

c. Uji Hipotesis

Uji hipotesis adalah metode pengambilan keputusan yang didasarkan dari analisis data, baik dari percobaan yang terkontrol, maupun dari observasi (tidak terkontrol). Hasil yang dapat dilihat pada uji hipotesis statistik *one way anova* adalah hasil p-value dan alpha. p-value adalah nilai peluang terkecil dari suatu pengujian hipotesis sehingga nilai statistik uji yang diamati masih berarti, sedangkan alpha adalah tingkat kesalahan minimum yaitu sebesar 0,05. Jika nilai p-value lebih kecil (<) atau sama dengan (=) alpha, maka peneliti menolak hipotesis nol, yang berarti bahwa hasil penelitian secara statistik adalah signifikan. Berikut adalah hasil uji statistik dari penelitian ini :

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Dosis	2	2.74915	1.37457	231.90	0.000
Error	6	0.03557	0.00593		
Total	8	2.78471			

Gambar 6. Hasil Uji Statistik *Two Way Anova*

Hasil uji statistik tersebut dapat dilihat nilai p-value sebesar 0,000 yang artinya nilai p-value < alpha, dapat dijelaskan bahwa H_0 ditolak dan H_a diterima, atau dapat disimpulkan bahwa dosis *Trichloroisocyanuric Acid* sangat berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan bakteri *Escherichia coli*.

4. BATASAN PENELITIAN

Batasan pada penelitian ini tidak mengukur sisa khlor dari masing-masing perlakuan.

5. KESIMPULAN

1. Dosis optimum untuk menurunkan kandungan *Escherichia coli* adalah 15 ppm dengan hasil rata-rata 10 koloni/100ml dan telah memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun

- 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Rumah Sakit, kadar maksimum kandungan MPN-kuman Golongan Coli/100 ml untuk air limbah rumah sakit adalah 10000 MPN/100 ml.
2. Dosis *Trichloroisocyanuric Acid* sangat berpengaruh signifikan terhadap penurunan kandungan bakteri *Escherichia coli* dengan diperoleh hasil uji statistik *One Way Anova* menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0,000.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. *AMDAL Peningkatan Pelayanan BLUD RSUD Dr. R. Koesma Tuban*. Surabaya : PT. Mitra Hijau Indonesia.
- Anonim, 2003. *Buku Pedoman Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban*.Tuban
- Anonim. 2016. *Modul Praktikum Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air*. Semarang : Universitas Dian Nuswantoro.
- Badan Standarisasi Nasional.*Standar Nasional Indonesia 6989-59-2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah Bagian 59*.2000. Jakarta : Republik Indonesia.
- Handayani, Ardhya Wahyu. 2007. *Efektivitas Pengolahan Limbah Cair dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan Total Coliform di RSUD Dr. R. Koesma Tuban*.Surabaya : Universitas Airlangga.
- Ismail, Mahrus. 2009. *Efektivitas Proses Chlorinasi terhadap Penurunan Bakteri Escherichia coli dan Residu Chlor pada Instalasi Pengolahan Air Bersih RSU. Dr. Saiful Anwar Malang*.Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang persyaratan kesehatan lingkungan rumah sakit*. 2004. Jakarta : Republik Indonesia.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. 2013. Surabaya : Jawa Timur.
- Undang Undang Nomor 44 Tahun 2009 tentang Rumah Sakit*. 2009. Jakarta : Republik Indonesia.
- World Health Organization. 2014. *Safe management of wastes from health-care activities:20-30*.

Pengaruh Penambahan Laju Udara dan Lumpur Aktif Dalam Meremoval Kandungan COD pada Pengolahan Limbah Cair Domestik PLTU PAITON

Della Mahdalina^{1*}, Denny Dermawan², dan Ahmad Erlan Afiuddin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

*E-mail: dellamahdalina@gmail.com

Abstrak

Perusahaan pembangkit listrik tenaga uap dengan bahan bakar batu bara menghasilkan air limbah, salah satunya adalah limbah cair domestik yang berasal dari kegiatan kamar mandi dan kantin atau kegiatan dapur. Limbah cair domestik yang dihasilkan, diproses pada *Sanitary Wastewater Treatment Plant* (SWTP). Proses pengolahan limbah domestik dilakukan secara aerob dengan penambahan oksigen (O₂) menggunakan *air blower* dan terdapat mikroorganisme (bakteri aerobik) selama proses aerasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari penambahan laju udara dan lumpur aktif yang ditambahkan dalam meremoval kandungan COD yang ada di dalam air limbah. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi penambahan laju udara, lumpur aktif dan waktu aerasi kedalam reaktor aerasi pada skala laboratorium, variasi penambahan sebagai berikut: penambahan laju udara: 366 cc/menit, 180 cc/menit, dan 90 cc/menit, penambahan lumpur aktif: 25%, 35%, 50%, dan waktu aerasi selama: 4, 6, dan 8 jam. Konsentrasi COD awal pada air limbah yang masuk adalah sebesar 331 ppm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penurunan konsentrasi COD yang tertinggi adalah pada penambahan laju udara 90 cc/menit dengan penambahan lumpur aktif 50% dan pada waktu aerasi selama 8 jam yaitu dengan konsentrasi COD sebesar 69 ppm. Prosentase (%) removal COD pada penambahan laju udara 90 cc/menit mencapai 79%.

Kata kunci: COD, penambahan laju udara, penambahan lumpur aktif, prosentase (%) removal, waktu aerasi.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah perusahaan pembangkit listrik tenaga uap dengan bahan bakar batu bara. Selama proses produksi berlangsung perusahaan pembangkit listrik, menghasilkan limbah, limbah yang dihasilkan ada beberapa macam jenis limbah, contohnya: limbah gas, limbah padat dan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan meliputi: limbah cair domestik dan limbah cair non-domestik. Limbah cair non-domestik yaitu air sisa buangan yang berasal dari proses produksi yang ada di dalam unit. Limbah cair domestik adalah air sisa buangan yang berasal dari kegiatan kamar mandi dan kantin atau kegiatan dapur.

Limbah cair domestik yang dihasilkan diproses pada *Sanitary Wastewater Treatment Plant* (SWTP). Proses pengolahan limbah domestik pada SWTP dilakukan secara aerob dengan penambahan oksigen (O₂) menggunakan *air blower* pada proses aerasi. Pada proses aerasi terdapat mikroorganisme (bakteri aerobik) yang berfungsi sebagai pengurai polutan-polutan organik terutama kandungan COD yang terkandung di dalam air limbah. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan – bahan organik secara kimiawi yang terdapat di dalam air limbah dengan sempurna (Januar, 2010). Kandungan COD di dalam air limbah yang telah dilakukan perlakuan harus memenuhi baku mutu air limbah yang sudah ditentukan yaitu, baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik, dengan kandungan COD maksimal sebesar 100 ppm.

2. METODOLOGI

Pada bab ini berisi tentang tahapan – tahapan penelitian yang berurutan dan saling terkait antara satu dengan yang lainnya.

2.1 Alat dan Bahan Simulasi

Alat:

Pada penelitian ini peneliti menggunakan 9 reaktor kaca dengan ukuran 25cm x 30cm x 20cm.

Bahan:

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan air limbah buatan, hasil pencampuran antara gula yang dilarutkan ke dalam air. Perbandingan berat gula dan jumlah air yang digunakan adalah 0,24gram gula yang dilarutkan kedalam 1liter air air. Sehingga konsentrasi COD awal yang masuk ke dalam air limbah adalah 331 ppm.

Penambahan laju udara, penambahan lumpur aktif dan waktu aerasi (selama 4, 6, dan 8 jam) pada 9 reaktor dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penambahan Laju Udara, Penambahan Lumpur Aktif, dan Waktu Aerasi Pada 9 Reaktor

Penambahan Laju Udara = 366 cc/menit; 180 cc/menit; 90 cc/menit.			
Penambahan Lumpur Aktif	Waktu Aerasi		
	4 jam	6 jam	8 jam
25% (2 liter lumpur aktif + 6 liter air limbah)	Reaktor 25% A	Reaktor 25% B	Reaktor 25% C
35% (2,8 liter lumpur aktif + 5,2 liter air limbah)	Reaktor 35% A	Reaktor 35% B	Reaktor 35% C
50% (4 liter lumpur aktif + 4 liter air limbah)	Reaktor 50% A	Reaktor 50% B	Reaktor 50% C

Sumber: Penambahan Laju Udara, Penambahan Lumpur Aktif, dan Waktu Aerasi, 2018.

2.2 Alat dan Bahan Analisis COD

Metode yang digunakan dalam analisis COD adalah menggunakan Metode Pemanasan dengan COD reactor (Prosedures Manual Analysis COD, HACH DR/3900, 2013).

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis COD adalah :

1. Air limbah
2. Reagen COD
3. Demineralize Water (Aquades)

B. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam analisis COD adalah:

1. COD reactor
2. Spektrofotometer
3. Beaker glass
4. Stopwatch
5. Pipet volum

C. Prosedur analisis

Prosedur analisis yang digunakan dalam analisis COD adalah:

1. Larutan sampel harus diendapkan terlebih dahulu
2. Panaskan terlebih dahulu COD reactor sampai 150°C
3. Tambahkan masing-masing 2 ml (sample, demin) ke dalam reagent tube.
4. Bilas tube dan bersihkan dengan tissue.
5. Kocok dan setting timer pada reactor 2 jam.
6. Matikan reactor dan diamkan tube selama 20 menit.
7. Kocok lagi dan dinginkan sampai suhu kamar.
8. Zeroing dan ukur sample pada spektrofotometer dengan panjang gelombang (620 nm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan prosentase (%) removal COD pada masing – masing reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.1.

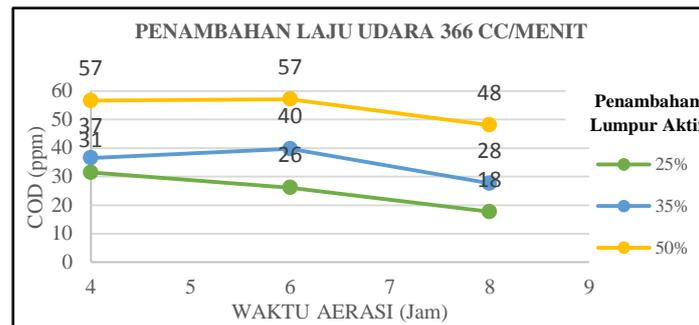
Tabel 3.5 Hasil Analisis Pengaruh Penambahan Laju Udara dan Penambahan Lumpur Aktif dalam Meremoval COD

Penambahan Laju Udara	Penambahan Lumpur Aktif	Waktu Aerasi (Jam)	COD (ppm)		Prosentase Removal COD (%)
			Sebelum	Sesudah	
336 cc/menit	25%	4	331	227	31 %
		6	331	245	26%
		8	331	273	18%
	35%	4	331	210	37%
		6	331	200	40%
		8	331	240	28%
	50%	4	331	144	57%
		6	331	142	57%
		8	331	172	48%
180 cc/menit	25%	4	331	235	29%
		6	331	272	18%
		8	331	231	30%
	35%	4	331	244	26%
		6	331	199	40%
		8	331	170	49%
	50%	4	331	134	60%
		6	331	128	61%
		8	331	104	69%
90 cc/menit	25%	4	331	252	24%
		6	331	221	33%
		8	331	200	40%
	35%	4	331	200	40%
		6	331	190	43%
		8	331	146	56%
	50%	4	331	133	60%
		6	331	122	63%
		8	331	69	79%

Sumber: Hasil Analisis Kandungan COD, 2018

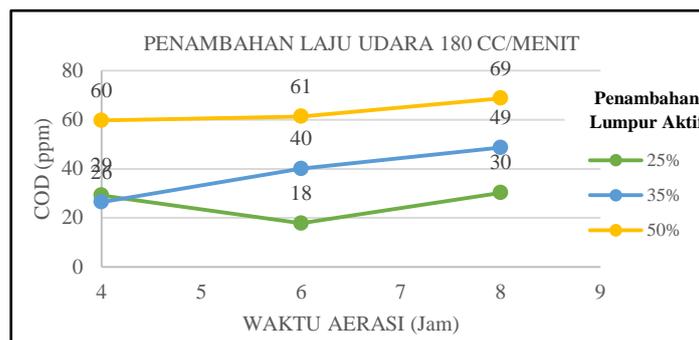
Berdasarkan Tabel 3.1 menunjukkan bahwa penambahan laju udara dan penambahan lumpur aktif dengan aerasi dalam air limbah dapat mempengaruhi penurunan kandungan COD di dalam sampel. Hal tersebut dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme dalam meremoval kandungan organik, sehingga laju sintesisnya dalam sampel air limbah meningkat (Sudaryati, dkk, 2008). Penambahan laju udara (aerasi) yang cukup pada air limbah, dapat memacu aktivitas mikroorganisme untuk merombak atau mereduksi bahan organik pada pengolahan air limbah (Sudaryati, dkk, 2008).

Grafik konsentrasi COD yang telah dilakukan perlakuan dengan penambahan laju udara (366 cc/menit, 180 cc/menit, dan 90 cc/menit), penambahan lumpur aktif (25%, 35%, dan 50%), dan dilakukan aerasi selama 4, 6, dan 8 jam:



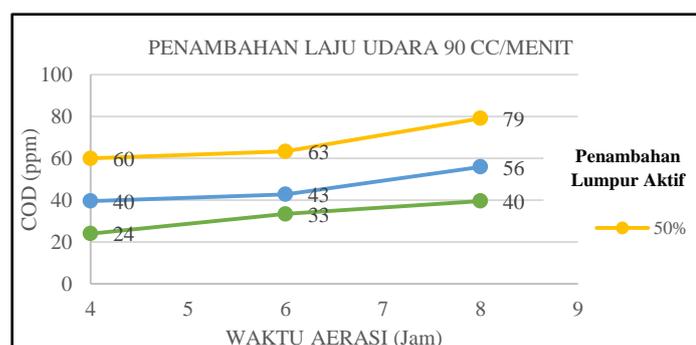
Gambar 3.1 Grafik Prosentase (%) Removal COD Penambahan Laju Udara 366 cc/menit

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa, grafik prosentase (%) removal COD penambahan laju udara 366 cc/menit mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena pada penambahan laju udara 366 cc/menit mengalami *pin point – floc* yang disebabkan karena udara yang diinjeksikan ke dalam air limbah terlalu besar, menyebabkan flok terpecah (EPA, 1997). Ukuran flok yang lebih besar mempunyai kecepatan pengendapan yang lebih besar, sedangkan flok yang lebih kecil mengendap lebih lambat (EPA, 1997). Flok yang terpecah tersebut mengakibatkan menurunnya nilai SV_{30} dan juga mengakibatkan menurunnya kadar MLSS pada air limbah. Menurunnya kadar MLSS mengindikasikan bahwa jumlah mikroorganisme di dalam air limbah juga menurun, sehingga kemampuan mikroorganisme untuk meremoval kandungan COD juga menurun, maka dari itu prosentase removal kandungan COD pada penambahan laju udara 366 cc/menit mengalami penurunan.



Gambar 3.2 Grafik Prosentase (%) Removal COD Penambahan Laju Udara 180 cc/menit

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa, grafik prosentase (%) removal COD pada penambahan laju udara 180 cc/menit, mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan grafik penambahan laju udara 366 cc/menit. Hal tersebut dikarenakan penambahan laju udaranya yang tidak terlalu besar dan tidak terjadi *pin point – floc*, sehingga mikroorganisme yang didalam reaktor dapat meremoval kandungan COD dengan baik. Pada penambahan laju udara 180 cc/menit penurunan konsentrasi COD belum terlalu signifikan, karena konsentrasi COD masih diatas baku mutu yang sudah ditentukan, yaitu baku mutu PerMenLH Nomor. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik, dengan kandungan COD maksimal sebesar 100ppm.



Gambar 3.3 Grafik Prosentase (%) Removal COD Penambahan Laju Udara 90 cc/menit

Gambar 3.3 menunjukkan bahwa, grafik prosentase (%) removal COD pada penambahan laju udara 90 cc/menit, mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan, didalam reaktor tidak terjadi *pin-point floc* dan mikroorganisme mendapatkan suplai oksigen yang cukup sehingga dapat meroyal kandungan COD dengan baik. Jika di dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik, dengan kandungan COD maksimal sebesar 100ppm, pada penambahan laju udara 90 cc/menit dengan penambahan lumpur 50% pada aerasi 8 jam yang paling optimum dalam meremoval kandungan COD dan telah memenuhi baku mutu, yaitu sebesar 69 ppm.

Berdasarkan hasil percobaan dapat diketahui bahwa waktu aerasi 8 jam adalah waktu yang optimum dalam meremoval kandungan COD jika dibandingkan dengan waktu aerasi 4 (empat) dan 6 (enam) jam. Hal tersebut di karenakan waktu dari mikroorganisme untuk memakan atau menguraikan bahan organik (COD) akan semakin lama, sehingga COD yang terurai juga semakin banyak namun apabila semakin sedikit waktu aerasinya maka kandungan COD yang terurai tidak terlalu besar (Sudaryati, dkk. 2018). Penambahan lumpur aktif 25% - 50% merupakan kriteria desain dari *Sanitary Wastewater Treatment Plant* (SWTP) (EMCO *Manual Sanitary*, 1996). Penambahan lumpur dengan prosentase 25% - 50% merupakan kondisi optimal dari suatu proses pengolahan limbah domestik yang ada di SWTP.

Penurunan nilai COD dengan perlakuan (dengan penambahan lumpur aktif) memberikan hasil yang lebih baik dari pada tanpa perlakuan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme untuk merombak atau meremoval, sehingga laju sintesisnya terhadap bahan organik dalam sampel lebih tinggi (Sudaryati, dkk,2008). Selain itu, penambahan laju udara (aerasi) yang cukup pada air limbah, dapat memacu aktivitas mikroorganisme untuk merombak atau mereduksi bahan organik pada pengolahan air limbah (Sudaryati, dkk,2008).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Penurunan konsentrasi COD yang tertinggi terjadi pada penambahan laju udara 90 cc/menit dengan penambahan lumpur aktif 50% pada waktu aerasi selama 8 jam, yaitu dengan konsentarsi COD sebesar 69 ppm dan dengan prosentase (%) removal COD sebesar 79%.
2. Penambahan laju udara 90 cc/menit pada penambahan lumpur aktif 50% dengan 8 jam aerasi hasil analisa kadar COD sebesar 69 ppm, telah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik, dengan kandungan COD maksimal sebesar 100 ppm.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

PT. *Paiton Operation And Maintenance Indonesia* (POMI) khususnya pada *Chemist Laboratorium* pada *Department Production* dan Bapak Ir. Erwan Yulianto selaku pembimbing penulis selama melakukan penelitian di PT. POMI, yang telah mengizinkan dalam pengambilan sampel dan telah memfasilitasi dalam pengujian sampel pada penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adonadaga, M-G. 2015. *Effect of Dissolved Oxygen Concentration on Morphology and Settleability of Activated Sludge Flocs*. Vol.3, NO.2, pp. 31-37. University of Technology. Ghana.Germany.
- EMCO Engineering. 1996. *Sanitary Wastewater Treatment*. Toyo Engineering Corp, Houston. TX. U.S.A.
- Environmental Protection Agency (EPA)*. 1997. *Waste Water Treatment Manuals Primary. Secondary and Tertiary Treatment*. Ardcan Wexford Ireland.
- Martinez, dkk. 2016. *Domestic Wastewater Depuration Using a Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland and Theoretical Surface Optimization: A Case Study under Dry Mediterranean Climate*. University of Murcia. Spain.
- Metcalf & Eddy. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*. Mc. Graw Hill.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu limbah domestik.
- Qipra. 2016. *Buku Panduan Pelatihan Operator Profesional Muda IPAL*. Modul 7-4.

Snyder, Governor, dan Wyant. n.d. *Activated Sludge Proses Control*. DEQ Training Manual For Wastewater Treatment Plant Operators. Department Of Environmental Quality. State of Michigan.

Sudaryati, Kasa, dan Suyasa. 2008. *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. ISSN : 1907-5626pp. 21-29 Universitas Udayana. Bali.

Sulihingtyas, Suyasa, dan Wahyuni. 2010. *Efektivitas Sistem Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar Terhadap Kadar BOD, COD, dan Amonia*. ISSN 1907-9850, pp. 141-148. Universitas Udayana. Bali.

Penggunaan Lidah Buaya sebagai Biokoagulan di Industri Minyak

Dara Puspitasari^{1*}, Adhi Setiawan², Tanti Utami Dewi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : daraa.puspita96@gmail.com

Abstrak

Kegiatan produksi di industri minyak kelapa sawit menghasilkan limbah yang biasa disebut *Palm Oil Mill Effluent* (POME). *Palm Oil Mill Effluent* (POME) memiliki karakteristik yaitu cairan kental yang berwarna coklat tua, berlumpur, mengandung suspensi koloid yang tinggi, dan memiliki bau yang tidak sedap. Koagulasi – flokulasi merupakan teknologi pengolahan yang tepat untuk menurunkan kadar suspensi pada air limbah minyak kelapa sawit. Salah satu unit pengolahan pada IPAL industri minyak adalah koagulasi – flokulasi dengan menggunakan koagulan sintetis. Pembubuhan bahan sintetis dengan dosis yang kurang tepat menyebabkan kualitas efluen IPAL fluktuatif. Selain itu, penggunaan koagulan sintetis menyebabkan volume lumpur yang dihasilkan tinggi. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan analisa penggunaan biokoagulan lidah buaya dan biji kelor sebagai pengganti koagulan sintetis pada IPAL industri minyak. Dosis biokoagulan lidah buaya yang digunakan adalah 500 mL / 500 mL aquades. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan konsentrasi awal COD, TSS dan kekeruhan yaitu sebesar 338,2 mg/L, 220,25 mg/L, dan 20,25 NTU. Dari hasil pengujian jar test, didapatkan konsentrasi COD, TSS dan kekeruhan sebesar 76,05 mg/L, 120,5 mg/L, dan 4,15 NTU dengan konsentrasi optimum biokoagulan 60 mL/L, sehingga didapatkan efisiensi removal COD, TSS dan kekeruhan sebesar 77,51%, 45,29% dan 79,51%.

Kata Kunci: biokoagulan, koagulan alami, lidah buaya.

1. PENDAHULUAN

Industri minyak di Indonesia saat ini menjadi sangat pesat karena terjadi peningkatan jumlah produksi kelapa sawit seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat. Selama bertahun – tahun, kelapa sawit memiliki peranan penting dalam perekonomian di Indonesia (Yonas dkk, 2012). Produksi minyak kelapa sawit meningkat dari tahun ke tahun. Dampak lain dari perkembangan produksi minyak sawit mentah adalah meningkatnya limbah cair kelapa sawit, yang disebut sebagai *Palm Oil Mill Effluent* atau POME. Limbah *Palm Oil Mill Effluent* ini berasal dari proses pengolahan buah kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) terdiri dari komponen – komponen buah kelapa sawit yang mudah larut dalam air (Madaki & Seng, 2013). POME juga mengandung *suspended solids* halus, apabila kandungan TSS tersebut terbawa ke badan air, maka akan menimbulkan beberapa masalah seperti pendangkalan air sungai (Nurmalita dkk, 2013).

Pada proses koagulasi-flokulasi umumnya menggunakan koagulan dan flokulan bahan sintetis. Dalam proses koagulasi-flokulasi biasanya menggunakan koagulan jenis alum. Akan tetapi, metode ini masih memiliki kekurangan dalam pelaksanaannya karena prosesnya terlalu kompleks dan memerlukan biaya yang tinggi (Malaka, 2011). Disamping itu, pengolahan air yang sangat mahal bagi negara-negara berkembang dan membutuhkan penggunaan bahan sintetis yang berdampak pada kesehatan manusia. Kebanyakan industri minyak menggunakan kapur sebagai koagulan dan PAC sebagai flokulan. Penggunaan bahan sintetis ini menyebabkan volume lumpur bertambah besar (Kristijarti dkk, 2013).

Penggunaan koagulan alami diharapkan bisa mengurangi biaya pengolahan dan juga meminimalisasi dampak lingkungan yang disebabkan dari penggunaan bahan sintetis yang menghasilkan efek samping dalam penggunaannya. Penggunaan koagulan alami ini akan lebih murah dibandingkan dengan penggunaan koagulan sintetis. Lidah buaya merupakan suatu pilihan sebagai pengganti koagulan sintetis. Hal ini karena lidah buaya mengandung mucilago atau gel yang sama halnya seperti tumbuhan kaktus yang telah dibuktikan dapat menjernihkan air. Pemilihan lidah buaya sebagai biokoagulan ini karena lidah buaya yang mudah didapat dan harga yang murah dibandingkan koagulan sintetis (Pichler dkk, 2012).

2. METODOLOGI

a. Persiapan Sampel

Sampel limbah cair industri minyak diambil dari inlet tangki koagulasi industri minyak. Kemudian dilakukan pengujian konsentrasi awal pada sampel meliputi COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), dan kekeruhan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kandungan sampel yang akan digunakan dalam percobaan.

b. Pembuatan Biokoagulan Lidah Buaya

Lidah buaya dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel dan kupas kulit lidah buaya. Kemudian bagian dalam (daging lidah buaya) dipotong menjadi beberapa bagian yang lebih kecil dan dihaluskan dengan menggunakan blender hingga menjadi bubuk. 500 mL gel lidah buaya kemudian dilarutkan dalam 500 mL air dan diaduk menggunakan pengaduk magnet (*magnetic stirrer*). Filtrat kemudian disimpan dalam wadah yang bersih dan kering. Filtrat ini dapat disimpan dalam lemari pendingin tidak lebih dari 1 minggu.

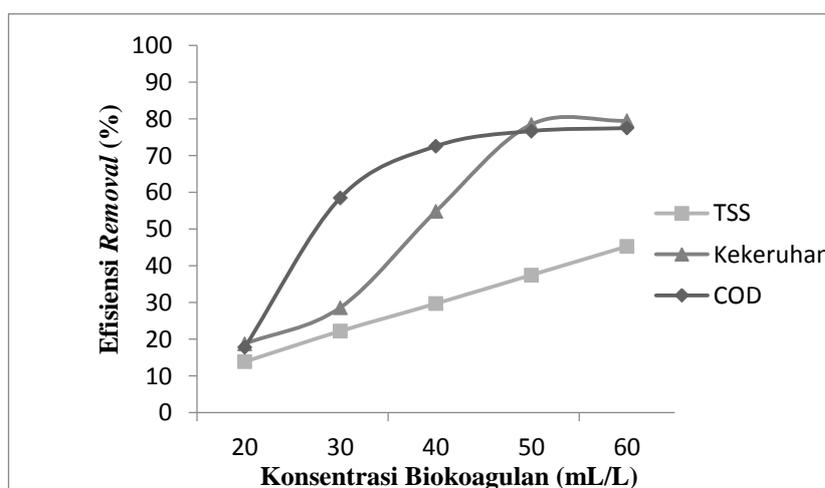
c. Pelaksanaan Jar Test

Terdapat 500 mL volume sampel pada tiap gelas beaker yang telah dibubuhkan lidah buaya dan biji kelor dengan volume berbeda-beda pada setiap gelas beaker. Gelas beaker tersebut kemudian diaduk pada berbagai kecepatan yang terdiri dari pengadukan cepat (300 rpm) selama 2 menit dilanjutkan pengadukan lambat (30 rpm) selama 15 menit. Setelah pengadukan, larutan didiamkan selama 30 menit untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk. Setelah pengendapan, sampel dalam gelas beaker diambil dengan menggunakan pipet. Sampel yang diambil adalah supernatan, yang selanjutnya dilakukan pengujian laboratorium untuk parameter COD secara titrimetri sesuai SNI 06-6989.15-2004, TSS secara gravimetri sesuai SNI 06-6989.3-2004, dan kekeruhan dengan metode nefelometri sesuai SNI 06-6989.25-2005. Pada penelitian ini digunakan variasi konsentrasi biokoagulan 20 mL/L, 30 mL/L, 40 mL/L, 50 mL/L, dan 60 mL/L.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian awal, diketahui bahwa konsentrasi COD, TSS dan kekeruhan pada sampel air limbah industri minyak yaitu sebesar 338,2 mg/L, 220,25 mg/L, dan 20,25 NTU. Analisa parameter awal bertujuan untuk mengetahui konsentrasi COD, TSS dan kekeruhan pada air limbah industri minyak. Untuk mengetahui efektifitas *removal* biokoagulan perlu dilakukan pengujian karakteristik awal COD, TSS dan kekeruhan pada air limbah. Pada pembahasan ini, akan diketahui besarnya penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*) dan kekeruhan pada sampel air limbah sebelum dan sesudah dilakukan pembubuhan biokoagulan lidah buaya.

Dosis biokoagulan lidah buaya yang digunakan yaitu 500 mL / 500 mL aquades (1:1). Hasil efisiensi *removal* biokoagulan lidah buaya terhadap konsentrasi COD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Efisiensi *Removal*

Gambar 1. menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi biokoagulan lidah buaya maka semakin meningkat pula efisiensi *removal* yang dihasilkan. Penurunan COD, TSS dan kekeruhan maksimum terjadi

pada saat konsentrasi biokoagulan lidah buaya 60 mL/L. Konsentrasi COD mengalami penurunan sebesar 262,15

mg/L atau efisiensi *removal* sebesar 77,51%. Selain itu, konsentrasi TSS mengalami penurunan sebesar 99,75 mg/L atau efisiensi *removal* sebesar 45,29%, dan konsentrasi kekeruhan mengalami penurunan sebesar 16,05 NTU atau efisiensi *removal* sebesar 79,5%. Pada konsentrasi yang melebihi konsentrasi optimum, kekeruhan akan kembali naik. Hal ini dikarenakan karena pada konsentrasi optimum koloid telah dinetralkan dan mengendap, sehingga pemberian koagulan yang berlebihan akan menyebabkan air limbah menjadi keruh kembali karena sudah tidak dapat berinteraksi dengan partikel koloid yang berbeda muatan (Bramantyo & Mustofa, 2014).

Selama proses koagulasi, terjadi interaksi antar partikel-partikel yang berbeda ukuran, dan membentuk partikel-partikel yang lebih besar dan lebih cepat mengendap daripada partikel yang berukuran kecil dan juga cenderung bertabrakan lebih jauh dan bergabung dengan partikel kecil lainnya sampai proses koagulasi berakhir. Mekanisme koagulasi dan flokulasi dapat dijelaskan dengan mekanisme netralisasi muatan dan *bridging* (terhubungnya beberapa partikel menjadi partikel flok). *Mucilago* adalah campuran polisakarida dengan berat molekul tinggi. Peningkatan berat molekul flokulan mendukung *bridging* relatif untuk mengisi mekanisme netralisasi. *Bridging* mungkin disebabkan oleh sifat hidrofilik *mucilago*, beberapa ikatan hidrogen terbentuk antara molekul polielektrolit dan air. Asosiasi ini cenderung menempati area permukaan yang lebih besar sehingga menyebabkan viskositas yang sangat tinggi. Hal ini merupakan salah satu ciri untuk membentuk aglomerat / gumpalan (Anuradha dkk, 2012).

Pembubuhan biokoagulan lidah buaya dengan konsentrasi optimum yaitu 60 mL/L dapat mengikat zat-zat pencemar dalam air limbah. Dosis koagulan merupakan salah satu faktor penting yang telah dipertimbangkan untuk menentukan kondisi optimum dari koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi. Kelebihan atau kekurangan dosis akan menyebabkan hasil yang kurang baik dalam proses koagulasi-flokulasi (Radzuan dkk, 2017). Lidah buaya berpotensi menurunkan kekeruhan dalam air karena memiliki kandungan karbohidrat kompleks dan gula sehingga dapat mengikat partikel-partikel pencemar dalam air. Hal ini karena lidah buaya mengandung *mucilago* atau gel yang sama halnya seperti tumbuhan kaktus yang telah dibuktikan dapat menjernihkan air (Mujariah dkk, 2016).

Lidah buaya mengandung *acetylated mannan (acemannan)* yang merupakan polisakarida. *Acetylated mannan* inilah yang mampu mengolah zat-zat pencemar air limbah. Analisa karbohidrat menunjukkan bahwa dinding sel lidah buaya memiliki *mannose* yang mengandung polisakarida. Banyak peneliti telah mengidentifikasi *acetylated mannan (acemannan)* sebagai polisakarida utama dalam gel lidah buaya. Secara umum, *mannans* memainkan peran struktural pada tumbuhan sebagai hemiselulosa yang mengikat selulosa. *Mannans* juga memenuhi fungsi penyimpanan sebagai cadangan karbohidrat non-pati dalam biji dan jaringan vegetatif (Hamman, 2008).

4. KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimal biokoagulan lidah buaya untuk mereduksi TSS, kekeruhan, dan COD adalah 60 mL/L dengan efisiensi *removal* sebesar 45,29%, 79,51%, dan 77,51%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amruta, G., & Munavalli, G. (2017). Use of Aloe Vera as Coagulant Aid in Turbidity Removal. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10, 314-317.
- Anuradha, K., Bangal, P., & Madhavendra, S. S. (2012). Novel Natural Coagulants for Water Clarification. *Environmental Science An Indian Journal*, 226-232.
- Bramantyo, A. E., & Mustofa, A. (2014). Pembuatan Bio Koagulan dari Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Pengganti Koagulan Sintetis (Tawas). Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Hamman, J. H. (2008). Composition and Applications of Aloe Vera Leaf Gel. *molecules*, 5, 1599-1616.
- Irma, N. Y., Philippe, S., Abdoukarim, A., Alassane, Y. A., Pascal, A. C., Daouda, M., et al. (2016). Evaluation of Aloe Vera leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity Removal Trials of Water by Coagulation Flocculation. *Research Journal of Recent Science*, 5, 9-15.
- Kristijarti, A. P., Suharto, I., & Marieanna. (2013). *Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X.*

Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Katolik Parahyangan.

- Madaki, Y. S., & Seng, L. (2013). Palm Oil Mill Effluent (POME) from Malaysia Palm Oil Mills: Waste or Resource. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2, 1138-1155.
- Malaka, D. (2011). Kajian Efektifitas Tepung Biji Kelor dalam Meningkatkan Kualitas Air. Skripsi, Universitas Tadulako.
- Mujariah, Abram, P. H., & Jura, M. R. (2016). Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) sebagai Koagulan Alami dalam Penjernihan Air Sumur di Desa Sausu Tambu Kecamatan Sausu. *Jurnal Akademia Kimia*, 5, 1, 16-22.
- Nurmalita, Maulidia, & Syukri, M. (2013). Analisa Kekeruhan dan Kandungan Sedimen dan Kaitannya dengan Kondisi DAS Sungai Krueng Aceh. Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Berbasis Masyarakat menuju Hutan Aceh Berkelanjutan, Universitas Syiah Kuala.
- Pichler, T., Young, K., & Alcantar, N. (2012). Eliminating Turbidity in Drinking Water Using the Mucilage of a Common Cactus. *Water Science & Technology: Water Supply*, 179-186.
- Radzuan, R. M., Mohamed, R. S., AA, A.-G., & Kassim, A. H. (2017). Application of Natural Coagulants for Wastewater Treatment. *Integrated Water Resources Protection*, 1, 60-73.
- Setiawan, A., Priastuti, U., & Novitrie, N. A. (2018). SOSIALISASI DAMPAK PEMAKAIAN BAHAN KIMIA RUMAH TANGGA DAN BAHAN ADITIF MAKANAN TERHADAP KESEHATAN KELUARGA. *Jurnal Cakrawala Maritim*, 1(1), 15-20.
- Yonas, R., Irzandi, U., & Satriadi, H. (2012). Pengolahan Limbah POME (Palm Oil Mill Effluent) dengan Menggunakan Mikroalga. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1, 7-13.

Penurunan Konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* pada Limbah Cair Industri Asam Fosfat Menggunakan Elektrokoagulasi

Herdika Afiant Bimantara^{1*}, Adhi Setiawan², Novi Eka Mayangsari³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : herdikaafiantbimantara@gmail.com

Abstrak

Suatu industri asam fosfat menghasilkan air limbah dari berbagai proses seperti kegiatan *blowdown*, pencucian gypsum, dan kondensat. Air limbah tersebut diolah pada unit *Waste Water Treatment* (WWT) dengan metode koagulasi flokulasi kimia. Penggunaan bahan kimia yang tinggi serta perlengkapan mekanik dalam *chemical preparation* memiliki *operating cost* yang cukup besar. Terdapat teknologi pengolahan air limbah yang dinamakan elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air limbah yang dapat meminimalisir bahkan tidak membutuhkan bahan kimia, sehingga perlu dilakukan sebuah penelitian tentang pengolahan air limbah industri asam fosfat menggunakan metode elektrokoagulasi. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan reaktor dengan dimensi 25 cm x 30 cm x 25 cm serta pelat elektroda aluminium sebesar 0,1 cm x 5 cm x 20 cm. Air limbah yang digunakan berasal dari industri asam fosfat dengan volume sebesar 13,5 liter diolah secara batch lalu diukur konsentrasi dari COD, TSS, dan *Fluoride*. Hasil pengukuran kandungan COD, TSS, dan *Fluoride* dianalisis pengaruh dari nilai tegangan yang digunakan yakni 10 Volt, 20 Volt, dan 30 Volt dengan jarak antar pelat elektroda sebesar 0,5 cm. Dari penelitian ini didapatkan penurunan konsentrasi tertinggi untuk COD adalah 640,675 mg/liter; TSS sebesar 701,955 mg/liter; dan *Fluoride* sebesar 15,615 mg/liter dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 30 V.

Kata Kunci: *Chemical Oxygen Demand*, Elektrokoagulasi, *Fluoride*, *Total Suspended Solid*

1. PENDAHULUAN

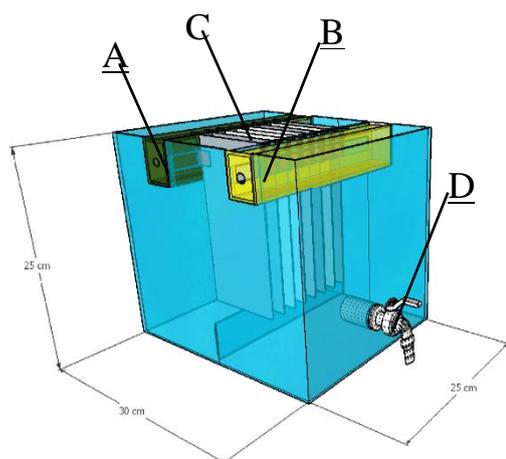
Industri asam fosfat merupakan industri yang menghasilkan asam fosfat dengan mereaksikan asam sulfat dengan batu fosfat. Dalam proses produksi akan dihasilkan limbah yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke badan air agar tidak terjadi pencemaran lingkungan. Teknologi yang digunakan dalam mengolah air limbah industri asam fosfat adalah koagulasi flokulasi kimia. Metode ini memiliki tingkat kebutuhan bahan kimia dan produksi sludge yang tinggi. Selain itu, koagulan dan flokulan membutuhkan proses *chemical preparation* sebelum diinjeksikan ke dalam air limbah. *Chemical preparation* membutuhkan lahan dan berbagai peralatan seperti *mixer*, *dosing pump*, dan *dosing tank*.

Menurut Trapsilasiwi dan Assomadi (2011) melaporkan bahwa elektrokoagulasi merupakan metode yang mampu menyisihkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, produk minyak bumi, warna pada zat pewarna, larutan humus, dan defluoridasi air. Metode ini memiliki keuntungan dibandingkan dengan teknik pengolahan kimia pada umumnya seperti perlengkapan yang sederhana, mudah untuk dioperasikan, waktu retensi yang lebih singkat, mengurangi atau bahkan dapat meniadakan penggunaan zat kimia, pengendapan flok yang cepat, dan jumlah lumpur yang dihasilkan lebih sedikit. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh dari nilai tegangan listrik yang digunakan terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* setelah dilakukan proses pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi.

2. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor elektrokoagulasi. Desain reaktor elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Keterangan:

- A = Rumah Rangkaian Katoda
- B = Rumah Rangkaian Anoda
- C = Elektroda
- D = Kran

Gambar 10 Desain Reaktor Elektrokoagulasi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair dari industri asam fosfat.

B. Prosedur Percobaan

Reaktor elektrokoagulasi dipersiapkan dengan memasang pelat elektroda aluminium pada penjepit elektroda. Jarak antar pelat elektroda diatur 0,5 cm. Selanjutnya *power supply* dipersiapkan dengan menghubungkannya ke sumber listrik lalu dinyalakan dengan menekan tombol power. Nilai tegangan diatur sesuai dengan variasi tegangan yang akan digunakan dalam penelitian ini yakni 10 Volt, 20 Volt, dan 30 Volt. Setelah nilai tegangan diatur, *power supply* dimatikan terlebih dahulu. Air limbah industri asam fosfat dengan volume 13,5 dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi lalu rumah rangkaian pada reaktor elektrokoagulasi dihubungkan ke *power supply* dengan menggunakan kabel sesuai dengan rangkaian berikut ini. *Power supply* dinyalakan bersamaan dengan dimulainya *stopwatch*. Apabila sudah mencapai 30 menit maka *power supply* dimatikan. Air limbah dialirkan melalui kran lalu disaring menggunakan kertas saring. Air yang telah disaring akan diukur kandungan COD, TSS, dan *Fluoride*.

C. Analisis kandungan COD, TSS, dan Fluoride

Air limbah industri asam fosfat baik sebelum maupun sesudah diolah dengan elektrokoagulasi dianalisis kandungan COD, TSS, dan *Fluoridenya* sehingga dapat diketahui penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoridenya*. Konsentrasi COD diukur dengan metode titrimetri sesuai dengan SNI 6989.73:2009. Untuk pengukuran konsentrasi TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri sesuai dengan SNI 06-6989.3-2004. Sedangkan untuk analisis kandungan *Fluoride* pada sampel uji menggunakan metode spektrofotometri sesuai dengan SNI 06-6989.29-2005.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* dengan menggunakan metode elektrokoagulasi merupakan selisih konsentrasi antara konsentrasi air limbah sebelum diolah dengan sesudah diolah menggunakan elektrokoagulasi. Hasil dari analisis konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* pada air limbah sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

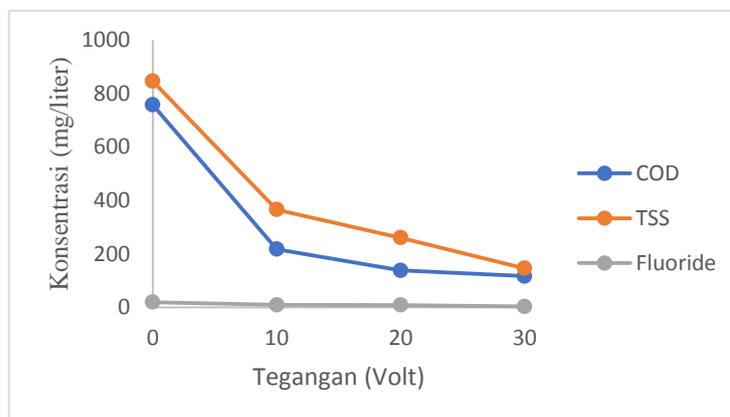
Tabel 7 Hasil Analisis Konsentrasi COD, TSS, dan Fluoride pada Air Limbah Sebelum dan Sesudah Proses Elektrokoagulasi

Nama Sampel	Konsentrasi			
	COD (mg/liter)	TSS (mg/liter)	<i>Fluoride</i> (mg/liter)	
Sebelum Proses Elektrokoagulasi	757,7	845,905	19,29	
Sesudah Proses Elektrokoagulasi	10 Volt	217,55	365,65	
	20 Volt	138,175	260,64	
	30 Volt	117,025	143,95	
		9,58	8,6	3,675

Berdasarkan dari hasil analisis konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* baik sebelum maupun setelah melalui proses elektrokoagulasi, didapatkan nilai selisih konsentrasi yang selanjutnya dapat dibuat trem

sehingga dapat diidentifikasi pengaruh dari nilai tegangan listrik yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi terhadap

penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride*. Pengaruh nilai tegangan listrik terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* dengan menggunakan proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 11 Pengaruh Nilai Tegangan Listrik terhadap Penurunan Konsentrasi COD, TSS, dan Fluoride setelah Melalui Proses Elektrokoagulasi

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* menurun seiring dengan bertambahnya nilai tegangan listrik yang digunakan. Penurunan tertinggi COD adalah sebesar 640,675 mg/liter; TSS sebesar 701,955 mg/liter; dan *Fluoride* sebesar 15,615 mg/liter dengan menggunakan tegangan listrik 30 Volt.

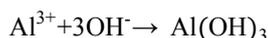
Nilai tegangan listrik yang semakin meningkat menyebabkan penurunan yang semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin tingginya nilai tegangan listrik yang digunakan jumlah aluminium yang teroksidasi menjadi meningkat sehingga polutan dalam air limbah yang tersisihkan semakin banyak. (Takdastan dkk,2014)

Berdasarkan persamaan dari *Faraday's Law* mengenai *electrode consumption*, bahwa jumlah elektroda yang terlarut berbanding lurus dengan nilai arus listrik yang ada pada sistem elektrokoagulasi. Apabila ditinjau dari hukum Ohm, maka kuat arus listrik berbanding lurus dengan nilai tegangan listrik. Oleh karena itu semakin tinggi nilai tegangan listrik yang digunakan maka penurunan konsentrasi setelah melalui proses elektrokoagulasi akan semakin besar. Selain itu, tegangan listrik yang diaplikasikan pada proses elektrokoagulasi menentukan jumlah dosis koagulan dan pembentukan gelembung yang mana sangat berpengaruh terhadap pengadukan air limbah dan transfer massa pada elektroda. (Farhadi dkk, 2012)

Pada pelat elektroda aluminium terjadi reaksi oksidasi pada anoda dan reduksi pada katoda. Reaksi oksidasi yang terjadi pada pelat anoda adalah sebagai berikut:

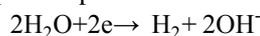


Pelat anoda aluminium teroksidasi menjadi ion Al^{3+} yang berfungsi sebagai koagulan dalam air limbah. Ion Al^{3+} yang telah dihasilkan akan mendestabilisasi polutan dalam air limbah sehingga dapat dipisahkan. Di dalam air limbah akan terjadi reaksi kimia berikut:



Berdasarkan reaksi kimia diatas maka dihasilkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dimana senyawa ini merupakan *sweep flocs* yang memiliki luas permukaan yang tinggi. *Sweep flocs* yang terbentuk akan mengadsorpsi senyawa organik dan menangkap partikel koloid sehingga akan mudah untuk dipisahkan. Berkurangnya kandungan senyawa organik dan partikel koloid menyebabkan kandungan COD menurun. (Bratby, 2006)

Reaksi reduksi yang terjadi pada pelat katoda aluminium adalah sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi reduksi pada pelat katoda aluminium diatas dihasilkan gas H_2 atau hidrogen. Terbentuknya gas hidrogen akan mengakibatkan tereduksinya material organik. Sebagian molekul yang terdapat pada limbah ditangkap $\text{Al}(\text{OH})_3$ kemudian penyisihan oleh H_2 sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan COD. (Setianingrum dkk, 2016)

Reaksi defluoridasi adalah sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi defluoridasi maka seiring dengan bertambahnya koagulan dari pelat elektroda aluminium maka jumlah *sweep flocs* akan semakin tinggi sehingga jumlah *fluoride* yang diendapkan dalam bentuk $\text{Al(OH)}_{3-x}\text{F}_x$ akan meningkat (Gosh, 2009).

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan percobaan didapatkan bahwa seiring dengan bertambahnya nilai tegangan listrik maka penurunan konsentrasi COD, TSS, dan *Fluoride* semakin besar. Penurunan konsentrasi terbesar COD adalah 640,675 mg/liter; TSS sebesar 701,955 mg/liter; dan *Fluoride* sebesar 15,615 mg/liter dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 30 Volt.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bratby, J. (2006). *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment Second Edition*. London: IWA.
- Farhadi, S., Aminzadeh, B., Torabian, A., Khatibikamal, V., & Fard, M. A. (2012). *Comparison of COD removal from pharmaceutical wastewater by electrocoagulation, photoelectrocoagulation, peroxi-electrocoagulation and peroxi-photoelectrocoagulation processes*. *Journal of Hazardous Materials*, 219-220.
- Ghosh, D. (2009). *Removal of Fluoride, Iron and Arsenic from Drinking Water using a Combination of Electrocoagulation and Microfiltration*.
- Setianingrum, Novie Putri. dkk. (2016). Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Pewarna *Remazol Red RB* dengan Metode Elektrokoagulasi. 93-97.
- Takdastan, A., Tabar, S. E., Islam, A., Bazafkan, M., & Naisi, A. (2015). *The Effect of the electrode in fluoride removal from drinking water by electrocoagulation process*.
- Trapsilapsiwi & Assomadi. (2011). Aplikasi Elektrokoagulasi Menggunakan Pasangan Elektroda Aluminium Untuk Pengolahan Air Dengan Sistem Kontinyu.

Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Dipo Lokomotif dengan Alternatif *Anaerobic Filter* dan *Anaerobic Baffle Reactor*

Dynar Riski Amalia^{1*}, Ahmad Erlan Afiuddin², Moch Luqman Ashari³

¹ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : dynariskiamalia@gmail.com

Abstrak

Dipo lokomotif merupakan bengkel untuk perawatan dan pemeliharaan lokomotif kereta api. Perawatan dan pemeliharaan kereta menghasilkan limbah oli yang bercampur dengan air hasil pencucian dan perawatan kereta. Limbah cair yang tercampur oli jika langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Pengolahan limbah cair di Dipo lokomotif dilakukan dengan membangun suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL). IPAL tersebut memiliki beberapa masalah, pada unit filtrasi, limbah tidak mampu diolah dengan baik karena kondisi unit filter yang tidak terawat dan material terbuat dari bahan yang mudah korosi jika terkena limbah tersebut. IPAL dipo lokomotif juga tidak terdapat unit pemisah minyak dan air limbah. Debit yang dihasilkan dari limbah dipo lokomotif sebesar 25 m³/hari sedangkan unit filter hanya mampu mengolah sebesar 19 m³/hari, untuk mengolah limbah cair dipo lokomotif direncanakan menggunakan 2 alternatif yaitu bak *anaerobic filter* dan bak *anaerobic baffle reactor*. Instalasi yang dibutuhkan yaitu bak pemisah minyak, bak ekualisasi, bak *anaerobic filter* dan bak *anaerobic baffle reactor*. Bak pemisah minyak digunakan untuk memisahkan minyak pelumas dengan limbah cair dan bak ekualisasi untuk menstabilkan debit. Pada bak *anaerobic filter* efisiensi removal BOD sebesar 86,63 % dan COD sebesar 82,5 %, sedangkan bak *anaerobic baffle reactor* efisiensi removal BOD sebesar 80,27 % dan COD sebesar 74,97 %. Dimensi bak pemisah minyak 0,75 m x 1,5 m x 1,2 m, bak ekualisasi 1,5 m x 2 m x 2 m, *Anaerobic filter* 6,8 m x 2,5 m x 2,5 m, dan *Anaerobic baffle reactor* 14,4 m x 1,8 m x 1,5 m.

Kata Kunci : *Anaerobic filter*, *Anaerobic Baffle Reaktor*, *Dipo Lokomotif*

1. PENDAHULUAN

Dipo lokomotif merupakan bengkel untuk perawatan dan pemeliharaan lokomotif (Putera, 2014) sedangkan dipo kereta adalah bengkel untuk perawatan dan pemeliharaan gerbong kereta. Dalam perawatan dan pemeliharaan kereta menghasilkan limbah oli yang bercampur dengan air hasil pencucian dan perawatan kereta. Limbah cair yang tercampur oli jika langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Limbah oli termasuk kategori limbah B3. Satu liter dalam limbah oli bekas dapat merusak jutaan liter air segar dan sumber air tanah maupun air sungai dan sangat berbahaya bagi lingkungan (Fitriawan, 2010). Hasil pengujian sampel air limbah dipo lokomotif terdapat kandungan COD sebesar 818,9548 mg/L, BOD sebesar 420 mg/L dan TSS sebesar 52 mg/l dan minyak sebesar 14 mg/L. Dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan cuci kendaraan bermotor air limbah dipo lokomotif belum memenuhi baku mutu.

Dipo lokomotif Sidotopo telah mengolah limbah cair dengan membangun IPAL. IPAL digunakan untuk mengolah limbah cair yang tercampur oli dari proses pencucian dan perawatan lokomotif kereta api. IPAL tersebut terdiri dari sump pit, bar screen, penampung oli dan filter. IPAL dipo lokomotif terdapat beberapa masalah, pada unit filtrasi limbah tidak mampu diolah dengan baik karena kondisi unit filter yang tidak terawat dan material terbuat dari bahan yang mudah korosi jika terkena limbah tersebut. Filter sederhana yang berasal dari ijuk tidak berjalan dengan baik dan terpaksa harus langsung dibuang ke badan air. Debit yang dihasilkan oleh dipo lokomotif sebesar 25 m³/hari sedangkan filter hanya mampu mengolah air limbah sebesar 19 m³/hari. Unit penampung oli hasil dari pemisahan limbah oli dan air masih terdapat banyak kandungan air yang ikut terbawa karena tidak ada unit pemisah khusus antara oli dan air, dalam IPAL dipo lokomotif proses pemisahan oli dilakukan dengan pompa. Hal itu kurang efisien karena operator harus

berhati-hati dan siaga mematikan pompa jika ada air yang ikut terbawa ke unit pengumpul oli. Permasalahan-permasalahan di atas dapat diatasi dengan merencanakan kembali IPAL yang ada.

Perencanaan ulang terhadap IPAL diplo lokomotif Sidotopo dapat menjadi salah satu solusi terbaik dalam mengatasi permasalahan air limbah di tempat tersebut. Diperlukan pemilihan suatu alternatif proses pengolahan untuk mendapatkan tingkat pengolahan yang baik. Perencanaan ini menggunakan unit pemisah lemak dan bak ekualisasi sebagai unit pengolahan fisik dan digunakan dua alternatif pada pengolahan biologis dengan menggunakan *Anaerobic Filter* (AF) dan *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR).

Anaerobik Filter (AF) dan Anaerobik Baffle Reactor (ABR) merupakan unit pengolahan air limbah yang biasa digunakan untuk mengolah limbah domestik maupun limbah industri. AF dan ABR memiliki keunggulan dimana dalam proses pengolahan limbah kedua unit ini memiliki efisiensi yang tinggi, tidak membutuhkan energi yang besar dan lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan pengolahan aerob, pengolahannya mudah dan dari segi konstruksi kedua unit ini tidak membutuhkan lahan yang luas dan dapat dibangun dibawah maupun diatas permukaan tanah, maka berdasarkan keunggulan diatas, dipilih alternatif pengolahan Anaerobik Filter dan Anaerobik Baffle Reaktor. Perencanaan ulang IPAL ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi alternatif IPAL untuk mengolah limbah diplo lokomotif jenis kegiatan perawatan kereta api sehingga air limbah tidak mencemari badan air.

2. METODOLOGI

Dilakukan perancangan ulang terhadap instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Dipo Lokomotif jenis kegiatan perawatan kereta api.

Data yang dibutuhkan

1. Data Primer
 - Karakteristik air limbah
 - Dimensi dan Layout IPAL eksisting
2. Data Sekunder
 - Debit air limbah
 - Baku mutu air limbah

Langkah-langkah penyelesaian

Pada perancangan ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur
 - Studi literatur menggunakan teks book, jurnal maupun peraturan-peraturan pemerintah.
2. Pengumpulan data
 - Data-data yang dikumpulkan meliputi data-data primer dan sekunder.
3. Analisa data
 - Melakukan pengujian karakteristik air limbah
 - Menghitung penyisihan removal rencana
 - Menghitung dimensi tiap-tiap unit IPAL rencana
 - Membuat kesimpulan dan saran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Debit dan Karakteristik Air Limbah

1. Debit Air Limbah

Debit merupakan hal yang paling utama dalam menentukan perencanaan sebuah unit. Debit air limbah yang dihasilkan diplo lokomotif sebesar 25 m³/hari. Debit tersebut diperoleh dari data industri.

$$\begin{aligned} \text{Debit rata-rata air limbah} &= \frac{25 \text{ m}^3}{\text{hari}} \times \frac{\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\ &= 1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

2. Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah menggunakan data hasil uji laboratorium sampel influen IPAL Diplo Lokomotif. Hasil uji karakteristik air limbah akan dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan cuci kendaraan bermotor. Hasil uji karakteristik air limbah dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 7 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Dipo Lokomotif

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku mutu
1.	Mh	-	6,74	6-9
2.	BOD ₅	mg/L	420	100
3.	COD	mg/L	818,9548	250
4.	TSS	mg/L	52	100
5.	Minyak Lemak	mg/L	14	10
6.	Detergent	mg/L	1,8731	10
7.	Phosphat (P ₂ O ₄)	mg/L	0,14722	10

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium, 2018

Berdasarkan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa parameter BOD, COD dan Minyak lemak masih melebihi baku mutu, sehingga dibutuhkan alternatif pengolahan yang dapat mengolah polutan tersebut dengan baik.

B. Pertimbangan Pemilihan Unit Pengolahan

Pemilihan unit-unit dari alternatif pengolahan yang dipilih pada dipo lokomotif didasarkan atas beberapa hal yaitu :

1. Pengolahan fisik

Pada dipo lokomotif air limbah yang dihasilkan mengandung minyak atau oli sehingga dalam pengolahannya harus dipisahkan terlebih dahulu kandungan minyak yang dihasilkan sebelum diolah ke unit IPAL selanjutnya, sehingga dipilih bak pemisah minyak pada unit pengolahan fisik. Selanjutnya direncanakan adanya bak ekualisasi untuk mengontrol dan menstabilkan laju debit yang masuk.

2. Pengolahan biologis

Dari hasil uji karakteristik air limbah didapatkan rasio BOD/COD sebesar 0,51. Menurut Metcalf (2014) rasio BOD/COD yang lebih dari 0,5 dijadikan tolak ukur bahwa limbah lebih baik diolah menggunakan pengolahan biologis. Pada perencanaan IPAL dipo lokomotif dipilih menggunakan pengolahan anaerob karena lumpur yang dihasilkan sedikit, kebutuhan energi lebih kecil dan pengolahan jauh lebih mudah dari pengolahan aerob. Unit *Anaerobic filter* dipilih sebagai alternatif pertama dan *Anaerobic baffle reactor* sebagai alternatif kedua karena konstruksi reactor sederhana dan luas lahan yang dibutuhkan tidak besar, karena lahan yang tersedia pada dipo lokomotif hanya sebesar 290 m², dari kriteria pertimbangan diatas direncanakan unit pengolahan limbah dengan dua alternatif unit IPAL.

C. Penyisihan Removal Rencana

Efisiensi removal tiap parameter pada unit *Anaerobic filter* dan *Anaerobic baffle reactor* dipengaruhi oleh beberapa hal seperti, waktu detensi, kualitas air limbah, luas spesifik media, suhu dan kompartemen, setelah dilakukan perhitungan penyisihan removal rencana yang bersumber pada rumus teks book *Decentralised Waste Water Treatment in Developing Countries* oleh Sasse didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 2. Penyisihan Removal Rencana

Alternatif	Efisiensi Penyisihan (%)		
	BOD	COD	TSS
Anaerobic filter	86,63 %	82,5 %	70,35 %
Anaerobic baffle reactor	80,27 %	74,97 %	70,35 %

D. Perhitungan Dimensi IPAL

Perhitungan dimensi IPAL mengacu pada beberapa literatur meliputi teks book *Decentralised Waste Water Treatment in Developing Countries* oleh Sasse, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse Fourth Edition* oleh Metcalf and Eddy baik dalam memperoleh kriteria desain dan perhitungan dimensi. Hasil dari perhitungan tersebut adalah:

1. Bak Pemisah Minyak

Bak pemisah minyak merupakan unit pengolahan air limbah untuk memisahkan minyak sebelum diolah ke unit selanjutnya.

Kriteria Desain :

Waktu tinggal = 24 menit – 2,5 jam

Panjang dan Lebar minimal = 2-3 : 1

Tinggi ruang bebas = 0,2 m- 0,4 m

Direncanakan :

Waktu tinggal = 1 jam

Ketinggian = 1 m

Rasio Panjang : lebar = 2 : 1

Tinggi ruang bebas = 0,2 m

Perhitungan :

Volume = $Q \times t_d$
 = $1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam}$
 = $1,042 \text{ m}^3$

Dimensi bak

$A = \frac{v}{t} = \frac{1,042}{1} = 1,042 \text{ m}^2$

Maka A

$= P \times L$

$= 2L \times L$

$0,21 \text{ m}^2 = 2 L^2$

$L^2 = \frac{1,042}{2}$

$= 0,521$

$L = \sqrt{0,521}$

$= 0,72 \text{ m} = 0,75 \text{ m}$

$P = 2 \times 0,75 \text{ m}$

$= 1,5$

Dimensi bak pemisah minyak berdasarkan perhitungan adalah $0,75 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$

2. Ekualisasi

Direncanakan :

Jumlah bak = 1 bak

$Q = 25 \text{ m}^3/\text{hari}$

$= 1,042 \text{ m}^3/\text{jam}$

$H_{\text{air}} = 1,7 \text{ m}$

Freboard (fb) = 0,3 m

$T_d = 4 \text{ jam}$

Lebar = 2 m

Perhitungan :

Volume bak = $Q \times t_d$
 = $1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ jam}$
 = $4,168 \text{ m}^3$

$A_s = \frac{\text{Volume bak}}{H_{\text{air}}}$

$= \frac{4,168 \text{ m}^3}{1,7 \text{ m}}$

$= 2,452 \text{ m}^2$

$\text{Panjang} = \frac{A_s}{L}$

$= \frac{2,452}{2}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2,452 \text{ m}^2}{1,7 \text{ m}} \\
 &= 1,44 = 1,5 \text{ m} \\
 \text{Cek td} &= \frac{(\text{Hair} \times \text{Lebar} \times \text{Panjang})}{\text{Qrata-rata}} \\
 &= \frac{(1,7 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m})}{1,042 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 5,1 \text{ jam (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi bak ekualisasi berdasarkan perhitungan adalah 1,5 m x 2 m x 2 m.

3. Anaerobic Filter

Kriteria Desain

$$\begin{aligned}
 \text{HRT} &= 24 - 48 \text{ jam} \\
 \text{Up-Flow Velocity (Vup)} &< 2 \text{ m/jam} \\
 \text{Organic Loading Rate (OLR)} &< 4 - 5 \text{ kg COD m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan

$$\begin{aligned}
 Q &= 25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Waktu Pengaliran} &= 24 \text{ jam} \\
 \text{HRT tiap bak} &= 35 \text{ jam} \\
 \text{Jumlah kompartemen} &= 4 \text{ kompartemen} \\
 \text{Interval Pengurusan} &= 12 \text{ bulan} \\
 \text{Lebar bak} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Porositas media} &= 98 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{\frac{\text{waktu pengaliran}}{25 \text{ m}^3/\text{hari}}} \\
 &= \frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Kedalaman air (H}_{\text{air}}) &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Tinggi air diatas media} &= 0,4 \text{ m} \\
 \text{Jarak dibawah media} &= 0,6 \text{ m} \\
 \text{Tebal Plat penyangga} &= 0,05 \text{ m} \\
 \text{Freboard} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bak (H}_{\text{bak}}) &= \text{H}_{\text{air}} + \text{Fb} \\
 &= 2,2 + 0,3 \\
 &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{H}_{\text{filter}} &= \text{H}_{\text{bak}} - 0,4 \text{ m} - 0,6 \text{ m} - 0,05 \text{ m} \\
 &= 1,45 \text{ m} \\
 \text{Volume bak (V}_{\text{bak}}) &= \frac{Q}{\left(\frac{\text{HRT}}{24}\right)} \\
 &= \frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{\left(\frac{35}{24}\right)} \\
 &= 17,12 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang komp (P}_{\text{komp}}) &= \frac{V_{\text{bak}}}{(\text{Hair} \times 0,25) + (\text{L}_{\text{bak}} \times \text{Hair} \times \text{H}_{\text{filter}} (1 - \text{Pm}))} \\
 &= \frac{17,12 \text{ m}^3}{\frac{4}{(2,2 \times 0,25) + (2,5 \text{ m} \times 2,2 - 1,45 \text{ m} (1 - 0,98))}} \\
 &= 0,71 \text{ m} \\
 \text{Cek Kriteria Desain} & \\
 \text{HRT} &= \left(\frac{(\text{Hair} - \text{H}_{\text{filter}} \times (1 - \text{pm}) \times \text{P}_{\text{komp}} \times \text{L}_{\text{bak}} \times \text{n})}{\frac{Q}{24}} \right) \\
 &= \left(\frac{(2,2 \text{ m} - 1,45 \text{ m} \times (1 - 0,98) \times 0,71 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 4)}{\frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{24}} \right) \\
 &= 14,8 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Karena HRT jauh di bawah HRT yang direncanakan, maka panjang tiap kompartemen diperpanjang menjadi 1,7 m

$$\begin{aligned}
 P_{komp} &= 1,7 \text{ m} \\
 HRT &= \left(\frac{H_{air} - H_{filter} \times (1 - pm) \times P_{komp} \times L_{bak} \times n}{\frac{Q}{24}} \right) \\
 &= \left(\frac{(2,2 \text{ m} - 1,45 \text{ m} \times (1 - 0,98)) \times 1,71 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 4}{\frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{24}} \right) \\
 &= 35,4 \text{ jam (sesuai yang direncanakan)} \\
 V_{up} &= \frac{Q_{peak}}{(P_{komp} \times L_{bak} \times P_m)} \\
 &= \frac{1,042 \text{ m}^3/\text{jam}}{(1,7 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,98 \text{ m})} \\
 &= 0,24 \text{ m/jam (memenuhi)} \\
 OLR &= \frac{\text{Massa COD in}}{(H_{filter} \times P_{komp} \times L_{bak} \times n \times P_m)} \\
 &= \frac{20,48 \text{ kg/hari}}{(1,45 \times 1,7 \times 2,5 \times 4 \times 0,98)} \\
 &= 0,84 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Dimensi tiap kompartemen bak anaerob yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah 1,7 m x 2,5 m x 2,5 m

4. Anaerobik Baffle Reaktor

Kriteria Desain

Organic Loading Rate (OLR)	< 3 kg COD/m ³ . Hari
Up-flow Velocity (V _{up})	≤ 1,1 m/jam
HRT Anaerobic filter	≥ 12 jam
Kedalaman outlet	Maksimum 2,2
Jumlah ruang	4-6 ruang

Direncanakan

Q	= 25 m ³ /hari
Waktu Pengaliran	= 24 jam
HRT tiap bak	= 16 jam
Jumlah kompartemen	= 4 kompartemen
Hair	= 1,5
Up-flow Velocity (V _{up})	= 1 m/jam

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{\text{waktu pengaliran}} \\
 &= \frac{25 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Debit per unit} &= \frac{Q}{\text{jumlah unit}} \\
 &= \frac{1,042 \text{ m}^3/\text{jam}}{1} \\
 &= 1,042 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Panjang Kompartemen} &= \frac{1}{H_{air}} \times 0,4 \\
 &= \frac{1}{1,5} \times 0,4 \\
 &= 0,27 \\
 \text{Lebar} &= \left(\frac{Q}{\frac{V_{up}}{\text{panjang komp}}} \right) \\
 &= \left(\frac{1,042 \text{ m}^3/\text{jam}}{\frac{1 \text{ m/jam}}{0,6}} \right) \\
 &= 1,74 \text{ m} \\
 &= 1,8 \text{ m} \\
 \text{Volume aktual ABR} &= 0,6 \times 1,8 \times 1,5 \times 4 \\
 &= 6,48 \text{ m}^3 \\
 \text{Sludge Volume} &= 5 \% \times \text{Volume aktual ABR} \\
 &= 0,324 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume air} &= 6,48 \text{ m}^3 - 0,324 \text{ m}^3 \\
 &= 6,156 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Cek Kriteria Desain

Cek HRT $= \left(\frac{\text{Volume air}}{Q} \right)$
 $= \left(\frac{6,156}{24 \text{ jam}} \right)$
 $= \left(\frac{25 \text{ m}^3 / \text{hari}}{24 \text{ jam}} \right)$
 $= 5,9 \text{ jam}$ (Tidak sesuai yang direncanakan)

Direncanakan HRT 35 jam maka Volume air harus lebih dari 33,6 m³.

Volume air $= \left(\frac{\text{HRT}}{Q} \right)$
 $= \left(\frac{35 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \right)$
 $= 33,6 \text{ m}^3$

Panjang kompartemen diperpanjang menjadi 3,6 m.

Volume aktual ABR $= 3,5 \times 1,8 \times 1,5 \times 4$
 $= 38,88 \text{ m}^3$

Sludge Volume $= 5 \% \times \text{Volume aktual ABR}$
 $= 1,94 \text{ m}^3$

Volume air $= 38,88 \text{ m}^3 - 1,94 \text{ m}^3$
 $= 36,94 \text{ m}^3$

Cek HRT $= \left(\frac{\text{Volume air}}{Q} \right)$
 $= \left(\frac{36,94}{24 \text{ jam}} \right)$
 $= \left(\frac{25 \text{ m}^3 / \text{hari}}{24 \text{ jam}} \right)$
 $= 35,45 \text{ jam}$ (sesuai yang direncanakan)

Cek Vup $= \frac{Q}{(P_{komp} \times L_{bak})}$
 $= \frac{1,042 \text{ m}^3 / \text{jam}}{(3,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m})}$
 $= 0,2 \text{ m/jam}$ (memenuhi)

OLR $= \frac{(\text{Massa COD in})}{(\text{Hair} \times P_{komp} \times L_{bak} \times n)}$
 $= \frac{\text{Massa COD in}}{(1,5 \times 3,6 \times 1,8 \times 4)}$
 $= 0,53 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$ (memenuhi)

Dimensi tiap kompartemen bak anaerob yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah 3,6 m x 1,8 m x 1,5 m

Tabel 3. Dimensi Unit IPAL Rencana

Parameter	Bak pemisah lemak	Bak Equalisasi	Bak AF	Bak ABR
Panjang	0,75 m	1,5 m	6,8 m	14,4 m
Lebar	1,5 m	2 m	2,5 m	1,8 m
Tinggi	1,2 m	2 m	2,5 m	1,5 m

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa pada alternatif 1 menggunakan *anaerobic filter* memiliki penyisihan removal lebih besar dibanding alternatif 2 dengan *anaerobic baffle reaktor*, sedangkan dimensi unit lebih besar pada alternatif 2 dibandingkan alternatif 1 sehingga luas dan volume ipal juga lebih besar IPAL alternatif 2.

4. KESIMPULAN

Terdapat dua alternatif IPAL dalam perancangan ulang diplo lokomotif yaitu dengan alternatif *anaerobic filter* dan *anaerobic baffle reactor*. Hasil effluent rencana alternatif 1 jauh lebih bagus dari alternatif 2 karena penyisihan removal yang direncanakan jauh lebih besar. Hasil perhitungan menunjukkan dimensi bak pemisah minyak 0,75 m x 1,5 m x 1,2 m, bak ekualisasi 1,5 m x 2 m x 2 m, *Anaerobic filter* 6,8 m x 2,5 m x 2,5 m, dan *Anaerobic baffle reactor* 14,4 m x 1,8 m x 1,5 m. Kebutuhan lahan jauh lebih besar pada alternatif 2 karena dimensi jauh lebih besar.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak dipo lokomotif yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di tempat tersebut .

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adlina R.,Shabrina. (2014). Uji Toksisitas Limbah Oli Bekas di Sungai Kalimas Surabaya Terhadap Ikan Mujair (*Tilapia missambicus*) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Assidiqy, M Affan (2017) Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Aie Limbah Domestik dengan Proses *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* pada Hotel Bintang 5 Surabaya. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Atmadja R Adelyna (2017) Perencanaan Pengolahan Air Limbah Non medis Rumah Sakit Kelas B dengan Alternatif *Anaerobic Baffle Reactor* dan *Anaerobic Biofilter*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dermawan, D., Ashari, M., Astuti, U., & Reza Regananta, M. (2017). Analisa Konsentrasi Radio Nuklida Pelepasan Zat Radioaktif ke Badan Sungai di Sekitar PSTA-Batan Yogyakarta. Seminar MASTER PPNS, 2(1), 121-122
- Hajimi , Asmadi dan Wati M Dina. (2014). Desain Pengolahan Air Limbah Pencucian Motor dan Mobil “TM” dengan Metode Biofilter Anaerob-aerob menggunakan batu split . Poltekkes Kemenkes Pontianak, Pontianak.
- Kemenkes RI,2011. Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Direktorat Jenderal Bina Upaya Kesehatan
- Lukito, Edi. (2017). Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pusat Perbelanjaan “X” Surabaya . Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Metcalf, Eddy. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery* 5th. New York : Mc. Graw Hill Education.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Praptiwi E Rosalina (2017) Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Sistem Daur Ulang Air Hotel Budget di Kota Surabaya Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sasse,L .2009 *Decentralised Wastewater Treatment System (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. London: Water, Engineering and Development Centre (WEDC)

Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (Studi Kasus: RSUD Dr. R. Koesma Tuban)

Anjan Victor Perdana^{1*}, Moch. Luqman Ashari², Denny Dermawan¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, *Jurusan Teknik Permesinan Kapal*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl.Teknik Kimia, Kampus-ITS, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, *Jurusan Teknik Permesinan Kapal*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl.Teknik Kimia, Kampus-ITS, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60111

*E-mail: anjanvictor25@gmail.com

Abstrak

RSUD Dr. R. Koesma Tuban memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan kapasitas pengolahan 100 m³/hari. Rumah Sakit Tuban melakukan pengembangan luas bangunan untuk meningkatkan standart Rumah Sakit dari tipe C ke tipe B. Tahun 2017/2018 rumah sakit menambah dua gedung baru yaitu Graha Aryo Tejo 1 dan 2, sehingga kebutuhan air bersih dan debit air limbah yang dihasilkan Rumah Sakit meningkat. Hal ini mengakibatkan *overflow* pada IPAL eksisting, karena debit air limbah yang dihasilkan rumah sakit melebihi kapasitas IPAL eksisting. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan ulang IPAL rumah sakit, dengan cara penambahan IPAL baru untuk mengolah penambahan debit air limbah rumah sakit. Metode yang digunakan adalah metode wawancara dan pengumpulan data meliputi jumlah tempat tidur, jumlah karyawan, jam operasi *laundry* dan gizi, jumlah jenazah, *layout* Rumah Sakit, hasil uji karakteristik air limbah, luas lahan, dan dimensi IPAL eksisting. Hasil perhitungan dimensi IPAL baru didapatkan dimensi bak ekualisasi : 4 m x 4 m x 2,3 m, bak *extended aerasi* : 6,6 m x 2,2 m x 4,3 m, bak pengendap diameter = 2,4 m dan tinggi = 3 m, bak penampung : 1,5 m x 0,75 m x 1,3 m dan bak desinfeksi : 1 m x 0,75 m x 1,3 m.

Kata Kunci : air limbah, IPAL, *overflow*, rumah sakit.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air limbah sebagai salah satu dampak pembangunan di berbagai bidang disamping memberikan manfaat bagi kesejahteraan rakyat. Selain itu peningkatan pencemaran lingkungan juga diakibatkan dari meningkatnya jumlah penduduk beserta aktifitasnya. Limbah yang berbentuk cair yang tidak dikelola dengan baik bisa menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya (Asmadi, 2012).

Upaya pencegahan timbulnya pencemaran lingkungan dan bahaya yang diakibatkannya serta yang akan menyebabkan kerugian sosial ekonomi, kesehatan dan lingkungan, maka harus ada pengelolaan secara khusus terhadap limbah tersebut, agar bisa dihilangkan atau dikurangi sifat bahayanya. Selain itu, perlu diusahakan metode pengelolaan yang ramah lingkungan, serta pengawasan yang benar dan cermat oleh berbagai pihak (Asmadi, 2012).

Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Dr. R. Koesma Tuban melakukan pengembangan luas bangunan untuk meningkatkan standart Rumah Sakit dari tipe C ke tipe B. Tahun 2017/2018 Rumah Sakit menambah dua gedung baru yaitu Graha Aryo Tejo 1 dan 2, sehingga kebutuhan air bersih dan debit air limbah yang dihasilkan Rumah Sakit meningkat. Hal ini mengakibatkan *overflow* pada IPAL eksisting. Oleh karena itu perlu dilakukan penambahan IPAL baru dan perhitungan dimensi terhadap IPAL baru.

2. METODE PERANCANGAN

Obyek studi dilakukan di RSUD Dr. R. Koesma Tuban yang terletak pada Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo No.800, Kelurahan Sidorejo, Kecamatan Tuban, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur.

Data yang dibutuhkan

1. Data Admintrasi

Yang termasuk dalam data administrasi RSUD Dr. R. Koesma Tuban adalah sebagai berikut.

- a. Jumlah tempat tidur rumah sakit
- b. Jumlah karyawan

2. Data layout rumah sakit
3. Data Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting.

Langkah-Langkah Penyelesaian

Langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan dalam menyelesaikan studi ini adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan Data
Data-data yang dikumpulkan adalah
 1. Jumlah tempat tidur dan jumlah karyawan didapat dari data administrasi rumah sakit.
 2. Data layout rumah sakit.
 3. Data kapasitas instalasi pengolahan air limbah eksisting dan masterplan.
2. Analisis Data
 1. Melakukan pengujian karakteristik inlet IPAL.
 2. Menghitung total debit air limbah rumah sakit dari beberapa sumber penghasil limbah cair rumah sakit seperti jumlah tempat tidur, jumlah karyawan, unit *laundry*, unit gizi, masjid dan kamar jenazah.
 3. Menghitung dimensi tiap-tiap unit IPAL rencana (baru).
 4. Membuat kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

RSUD Dr. R. Koesma Tuban terletak di Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo, Kelurahan Sidorejo, Kecamatan Tuban, Kabupaten Tuban dengan luas bangunan 24.973 m². Rumah Sakit memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan kapasitas pengolahan 100 m³/hari, akan tetapi terjadi *overflow* pada IPAL eksisting rumah sakit. Hal ini diakibatkan karena penambahan luas bangunan pada rumah sakit, sehingga meningkatkan kebutuhan penggunaan air bersih dan debit air limbah. Oleh karena itu perlu dilakukan perancangan ulang IPAL Rumah Sakit, dengan cara penambahan IPAL baru untuk mengolah sisa debit air limbah Rumah Sakit.

Debit Air Limbah

Debit air limbah yang dihasilkan rumah sakit berdasarkan hasil pengolahan data sebesar 171 m³/hari. Debit air limbah dihasilkan dari beberapa sumber seperti jumlah tempat tidur, jumlah karyawan, unit *laundry*, unit gizi, masjid dan kamar jenazah. IPAL baru digunakan untuk mengolah sisa air limbah yang tidak dapat diolah di IPAL eksisting sebesar 71 m³/hari.

Tabel 1 Debit Air Limbah Rumah Sakit

No.	Sumber	Jumlah (m ³ /hari)
1.	Tempat tidur	136,8
2.	Karyawan	14,5
3.	Unit <i>Laundry</i>	14,8
4.	Unit Gizi	2,45
5.	Masjid	2,4
6.	Kamar jenazah	0,016
	Total Debit Air Limbah Rumah Sakit	171

Kualitas Air Limbah

Hasil laboratorium diperoleh data kualitas air limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban. Baku mutu yang digunakan adalah Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Sakit.

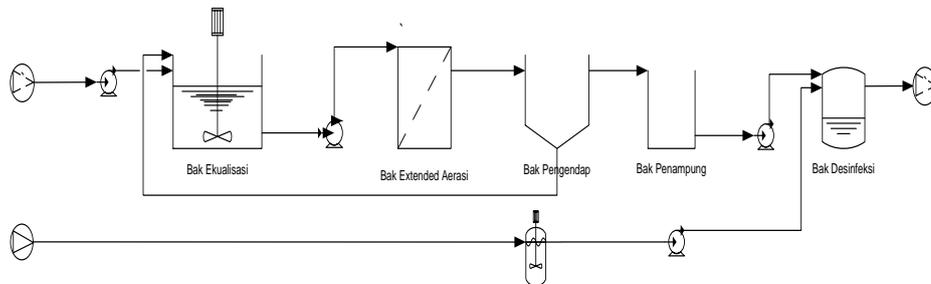
Tabel 2 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Ket
1.	Suhu	°C	30	27	Sesuai
2.	Ph	-	6 – 9	8	Sesuai
3.	BOD ₅	mg/L	30	356	Melebihi
4.	COD	mg/L	80	437	Melebihi
5.	TSS	mg/L	30	389	Melebihi
6.	NH ₃ -N Bebas	mg/L	0,1	0,3	Melebihi
7.	PO ₄	mg/L	2	2,4	Melebihi

Sumber : Hasil Analisa UPTD Laboratorium Lingkungan Tuban (2017)

Alternatif Perancangan

Perancangan IPAL rencana digunakan dua alternatif pengolahan biologis yang dibandingkan yaitu *Conventional Activated Sludge* dan *Extended Aeration*, dimana kedua unit dipilih karena dapat meremoval amonia yang dihasilkan Rumah Sakit. Hasil perbandingan terhadap kedua alternatif dipilih unit *extended aeration*, karena mampu menyisihkan semua parameter yang terkandung pada air limbah rumah sakit, sehingga hasil *effluent* tidak melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. PFD alternatif IPAL terpilih dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Alternatif Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban

Dimensi IPAL Rencana

Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk meratakan beban organik dengan cara meratakan debit aliran yang masuk ke pengolahan selanjutnya. Debit yang masuk ke bak ekualisasi adalah penambahan debit air limbah rumah sakit yaitu $71 \text{ m}^3/\text{hari}$, karena kapasitas IPAL eksisting hanya $100 \text{ m}^3/\text{hari}$. Hasil pengamatan *lift station* atau pompa *submersible* kondisi eksisting didapatkan jam puncak pada pukul 08.00 – 11.00 WIB (3 jam).

Perhitungan Dimensi

Direncanakan tinggi bak	= 2 m
Q ave	= $71 \text{ m}^3/\text{hari}$ = $2,96 \text{ m}^3/\text{jam}$
Faktor peak	= 3,5
Q peak	= Q ave x fp = $2,96 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3,5$ = $10,35 \text{ m}^3/\text{jam}$
Volume	= Qpeak x td = $10,35 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam}$ = $31,05 \text{ m}^3$
Luas permukaan (As)	= Volume / H_{air} = $31,05 \text{ m}^3 / 2 \text{ m}$ = $15,53 \text{ m}^2$
P = L	= $(As)^{0,5}$ = $(15,53 \text{ m}^2)^{0,5}$ = 4 m
Kedalaman total	= 2 m + 0,3 m = 2,3 m
Cek Td	= Volume / Q peak = $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m} / 10,35 \text{ jam}$ = 3,09 jam (OK)

Bak Extended Aeration

Pengolahan aerasi yang digunakan adalah sistem extended aerasi. Extended aerasi memiliki ciri khas waktu tinggal yang relative lama dan rasio makanan berbanding mikroorganisme rendah. (Wulandari, D. 2012)

Kriteria Desain

Td	= 18 – 36 jam	(Qasim, 1985)
F/M	= 0,05 – 0,15 hari^{-1}	(Qasim, 1985)
Umur lumpur	= 20 – 30 hari	(Qasim, 1985)

Dimensi

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \frac{Qb_{ak} \times \theta_c \times Y \times (S_0 - S_{eff})}{X \times (1 + k_d \cdot \theta_c)} \\
 &= \frac{71 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ hari} \times 0,7 \times (356 - 14,42 \text{ mg/L})}{4500 \text{ mg/L} \times (1 + (0,03/\text{hari} \times 30 \text{ hari}))} \\
 &= 53,39 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas tanki} &= \text{Volume reaktor} / \text{kedalaman} \\
 &= 53,39 \text{ m}^3 / 4 \text{ m} \\
 &= 13,35 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar tanki (L)} &= (\text{Luas tanki}/3)^{0,5} \\
 &= (13,35 \text{ m}^2/3)^{0,5} \\
 &= 2,2 \text{ m} \\
 \text{Panjang tanki (P)} &= \text{Lebar tanki} \times 3 \\
 &= 2,2 \text{ m} \times 3 \\
 &= 6,6 \text{ m} \\
 \text{Cek td} &= V/Q \\
 &= \frac{(6,6 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 4 \text{ m})}{0,000822 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 86.400 \text{ detik}} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 19,63 \text{ jam} \quad \text{(OK)} \\
 \text{F / M Rasio} &= \frac{Q S_0}{V X} \\
 &= \frac{71 \text{ m}^3/\text{hari} \times 356 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L/m}^3}{(6,6 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \times 4500 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ L/m}^3} \\
 &= \frac{25,276 \text{ kg/hari}}{261,36 \text{ kg}} \\
 &= 0,097 \text{ kg BOD}_5 / \text{kg VSS hari} \quad \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Oksigen

$$\begin{aligned}
 P_x &= Y_{obs} \times Q_{tiptanki} \times (S_0 - S) \\
 &= 0,368 \times 71 \text{ m}^3/\text{hari} \times (356 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 3,75 \frac{\text{mg}}{\text{l}}) \times 10^3 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} \times 1 \text{ kg}/10^6 \text{ mg} \\
 &= 8,953 \text{ kg/hari (MLVSS)} \\
 \text{Kebutuhan oksigen teoritis} &= \frac{Q_{total} \times (S_0 - S_{eff})}{0,68} - 1,42 P_x \\
 &= \frac{71 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times (356 - 49,84 \frac{\text{g}}{\text{m}^3})}{0,68} - 1,42 \times 8,953 \text{ kg/hari} \\
 &= 19,26 \text{ kg/hari} \\
 \text{SOR} &= N / [(C^*_{sw} \times b \times F_a - C) / C_{sw}] (1,024)^{T-20} \times a \\
 &= 19,26 \text{ kg/hari} / [(8 \text{ mg/L} \times 0,9 \times 0,95 - 2 \text{ mg/L}) / 9,15 \text{ mg/L}] \\
 &\quad (1,024)^{27-20} \times 0,85 \\
 &= 36,33 \text{ kg/hari} \\
 \text{Kebutuhan udara} &= \text{SOR} / (\text{berat udara} \times 0,21) \\
 &= 36,33 \text{ kg/hari} / (1,201 \text{ kg/m}^3 \times 0,21) \\
 &= 145,32 \text{ m}^3/\text{hari udara} \\
 \text{Efisiensi difusi udara} &= 10\% (\text{Diffuser disk aerator diameter 240 mm}) \\
 \text{Kebutuhan udara teoritis} &= \text{Kebutuhan udara} / \text{effs difusi udara} \\
 &= 145,32 \text{ m}^3/\text{hari udara} / 0,1 \\
 &= 1453,2 \text{ m}^3/\text{hari udara} \\
 \text{Kebutuhan udara total} &= \text{Kebutuhan udara teoritis} \times 1,5 \\
 &= 1453,2 \text{ m}^3/\text{hari udara} \times 1,5 \\
 &= 2179,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1,51 \text{ m}^3/\text{menit} \\
 \text{Lumpur yang dihasilkan} &= \frac{21,543 \text{ kg/hari}}{1,005 \times 0,015 \times 1000 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 1,43 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Bak Pengendap

Unit sedimentasi didesain berdasarkan 4 zona yang ada pada unit sedimentasi. Setiap zona didesain secara terpisah dengan tujuan agar aliran yang masuk kedalam unit sedimentasi dapat laminar.

Kriteria Desain

$$\text{Overflow rate} = 8 - 16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \quad (\text{Qasim, 1985})$$

$$\text{Weir loading rate} = < 124 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \quad (\text{Qasim, 1985})$$

$$\begin{aligned} \text{Debit (Q)} &= 71 \text{ m}^3/\text{hari} - 1,43 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 69,57 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi

$$\begin{aligned} \text{As} &= Q / \text{OFR} \\ &= \frac{69,57 \text{ m}^3/\text{hari}}{16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}} \\ &= 4,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \left(\frac{4,35 \text{ m}^2}{3,14} \right)^{0,5} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Diameter} = 2,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek OFR} &= Q \text{ tiap bak} / \text{As} \\ &= 69,57 \text{ m}^3/\text{hari} / (3,14 \times (1,2) \text{ m}^2) \\ &= 16 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 2,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \text{ jam} \\ &= 11,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman bak (H)} &= \text{Volume} / \text{As} \\ &= \frac{11,6 \text{ m}^3}{4,52 \text{ m}^2} \\ &= 2,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Zona Inlet

Saluran inlet BP sama dengan saluran Outlet bak extended aerasi

Direncanakan :

Kecepatan aliran minimal(v)= 0,6 m/detik

$$\begin{aligned} A &= Q / V \\ &= 0,000805 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,6 \text{ m/detik} \\ &= 0,0014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= (4 \cdot A / \pi)^{0,5} \\ &= (4 \cdot 0,0014 \text{ m}^2 / 3,14)^{0,5} \\ &= 0,042 \text{ m} \\ &= 0,038 \text{ m (1,5 inch)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= Q / A \\ &= 0,000805 \text{ m}^3/\text{detik} / 3,14 (0,019)^2 \text{ m}^2 \\ &= 0,71 \text{ m/detik} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_v &= V^2 / 2g \\ &= (0,71 \text{ m/detik})^2 / 2 (9,81 \text{ m/detik}^2) \\ &= 0,025 \text{ m} \end{aligned}$$

Zona Outlet

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang total weir} &= 3,14 \times 2,4 \text{ m} \\ &= 7,54 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar pusat v-notch Weir} &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Lebar v-notch weir} = 0,1 \text{ m}$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang weir} &= 7,54 \text{ m} \\ \text{Weir Loading Rate} &= Q / \text{Panjang weir} \\ &= 69,57 \text{ m}^3/\text{hari} / 7,54 \text{ m} \\ &= 9,23 \text{ m}^3/\text{m.hari} \end{aligned}$$

Jika jarak antar *v-notch weir* adalah 20 cm, maka pada jarak 1 meter terdapat 5 buah *v-notch weir*, sehingga jumlah *v-notch* total adalah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah V-notch total} &= 7,54 \text{ m} / 0,2 \text{ m} \\ &= 38 \text{ unit} \\ \text{Debit tiap v-notch} &= 69,57 \text{ m}^3/\text{hari} / 38 \\ &= 1,831 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0000212 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Ketinggian muka air diatas *v-notch*

$$\begin{aligned} Q_{\text{notch}} &= \left(\frac{15}{8} \times \left(\frac{Q}{Cd \times \tan 45 \sqrt{2 \times 9,81}} \right) \right)^{2/5} \\ H &= \left(\frac{15}{8} \times \left(\frac{0,0000212}{0,6 \times \tan 45 \sqrt{2 \times 9,81}} \right) \right)^{2/5} \\ &= 0,01 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Gulet

$$\begin{aligned} V \text{ saluran} &= 0,6 \text{ m/detik} \\ \text{Lebar (b)} &= 0,2 \text{ m} \\ \text{Panjang (l)} &= \text{Keliling BP} \\ &= 7,54 \text{ m} \\ \text{Slope saluran direncanakan} &= 0,0002 \\ S &= Hf / l \\ \text{Headloss saluran (hf)} &= S \times l \\ &= 0,0002 \times 7,54 \text{ m} \\ &= 0,0051 \text{ m} \\ V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \\ R &= 0,03 \\ R &= \frac{b \times h}{b+2h} \\ \text{Kedalaman saluran (h)} &= \frac{b \times r}{b-2r} \\ &= 0,043 \text{ m} \\ \text{Freeboard 15\%} &= 0,15 \times 0,043 \text{ m} \\ &= 0,0065 \text{ m} \\ \text{Headloss kecepatan} &= V^2 / 2g \\ &= (0,6 \text{ m/detik})^2 / 2 (9,81 \text{ m/detik}^2) \\ &= 0,031 \text{ m} \\ \text{Headloss Total} &= Hf \text{ saluran} + Hf \text{ kecepatan} \\ &= 0,0051 \text{ m} + 0,031 \text{ m} \\ &= 0,0361 \text{ m} \end{aligned}$$

Zona Lumpur

Direncanakan :

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi solid} &= 1,5 \% \\ \text{Konsentrasi air} &= 98,5 \% \\ \text{Spesific grafitasi (Sg) solid} &= 2,65 \\ \text{Massa lumpur yang dibuang} & \\ \text{Total massa solid} &= \text{Massa TSS in} - \text{Massa TSS out} \\ &= 6,076 \text{ kg/hari} - 2,13 \text{ kg/hari} \\ &= 3,95 \text{ kg/hari} \\ \text{Sg lumpur} &= 1,009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{total massa solid}}{\% \text{ solid} \times S_g \times \rho} \\
 &= \frac{3,95 \text{ kg/hari}}{0,015 \times 2,65 \times 1000 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 0,13 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Bak Penampung

Bak penampung digunakan untuk menampung air dari bak pengendap yang sudah terolah, yang nantinya akan disalurkan ke bak desinfeksi.

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,000802 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Waktu tinggal} &= 1200 \text{ detik} \\
 \text{Kedalaman bak (h)} &= 1 \text{ m} \\
 \text{fb} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Rasio P : L} &= 2 : 1 \\
 \text{Dimensi :} & \\
 \text{Volume} &= Q \times t_d \\
 &= 0,000802 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1200 \text{ detik} \\
 &= 1 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas} &= V / h \\
 &= 1 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\
 &= 1 \text{ m}^2 \\
 \text{Lebar} &= (\text{Luas} / 2)^{0,5} \\
 &= (1 \text{ m}^2 / 2)^{0,5} \\
 &= 0,75 \text{ m} \\
 \text{Panjang} &= 0,75 \text{ m} \times 2 \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Bak Desinfeksi

Desinfeksi digunakan untuk membunuh bakteri pathogen dengan menambahkan larutan zat kimia sebelum air limbah dikeluarkan ke badan air.

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 0,000802 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Dosis desinfeksi yang diberikan} &= 5 \text{ mg/l} \\
 \text{Waktu kontak (t)} &= 900 \text{ detik} \\
 \text{Kedalaman} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Bak berbentuk persegi panjang} & \\
 \text{Dimensi :} & \\
 \text{V bak} &= Q \times t \\
 &= 0,000803 \text{ m}^3/\text{detik} \times 900 \text{ detik} \\
 &= 0,75 \text{ m}^3 \\
 \text{As} &= V / h \\
 &= 0,75 \text{ m}^3 / 1 \text{ m} \\
 &= 0,75 \text{ m}^2 \\
 \text{Panjang} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 0,75 \text{ m}^2 / 1 \text{ m} \\
 &= 0,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

IPAL direncanakan dengan kapasitas pengolahan air limbah sebesar 71 m³/hari. Hasil perhitungan dimensi setiap unit sebagai berikut : Bak ekualisasi 4 m x 4 m x 2,3 m ; Bak *extended aeration* 6,6 m x 2,2 m x 4,3 m ; Bak pengendap diameter 2.4 m x tinggi 3 m ; Bak penampung 1,5 m x 0,75 m x 2,7 m ; dan Bak desinfeksi 1 m x 0,75 m x 1,3 m.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis disampaikan kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Kepala Instalasi Penyehatan Lingkungan dan Operator IPAL RSUD Dr. R. Koesma Tuban yang telah membantu dalam proses perolehan data penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adyatama, M. (2013). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Aji, D. W. (2015). *Evaluasi dan Perancangan Ulang Sistem Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. Harjono Ponorogo*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 1-14.
- Anonim (2003). *Buku Pedoman Instalasi Peengolahan Air Limbah RSUD Dr. R. Koesma Tuban*. Tuban.
- Anonim (2015). *Modul Praktikum Sistem Perpipaan Air Limbah*. Surabaya.
- Anonim (2016). *AMDAL Peningkatan Pelayanan BLUD RSUD Dr. R. Koesma Tuban*. Surabaya: PT. Mitra HijauIndonesia.
- Anwar, R (2008). *Study Evaluasi Pengolahan Air Limbah Industri Secara Terpusat di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER)*. Malang: Universitas Brawijaya Malang.
- Assidiqy, A. M. (2017). *Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobic Filter pada Hotel Bintang 5 Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Atmadja, A. R. (2017). *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Non Medis Rumah Sakit Kelas B dengan Alternatif Anaerobic Baffle Reactor dan Anaerobic Biofilter*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- C James Martel (1977). *Phosphorus Removal in Extended Aeration Systems by Chemical Precipitation*. Massachusetts: *Enviromental Engineering Program Department of Civil Engineering University of Massachusetts*.
- Komalia, K (2012). *Analisis Pemakaian Air Bersih (PDAM) untuk Kota Pematang Siantar*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Lukito, E. (2017). *Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pusat Perbelanjaan "X" Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Marhadi (2016). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur*.
- Maryam, A (2014). *Evaluasi Dimensi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Rubini Mempawah*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjung Pura, 1-10
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery 5th*. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Mufida, D.K. (2012). *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Menggunakan Kombinasi Sistem Anaerobik-Aerobic pada Pabrik Tahu "Duta" Malang*. Malang: Universitas Brawijya Malang.
- Muzzaky, A (2016). *Evaluasi dan Desain Ulang Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tekstil di Kota Surabaya Menggunakan Biofilter Tercelup Anaerobik-Aerobik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

Rancang Bangun Teknologi Pengolahan Limbah Cair Domestik (IPAL MINI) pada Kegiatan Asrama Mahasiswi

Mar'atus Sholihah^{1*}, Ahmad Erlan Afiuddin², Moch. Luqman Ashari³

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 6011

*E-mail : mara1004tus@gmail.com

Abstrak

Grey water adalah salah satu limbah cair dari kegiatan domestik yang banyak menyumbangkan pencemaran akibat dibuang secara langsung ke badan air. Air limbah domestik ini mengandung bahan pencemar organik yang cukup tinggi meliputi BOD, COD, TSS, amoniak, fosfor, minyak dan lemak. Konsentrasi bahan pencemar yang tinggi terutama bahan organik akan menurunkan kualitas badan air jika tidak dilakukan pengolahan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan memberikan alternatif pengolahan yang sederhana dan dapat seefisien mungkin untuk mengolah limbah cair domestik (*grey water*). Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa merancang IPAL Mini yang merupakan pengolahan biologis gabungan dari sistem pertumbuhan melekat yaitu *aerobic* dan *anoxic* biofilter. Rancangan IPAL Mini ini berupa alat berbentuk silinder volume 200 liter dengan pembagian kompartemen yaitu kolom aerasi, ruang lumpur dan kolom biofilter *aerobic-anoxic*. Pada kolom aerasi terjadi suplai oksigen untuk proses aerob, sedangkan pada kolom biofilter terjadi proses degradasi bahan pencemar organik oleh lapisan biofilm mikroorganisme yang terbentuk pada media biofilter yaitu sarang tawon. Inovasi alat ini dirancang dengan desain unit yang simpel dan menggunakan sistem biofilter untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar pada limbah cair domestik.

Kata Kunci: *Aerobic, Anoxic, Biofilter, Grey water, Sarang tawon*

1. PENDAHULUAN

Grey water merupakan air limbah yang berasal dari aktivitas mandi, *laundry*, pencucian alat-alat, pencucian bahan makanan. Kandungan bahan-bahan dalam *grey water* berupa minyak dan lemak, sodium, fosfor, nitrogen, garam, serta senyawa kimia yang terdapat pada deterjen, sabun, dan bahan pembersih rumah tangga lainnya. Semakin banyak aktivitas yang berkontribusi menghasilkan *grey water* semakin tinggi nilai BOD, COD, total padatan, kandungan fosfor, dan kandungan nitrogen yang mengakibatkan air limbah memiliki tingkat cemaran yang tinggi (Handayani, 2014).

Inovasi pengolahan air limbah dengan teknologi biofilter menjadi salah satu alternatif yang mudah diaplikasikan oleh setiap rumah tangga atau untuk pengolahan limbah cair domestik (McNevin & Barford, 2000). Proses pengolahan biologis dengan biofilter dapat dilakukan dalam kondisi aerob, anaerob atau kombinasi anaerob dan aerob. Aerob, yaitu dimana oksigen terlarut (DO) di dalam air cukup banyak. Anoksik, yaitu dimana oksigen terlarut (DO) di dalam air ada dalam konsentrasi lemah. Sedangkan anaerob, yaitu tidak terdapat oksigen terlarut (Said N, 2002).

Sistem kerja biofilter adalah memanfaatkan lapisan biofilm mikroorganisme. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah misalnya senyawa organik (BOD, COD), amoniak, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut didalam air senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerob sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerob. Pada kondisi anaerob akan terbentuk gas H₂S, dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas H₂S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO₄) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu pada zona aerob nitrogen-ammoniak akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan

selanjutnya pada zona anaerob nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen (Said N, 2000).

Salah satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC karena memiliki semua karakteristik yang ada pada media “ideal” (Said N. , 2008). Spesifikasi media terstruktur tipe sarang tawon dapat dilihat pada Tabel 1. sedangkan bentuk media dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Spesifikasi Media Sarang Tawon

Tipe	:Sarang Tawon
Material	:PVC
Ukuran Modul	:30 cm X 25cm X 30 cm
Ukuran Lubang	:3 cm X 3 cm
Ketebalan	:0,5 mm
Luas Spesifik	:150-220 m ² /m ³
Berat	:30-35 kg/m ²
Porositas Rongga	:0,98
Warna	:Bening transparan atau hitam

Sumber : Said N. , 2008



Gambar 1. Media Sarang Tawon
(Dokumentasi Penulis)

2. METODOLOGI

A. Pengumpulan Data

Terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer meliputi karakteristik air limbah yang akan diolah yaitu air limbah domestik dari kegiatan asrama mahasiswa, sedangkan data sekunder meliputi baku mutu air limbah berdasarkan PerMenLHK No 68 Tahun 2016.

B. Rancangan Unit IPAL Mini

Terdiri dari perhitungan matematis dimensi tiap kolom/kompartemen unit yang direncanakan berdasarkan karakteristik air limbah dan dilanjutkan dengan penggambaran detail unit. Setelah itu dapat dilakukan pembuatan unit dengan alat dan bahan sebagai berikut:

a) Alat

Gergaji, Bor Listrik, Drum plastik 200 liter, Lembar *polycarbonat*, Media sarang tawon, Pompa, Blower, Pipa PVC, Pipa elbow 90°, Selang, Rotameter, *Valve*, dan *Sealand*, Ripet, *Sealtip*, Lem PVC

b) Bahan

Limbah cair domestik (*grey water*), Biakan mikroorganisme (BioHS).

C. Pengoperasian Unit IPAL Mini

Mekanisme IPAL Mini yaitu air limbah dialirkan menggunakan pompa ke kolom aerasi dan mendapatkan suplai oksigen secara langsung dengan menggunakan blower. Setelah itu air limbah akan *overflow* dengan sistem aliran *down flow* menuju kolom *aerobic* biofilter hingga ke ruang lumpur kemudian akan memenuhi kolom *anoxic* biofilter dengan sistem aliran *up flow*. Selanjutnya air bersih hasil pengolahan atau *effluent* akan mengalir melalui pipa *outlet* yang terdapat pada bagian atas kolom *anoxic* biofilter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Karakteristik Limbah Cair

Berikut hasil uji karakteristik limbah cair domestik yang akan diolah dari asrama mahasiswi:

Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Domestik Asrama Mahasiswi

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
1.	BOD	mg/l	175	30
2.	COD	mg/l	283,5	100
3.	TSS	mg/l	296	30

Hasil analisa pada Tabel 2. menunjukkan ketiga parameter yakni BOD, COD dan TSS melebihi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik, sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang langsung ke badan air.

B. Unit IPAL Mini

Desain unit yang digunakan dalam penelitian ini dibuat menggunakan drum plastik 200 liter dengan volume efektif untuk pengolahan sebesar 130 liter yang dibagi menjadi 4 kompartemen atau kolom yakni kolom aerasi, kolom biofilter *aerob-anoxic*, dan ruang lumpur. Desain volume efektif pengolahan sebesar 130 liter dan menggunakan media biofilter sarang tawon, maka diperoleh debit air limbah yang diolah yakni 32 liter/jam dengan waktu tinggal selama 4 jam seperti pada perhitungan di bawah ini:

Diketahui :

Volume air limbah = 130 liter (menggunakan drum 200 liter berdiameter 54 cm, tinggi 90 cm)

Konsentrasi BOD = 175 mg/liter

Ditetapkan :

Volume media = 40% volume air limbah (40-60% berdasarkan Nusa, 2000)

= 40% x 130 liter

= 52 liter

= 0,052 m³

Luas spesifik = 150 m²/m³ (media sarang tawon)

COD Load = 17,5 g/m².hari (untuk efisiensi 90 % berdasarkan EBIE, 1992 sesuai dengan konsentrasi bahan organik)

- Luas media = luas spesifik x volume media

= 150 m²/m³ x 0,052 m³

= 7,80 m²

- Beban BOD = BOD load x luas media

= 17,5 g/m².hari x 7,80 m²

= 136,5 g/hari

- Debit (Q) = Beban BOD : BOD masuk

= 136,5 g/hari : 0,175 g/liter

= 780 liter/hari

= 32,5 liter/jam

- Waktu tinggal (td) = Volume air limbah : Debit

= 130 liter : 32,5 liter/jam

= 4 jam

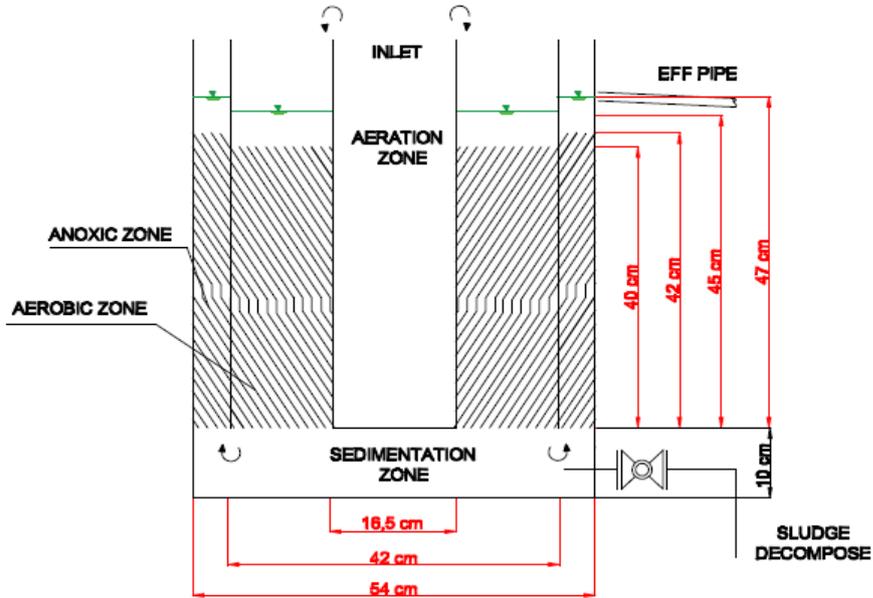
Pembagian kompartemen unit IPAL Mini dengan volume efektif 130 liter diperoleh volume tiap kompartemen adalah sebagai berikut :

1) Kolom aerasi

Volume 11,7 liter dengan dimensi: diameter 16,5 cm; tinggi 55 cm.

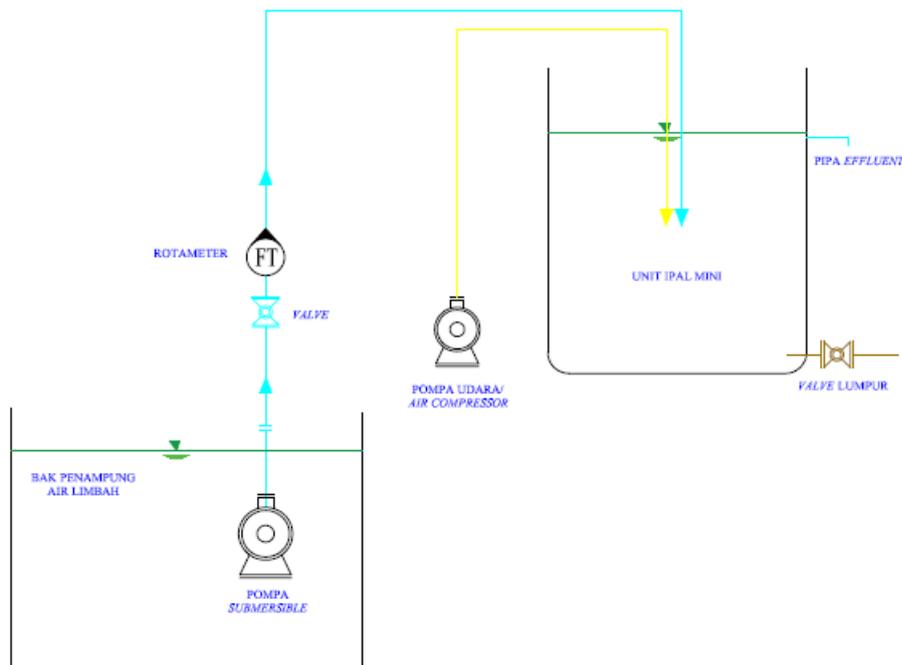
2) Biofilter *aerobic*

- Volume 52 liter dengan dimensi: diameter 44 cm; tinggi media 40 cm; tinggi ruang bebas 5 cm.
- 3) Biofilter *anoxic*
Volume 32,5 liter dengan dimensi: diameter 54 cm; tinggi media 42 cm; tinggi ruang bebas 5 cm.
- 4) Ruang lumpur
Volume 22,8 liter dengan dimensi: diameter 54 cm dan tinggi 10 cm.
Detail unit dan dimensi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Detail Unit IPAL Mini

Instrumen penunjang pengoperasian alat terdiri dari pompa *submersible* dengan kapasitas 1300 liter/jam untuk mengalirkan air limbah dari bak penampung menuju unit dan blower/*air compressor* berkapasitas 35 liter/menit untuk suplai oksigen pada proses aerob. Diagram proses pengolahan air limbah domestik menggunakan IPAL Mini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Proses Pengolahan IPAL Mini



Gambar 4. Gambaran Nyata Unit IPAL MINI

5. KESIMPULAN

Desain unit IPAL Mini menggunakan drum plastik 200 liter dengan volume efektif pengolahan 130 liter dan menggunakan media biofilter sarang tawon dapat mengolah air limbah sebesar 32,5 liter/jam dan waktu tinggal selama 4 jam dengan efisiensi 90%.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada pengelola asrama mahasiswi Gebang Kidul Surabaya yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian di tempat tersebut, *workshop* PT. SINERGI UTAMA yang telah membantu penulis dalam pembuatan unit Ipal Mini, dan pihak laboratorium BPKI yang telah membantu penulis dalam pengolahan data.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Afiuddin, A. E., & Dwi, A. K. (2018). Studi Perbaikan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 Sesuai Dengan Limbah Yang Dihasilkan Dan Peraturan Terbaru Di PT. X. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, (2).
- Handayani, D. S. (2014). *Kajian Pustaka Potensi Pemanfaatan Greywater Sebagai Air Siram WC dan Air Siram Tanaman di Rumah Tangga*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- McNevin, D., & Barford, J. (2000). *Biofiltration as an odor abatement strategy*. *Biochemical Engineering Journal*, 231-342.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor :P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Said, N. I. (2000). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Said, N. I. (2002). *Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Said, N. I. (2008). *Proses Biofilter Tercelup*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Halaman ini sengaja dikosongkan

Studi Karakteristik Lumpur *Intake* Perusahaan Pembangkit Listrik

Kusnul Dwi Ratnasari^{1*}, Denny Dermawan², Moch. Choirul Rizal³

¹²³ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: kusnuldwiratnasari@gmail.com

Abstrak

Kegiatan produksi listrik membutuhkan air yang cukup banyak untuk air pengisi boiler, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air dilakukan pengambilan air laut. Dari kegiatan pengambilan air laut menghasilkan sedimen yang cukup banyak pada *intake*. Selama ini lumpur *intake* diambil dan ditampung pada tempat penampungan sementara dengan volume *storage pond* A sebesar 125.443,32 m³ dan *storage pond* B sebesar 361.335,24 m³. Melihat potensi lumpur yang begitu banyak, penelitian ini mencoba menganalisa karakteristik pada lumpur *intake* agar dapat dilakukan pemanfaatan. Metode yang digunakan adalah pengujian ukuran butir sesuai SNI 3423:2008, selanjutnya diplotkan pada segitiga tanah menurut *United State Departement of Agriculture* (USDA). Pengujian kandungan senyawa maupun unsur pada lumpur *intake* dengan menggunakan metode *X-Ray Flourescence Spectrometer* (XRF), selanjutnya dikomparasikan dengan kandungan senyawa-senyawa maupun unsur-unsur pada lempung. Hasil penelitian ini menunjukkan lumpur *intake* tergolong pada tanah lempung sesuai dengan plotting pada segitiga USDA. Kandungan senyawa terbesar yaitu Silika Dioksida (SiO₂) sebesar 34,59% untuk sampel *grab* dan 45,7 - 46% untuk sampel *composite place*, dan unsur terbesar yang terkandung adalah Silika (Si) sebesar 32,7% - 32,8%, sehingga dapat disimpulkan bahwa lumpur *intake* secara teknis layak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan produk dari tanah liat.

Kata Kunci: Lumpur *Intake*, Perusahaan Pembangkit Listrik, Silika Dioksida, XRF, USDA

1. PENDAHULUAN

Air yang dibutuhkan dalam proses produksi listrik sangatlah besar. PLTU membutuhkan air sebanyak 6000 m³/hari untuk *desalination plant* dan 468.000 m³/hari untuk kondensor, sedangkan pada PLTGU membutuhkan air sebanyak 8400 m³/hari untuk *desalination plant* dan 648.000 m³/hari untuk kondensor. Kebutuhan air dipenuhi melalui pengambilan air laut yang ditawarkan terlebih dahulu dengan *desalination plant* dan selanjutnya diolah pada *water treatment*, sehingga menghasilkan air demineral untuk air pengisi boiler.

Kegiatan pengambilan air laut tersebut akan menghasilkan sedimen yang cukup banyak pada *intake* pengambilan air. Selama ini sedimen hanya diambil dan ditampung pada tempat penampungan sementara serta dilakukan pengerukan untuk mengurangi volume. Hasil pengerukan akan diserahkan pada pihak ke tiga. Terdapat 4 (empat) *storage pond* yaitu *pond* A, *pond* B, dan *pond* C, *pond* D. Namun untuk *storage pond* C dan *pond* D sudah penuh, sedangkan untuk *pond* A memiliki volume sebesar 125.443,32 m³ dan *storage pond* B sebesar 361.335,24 m³. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis lumpur, senyawa penyusun, unsur penyusun dari lumpur *intake*, dan potensi pemanfaatan lumpur *intake*.

2. METODOLOGI

Lokasi pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil FTSP – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya, Laboratorium Energi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya, dan Laboratorium Envilab – Gresik. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari hingga Mei 2018.

Bahan Percobaan

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sampel lumpur *intake* dari perusahaan pembangkit listrik. Lokasi *storage pond* A dan B dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi *Storage Pond* Lumpur Intake

Alat Percobaan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ayakan (Sieve, USA), hidrometer (Sieve, USA), neraca analitik (Nimbus), dan alat pengujian XRF (Minipal4 PW4030/45B).

Prosedur Percobaan

Pengujian Ukuran Butir

Sampel yang digunakan adalah sampel yang diambil dengan metode *grab sampling* pada *storage pond* B dan sampel *composite place storage pond* A dan *storage pond* B. Selanjutnya sampel dikeringkan selama 1 bulan dengan tujuan memperoleh sampel yang benar-benar kering. Setelah sampel dikeringkan selanjutnya dilakukan uji ukuran butir sesuai SNI 3423:2008. Hasil pengujian akan diperoleh persentase kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang nantinya akan diplotkan pada segitiga tanah oleh *United State Departement of Agriculture* (USDA) untuk mengetahui jenis tanah dari sampel lumpur intake.

Pengujian X-Ray Flourescence Spectrometer (XRF)

Sampel yang digunakan dalam pengujian senyawa-senyawa pada lumpur intake adalah sampel yang diambil dengan metode *grab sampling* pada *storage pond* B yang dianalisa di Envilab-Gresik dan sampel *composite place storage pond* A dan *storage pond* B yang di analisa dengan metode XRF. Selanjutnya sampel diujikan pada Laboraturim Energi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) – Surabaya sesuai Petunjuk Pengujian XRF Laboratoium Energi-ITS. Hasil dari pengujian tersebut berupa spektrum hubungan antara energi eksitasi dan intensitas sinar-X. Energi eksitasi menunjukkan unsur penyusun sampel dan intensitas sinar-X menunjukkan nilai kuantitatif dari unsur tersebut (Bahri, 2015).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

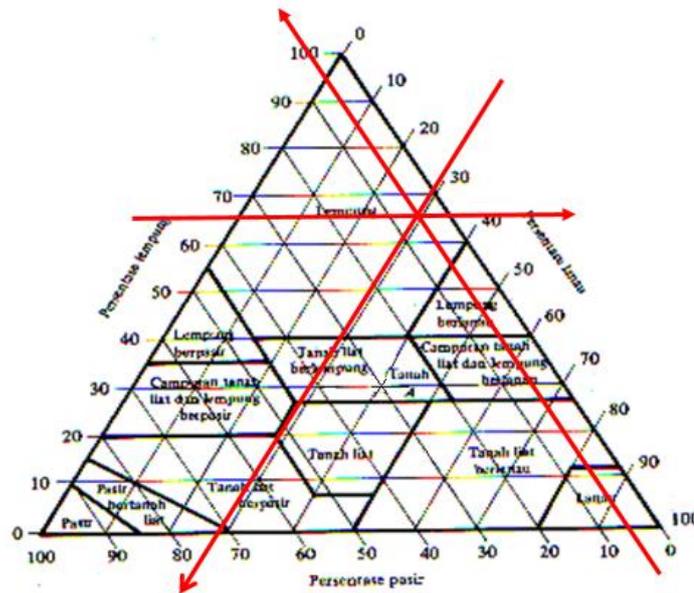
Ukuran Butir Lumpur Intake

Hasil pengujian ukuran butir lumpur intake dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

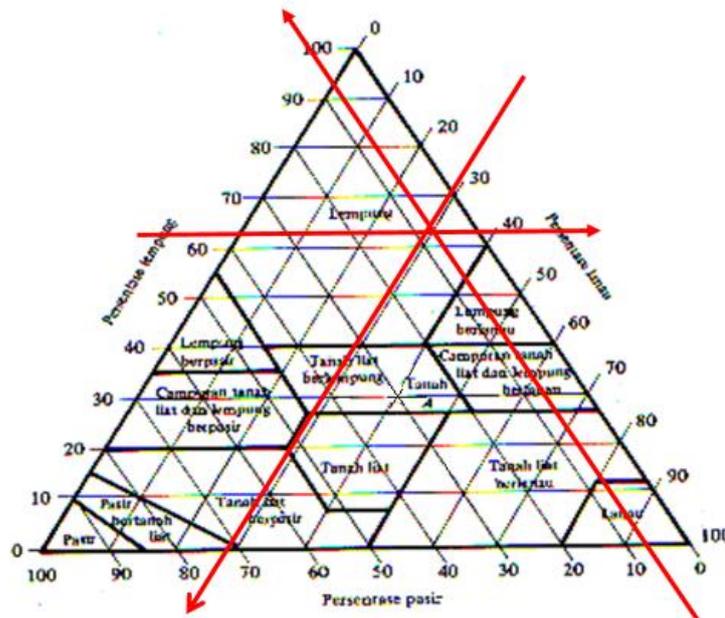
Tabel 1. Hasil Pengujian Ukuran Butir Lumpur Intake

Gradasi	Sampel Grab	Sampel Composite Place
Kerikil (%)	0,00	0,91
Pasir (%)	4,09	7,26
Lanau (%)	30,35	29,06
Lempung (%)	65,55	62,76

Hasil kedua pengujian tersebut diplotkan pada segitiga USDA. Sebagaimana terdapat pada Gambar 2 untuk sampel *grab* dan Gambar 3 untuk sampel *composite place*.



Gambar 2. Ploting Hasil Pengujian Ukuran Butir Sampel Grab pada Segitiga USDA

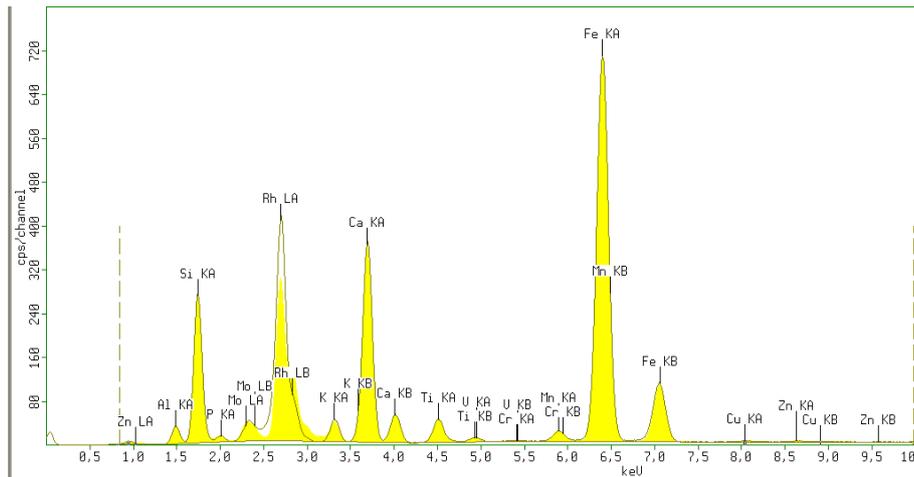


Gambar 3. Ploting Hasil Pengujian Ukuran Butir Sampel Composite Place pada Segitiga USDA

Dari hasil plotting pada segitiga USDA dengan menarik garis panah sesuai dengan persentase pasir, lanau, dan lempung, didapatkan titik potong dari ketiga garis panah tersebut. Tempat titik potong tersebut adalah jenis tanah dari sampel yang telah diuji. Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3 dapat diketahui bahwa jenis tanah untuk lumpur intake adalah tanah lempung.

Senyawa-senyawa pada Lumpur Intake

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4. Perbandingan kadar senyawa lumpur intake dengan lempung (tanah liat) pada penelitian Hastutiningrum, dkk (2013), Kim (2010), dan Gonggo, dkk (2013) dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Hasil Pengujian Senyawa-senyawa Lumpur Intake

Tabel 2. Perbandingan Senyawa-senyawa Lumpur Intake dengan Lempung

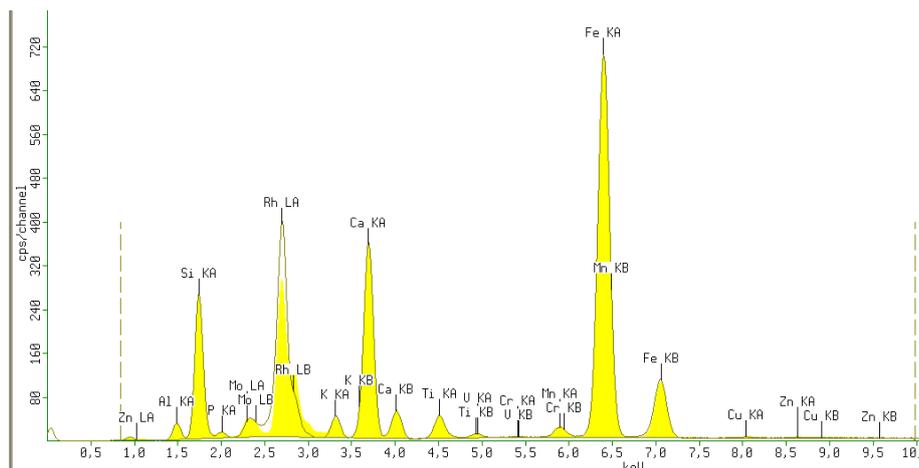
Senyawa	Kadar					Satuan
	Hasil Pengujian Lumpur Intake		Hasil Pengujian Tanah Lempung			
	Envilab (Grab)	Lab. Energi-ITS (Composite Place)	Hastutiningrum, dkk (2013)	Kim, (2010)	Gonggo, dkk (2013)	
SiO ₂	34,59	45,7 – 46	47	57,69	56,26	%
Al ₂ O ₃	5,53	9,93 – 10	39	19,02	23,18	%
Fe ₂ O ₃	2,44	21,3	-	7,05	4,99	%
CaO	0,17	13,9 - 14,1	-	0,2	0,840	%
MgO	1,38	No Intensity	-	1,04	1,73	%
K ₂ O	-	1,35	-	-	1,99	%
TiO ₂	-	1,6	-	-	0,980	%
Na ₂ O	-	-	-	-	0,841	%

Pada penelitian Hastutiningrum, dkk (2013) kandungan silika dioksida pada lempung sebesar 47%. Pada penelitian Kim (2010) yang meneliti komposisi kimia berbagai jenis material salah satunya adalah clay (lempung) diperoleh kandungan silika dioksida sebesar 57,69%. Pada penelitian Gonggo, dkk (2013) meneliti kandungan oksida lempung di Desa Bomban menggunakan analisa XRF. Hasil penelitian didapatkan kandungan SiO₂ sebesar 56,26% dan disimpulkan tanah pada Desa Bomban dapat digunakan sebagai bahan baku keramik gerabah.

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan silika dioksida lumpur intake hampir sama dengan kandungan silika dioksida pada lempung. Sehingga material lumpur intake dapat digunakan sebagai pengganti tanah lempung untuk bahan baku pembuatan produk berbahan dasar lempung seperti keramik, batu bata, dan lain sebagainya.

Unsur-unsur pada Lumpur Intake

Sampel yang digunakan adalah sampel composite place antara storage pond A dan storage pond B yang Sampel ditimbang masing-masing sebesar 3 gram. Pengujian unsur-unsur pada lumpur intake menggunakan metode XRF di Laboratirum Energi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Hasil pengujian terlampir pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pengujian Unsur-unsur Lumpur Intake

Perbandingan hasil pengujian lumpur intake dan pengujian unsur-unsur pada lempung oleh Muslim (2014) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Unsur-unsur Lumpur Intake dengan Lempung

Unsur Kimia	Kadar				Satuan
	Hasil Pengujian Lumpur Intake (XRF)		Muslim, 2014		
	1	2	Desa Prigi	Desa Kamulan	
Si	32,7	32,8	25,53	20,33	%
Mg	No intensity	No intensity	0,58	1,17	%
Ca	18,1	18,1	0,43	1,10	%
Fe	31,3	30,9	11,64	8,63	%
Al	7,54	7,74	20,43	12,61	%
S	-	-	-	-	%
C	-	-	-	10,24	%
O	-	-	38,48	44,21	%
K	1,96	1,96	0,71	0,56	%
Ti	1,84	1,84	0,80	0,66	%
Mn	0,77	0,77	1,40	-	%
Na	-	-	-	0,49	%

Penelitian Muslim, 2014 bertujuan untuk mengetahui unsur yang terkandung dari tanah lempung Dusun Sumber, Desa Pridi, Kecamatan Watu Limo dan Dusun Gajah, Desa Kamulan Kecamatan Durenan Kabupaten Trenggalek menggunakan teknik Energy Dispersive X-Ray (EDX). Dari hasil uji lempung Desa Prigi didapatkan unsur Si sebesar 25,53% dan Desa Kamulan sebesar 20,33%. Berdasarkan Tabel 3 dapat ditarik kesimpulan bahwa lumpur intake memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan produk dari tanah lempung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa lumpur intake tergolong pada tanah lempung (clay), serta mengandung silika oksida (SiO₂) sebesar 34,59% untuk sampel grab dan 45,7 - 46% untuk sampel composite place. Berdasarkan unsur penyusunnya mengandung silika 32,7% – 32,8%, hal ini hampir sama dengan kandungan silika pada lempung yang telah diteliti oleh Muslim (2014), maka lumpur intake dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk dari tanah lempung.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesainya penyusunan jurnal ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberi dana penelitian dan perusahaan pembangkit listrik yang telah membantu dalam proses penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Zeolit X dari Abu Vulkanik Gunung Kelud dengan Variasi Rasio Molar Si/Al menggunakan Metode Sol-Gel. Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang.
- Das, B.M, Endah. N, dan Mochtar, I.B. (1988). Mekanika Tanah. Erlangga. Jakarta.
- Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2018). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit Spent Bleaching Earth sebagai Pengganti Agregat pada Campuran Beton. Jurnal Presipitasi, 15(1), 7-10.
- Environmental Protection Agency. 1989. POTW *Sludge Sampling and Analysis Guidance Document*. Washington DC, United States.
- Gonggo. S. Tandi, Ediyanti. F, dan Suherman. (2013). Karakteristik Fisikokimia Mineral Lempung sebagai Bahan Dasar Industri Keramik di Desa Lembah Romban Kecamatan Balandu Lambunu Kabupaten Parigi Moutong. ISSN 2302-6030, Vol. 2, No. 2 Tahun 2013. Universitas Tadulako, Palu.
- Hastutiningrum, S. 2013. Proses Pembuatan Batu Bata Berpori dari Tanah Liat dan Kaca. JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA, Vol.5, No.2, ISSN 1779 – 8415, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta, pp.200-6.
- Masrukan dan Rosika. 2008. Perbandingan Hasil Analisa Bahan Bakar U-Zr dengan menggunakan Teknik XRF dan SSA. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir ISSN 0852-4777, Batan
- Muslim, M. (2014). Karakteristik Sifat Fisika Kimia Lempung dari Daerah Kecamatan Watu Limo dan Durenan Kabupaten Trenggalek. Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang.
- Prameswari, B. (2008). Studi Efektifitas Lapis Galvanis terhadap Ketahanan Korosi Pipa Baja ASTM A53 di dalam Tanah (*Underground Pipe*). Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rochadi, M.Tri, dan Irianta, F.X. Gunarsa. (2006). Kualitas Bata Merah dari Pemanfaatan Tanah Bantaran Sungai Banjir Kanal Timur. Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Suhartanto, E.H, Andre.P, dan Stepanus. R. (2014). Studi Pemanfaatan Sedimen Waduk Sepungguh dan Lumpur Sidoarjo untuk Pembuatan Batu Bata. Universitas Brawijaya, Malang.
- Suseno. H, Prastumi, Susanti. L, dan Setyowulan. D. 2012. Pengaruh Penggunaan *Botton Ash* sebagai Pengganti Tanah Liat pada Campuran Bata terhadap Kuat Tekan Bata. JURNAL REKAYASA SIPIL, Vol.6, No.1, ISSN 1078 – 5658, Universitas Brawijaya, Malang, pp.272-81.
- Standar Nasional Indonesia 3423. 2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Bandung, Badan Standar Nasional

Recovery Amonium Hidroksida (NH_4OH) dari Limbah Regenerasi Mengandung $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dengan Menggunakan Distilasi Vakum

Asadina Kusma Cahyaningalih^{1*}, Adhi Setiawan², Novi Eka Mayangsari³

^{1, 2, 3} Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : asadinakusma@gmail.com

Abstrak

Amonium hidroksida (NH_4OH) adalah senyawa basa bentuk dari amonia (NH_3) yang terionisasi dan terlarut dalam air. Amonia bereaksi secara reversibel dengan air menghasilkan ion amonium (NH_4^+) dan ion hidroksida (OH^-). Amonium hidroksida digunakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menerapkan *All Volatile Treatment* sebagai pengatur pH air baku pada kisaran 9,1 – 9,4 agar peralatan terjaga dari korosi dan juga untuk menghindari konduktivitas melebihi 0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ agar tidak terjadi *scaling*. Terdapat unit *Condensate Polisher* yang berfungsi sebagai proteksi apabila *Condenser* mengalami kebocoran. Di dalamnya terjadi proses *ion exchange* oleh resin kation-anion untuk menukar ion NH_4^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} . Seiring waktu resin tersebut akan jenuh, sehingga dilakukan proses regenerasi. Limbah regenerasi ini mengandung ion NH_4^+ dalam senyawa $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang selanjutnya akan diproses di *Ammonia Recovery Plant* (ARP) untuk *direct recovery* menjadi NH_4OH . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH (8, 9, 10, 11, 12) dan temperatur (52°C, 57°C, 62°C, 67°C, 72°C) terhadap *recovery* NH_4OH dari limbah regenerasi *Condensate Polisher*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat distilasi skala laboratorium pada tekanan vakum 40 kPa selama 120 menit dan analisisnya menggunakan metode Spektrofotometri. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *recovery* NH_4OH dengan hasil paling besar adalah pada kondisi pH 12 dan temperatur 62°C yaitu dengan persen *recovery* sebesar 61,08 %.

Kata Kunci: Distilasi, NH_4OH , pH, *recovery*, temperatur.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagian memanfaatkan air laut sebagai sumber air baku untuk produksinya. Air baku untuk boiler memiliki ketentuan tertentu untuk menjaga kondisi alat dan proses produksi berjalan dengan lancar. Ketentuan tersebut meliputi konduktivitas dan pH air. Air laut memiliki nilai konduktivitas 45.000 sampai dengan 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Puryanti dan Deswita, 2012), sehingga perlu diolah terlebih dahulu hingga mencapai nilai konduktivitas kurang dari 0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Dooley, dkk, 2004) untuk mencegah terjadinya *scaling*. Hampir semua alat produksi di PLTU berbahan logam, sehingga untuk mencegah terjadinya korosi pH air yang harus dikondisikan pada pH 9,1 sampai dengan 9,4 (Dooley, 2001). Pada pembangkit listrik yang proses produksinya menggunakan asam *All Volatile Treatment* (AVT), digunakan larutan amonium hidroksida (NH_4OH) sebagai pengatur pH air baku dikarenakan NH_4OH bersifat volatil sehingga tidak akan mempengaruhi konduktivitas air baku boilernya.

Uap yang terbentuk oleh boiler selanjutnya akan menuju turbin. Setelah melalui turbin, uap panas akan diproses di dalam unit *Condenser* untuk diturunkan temperaturnya. Uap air yang telah melalui *Condenser* akan berubah fase menjadi cair kembali dan disebut *condensate*. Air *condensate* selanjutnya akan menuju unit bernama *Condensate Polisher* untuk melalui proses *ion exchange* oleh resin-resin anion dan kation. *Condensate Polisher* diperlukan karena air *condensate* tadi nantinya akan dijadikan sebagai air baku boiler kembali, oleh karena itu dilakukan proses *ion exchange* untuk memastikan bahwa air *condensate* memiliki konduktivitas sesuai dengan ketentuan. Terdapat kemungkinan air *condensate* mengandung pengotor berupa mineral dari air laut karena air pendingin *Condenser* menggunakan air laut. Resin di dalam unit tersebut akan menangkap ion-ion dari air laut seperti Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ yang mungkin terbawa sebagai pengotor dan menangkap ion NH_4^+ dari NH_4OH yang terkandung di dalam air *condensate*. Seiring dengan waktu, resin akan mencapai titik jenuhnya sehingga perlu dilakukan proses regenerasi. Proses regenerasi menggunakan larutan NaOH dan H_2SO_4 menghasilkan limbah cair yang mengandung $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Air limbah regenerasi ini dapat *direct recovery* menghasilkan NH_4OH yang dapat dimanfaatkan kembali dengan menggunakan proses distilasi vakum.

Pada PLTU ini terdapat unit *Ammonia Recovery Plant* (ARP) yang berfungsi untuk me-recovery kandungan amonium hidroksida (NH_4OH) dari air limbah regenerasi. Proses utama yang terjadi di unit ini adalah proses distilasi. Kondisi operasi yang optimal pada unit ini adalah pada pH 11 dan temperatur 60°C (Thermoenergy, 2013). Menurut Jorgensen (2002), kesetimbangan dari NH_3 (*un-ionized ammonia*) dan NH_4^+ (*ionized ammonia*) bergantung pada temperatur dan terlebih pada pH. Kelarutan amonia dalam air akan meningkat dengan menurunkan pH, sebaliknya volatilitas amonia akan meningkat dengan menaikkan pH. Temperatur yang tinggi akan meningkatkan removal amonia (Campos, 2013).

Rumusan masalah yang merupakan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung persen (%) *recovery* amonium hidroksida (NH_4OH) dari air limbah regenerasi *Condensate Polisher* dan mendapatkan nilai % *recovery* yang terbaik menggunakan proses distilasi vakum dengan variabel pH dan temperatur yang telah ditentukan.

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk dapat dijadikan sebagai referensi bagi perusahaan sejenis dalam mengolah air limbah yang mengandung $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sehingga dapat dimanfaatkan kembali.

2. METODOLOGI

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rangkaian alat distilasi, pompa vakum, *heating mantel*, termometer, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, gelas beker, mikro pipet, pH meter, stopwatch, spektrofotometer Hach DR 3900.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah air limbah regenerasi *Condensate Polisher*, AmVer *High Range Ammonia Reagent Set*, H_2SO_4 , NaOH, *demineralized water*.

Metode Eksperimen

a. Persiapan Sampel

Sampel limbah regenerasi *Condensate Polisher* diambil di titik sampling yang berada setelah tanki *Chemical Injection* pada unit *Condensate Polisher*. Kemudian sampel air limbah diawetkan dengan menambahkan H_2SO_4 sampai pH 2 dan disimpan pada suhu 4°C paling lama penyimpanan 28 hari (SNI 6989.59, 2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah).

b. Distilasi

Distilasi dilakukan dengan memadukan dua variabel temperatur (52°C , 57°C , 62°C , 67°C , 72°C) dan pH (8, 9, 10, 11, 12) dengan total terdapat 25 perlakuan berbeda. pH sampel diatur sesuai dengan variabel dengan menggunakan NaOH. Untuk masing-masing perlakuan, sebanyak 250 mL sampel didistilasi selama 120 menit pada tekanan vakum 40 kPa.

c. Analisis Metode Spektrofotometri

Sampel air limbah yang telah didistilasi menghasilkan produk yang disebut distilat. Distilat dianalisis untuk mengetahui konsentrasi amonium hidroksida yang ter-recovery. Analisis konsentrasi amonium hidroksida dengan metode spektrofotometer ini menggunakan prosedur analisis *High Range Test and Tube* berdasarkan *Procedures Manual Hach Company* tahun 2013. Spektrofotometer yang digunakan adalah Hach *Spectrofotometer* DR 3900 dengan panjang gelombang 655 nm.

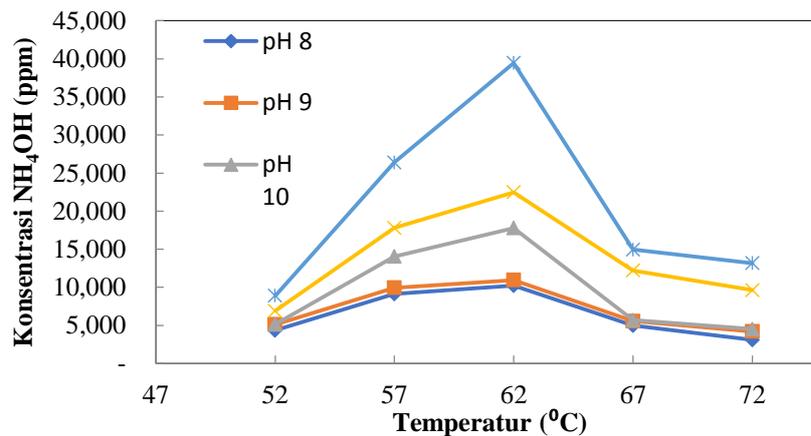
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses distilasi limbah regenerasi unit *Condensate Polisher* menghasilkan produk berupa distilat yang mengandung NH_4OH (amonium hidroksida) (NH_4OH). Jorgensen (2002) menyatakan bahwa kesetimbangan $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ bergantung pada pH dan temperatur. Pada pH dan temperatur yang rendah, akan terbentuk ion amonium (NH_4^+) dan sebaliknya pada pH dan temperatur yang lebih tinggi akan terbentuk NH_3 dalam kesetimbangan dengan ionnya yaitu NH_4^+ dan OH^- . Konsentrasi amonium hidroksida hasil penelitian dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Gambar 1 berikut

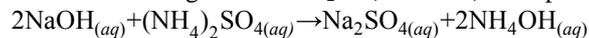
Tabel 1. Data Konsentrasi NH_4OH

pH	Temperatur	Konsentrasi NH_4OH (ppm)				
		52° C	57° C	62° C	67° C	72° C
8		4.350	9.125	10.225	4.975	3.100
9		5.125	9.950	10.950	5.575	4.200
10		5.150	14.050	17.775	5.700	4.525
11		6.900	17.800	22.475	12.200	9.625
12		8.900	26.400	39.450	14.950	13.175

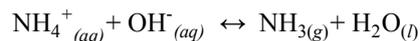
Dari data yang telah diperoleh pada Tabel 1, kemudian digambarkan dalam suatu bentuk grafik (Gambar 1).

**Gambar 1.** Pengaruh pH dan Temperatur terhadap konsentrasi NH_4OH

Berdasarkan persamaan reaksi pembentukan amonium hidroksida, penambahan NaOH dalam sampel air limbah regenerasi *Condensate Polisher* menghasilkan Na_2SO_4 dan NH_4OH seperti dalam persamaan berikut.



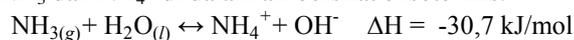
NH_4OH terdiri atas NH_4^+ (ion amonium) dan OH^- . NH_4^+ merupakan bentuk amonia yang terionisasi dan NH_3 merupakan bentuk amonia yang tidak terionisasi (Jorgensen, 2002), keduanya memiliki reaksi kesetimbangan sebagai berikut.



Pada proses pemisahan NH_4OH , ion amonium harus berubah menjadi wujud molekul amonia (NH_3) terlebih dahulu karena hanya dengan wujud tersebut proses penyisihan dapat terjadi (Fahmiati, 2012). Kenaikan pH (semakin banyaknya ion OH^-) dipengaruhi oleh penambahan NaOH ke dalam sampel. Dengan semakin tingginya pH, kesetimbangan reaksi amonium hidroksida akan bergeser ke kanan dan membentuk gas NH_3 yang terlarut di dalam air. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa konsentrasi amonium hidroksida terus mengalami peningkatan seiring dengan semakin tingginya pH. Peningkatan terlihat semakin signifikan pada pH 12.

Dari Gambar 1 juga dapat dilihat pengaruh temperatur distilasi vakum terhadap konsentrasi amonium hidroksida dalam distilat. Mulai dari temperatur 52°C, 57°C, dan 62°C terjadi peningkatan konsentrasi amonium hidroksida pada semua variabel pH (Tabel 1). Terlihat bahwa konsentrasi amonium hidroksida paling besar pada temperatur 62°C. Kemudian terjadi penurunan konsentrasi pada temperatur 67°C dan turun lagi pada temperatur 72°C. Hal tersebut dapat disebabkan karena semakin banyaknya fase cair (H_2O) yang ikut teruapkan pada saat proses distilasi berlangsung. Fahmi (2014) dalam penelitiannya mengenai pemurnian etanol juga mengalami penurunan kadar etanol dalam distilat ketika temperatur distilasinya lebih dari 60°C.

Reaksi kesetimbangan NH_3 dan NH_4^+ di dalam air bersifat eksotermis.



Apabila temperatur dinaikkan maka reaksi akan bergeser ke sebelah kiri dan bisa dipastikan bahwa jumlah molekul NH_3 akan semakin banyak sehingga jumlah amonia yang dipisahkan juga semakin banyak (Fahmiati, 2012). Setelah melalui proses pemanasan, kemudian terjadi proses kondensasi dimana kondisi uap yang mengandung NH_3 yang terlarut dalam H_2O akan turun temperaturnya. Penurunan temperatur akan menyebabkan reaksi bergeser ke arah kanan dan membentuk NH_4OH di dalam distilat.

Persen (%) *Recovery* Amonium Hidroksida (NH₄OH)

Banyaknya amonium hidroksida yang diperoleh kembali (*recovery*) dapat dinyatakan dalam bentuk persen (%). Persen *recovery* amonium hidroksida dipengaruhi oleh konsentrasi serta volume awal sampel dan volume distilat setelah terjadi distilasi yang dihitung dengan menggunakan Rumus (1).

$$\% R = \frac{C \times \text{volume distilat}}{C_0 \times \text{volume awal}} \times 100 \%$$

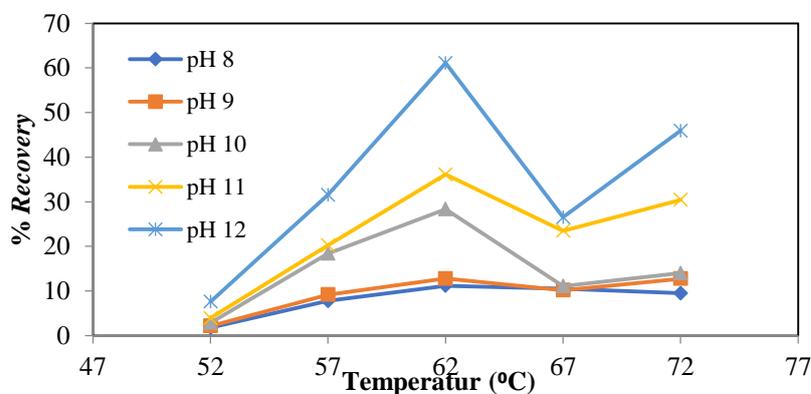
(1)

dengan, % R = % *recovery*C = konsentrasi NH₄OH dalam distilat (ppm)C₀ = konsentrasi NH₄OH awal (ppm)

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat dilihat persen (%) *recovery* amonium hidroksida dari penelitian ini pada Tabel 2 dan Grafik 2.

Tabel 2. Persen (%) *Recovery* NH₄OH

Mh	Temperatur	% <i>Recovery</i>				
		52° C	57° C	62° C	67° C	72° C
8		1,77	7,77	11,15	10,5	9,5
9		2,15	9,18	12,79	10,18	12,74
10		2,86	18,4	28,33	11,11	14,01
11		3,92	20,21	36,11	23,46	30,43
12		7,58	31,51	61,08	26,52	45,9



Gambar 2. Grafik Persen (%) *Recovery* Amonium Hidroksida

Selain data konsentrasi amonium hidroksida di dalam distilat, untuk menghitung persen (%) *recovery*, perlu diketahui juga data volume distilat yang telah tersaji pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Volume Distilat (mL)

pH	Temperatur	Volume distilat (mL)				
		52° C	57° C	62° C	67° C	72° C
8		3,15	6,6	8,45	16,35	23,75
9		3,25	7,15	9,05	14,15	23,5
10		4,3	10,15	12,35	15,1	24
11		4,4	8,8	12,45	14,9	24,5
12		6,6	9,25	12	13,75	27

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa % *recovery* amonium hidroksida pada seluruh variabel pH terus mengalami kenaikan pada temperatur 52°C, 57°C, dan 62°C secara berturut-turut. Namun terjadi penurunan % *recovery* pada temperatur distilasi 67°C, kemudian terjadi kenaikan lagi pada temperatur 72°C kecuali pada pH 8 yang mengalami sedikit penurunan. Apabila dibandingkan dengan grafik pengaruh pH dan temperatur terhadap konsentrasi amonium hidroksida dalam Gambar 1, pada grafik tersebut konsentrasi amonium hidroksida mengalami kenaikan berturut-turut pada temperatur 52°C, 57°C, dan 62°C dan mengalami penurunan pada temperatur 67°C dan 72°C. Perbedaan antara konsentrasi dan % *recovery* tersebut dikarenakan % *recovery* selain dipengaruhi konsentrasi juga dipengaruhi oleh volume.

Dapat diambil contoh pada pH 12, pada temperatur 62°C memiliki % *recovery* sebesar 61,08%, pada temperatur 67°C memiliki % *recovery* sebesar 26,52% dan pada temperatur 72°C memiliki % *recovery* 45,9% (Tabel 2). Konsentrasi amonium hidroksida pada pH 12 dan temperatur 62°C, 67°C, dan 72°C secara berturut-turut adalah sebesar 39.450 ppm, 14.950 ppm, dan 13.175 ppm (Tabel 1) mengalami penurunan. Sedangkan bila dibandingkan dengan volume residunya, secara berturut-turut dari temperatur 62°C, 67°C, dan 72°C yaitu sebesar 12 ml; 13,75 ml; dan 27 ml (Tabel 3) mengalami kenaikan. Antara temperatur 67°C (14.490 ppm) dengan temperatur 72°C (13.175 ppm) konsentrasi amonium hidroksida turun, namun karena volume residu pada temperatur 72°C sebanyak 27 ml, yaitu lebih banyak bila dibandingkan dengan temperatur 67°C yang hanya 13,75 ml hal tersebut mempengaruhi dan meningkatkan % *recovery*-nya.

Berbeda dengan % *recovery* pada pH 8 dan temperatur 72°C (Gambar 2) yang tetap mengalami penurunan, tidak seperti pada kondisi pH yang lainnya pada temperatur yang sama. Hal tersebut dapat terjadi karena walaupun volume distilat yang dihasilkan pada kondisi ini sebanyak 23,75 ml, namun konsentrasi amonium hidroksida dalam distilatnya adalah nilai yang terkecil dari seluruh konsentrasi amonium hidroksida dalam distilat yaitu hanya sebesar 3.100 ml. Konsentrasi distilat pada kondisi ini sama besarnya dengan kondisi sampel sebelum terjadi distilasi yaitu sebesar 3.100 ml. Hal ini dapat terjadi karena pada pH 8 reaksi penguraian ion amonium (NH_4^+) dari sampel air limbah regenerasi tidak sebaik bila dibandingkan pada pH yang lebih tinggi dari pH 8. Menurut Leite, Lopes, dan Sousa (2013), amonia nitrogen (NH_3 dan NH_4^+) akan lebih mudah ter-*removal* pada pH di atas pH 10.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa % *recovery* amonium hidroksida yang paling tinggi adalah pada kondisi pH 12 dan temperatur 62°C yaitu sebesar 61,08% (Tabel 2). Secara keseluruhan % *recovery* selalu meningkat sebanding dengan peningkatan variabel pH pada temperatur yang sama, mulai dari yang terkecil pH 8 hingga yang terbesar pH 12, walaupun pada beberapa titik peningkatan terlihat tidak signifikan. Hal tersebut karena pengaruh pH terhadap konsentrasi amonium hidroksida dalam distilat juga semakin meningkat sebanding dengan meningkatnya pH.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, persen (%) *recovery* amonium hidroksida (NH_4OH) yang paling tinggi adalah pada saat kondisi pH 12 dan temperatur 62°C dengan nilai persen (%) *recovery* sebesar 61,08 %.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada PLTU Paiton yang telah membantu dalam proses mendapatkan serta mengolah data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Campos, J. C., dkk. 2013. *Evaluation of pH, Alkalinity and Temperature During Air Stripping Process for Ammonia Removal From Landfill Leachate*. Journal of Environmental Science and Health, Part A (2013) 48, pp. 1105-1113.
- Dooley, R. B. 2001. *Turbine Steam Chemistry and Corrosion*. EPRI : California.
- Dooley, R. B., Shields, K., Aschof, E., et. al. 2004. *Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants : Phosphate Continuum and Caustic Treatment*. EPRI : Palo Alto, California.
- Fahmi, D. 2014. *Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (Ananas comosus L. Merr) dengan Menggunakan Distilasi Vakum*. Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol. 2, No. 2, pp. 131-137.
- Fahmiati, S. 2012. *Pengaruh Suhu Umpan Pada Penyisihan Amonia dari Air Limbah Menggunakan Kombinasi Proses Membran dan Ozon*. Skripsi Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok.
- Jorgensen, T. C. 2002. *Removal of Ammonia from Wastewater by Ion Exchange in The Presence of Organic Compounds*. University of Canterbury, Christchurch, New Zeland.

- Leite, V. D., Wilton S. Lopes, Jose T. de Sousa. 2013. *Study on Ammonia Stripping Process of Leachate from The Packed Towers*. Journal of Urban and Environmental Engineering, v.7, n.2 p. 215-222. ISSN 1982-3932.
- Procedures Manual HACH Company*. 2013. HACH Co., USA.
- Puryanti, D., Deswita, S. 2012. *Kajian Kualitas Air Permukaan di Sekitar Kawasan Muaro Kota Padang Menggunakan Parameter Konduktivitas dan Kandungan Logam Berat*. Jurnal Ilmu Fisika, Vol. 4, No. 2, pp. 40-45. ISSN 1979-4657.
- Setiawan, A. (2018). Sintesis dan Karakterisasi ZnO sebagai Coating Antikorosi ZnO/Al (OH) 3 Pada Material Baja Karbon. TEKNIK, 39(1).
- SNI 6989.59-2008 tentang *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*.
- Thermoenergy Corporation. 2013. *Ammonia Recovery System Operation and Maintenance*. Paiton Energy, East Java, Indonesia

Studi Penggunaan Dosis Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan Flokulan *Polymer Anionic* Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Pury Erlanda Sabilina^{1*}, Adhi Setiawan², Ahmad Erlan Afiuddin³

¹²³ Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

E-mail : pury.erlanda@gmail.com

Abstrak

Proses produksi dari industri tahu menghasilkan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair dengan kadar organik yang cukup tinggi. Kandungan bahan organik yang tinggi akan menurunkan kualitas air apabila dibuang langsung ke lingkungan. Industri tahu adalah industri kecil yang membutuhkan pengolahan dengan investasi biaya yang kecil dan lahan yang kecil. Tujuan dari penelitian ini menganalisis karakteristik air limbah tahu dan penggunaan koagulan dan flokulan. Metode penelitian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu tahap pertama analisis karakteristik air limbah serta tahap kedua yaitu pengujian *jarrest*. Hasil pengujian, parameter BOD₅, COD dan TSS belum memenuhi standart baku mutu Pergub Jatim No. 52 tahun 2014. Konsentrasi awal COD, BOD₅ dan TSS air limbah industri menunjukkan masing-masing sebesar 853,56 mg/L ; 468,50 mg/L dan 836,88 mg/L. Hasil pengujian *jarrest*, dosis optimum koagulan dan flokulan yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah tahu yaitu sebesar 30 mg/L PAC dan 2 mg/L *polymer anionic* dengan hasil akhir konsentrasi BOD₅, COD dan TSS masing-masing sebesar 86,9 mg/L ; 181,8 mg/L dan 198,1 mg/L. Pada dosis tersebut memberikan efisiensi penurunan pada parameter BOD₅, COD, dan TSS yaitu sebesar 81,5% ; 78,70% dan 76,3%.

Kata Kunci: Limbah Tahu, Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*), Flokulan *Polymer Anionic*

1. PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan usaha dibidang pangan yang banyak terdapat di Indonesia. Industri tahu banyak dijumpai di daerah Sepande dalam skala kecil rumah tangga dengan menggunakan teknologi sederhana, modal yang kecil dan jumlah tenaga kerja yang sedikit. Proses pembuatan tahu ini dilakukan secara tradisional dengan produksi limbah yang tinggi. Proses pembuatan tahu tersebut menghasilkan limbah cair yang apabila tidak diolah dengan baik maka akan mengakibatkan permasalahan lingkungan. Limbah cair tahu mengandung zat pencemar atau polutan organik sangat tinggi yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan (Ratnani, 2011). Limbah cair industri tahu yang dibuang langsung ke sungai tanpa IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) akan mengakibatkan penurunan kualitas air. Hal tersebut mempengaruhi kondisi perairan dan berdampak pada organisme yang ada di dalam air. Limbah industri tahu pada umumnya mempunyai karakteristik berupa pH, TSS (*Total Suspended Solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*), yang melebihi baku mutu air limbah (Puspayana & Damayanti, 2013). Karakteristik limbah cair tahu mempunyai suhu berkisar 30⁰C ; BOD₅ 720 mg/L ; COD 853 mg/L dan TSS 664 mg/L (Angraini dkk, 2014). Berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No 52 tahun 2014 nilai tersebut melebihi baku mutu limbah cair industri tahu yang dipersyaratkan dapat dibuang ke badan air penerima. Limbah cair dari industri tahu skala rumah tangga memerlukan pengolahan yang aplikatif dan sederhana. Pengolahan limbah cair industri tahu menggunakan koagulan-flokulan melalui pross koagulasi dan flokulasi dapat diterapkan untuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) skala individu industri tahu rumah tangga. Menurut Nasik (2015) melaporkan bahwa, koagulan PAC mampu menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair tahu sebesar 51,78% sedangkan dalam menurunkan kadar TSS sebesar 95,32%. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik air limbah tahu dan pengaruh penggunaan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan flokulan polimer anionik. Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi adalah PAC dan dengan ditambahkan flokulan yaitu *polymer anionic*.

2. METODOLOGI

A. Metode Penentuan Karakteristik Air Limbah

Pengujian karakteristik air limbah dilakukan dengan menghomogenkan sampel air limbah tahu terlebih dahulu. Pengukuran BOD dilakukan dengan mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_0) kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari (DO_5) pada suhu $20^{\circ}C$. Selisih DO_0 dan DO_5 merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/l). Analisis parameter BOD ini dilakukan dengan menggunakan metode winkler yang berpedoman pada SNI 6989.72: 2009 tentang metode pengujian kadar kebutuhan oksigen biokimiawi.

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan metode bikromat yang menghasilkan tingkat oksidasi tinggi. Pengukuran COD berpedoman pada SNI 6989.73:2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup Secara *Titrimetri*.

Pengukuran zat padat tersuspensi (TSS) dilakukan dengan menggunakan kertas saring Whatman Grade 934 AH yang telah dikeringkan dalam oven dengan suhu $103 - 105^{\circ}C$. Pengujian TSS berpedoman pada SNI 06-6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total Secara *Gravimetri*.

B. Metode Pengujian Jarrest

Pengujian jar test dilakukan untuk menentukan dosis optimum koagulan dan flokulan. Prosedur *jarrest* pada prinsipnya merupakan proses pengolahan air skala kecil. Metode pengujian koagulasi dan flokulasi dengan jar test berpedoman pada SNI 19 – 6449. 2000. Pada penelitian ini jenis koagulan yang digunakan yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan Flokulan yang digunakan polimer anionik.

1. Pembuatan Larutan Koagulan-flokulan

Konsentrasi larutan koagulan-flokulan harus ditentukan sebelum pengujian *jarrest*. Pada penelitian ini dibutuhkan koagulan dengan konsentrasi yang besar. Hal ini disebabkan kadar polutan yang tinggi pada parameter COD dan TSS. Larutan koagulan PAC dibuat dengan konsentrasi 10% dan flokulan *polymer anionic* dibuat dengan konsentrasi 1% dikarenakan untuk memudahkan penanganan dan untuk memastikan pencampuran dengan baik. Pada pembuatan larutan koagulan PAC 10%, dibutuhkan 10 gr bubuk PAC yang dilarutkan ke dalam 100 ml aquades. Pada pembuatan larutan flokulan polimer 1% dibutuhkan 1 gr bubuk polimer yang dilarutkan ke dalam 100 ml aquades.

2. Penentuan Dosis Koagulan-Flokulan

Pada pengujian *jarrest* ini, air limbah tahu yang akan diuji sebanyak 1000 ml dipindahkan ke dalam 6 gelas ukur bervolume 1000 ml dengan penambahan variasi konsentrasi koagulan dan flokulan yang berbeda. Kemudian dilakukan pengadukan cepat (*rapid mixing*) dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat (*slow mixing*) dengan kecepatan 60 rpm selama 10 menit pada sampel limbah tahu. Setelah itu, air limbah dibiarkan mengendap selama 15 menit. Fase cairan yang terbentuk pada proses pengendapan, dianalisis untuk mengetahui parameter BOD, COD dan TSS yang akan digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan-flokulan air limbah tahu. Pada penelitian ini variasi dosis yang akan di *jarrest* menggunakan 20 mg/L, 25 mg/L dan 30 mg/L untuk PAC dan 1 mg/L dan 2 mg/L untuk polimer anionik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Karakteristik Air Limbah Tahu

Pada penelitian ini, pengambilan contoh uji air limbah industri tahu dilakukan di *outlet* pembuangan air limbah industri tahu. Uji karakteristik air limbah tahu ini dilakukan pada kondisi awal sebelum penambahan koagulan-flokulan. Hasil dari analisis parameter air limbah industri tahu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 8 Hasil analisis parameter air limbah industri tahu

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu	Metode Pengujian
1	BOD	mg/L	468,50	150	Winkler-Alkali iodida azida
2	COD	mg/L	853,56	300	Refluks tertutup secara titrimetri
3	TSS	mg/L	836,88	100	Gravimetri
4	pH	-	3	6,0 – 9,0	Elektrometrik
5	Suhu	$^{\circ}C$	30	-	Termometrik

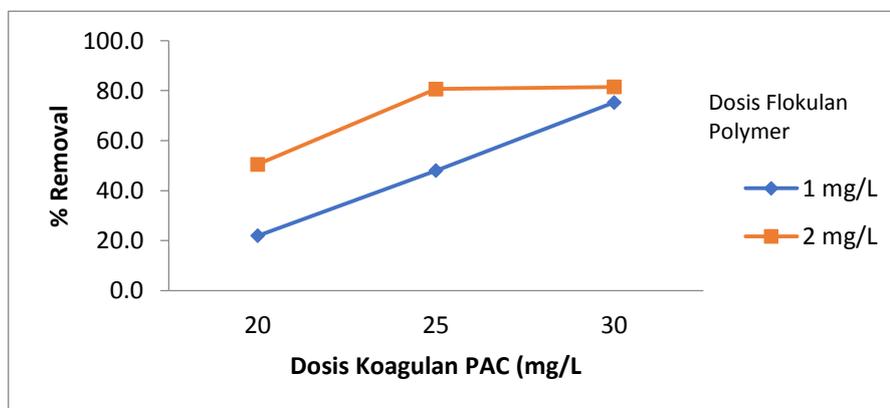
Sumber : Hasil Analisa Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri, 2018

Berdasarkan hasil pengujian, parameter air limbah yang diukur berada jauh diatas baku mutu. Konsentrasi yang diperoleh ini masih tinggi, sehingga penanganan perlu dilakukan agar kadar polutan air limbah industri tahu ini dapat dilakukan dengan pemberian dosis koagulan pada proses pengolahan kimia. Kadar polutan yang tinggi pada air limbah disebabkan karena sifat dari air limbah tahu yang mengandung bahan kimia yang bersifat organik.

B. Hasil Pengujian Metode Jarrest

Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan Terhadap Efisiensi Penurunan BOD₅

BOD₅ merupakan kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana (Siregar,2005). Berdasarkan pengujian awal, limbah cair dari proses pembuatan tahu mempunyai nilai BOD₅ yang melewati baku mutu yaitu sebesar 468,50 mg/L. Tingginya konsentrasi BOD₅ pada limbah cair tahu diakibatkan oleh tingginya protein yang merupakan zat organik yang terkandung dalam limbah tahu sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganismе didalam perairan untuk mendegradasi limbah tersebut sangat besar (Metcalf & Eddy, 2004).. Hasil analisis efisiensi penurunan (%) konsentrasi BOD dapat dilihat pada Gambar 1.

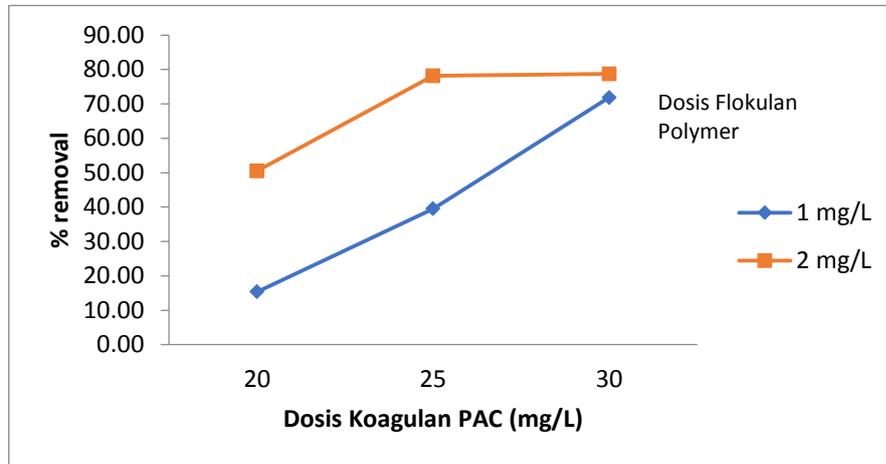


Gambar 1 Grafik Analisis Efisiensi Penurunan BOD

Penggunaan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan *polymer* 1 mg/L mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 115,8 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 75,3 %. Hal ini juga dapat dibandingkan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan *polymer* 2 mg/L mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 86,9 mg/L dengan efisiensi *removal* sebesar 81,5%. Dari data tersebut menunjukkan efisiensi penurunan BOD mengalami kenaikan. Penurunan konsentrasi BOD oleh faktor dosis koagulan-flokulan terjadi karena koagulan-flokulan tersebut mampu mengikat atau menyerap partikel tersuspensi (yang bersifat organik) sehingga partikel tersebut berhasil diendapkan. Berkurangnya jumlah partikel tersuspensi di dalam limbah cair akan meningkat sehingga nilai BOD akan menurun (Siregar,2005).

Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan Terhadap Efisiensi Penurunan COD

Berdasarkan pengujian awal, limbah cair dari proses pembuatan tahu mempunyai nilai COD yang melebihi baku mutu yaitu sebesar 853,56 mg/L. Hasil analisis efisiensi penurunan (%) konsentrasi COD dapat juga dilihat pada Gambar 2.

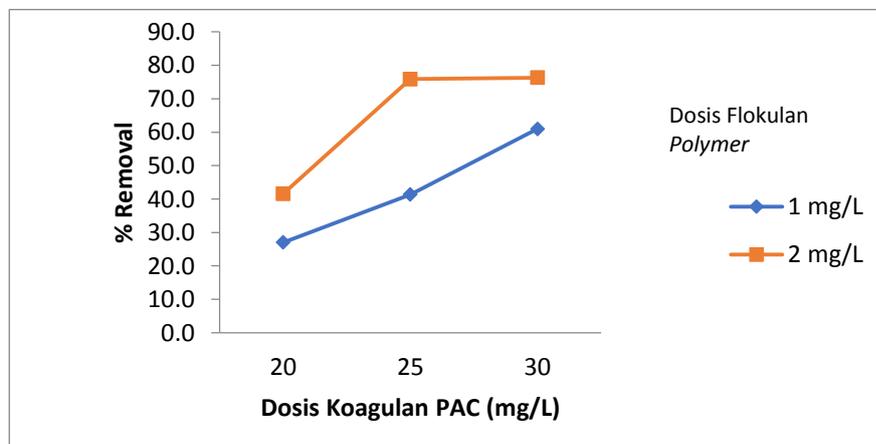


Gambar 2 Grafik Analisis Efisiensi Penurunan COD

Penggunaan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan polimer 1 mg/L mampu menurunkan konsentrasi COD menjadi 240,56 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 71,82 %. Hal ini juga dapat dibandingkan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan polimer 2 mg/L mampu menurunkan konsentrasi BOD menjadi 181,8 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 78,70%. Dari data tersebut menunjukkan efisiensi penurunan COD mengalami kenaikan. Konsentrasi COD semakin turun seiring dengan banyaknya dosis yang ditambahkan. Penurunan konsentrasi COD diakibatkan oleh penyisihan bahan-bahan organik yang berupa padatan koloid organik yang terdapat dalam air limbah. Hal ini terjadi karena partikel koloid (yang bersifat organik) memiliki muatan listrik negatif dan penambahan koagulan-flokulan pada sampel air limbah akan membentuk mikroflokk hingga akhirnya membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar (makroflokk) (Siregar,2005).

Pengaruh Dosis Koagulan-Flokulan Terhadap Efisiensi Penurunan TSS

Pada pengujian awal, limbah cair dari proses pembuatan tahu mempunyai nilai TSS yang melewati baku mutu yaitu sebesar 836,88 mg/L. Hasil analisis efisiensi penurunan (%) konsentrasi TSS dapat juga dilihat pada Gambar 3. Penggunaan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan polimer 1 mg/L mampu menurunkan konsentrasi TSS menjadi 326,66 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 61 %. Hal ini juga dapat dibandingkan koagulan PAC dari dosis 20 mg/L hingga 30 mg/L dengan ditambahkan flokulan polimer 2 mg/L mampu menurunkan konsentrasi TSS menjadi 198,1 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 76,3%.



Gambar 3 Grafik Analisis Efisiensi Penurunan TSS

Dari data tersebut menunjukkan efisiensi penurunan TSS mengalami kenaikan. Pemberian koagulan-flokulan pada dosis yang optimal ini membantu mengikat bahan pencemar lalu membuat partikel-partikel halus penyebab kekeruhan yang bersifat stabil menjadi tidak stabil muatannya sehingga terjadi gaya tarik-menarik menjadi terendapkan membentuk flok. Apabila pemberian dosis yang tidak tepat maka kemampuan untuk menjernihkan limbah cair industri tahu menjadi jenuh sehingga koagulan-flokulan yang tersisa akan mengotori larutan yang ada (Siregar,2005).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dosis optimum koagulan dan flokulan yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah tahu yaitu sebesar 30 mg/L PAC dan 2 mg/L polimer anionik dengan hasil akhir konsentrasi BOD, COD dan TSS masing-masing sebesar 86,9 mg/L ; 181,8 mg/L dan 198,1 mg/L. Pada dosis tersebut memberikan efisiensi penurunan yang tinggi pada parameter BOD, COD, dan TSS yaitu sebesar 81,5% ; 78,70% ; 76,3%. Hasil pengujian air limbah industri tahu, parameter BOD, COD dan TSS sudah memenuhi Baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, Sutisna, M., & Pratama, Y. (2014). Pengolahan Limbah Cair Tahu secara Anaerob menggunakan Sistem Batch. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, No. 1 Vol.2.
- A.Siregar, S. (2005). *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Nasik (2015). Studi Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan menggunakan Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan Flokulan Organoclay (*Bentonit-Polydamac*). *Universitas Islam Negeri Kalijaga.Yogyakarta*
- Puspayana, D. R., & Damayanti, A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium. *Institute Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya*.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun. (2014). *Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/ Atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- Ratnani, R. D. (2011). *Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Lumpur Aktif*. Momentum.
- SNI 06.6989.3. (2004). Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri.
- SNI 19 - 6449. (2000). Tentang Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan cara Jarrest.
- SNI 6989.72. (2009). Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD).
- SNI 6989.73. (2009). Cara uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara Titrimetri

Halaman ini sengaja dikosongkan