

ANALISIS TEKNIK PENCEGAHAN KOROSI PADA LAMBUNG KAPAL DENGAN VARIASI SISTEM PENCEGAHAN ICCP DIBANDINGKAN DENGAN SACP

Oleh:

Tri Karyono, Budianto, Reza Gadis Pamungkas

Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal

Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia, kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail: t.karyono@yahoo.co.id; budianto.structure@gmail.com; rezagadis23@gmail.com

Abstrak. Perlindungan badan kapal terhadap korosi dengan menggunakan metode cathodic protection. Pada prinsipnya adalah sel elektrokimia untuk mengendalikan korosi dengan mengkonsentrasikan reaksi oksigen pada sel galvanic dan menekan korosi pada katoda dalam sel yang sama. Pada proteksi katodik, logam yang akan dilindungi dijadikan katoda dan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Oleh sebab itu perlindungan terhadap korosi sangat penting untuk dilakukan, pemilihan jenis anoda dan penentuan kebutuhan jumlah anoda juga tidak kalah penting. Ada dua macam perlindungan katodik yang di gunakan yaitu ICCP (Impressed Current Cathodic Protection) dan SACP (Sacrificial Anode Cathodic Protection) dimana dalam menentukan jumlah anodanya dapat dilakukan melalui observasi dari aturan aturan yang ada, serta pengalaman di lapangan dan wawancara dapat dijadikan suatu pertimbangan dalam penentuan jenis anoda dan mengestimasi kebutuhan anoda tersebut. Kedua system tersebut dibandingkan dalam jangka 20 tahun, dari segi teknik dengan menggunakan perbandingan perhitungan sesuai standar DnV, yang dibandingkan dari tahap desain, tahap instalasi, dan maintenance. Hasil dari tahap desain memiliki Tingkat perlindungan ICCP lebih luas yaitu 0.7008 kg mampu mengcover area seluas 10m² sedangkan untuk SACPn dengan total berat aluminium 1,01077 kg mampu mengcover area seluas 10 m². Sedangkam hasil pada tahap Instalasi dimana Sistem SACP cenderung lebih mudah dari sistem ICCP. Dan untuk tahap maintenance dimana sistem ICCP lebih unggul daripada sistem SACP.

Kata Kunci: Korosi, Proteksi Katodik, Kebutuhan Anoda, Jenis Anoda.

Negara kepulauan Indonesia adalah Negara yang beriklim tropis serta memiliki bentang laut luas, dengan tingkat humiditas tinggi maka proses korosi adalah sesuatu yang tidak dapat dihindarkan. Oleh sebagian besar orang, korosi diartikan sebagai karat, yakni sesuatu yg hampir dianggap musuh umum masyarakat. 'Karat' (rust), tentu saja, adalah sebutan yang belakangan ini hanya dikhususkan bagi korosi pada besi, sedangkan 'korosi' adalah gejala destruktif yang mempengaruhi hampir semua logam. Walaupun besi bukan logam pertama yang dimanfaatkan oleh manusia, tidak perlu diingkari bahwa logam itu paling banyak digunakan.

(Threthewey, 1991). Jika dilihat dari segi konstruksi pada plat kapal laut, plat lambung kapal adalah yang paling rawan terkena korosi, hal tersebut di karenakan permukaan pelat lambung kapal terutama yang berada di bawah garis air selalu terendam air laut. Korosi pada pelat lambung kapal dapat menyebabkan menurunnya kekuatan plat lambung kapal, mengurangi kecepatan kapal, serta mengurangi jaminan keselamatan dan keamanan muatan barang dan penumpang. Untuk menghindari kerugian lebih besar akibat korosi air laut, maka pelat lambung kapal perlu di beri perlindungan dari serangan korosi secara berkala. Dalam

usaha untuk mencegah korosi pada kapal terdapat beberapa macam metode yang dipergunakan yaitu dengan pemberian lapisan (coating), melakukan proteksi katodik. Proteksi katodik meliputi metode anoda tumbal *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) dan metode arus paksa *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP). Dewasa ini banyak kapal yang menggunakan sistem *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) untuk pengendalian korosi pada badan kapal, padahal selain *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) ada metode *cathodic protection* yang lain, yaitu sistem *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP), akan tetapi sistem *Impressed Current Cathodic 2 Protection* (ICCP) jarang dipakai di kapal-kapal Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis sistem mana yang lebih menguntungkan dari segi teknik, dalam mengendalikan proses korosi pada badan kapal. Adapun analisis yang dilakukan pada analisis teknik Perancangan Sistem Pencegahan Korosi Pada Lambung Kapal, Dengan Variasi Sistem Pencegahan Menggunakan ICCP (*Impressed Current Cathodic Protection*) Dibandingkan dengan SACP (*Sacrificial Anode Cathodic Protection*)” untuk membandingkan anoda mana yang lebih efisien dalam hal teknik untuk dapat digunakan studi kasus kapal SSV (*Strategic Sealift Vessel*). Hal itu untuk mendapatkan kajian teknik yang efektif dan efisien tentang keutamaan jenis sistem katodik protection pada lambung kapal dalam operasional di laut bebas, didapatkan hasil yang optimum.

Pengertian Korosi

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Secara umum korosi me-

liputi hilangnya logam pada bagian yang terekpse. Korosi terjadi dalam berbagai macam bentuk, mulai dari korosi merata pada seluruh permukaan logam sampai dengan korosi yang terkonsentrasi pada bagian tertentu saja. Korosi pada logam terjadi karena adanya aliran arus listrik dari satu bagian pada ke bagian yang lain di permukaan logam. Aliran arus ini akan menyebabkan hilangnya metal pada bagian dimana arus dilepaskan ke lingkungan (oksidasi atau reaksi anoda). Proteksi terjadi di titik dimana arus kembali ke permukaan logam (reaksi katoda). Terdapat empat unsur pokok yang harus dipenuhi agar korosi dapat terjadi. Jika salah satunya hilang, maka korosi tidak dapat terjadi. Empat unsur pokok tersebut antara lain;

a. Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi.

Adanya beda potensial menyebabkan timbulnya aliran arus listrik. Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah sedangkan elektron mengalir berlawanan dengan arah arus listrik. Potensial anoda lebih negatif dari katoda sehingga elektron di anoda mengalir melalui kontak metalik ke katoda.

b. Katoda, tempat terjadinya reaksi reduksi.

Katoda yang menerima elektron membuat terjadinya reaksi katodik pada permukaan katoda, dimana elektron akan berada di permukaan katoda dan bereaksi dengan ion positif dari elektrolit. Contohnya adalah pada reaksi elektron dengan H dalam membentuk molekul H₂ yang berupa gelembung gas sehingga katoda akan terproteksi dari korosi 5

c. Elektrolit, Lingkungan tempat katoda dan anoda terekpse.

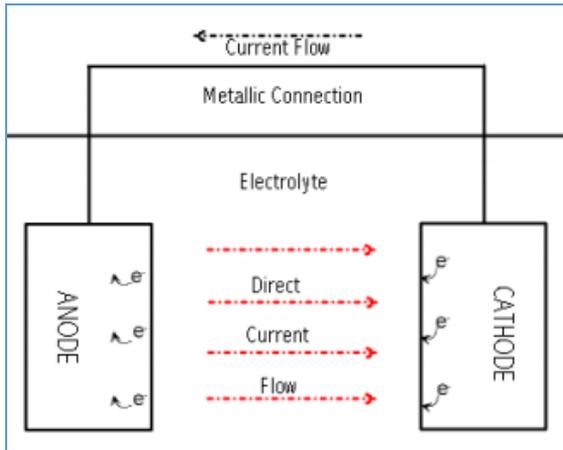
Larutan elektrolit berfungsi sebagai media penghantar listrik. Agar terbentuk suatu loop maka dibutuhkan elektrolit guna

menghantarkan arus dari anoda menuju katoda.

d. Adanya kontak metalik

Adanya kontak antara anoda dan katoda sehingga elektron dapat mengalir dari anoda menuju katoda. Elektron hanya bisa mengalir melalui kontak metalik. Elektron tidak bisa mengalir di dalam elektrolit.

- e. Atmosfer industri/ perkotaan
- f. Atmosfer pedesaan
- g. Cairan asam
- h. Cairan basa
- i. Tanah
- j. Uap
- k. Gas: SO₂, NO, NO₂, gas bahan bakar, gas hasil pembakaran.



Gambar 1 Mekanisme Korosi

Faktor Mempengaruhi Korosi

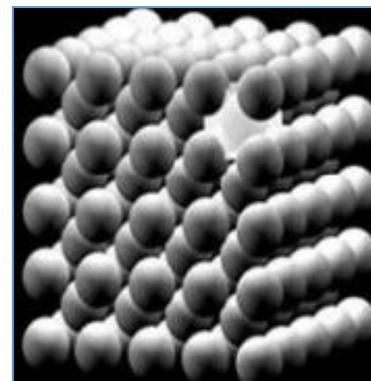
Faktor Lingkungan

Baja karbon akan mudah terkorosi di lingkungan atmosfer, sementara baja tahan karat austenitik (austenite stainless steel) bersifat tahan korosi di lingkungan atmosfer. Akan tetapi, bila stainless steel menghadapi lingkungan air laut, maka dia akan mengalami korosi yang cukup hebat. Logam ditentukan oleh dua hal secara simultan, yaitu sifat logam dan lingkungan yang dihapai. Perilaku korosi suatu logam ditentukan oleh dua hal tersebut karena korosi sendiri terjadi karena adanya interaksi antara logam dengan lingkungannya. Contoh lingkungan yang mungkin dihadapi logam:

- a. Air laut, air garam
- b. Air distilat
- c. Air tawar
- d. Atmosfer laut

Faktor Metalurgi

Atom-atom logam menata dirinya dalam susunan tiga dimensi yang teratur, disebut struktur kristal. Sebagai contoh, atom-atom besi (Fe) tertata dalam kemasan kristal bcc (*body centered cubic*), sementara atom-atom aluminium (Al) memiliki struktur kristal fcc (*face centered cubic*). Kristal-kristal bergabung dengan orientasi/ arah yang sama, membentuk butir (grain). Antar butir terdapat daerah dimana atom-atom berada pada kondisi acak, disebut batas butir.



Gambar 2 Susunan atom pada logam

Jenis-Jenis Korosi

Berdasarkan bentuk dan tempat terjadinya, korosi terbagi dalam beberapa jenis antara lain, korosi seragam (*uniform corrosion*), korosi sumuran, korosi antar butir, korosi erosi, korosi galvanic, korosi celah dan masih banyak lainnya. Korosi seragam atau korosi umum merupakan proses independen dari mikro material dan desain komponen. Hal ini sangat tergantung pada kondisi lingkungan dan komposisi material-

nya, umumnya terjadi pada tingkat yang lambat. Semua bentuk sisa korosi terlokalisasi, tergantung pada lingkungan, komponen dan sistem desain, dan/atau struktur mikro bahan. Bentuk ini biasanya menghasilkan laju korosi lebih tinggi dari korosi seragam, dan dalam beberapa kasus bisa sangat cepat. Masing-masing dari berbagai bentuk korosi harus dievaluasi untuk bahan dan lingkungannya ketika merancang suatu sistem bangunan yang baru. Bagian berikut mencakup semua bentuk korosi yang juga mengamati kerentanan beberapa bahan dan skema perlindungan untuk berbagai bentuk korosi. (Benjamin D. Craig, 2006) Berikut ini merupakan penjelasannya.

Korosi Seragam (Uniform Corrosion)

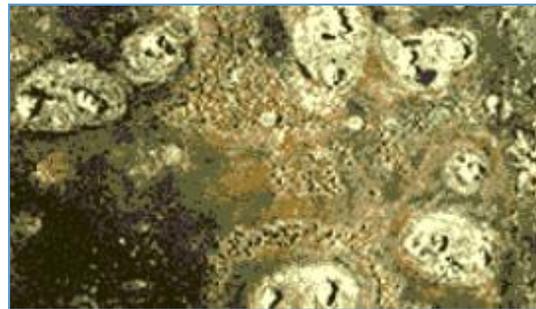
Korosi seragam adalah serangan korosif umum yang terjadi di wilayah yang luas pada permukaan bahan. Hal ini hanya tergantung pada komposisi bahan dan lingkungan. Hasilnya adalah penipisan bahan sampai terjadi kegagalan sistem. (Benjamin D. Craig, 2006). Korosi yang muncul terlihat merata pada seluruh permukaan logam dengan intensitas yang sama. Salah satu contohnya adalah efek dari korosi atmosfer pada permukaan logam. Korosi seragam terjadi apabila seluruh bagian logam memiliki komposisi yang sama. Korosi jenis ini biasanya dapat diatasi dengan cara meng-coating permukaan logam.



Gambar 3 Korosi Merata

Korosi Sumuran

Korosi sumuran merupakan korosi yang muncul dan terkonsentrasi pada daerah tertentu. Bentuk korosi ini biasanya disebabkan oleh klorida. Mekanisme terbentuknya korosi sumuran sama dengan korosi celah. Hanya saja korosi sumuran ukurannya lebih kecil jika dibandingkan dengan korosi celah. Karena jaraknya yang saling berdekatan satu sama lain, korosi sumuran akan mengakibatkan permukaan logam menjadi kasar. Korosi sumuran terjadi karena komposisi material yang tidak homogen, rusaknya lapisan pelindung, adanya endapan dipermukaan material, serta adanya bagian yang cacat pada material.



Gambar 4 Korosi Merata

Korosi Antar Butir

Korosi antar butir atau intergranular corrosion merupakan korosi yang terjadi pada grain boundary sebuah logam atau alloy. Korosi tipe ini biasanya disebabkan karena adanya impuritas atau pengotor pada batas butir dan terjadi secara local disepanjang batas butir pada logam paduan.



Gambar 5 Korosi Merata

Korosi Erosi

Korosi erosi merupakan gabungan dari kerusakan elektrokimia dan kecepatan fluida yang tinggi pada permukaan logam. Korosi erosi dapat pula terjadi karena adanya aliran fluida yang sangat tinggi melewati benda yang diam atau statis. Atau bisa juga terjadi karena sebuah objek bergerak cepat di dalam fluida yang diam, misalnya baling-baling kapal laut.



Gambar 6 Korosi Merata

Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi ketika dua logam yang memiliki potensi listrik yang berbeda (berbeda logam) yang terhubung secara elektrik, baik melalui fisik menyentuh satu sama lain atau melalui listrik dari media, seperti elektrolit. (Benjamin D. Craig, 2006). Deret galvanik menunjukkan potensial logam dalam lingkungan tertentu. Semakin tinggi beda potensial antara dua logam (dalam deret galvanik jaraknya makin jauh), maka semakin besar pula arus yang mengalir atau korosi semakin hebat.



Gambar 7 Korosi Galvanik

Korosi galvanik ini banyak terjadi pada benda yang menggunakan lebih dari satu

macam logam sebagai komponennya, misalnya padaomotif. Jika aluminium terhubung langsung dengan baja, maka aluminium akan terkorosi. Untuk mengatasi hal ini, maka di antara aluminium dan baja harus ditempatkan sebuah benda non logam atau isolator untuk memisahkan kontak listrik di antara keduanya. Mekanisme korosi galvanik biasanya digunakan untuk sistem proteksi pada komponen baja, misalnya proteksi pada lambung kapal, tiang penyangga dermaga, pipa baja, tiang penyangga jembatan dan lain sebagainya.

Korosi Celah

Korosi celah merupakan korosi yang terkonsentrasi pada daerah tertentu. Korosi celah terjadi karena adanya larutan atau elektrolit yang terperangkap di dalam celah atau lubang, misalnya pada sambungan dua 15 permukaan logam yang sejenis, permukaan logam yang retak, baut dan tapal. Elektrolit yang terperangkap pada lubang akan menimbulkan beda konsentrasi oksigen, sehingga terbentuk sel korosi. Daerah dengan konsentrasi oksigen tinggi berperan sebagai katoda dan daerah konsentrasi oksigen rendah berperan sebagai anoda.



Gambar 8 Korosi Celah

Dasar-Dasar Proteksi Katodik

Proteksi katodik adalah pengendalian laju korosi yang dihasilkan oleh polarisasi katodik permukaan logam yang terkorosi

(Marshall, 1984). Derajat proteksi ditentukan oleh potensial logam terhadap elektrolit bukan oleh besarnya arus, hal ini dapat diartikan bahwa arus searah yang berasal dari anoda dipaksa menuju kepermukaan struktur sehingga terjadi perubahan beda potensial antara daerah anoda dan katoda. Sejauh ini proteksi katodik banyak digunakan untuk mengendalikan korosi pada pipa minyak, lambung kapal, anjungan pengeboran lepas pantai, pipa gas serta pipa air dibawah tanah. Kesemuanya dilindungi dari serangan korosi di salah satu lingkungan alami yang sehingga kerusakan pada sistem ini akan berakibat fatal terhadap kinerja sistem proteksi. Ada kemungkinan dapat menimbulkan masalah efek iterferensi arus terhadap struktur disekitarnya

Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)

Perlindungan katodik dalam kasus ini adalah dengan mengaplikasikan katodik pada permukaan yang terkorosi, untuk tujuan ini arus DC yang dihasilkan digunakan untuk meluruskan dan arus arus AC diluruskan menggunakan transformator. Saat cathodic ada di permukaan yang dilapisi, potensi di permukaan akan turun. Objek yang terhubung secara elektrik ke sistem penyearah, sehingga dapat menutup jaringan listrik. Alasan yang paling umum untuk memilih impressed current cathodic protection yaitu dengan menggunakan galvanic cathodic karena kebutuhan arus proteksinya baik dibandingkan dengan proteksi dengan berbahan lain. Anoda yang digunakan sebagai proteksi mempunyai kebutuhan yaitu mempunyai masa aktif yang lama. Dengan demikian, material seperti platinum titanium, magnet, baja silikon, dan grafit biasanya digunakan pada pengaplikasian tersebut. Anoda

berbahan magnet mempunyai rasio pemakaian rendah, dimana mempunyai masa aktif yang relatif lama.

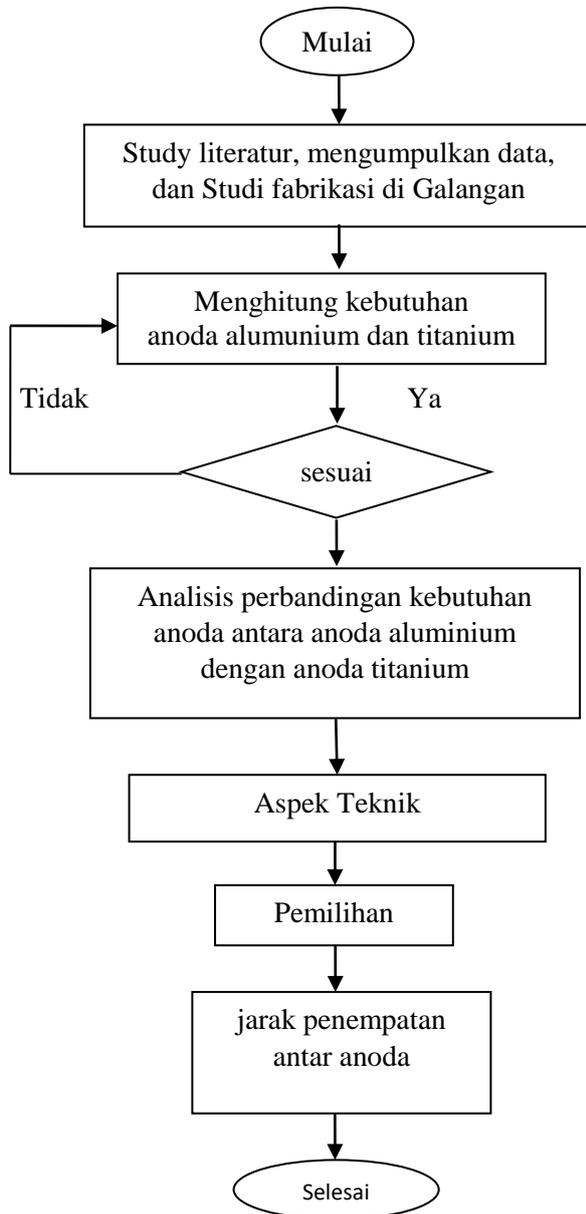
Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)

Sacrificial Anode, arus listrik disuplai dari proses korosi yang terjadi pada "*protective anode*" yang terbuat dari logam aktif seperti zinc (seng) atau aluminium khusus yang memiliki arus positif yang lebih besar daripada logam. Perbedaan voltase ini menyebabkan adanya daya tarik electron bebas negatif yang lebih besar daripada daya tarik ion-ion pada logam. Ini mengakibatkan "*protective anode*" menjadi terserang korosi (dikorbankan) dan sebaliknya logam akan terlindung dari korosi. Anoda tumbal yang sering digunakan adalah seng, aluminium, dan magnesium. Ketiga anoda tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dalam melindungi logam katoda. Seng, aluminium, dan magnesium ini banyak dipakai di laut. Material-material tersebut cukup negative potensialnya untuk dijadikan anoda yang melindungi baja dari air laut. Meskipun demikian, dalam prakteknya, komposisi dari logam-logam ini ketika dipakai sebagai anoda adalah sangatlah penting. Sering kali elemen-elemen paduan ditandai memberikan pengaruh pada performen logam sebagai anoda untuk proteksi katodik. Menurut Mihmidaty (2009), komposisinya harus memenuhi prosedur properti sebagai berikut: (1) Mempunyai negatif potensial yang cukup untuk memastikan proteksi katodik pada lingkungan khusus. (2) Kemampuannya meneruskan korosi selama pemakaian dan bukannya membentuk lapisan pasif atau protektif pada permukaan. (3) Efisiensi anoda tinggi.

METODOLOGI

Tahapan Analisis

Tahapan analisis teknik pencegahan korosi sesuai dengan diagram alir di bawah ini.



Gambar 9 Flowchart tahapan analisis teknik

Analisis Kebutuhan Desain

Tahapan-tahapan analisis teknik pencegahan korosi yang digambarkan dalam bentuk flowchart bertujuan untuk menge-

etahui pemakaian anoda yang optimum yang digunakan dalam analisis pencegahan korosi dengan variasi sistem ICCP dibandingkan dengan SACP. Tiap Metode dalam flow-chart dapat dijelaskan sebagai berikut.

Study literatur, mengumpulkan data, dan Studi fabrikasi di Galangan.

Tahap ini dilakukan agar penulisan dan penggunaan metode pada analisis teknik ini sesuai dengan konteks keilmuan yang ada. Studi Literatur yaitu proses pencarian data atau referensi baik dari perpustakaan, internet dan sumber lain yang terkait. (1) Data yang diambil yaitu data-data yang mendasari perhitungan kebutuhan aluminium anode dan titanium anode dalam sistem proteksi katodik. (2) Dan disini referensi tersebut diambil dari berbagai sumber seperti NACE, dan buku referensi yang lain, serta standart building practice dari galangan. Selain itu dilakukan studi lapangan yaitu wawancara dengan pihak terkait, yakni pekerja di galangan untuk mendapatkan data pendukung terkait kebutuhan anoda pada lambung SSV dan Proses Penempatannya

Menghitung kebutuhan anoda aluminium dan titanium.

Dilakukan pengumpulan data dimana setelah data diperoleh, diolah sesuai dengan metode yang tepat untuk dipakai dalam menjawab permasalahan. Pada analisis teknik ini pengolahan data dilakukan dengan: (1) Aluminium anode, menghitung Kebutuhan Aluminium anode sesuai perhitungan galangan. (2) Titanium anode, menghitung Kebutuhan Titanium anode sesuai perhitungan galangan

Aspek teknik

Digunakan perhitungan kebutuhan anoda berdasarkan sumebr dari regulasi

Klasifikasi yang berlaku. Mengacu pada jenis material yang dipasang di dalam lambung kapal.

Pemilihan anoda

Dapat dipilih anoda yang memiliki tingkat hasil yang bagus, sehingga didapatkan hasil yang optimum.

Jarak Penempatan

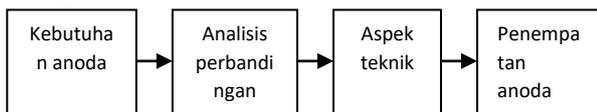
Menentukan aluminum anode dengan jarak penempatan anoda tumpul pada lambung kapal.

Piranti pendukung perancangan

- Perangkat Keras (*Hardware*)
 Dalam kebutuhan perangkat keras untuk menunjang analisis teknik pencegahan korosi maka dibutuhkan sebuah perangkat keras yaitu: (1) Laptop dengan processor minimal dual core dan memory 3 GB, (2) Portable hardisk 2 tB untuk proses perhitungan
- Perangkat Lunak (*Software*)
 Dalam suatu perancangan analisis teknik pencegahan korosi yang digunakan saat melakukan perhitungan analisis teknik membutuhkan suatu software guna menunjang sistem tersebut adapun software yang dibutuhkan antara lain: (1) Visual Basic, dan (2) MS Excell

Desain dan Perencanaan

Analisis teknik pencegahan korosi yang akan dikerjakan ini, seperti pada gambar 10. Blok diagram Perencanaan kapal sebagai berikut.



Gambar 10 Blok Analisis Teknik Pencegahan Korosi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Utama Kapal

Data yang dianalisis menggunakan Kapal SSV (*Strategic Sealift Vessel*). Merupakan kapal perang yang dibuat khusus untuk Filipina. Itu merupakan pengembangan dari kapal sejenis yang pernah diproduksi PT PAL Indonesia (*Persero*), yakni kapal Landing Platform Dock 125 meter. Kapal SSV ini dikerjakan di galangan kapal PT. PAL Indonesia (*Persero*). Dengan ukuran utama kapal sebagai berikut.

LOA	:	123.00 m
LWL	:	114.64 m
LBP	:	107.49 m
Lebar (B)	:	21.80 m
Tinggi (H)	:	11.30 m
Sarat (T)	:	5.00 m
Vmaks	:	16.00 Knots
Displacement	:	7200 ton

Tinggi kapal 11.30 meter, dikarenakan anoda hanya berfungsi untuk melindungi terhadap daerah yang tercelup air maka perhitungan dihitung sampai sarat kapal, 5,00 meter.

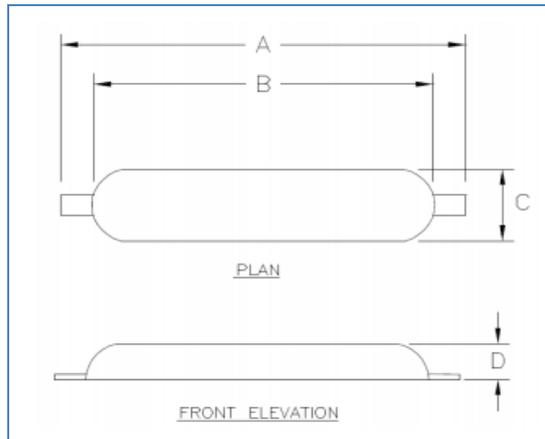


Gambar 11 Contoh kapal SSV

Perencanaan Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)

Tahap Desain Dalam system ini, Aluminum anode yang digunakan berbentuk Wilson Walton dengan type W111 dengan

dimensi (A x B x C x D) 530 x 395 x 150 x 30 mm dan memiliki berat 5.2 Kg.



Gambar 11 Aluminium anode Wilson Walton

Luas bidang basah di luar 0,1 L dari AP dan di dalam 0,1 L dari AP

Untuk luas lambung yang diproteksi, data WSA di peroleh dari pihak galangan yaitu 2345 m². Pihak Desain galangan membagi dua daerah lambung kapal yang perlu diproteksi yaitu luas bidang basah di luar 0,1 AP dan luas bidang basah di dalam 0,1 AP. Hal itu untuk lebih mengoptimalkan pembagian dan penempatan anoda khususnya di daerah kritis.

- a. Luas bidang basah di luar 0,1 L dari AP
 - = 90% x luas bidang basah lambung kapal (WSA)
 - = 90% x 2345 m²
 - = 2110,5 m²
- b. Luas bidang basah di dalam 0,1 L dari AP
 - = 10% x luas bidang basah lambung kapal (WSA)
 - = 10% x 2345 m²
 - = 234,5 m²

Perhitungan Kebutuhan Aluminium Anode

Data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan kebutuhan aluminium anode, berdasarkan sumber data yang di peroleh. Jumlah Kebutuhan Aluminium Anode

- External Hull = 63 pcs @ 5.2 kg

- Rudder = 7 pcs @ 5.2 kg
- Dengan kapasitas anoda sesuai dengan rumus sbb:

$$\text{Kapasitas anoda} = \frac{J_s \times T_s}{Q_g} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

J _s	=	0,015	A/m ²
T _s	=	2th x 8760	
	=	17520	jam
Q _g	=	2600	Ah/kg

Didapatkan kapasitas anoda sebagai berikut: 1,01077 kg/10m². Dimana dengan anoda Aluminium seberat 1,01077 kg mampu mengcover area seluas 10m².

Analisis Teknis Sacrificial Anode Cathodic Protection (SACP)

Analisa teknis yaitu peninjauan sistem dalam bidang teknis, hal ini berhubungan dengan kelayakan system Sacrificial Anode dalam melakukan kinerjanya, diawali dengan pendesainan system sesuai dengan kebutuhan objeknya. Setelah dilakukan perancangan untuk kapal SSV (Strategic Sealift Vessel) kemudian diikuti dengan perancangan pemasangan system SACP secara baik dan benar. Bukan hanya pemasangan yang harus sesuai standart, namun perawatan sistem ini juga harus di perhatikan, hal ini berfungsi agar system tetap berjalan efektif, efisien, dan lancar. Pada tahap instalasi pemasangan anoda, dilakukan sebelum kapal diluncurkan.

Anoda dipasang dengan cara di las pada bagian lengan anoda dan disambungkan langsung pada badan kapal. Pada bagian lengan anoda yang dihubungkan langsung pada kapal, lapisan coatingnya dihilangkan, hal ini bertujuan agar aliran arus dari anoda lebih efektif, tidak terhambat oleh coating. Anoda dipasang pada bagian-bagian kapal yang telah ditentukan pada tahap pendesain-

an sesuai dengan lay out. Untuk sistem maintenance dari *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) berdasar pada NACE RP0176 (NACE, 2002). *Maintenance system Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) dilakukan dengan cara penggantian anoda setiap 2 tahun sekali. Penggantian dilakukan dengan cara yang sama saat instalasi.

Penempatan Anoda Tumbal

Jarak proteksi antar anoda tidak boleh lebih dari 8 m. Satu buah anoda harus ditempatkan untuk melindungi luasan (lambung kapal maupun rudder) maksimal dengan jarak radius 8 m (360°) baik dari samping kanan atau kiri anoda maupun dari atas atau bawah anoda. Penempatan anoda dimulai dari garis FP kapal

Perencanaan System Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)

Data Anoda yang digunakan dalam system *Sacrificial Anode Cathodic Protection* (SACP) dengan material titanium. Komponen-komponen yang terdapat pada sistem ICCP adalah, Power Supply Unit (*Rectifier*), Anode, *Reference cell*, Remote Monitoring Panel, Rudder Stock Bonding, Shaft Earthing Device. Analisa teknis adalah peninjauan sistem dalam bidang teknis. Hal ini berhubungan dengan kelayakan sistem ICCP dalam melakukan kinerjanya. Diawali dengan pendesaian sistem sesuai kebutuhan objeknya yang berdasarkan code Det Norske Veritas Recommended Practise (DnV RP) B104 Cathodic Design (2005). Bukan hanya pendesaian saja yang diperhatikan, tetapi instalasi (pemasangan), dan maintenance (perawatan) sistem ini harus diperhatikan. Hal ini bertujuan agar sistem tetap berjalan efisien, efektif, dan lancar. Berikut skema aliran arus yang terjadi pada system ICCP.

Dengan mengetahui kebutuhan arus proteksi sebesar 90,2825 Ampere. Maka jumlah anoda dengan tipe yang dibutuhkan yaitu, sesuai dengan rumus

$$\begin{aligned} \text{Jumlah anoda} &= I_t/I_o \dots (2) \\ &= \frac{90.2825}{4} \\ &= 22.57 \text{ Pcs} \end{aligned}$$

Dimana

$$\begin{aligned} I_t &= 90,2825 && \text{Ampere} \\ I_o &= 4 && \text{Ampere} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan jumlah anoda sebanyak 22,57 pcs Dibulatkan menjadi 23 Pcs Dimana dengan anoda titanium seberat 0.7008 kg mampu mengcover area seluas 10m^2 .

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan bahwa jenis anoda korban yang digunakan sangat mempengaruhi tingkat efektifitas dan efisiensi saat diterapkan untuk melindungi suatu konstruksi baja lambung kapal, sehingga di dapatkan perbedaan perbandingan secara teknik: (a) Tahap desain, tingkat perlindungan ICCP lebih luas yaitu 0.7008 kg mampu mengcover area seluas 10m^2 sedangkan SACP dengan total berat aluminium 1,01077 kg mampu mengcover area seluas 10m^2 . (b) Tahap Instalasi: Sistem SACP cenderung lebih mudah dari sistem ICCP. (c) Tahap Maintenance: Pada tahap ini, sistem ICCP lebih unggul dari sistem SACP,

Saran

Untuk Analisis selanjutnya dapat dipertimbangkan untuk menggunakan perlindungan MGPS (*Marine Growth Prevention System*) yang dapat melindungi dan menghambat pertumbuhan kerang dan hewan laut untuk memperlambat laju korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Zaki. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Elsevier Science & Technology Books
- Benjamin D.C. 2006. *Corrosion Prevention and Control: A Program Management Guide for Selecting Material*. New York: AMMTIAC
- DNV. Recommended Practice RP B401. 1993. *Cathodic Protection Design*, Det Norske Veritas Industry AS, Hovik, 1993.
- Fontana, M.G. 1986. *Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- NACE International. 2002. *Corrosion Engineer's Reference Book, Third Edition*. Texas, USA.
- Roberge, Pierre R. 1999. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Trethewey, K.R. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan, Terjemahan Alex Tri Kantjono Widodo*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Widharto, Sri. 2001. *Karat dan Pencegahannya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.