

Analisa Kekuatan Deck Crane pada Kapal Tol Laut Nusantara

I Putu Sindhu Asmara^{1*} dan Budianto²

¹Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

² Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

* ptsindhu@gmail.com

Abstrak

Pembangunan armada kapal untuk mendukung program Tol Laut memerlukan kesiapan teknologi rekayasa agar manfaat ekonomi segera bisa didapatkan sejak mulai pembangunannya. Salah satu komponen penting yang terdapat pada kapal adalah deck crane. Pada makalah ini kami memperkenalkan rancangan konstruksi deck crane yang akan dipasang pada kapal-kapal pemerintah yang saat ini sedang dibangun untuk mendukung program Tol Laut. Kekuatan konstruksi crane dianalisa untuk menjamin bahwa crane tersebut memiliki safety factor yang sesuai dengan peraturan class. Kekuatan struktur bagian jib crane tersebut dianalisa menggunakan metoda elemen hingga (FEM) sedangkan untuk konstruksi bagian pedestal crane tersebut dianalisa menggunakan perhitungan metoda tegangan maksimum. Massa minimum yang dicapai untuk pembuatan konstruksi jib deck dengan span 14 m dan SWL 30 ton crane adalah 8275. Hasil perhitungan menunjukkan tegangan dan defleksi maksimum pada struktur jib deck crane adalah 160,55 MPa dan 16,67 mm. Kondisi tersebut memenuhi persyaratan class.

Kata kunci: Deck Crane, Konstruksi, Kekuatan, FEM

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kandungan lokal dalam negeri pada pembangunan kapal sudah menjadi perhatian kita semua. Beberapa perusahaan sudah memulai membuat inovasi untuk meningkatkan kandungan tersebut. Salah satu bagian penting pada kapal cargo adalah alat bongkar muat. Alat bongkar muat pada kapal cargo umumnya dapat dibedakan menjadi 2(dua) jenis, yaitu derrick boom dan deck crane. Pada makalah ini, jenis deck crane yang dibahas adalah deck crane yang berupa pilar slewing jib crane. Pilar slewing jib crane terdiri dari 2 (dua) bagian utama yaitu: bagian pilar atau pedestal dan bagian lengan atau jib.

Bagian pilar terdiri dari 2 (dua) bagian lagi, yaitu bagian body yang terikat, dalam hal ini terhubung langsung dengan lambung kapal dan bagian atas pilar, slewing tower, yang terhubung dengan pangkal lengan. Pada bagian slewing tower tersebut biasanya terletak cabin untuk operator. Bagian slewing tower dan body terhubung oleh sistem pemutar. Penampang melintang bagian pilar tersebut umumnya berbentuk penampang lingkaran.

Bagian lengan atau jib berfungsi untuk mengatur panjang jangkauan dan tinggi pengangkatan beban. Bentuk penampang melintang dari bagian ini adalah bentuk box yang terdiri dari pelat kiri dan kanan (web plate), serta pelat atas dan bawah (flange). Bagian ini juga dibedakan menjadi 2 (dua) bagian yang disambung menjadi satu melalui proses assembly.

Struktur pada bagian sambungan ini merupakan bagian yang kritis. Bagian kritis tersebut diakibatkan oleh posisinya yang merupakan jarak terjauh dari posisi pembebanan. Selain itu, bagian ini tidak memiliki penguat memanjang untuk memudahkan pelaksanaan proses assembly. Berbeda dengan konstruksi kapal dimana konstruksi penguat masih bisa dilas dari arah dalam kapal, sedangkan pada konstruksi crane ini proses penyambungan bagian pangkal lengan dan ujung lengan, hanya dilakukan dari sisi luar saja. Kekuatan konstruksi pada bagian ini bertumpu pada kekuatan pelat web, bottom dan pelat top. Bagian sambungan jib inilah yang merupakan permasalahan yang dikemukakan pada makalah ini. Makalah ini dibatasi hanya pada pembahasan analisa kekuatan struktur jib pada deck crane.

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengestimasi kekuatan struktur deck crane. Crane adalah salah satu jenis pesawat angkat yang umumnya terdiri dari mesin penarik, tali baja atau rantai dan puli-puli yang bisa digunakan untuk mengangkat maupun menurunkan material dan memindahkan material tersebut secara

horisontal. Pesawat angkat menggunakan satu atau lebih mesin sederhana untuk menciptakan keuntungan mekanik sehingga bisa memindahkan beban diluar batas kemampuan norman manusia.

Analisa metoda elemen hingga (FEM) merupakan metoda matematis yang bisa digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan seperti analisa tegangan. Pada analisa stuktur, analisa FEM dapat digunakan untuk menyelesaikan defleksi dan tegangan pada struktur yang rumit yang menerima beban tertentu pada kondisi batas yang sesuai. Analisa FEM tiga dimensi (3-D) untuk struktur boom deck crane dimodelkan pada pre-processing elemen hingga untuk dianalisa pada main solver. Model mesh yang sudah dibuat, digunakan untuk menghitung titik-titik pada berbagai koneksi dimana tegangan dan deformasi ingin diketahui besarnya. Dengan menggunakan metoda elemen hingga, defleksi dan tegangan diperoleh sepanjang konstruksi crane tersebut.

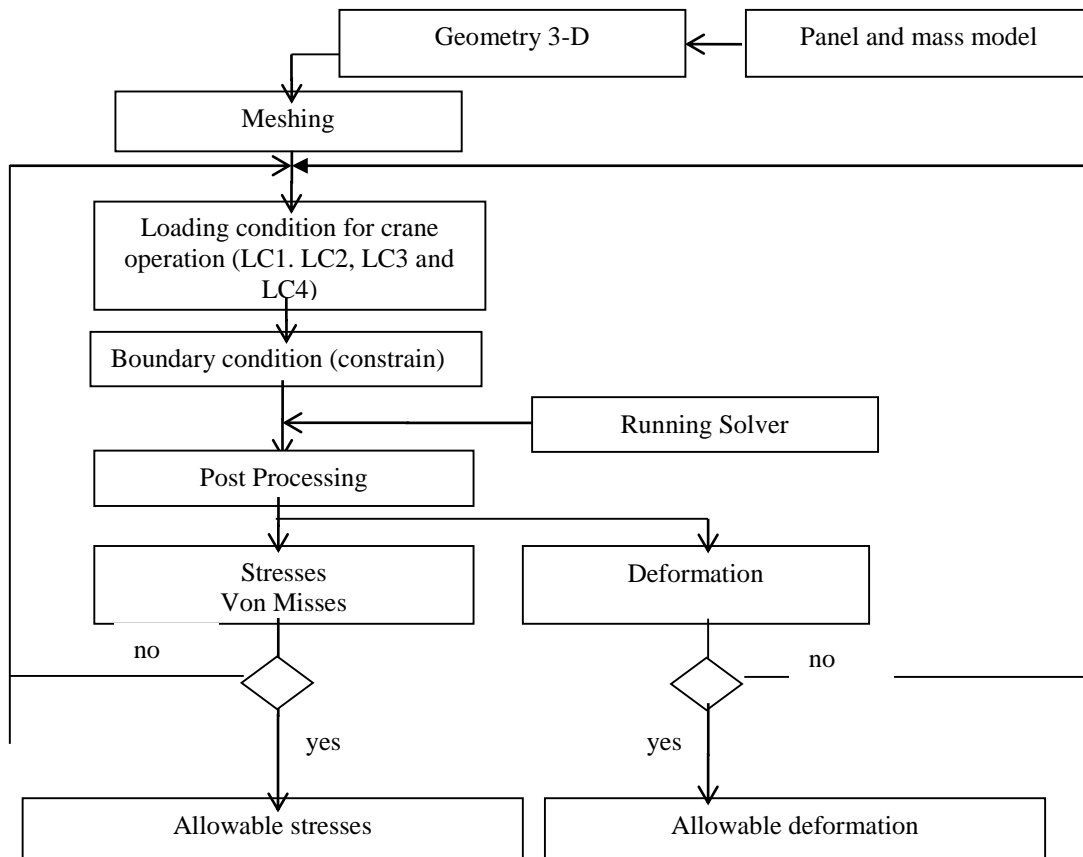
Tujuan umum dari penggunaan program metoda elemen hingga adalah untuk mendapatkan gambaran tegangan sepanjang kostruksi crane dengan kondisi pembebanan statis dan kondisi batas yang sesuai. Posisi defleksi maksimum pada pembebanan tersebut haruslah sesuai dengan logika dan perhitungan tegangan secara konvensional. Tegangan dan defleksi maksimum yang terjadi pada struktur deck crane dibandingkan dengan kriteria perberimaan erdasarkan aturan Biro Klasifikasi Indonesia.

2. METODOLOGI

Analisa struktur yang dilakukan adalah analisa tegangan dan defleksi struktur berdasarkan metoda elemen hingga (FEM) dan metoda perhitungan tegangan maksimum. Urutan pelaksanaan analisa menggunakan metda FEM terdiri dari:

- a. Pemodelan geometri struktur deck crane
- b. Penentuan mesh
- c. Penentuan kondisi pembebanan
- d. Penentuan kondisi batas
- e. Pelaksanaan proses perhitungan menggunakan program

Diagram alur proses pelaksanaan analisa tersebut ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:

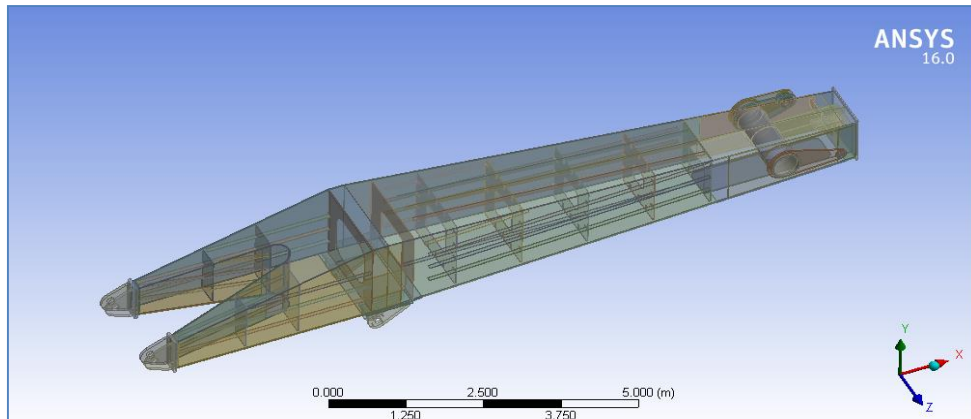


Gambar 1. Diagram Alir Analisa Struktur

Metoda FEM juga telah dilakukan oleh beberapa perusahaan crane seperti Portek (Lam L., Tok, S.C., 2011) untuk menganalisa kegagalan struktur crane dan analisa struktur overhead crane (Patel P.R., Patel V.K., 2013)

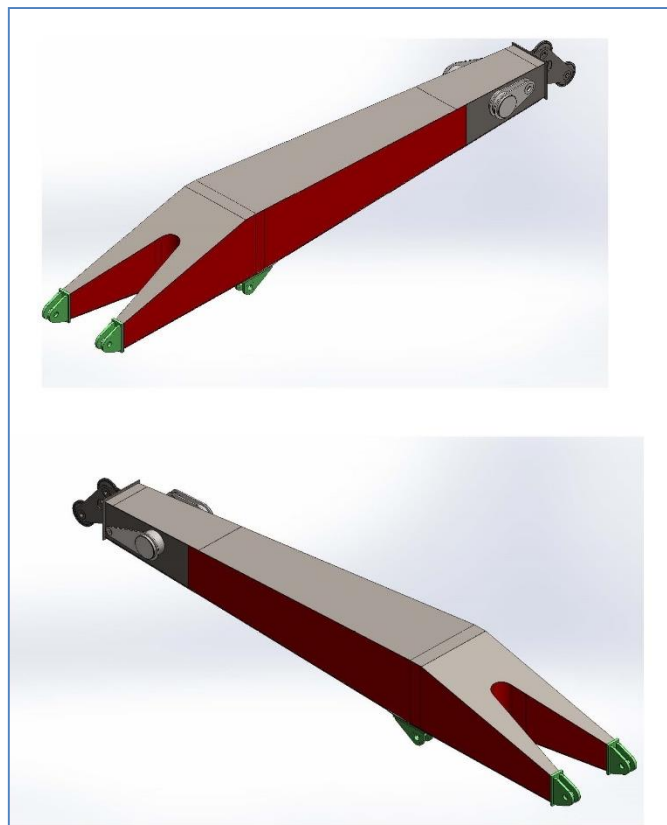
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa tegangan dan defleksi pada jib deck crane sangat bergantung pada jenis deck crane tersebut, yaitu jenis luffing system (Japan P & I, 2015) yang menggunakan sistem puli atau sistem hidrolik. Pada analisa disini, yang digunakan adalah sistem penjunгат menggunakan piston hidrolik. Struktur deck crane bagian lengan (jib) dibuat dalam dalam gambar geometri tiga dimensi (3D), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 : Struktur Deck Crane

Sistem koordinat pada Gambar 3-D tersebut mengikuti sistem koordinat Cartesian tangan kanan, dimana sumbu-X menunjukkan arah memanjang ke ujung boom sebagai arah positif, sumbu-Y menunjukkan arah vertikal boom sebagai arah positif, dan sumbu-Z menunjukkan arah melintang dengan arah positif adalah arah kanan.



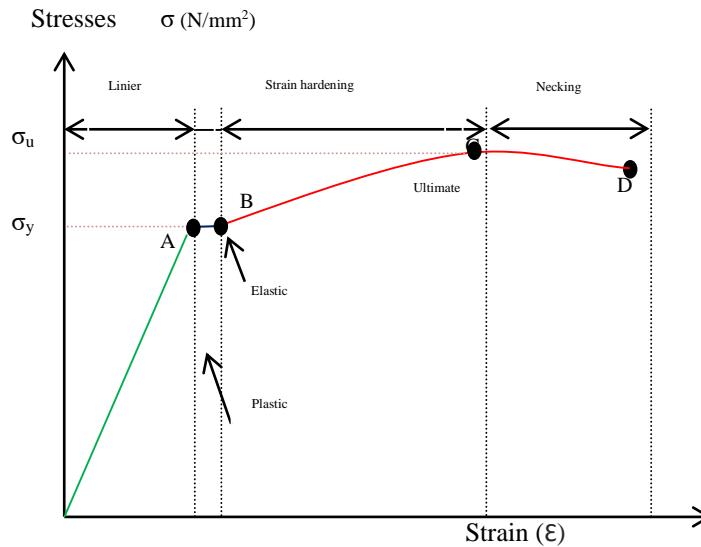
Gambar 3. Material pada Konstruksi Jib

Panjang boom adalah 12847 mm, dengan lebar 1955 mm, dan tinggi 1782 mm. Massa keseluruhan dari struktur jib tersebut adalah 8275 kg. Struktur tersebut terbuat dari 3 (tiga) jenis material, yaitu:

1. ASTM A572 Gr. 50, untuk komponen bracket penghubung engsel boom dengan piston dan pedestal, ditunjukkan dengan warna hijau pada Gambar 3.
2. JIS SM490 YB, untuk struktur web, ditunjukkan dengan warna merah pada Gambar 3.

3. Mild steel ASTM A36, untuk struktur top, bottom, stiffener, diafraghm, dan bagian lainnya, ditunjukkan dengan warna abu-abu pada Gambar 3.

Kondisi operasional pembebanan pada boom tersebut terdiri dari 4 (empat) jenis pembebanan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Diagram Tegangan –Regangan

Tegangan luluh (Gere J.M., 1984) seperti ditunjukkan pada titik A pada Gambar 4 dipergunakan untuk perhitungan batas maksimum tegangan yang diijinkan pada struktur jib. Tegangan maksimum diduga akan terjadi pada bagian top plate sehingga besarnya tegangan ijin adalah sebagai berikut (NK, 1995):

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\sigma_y}{SF.K} \\ \sigma_a &= \frac{250\text{MPa}}{1.5 \times 1} \\ &= 167 \text{ MPa} \end{aligned}$$

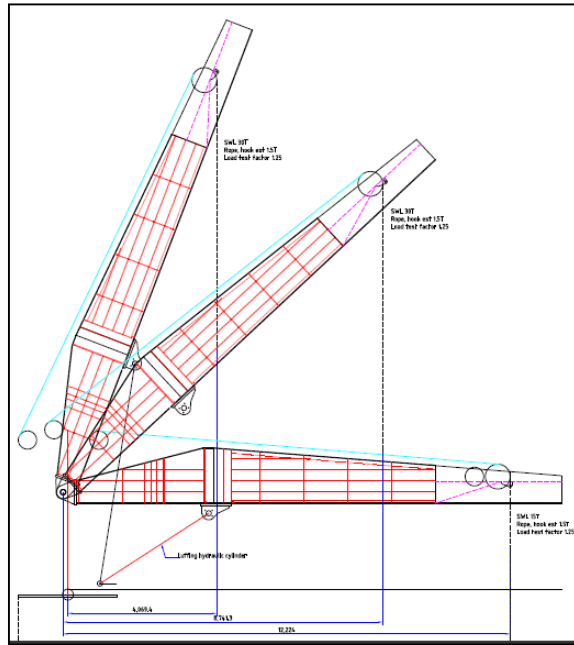
Deformasi atau defleksimaksimum yang diijinkan terjadi apda struktur pada jib adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta x &= L/750 && (\text{mm}) \\ \Delta x &= 14000/750 && (\text{mm}) \\ \Delta x &= 18.67 && (\text{mm}) \end{aligned}$$

Tabel 1. Kondisi Pembebanan Boom

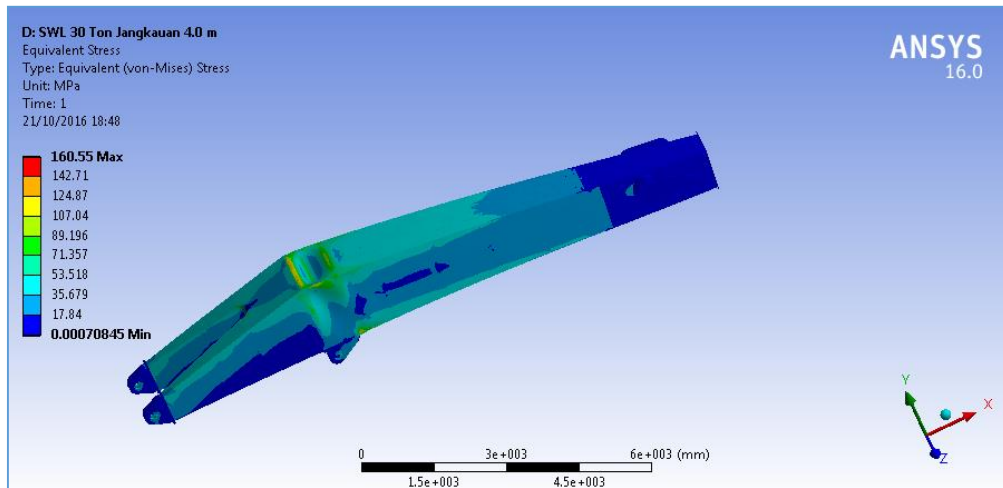
Nomor Pembebanan	Jangkauan Jib (Span), M	Safety Working Load (SWL), Ton
1	14	15
2	8.8	30
3	8.8	15
4	4	30

Kondisi operasional dari pembebanan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5. Tabel tersebut menunjukkan bahwa deck crane tersebut dioperasikan pada dua kondisi, yaitu kondisi beban penuh 30 ton dan beban separuh yaitu 15 ton. Pengangkatan beban 15 ton dan 30 ton adalah menggunakan 2 (dua) sisitem angkat yang berbeda. Beban 15 ton diangkat oleh sistem puli yang melalui puli yang terletak di ujung boom, sedangkan beban 30 ton diangkat menggunakan sistem yang lainnya.



Gambar 5. Kondisi Operasional Pembebanan Struktur Boom

Kondisi batas pada engsel sambungan ke piston hidrolik dan sambungan dengan struktur pedestal dimodelkan sebagai tumpuan mati (fixed).

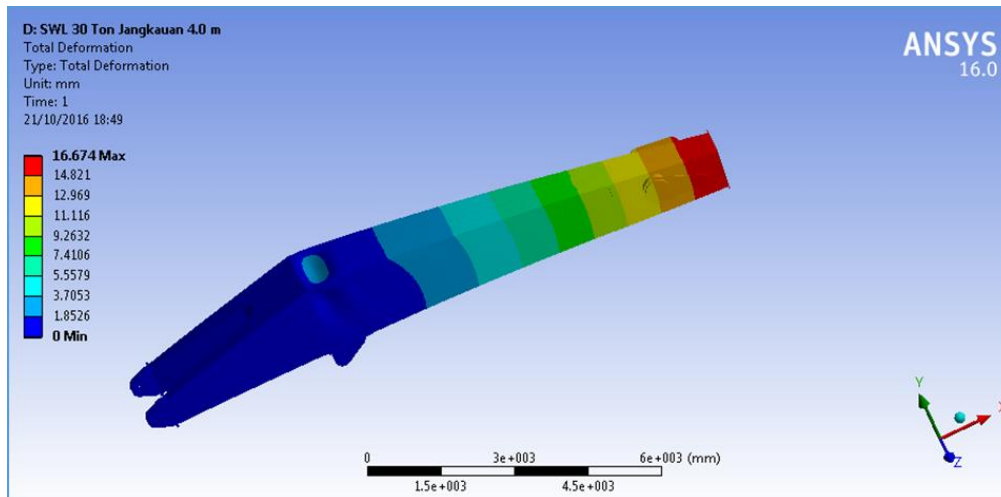


Gambar 6. Distribusi Tegangan pada Jib

Jumlah elemen keseluruhan struktur boom adalah 94994 elemen dan 423570 titik. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan maksimum dan defleksi maksimum yang terjadi pada masing-masing kondisi pembebanan adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Pembebanan Boom

Nomor Pembebanan	Tegangan (Stress), Mpa	Defleksi (Deflection), mm
1	99,34	10,66
2	148,35	15,19
3	77,72	7,96
4	160,55	16,67



Gambar 7. Distribusi Deformasi pada Jib

Tegangan dan defleksi maksimum yang terjadi pada keempat kondisi pembebanan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berada di bawah tegangan dan defleksi maksimum yang diijinkan yaitu 167 Mpa dan 18,67 mm. Tegangan maksimum terjadi pada bagian sambungan lengan bagian atas dengan lengan bagian pangkal seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.

4. KESIMPULAN

Analisa struktur jib deck crane menggunakan metoda FEM menunjukkan bahwa tegangan maksimum terjadi pada posisi yang telah diduga, yaitu pada sambungan top plate antara bagian pangkal jib dan bagian atas. Berdasarkan analisa tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Tegangan yang terjadi cukup besar walaupun masih dibawah tegangan yang diijinkan.
2. Untuk menurunkan tegangan, disarankan untuk menambah selembat pelat (*doubling plate*) yang dilas di atas top plate di sekitar sambungan yang telah diduga seperti tersebut diatas.
3. Industri pendukung galangan kapal, khususnya industri pembuat deck crane sudah mampu untuk merancang dan membangun konstruksi deck crane.
4. Namun demikian perlu dukungan beberapa industri lagi untuk membuat beberapa komponen , seperti: wire rope dan winch.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT Lelangon yang telah membiayai analisa struktur jib pada konstruksi deck crane ini .

6. DAFTAR NOTASI

P = tekanan [atm]
 T = suhu [$^{\circ}$ C]
 σ_a = tegangan ijin
 σ_y = tegangan luluh
 SF = faktor keamanan
 K = faktor material
 Δx = deformasi/defleksi yang diijinkan
 L = span / jangkauan

7. DAFTAR PUSTAKA

- Gere J.M., Timoshenco, S.P., 1984. *Mechanics of Materials*. 2nd ed. Boston: Standford University.
- Japan P&I, 2015, *Crane, their Operations and Reasons for Failures*. Protection and Indemnity Association Loss Prevention and Ship Inspection Department, Vol. 36
- Lam, L., Tok, S.C., 2011. *Premature Crane Structure Failure & Finite Element Method Analysis and Rectification*. Antwerp Expo, Gelgium, 7-9 June 2011.
- NK, 1995. *Rules for Cargo Handling Appkiances*. ; Chapter 4. Crane.
- Patel P.R., Patel V.K., 2013. *A Review on Structural Analysis of Overhead Crane Girder using FEA Technique*. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology, Vol. 2-4.