

ANALISA KEKUATAN DECK TONGKANG MUATAN TIANG PANCANG 750 DWT DENGAN SOFTWARE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Sukanto Jatmiko, Saptadi

ABSTRACT

Pada awalnya pihak pemilik kapal merencanakan material baja 200 ton untuk pembangunan satu unit Tongkang ini akan tetapi supply material kemudian diperkecil menjadi 180 ton. Dengan demikian dalam tugas akhir ini penulis mencoba melakukan analisa kekuatan deck Tongkang ini untuk mengetahui keamanan terhadap beban-beban yang bekerja selama Tongkang beroperasi.

Menganalisa konstruksi geladak dengan Software finite element sehingga dapat diketahui penyebaran tegangan yang terjadi akibat beban muatan dan SWL dari crane. Ditinjau dari angka faktor keamanan (margin of safety)

Hasil analisa menggunakan program Msc Patran dan Msc Nastran didapatkan hasil tegangan maksimum von mises sebesar $5.02E5 \text{ N/mm}^2$. Dan berdasarkan pengecekan terhadap tegangan ijin bahan, hasil analisis menunjukkan bahwa sistem tersebut dinyatakan kuat menahan beban maksimum operasional crane.

Kata kunci : Metode elemen hingga, modifikasi kapal, Msc software.

PENDAHULUAN

Dalam rangka penyelesaian unit Dok dan Galangan kapal baru di PT. JMI unit II Semarang, akan dilakukan pembangunan *Graving dock*. Untuk tujuan ini maka pihak yang ditunjuk sebagai kontraktor dalam proses pembangunan *Graving dock* dan galangan kapal baru di JMI Unit II ini merencanakan untuk memiliki sebuah unit Tongkang untuk membawa muatan tiang Pancang untuk tujuan peletakan tiang-tiang pancang di perairan sekitar *Graving dock* tersebut. Pihak yang ditunjuk untuk membangun unit *Graving Docking* di PT. JMI Unit II adalah PT. Modern Surya Jaya (MSJ) sedangkan pihak yang membangun unit Tongkang Pancang 30 meter adalah PT. JMI.

Pada awalnya pihak pemilik kapal merencanakan material baja 200 ton untuk pembangunan satu unit Tongkang ini akan tetapi supply material kemudian diperkecil menjadi 180 ton. Dengan demikian dalam tugas akhir ini penulis mencoba melakukan analisa kekuatan deck Tongkang ini untuk mengetahui keamanan terhadap beban-beban yang bekerja selama Tongkang beroperasi. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode analisa kekuatan metode elemen hingga yang dimodelkan dengan bantuan *Software finite element*.

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk menghitung kekuatan sebuah struktur maka harus dipahami mengenai perilaku struktur tersebut apakah linear atau nonlinear. Dalam kasus ini, perilaku struktur geladak dipertimbangkan sebagai linear.

Perencanaan pemasangan *Crane* dapat dijelaskan secara singkat menurut keterangan sebagai berikut :

1. Safe Working Load yang direncanakan memiliki kapasitas angkat maksimum 25 Ton dengan sumbu putar 360°
2. Berat crane $\pm 26 \text{ Ton}$

Dari data yang diperoleh dilapangan, maka dalam penyusunan Tugas Akhir ini akan dilakukan perumusan masalah mengenai hal-hal sebagai berikut:

1. Analisa kekuatan geladak terhadap gaya tekan yang diterima selama crane beroperasi dan membawa muatan tiang pancang pada sudut 75° dan 25° pada posisi 5 meter dari buritan dan pada posisi midship
2. Analisis dengan *Finite Element* model dengan menggunakan bantuan software .

Validasi atau pengecekan tegangan berdasarkan prinsip keseimbangan gaya.

A Sistem Konstruksi.

Sistem konstruksi adalah gabungan dari berbagai konstruksi yang saling terhubung satu sama lain yang membentuk satu kesatuan untuk menahan gaya yang diterima sesuai dengan tujuan pembangunan sistem tersebut. Sistem konstruksi pada tongkang muatan pancang yang menjadi objek dalam tugas akhir ini meliputi sistem konstruksi memanjang dan sistem konstruksi melintang dimana sebagian besar sistem konstruksi dibentuk oleh profil *Beam*.

B Beam

Dalam banyak struktur teknik, gaya perlawanan bekerja secara lateral dan transversal terhadap sumbu-sumbu bagian tersebut. Jenis bagian konstruksi seperti ini dinamakan balok (*beam*). *Beam* diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok, terutama tergantung pada macam tumpuan yang digunakan. Jadi bila tumpuan tersebut berada pada ujung-ujung dan pada pasak atau rol, maka balok tersebut disebut tumpuan

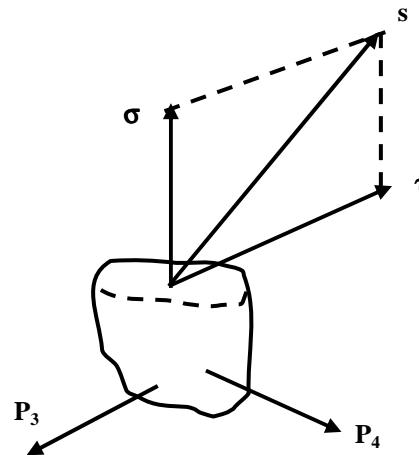
C Analisa Elemen Hingga (*finite element analysis*).

hingga merupakan sebuah teknik matematis dalam memecah kesatuan geometri yang kompleks kedalam bagian-bagian kecil yang terhubung sebagai sebuah elemen. Hubungan titik-titik antara seluruh elemen ditunjukkan oleh nodal. Perilaku bagian yang kecil dapat digambarkan secara matematis lebih mudah daripada bentuk aslinya. Persamaan untuk menggambarkan perilaku dari elemen secara tersendiri digabungkan untuk memperoleh seperangkat persamaan aljabar, dimana secara matematis menggambarkan seluruh sistem elemen. Persamaan ini kemudian diselesaikan secara simultan untuk menentukan respon seluruh sistem untuk memberikan asumsi kondisi batas.

D Tegangan (*stress*).

Dalam mekanika bahan, kita perlu menentukan intensitas gaya ini dalam berbagai bagian dari potongan sebagai perlawanan terhadap deformasi, sedang kemampuan bahan untuk menahan gaya tersebut tergantung pada intensitas gaya ini. Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil takberhingga suatu potongan berubah-ubah dari suatu titik ke titik yang lain, umumnya intensitas gaya ini berarah miring pada bidang

potongan. Dalam praktek keteknikan biasanya intensitas gaya diuraikan menjadi tegaklurus dan sejajar dengan irisan yang sedang diselidiki. Penguraian intensitas ini pada luas kecil takberhingga Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada sebuah titik.



E Pemodelan *finite element* Dengan Perangkat Lunak *MSC Software*.

MSC Software dikenal sebagai *MacNeal-Schwendler Corporation*. Merupakan sebuah perusahaan perangkat lunak yang bergerak dibidang *computer-aided engineering tools* yang khusus menyelesaikan dan mensimulasikan analisa struktur bangunan rekayasa teknik.

MSC mulai dikembangkan pada tahun 1966 dibawah dukungan *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Untuk tujuan analisa struktur yang dipersyaratkan dalam membuat design bangunan teknik dibidang angkasa. Demikianlah cuplikan sejarah munculnya perangkat lunak buatan *MSC* yang disebut *Nastran* ini, dimana nama ini memiliki kepanjangan *NASA STRUCTURE ANALYSIS*. Awalnya perangkat lunak ini hanya dipergunakan oleh *NASA* untuk produksi kendaraan angkasa, yang kemudian perangkat lunak ini dapat digunakan untuk kepentingan umum dalam menyelesaikan segala bentuk analisa struktur bangunan teknik buatan manusia.

Secara garis besar, langkah-langkah menyelesaikan metode elemen hingga dengan bantuan pemodelan adalah sebagai berikut :

- Diskritisasi struktur menjadi sejumlah elemen berhingga.

- Penentuan model fungsi pendekatan untuk perpindahan titik simpul (pembuatan matrik kekakuan elemen).
- Penggabungan seluruh fungsi-fungsi aljabar yang ada ke dalam hubungan seperti persamaan diatas (pembuatan matrik kekakuan global).
- Pemberian kondisi batas.
- Penyelesaian syarat kondisi batas.
- Proses pemecahan untuk mendapatkan besaran perpindahan.
- Perhitungan untuk mendapatkan besaran gaya, momen, tegangan, regangan, dan seterusnya.
- Mencatat hasil.

Solusi yang diperoleh dengan metode elemen hingga hanyalah suatu perkiraan yang mendekati keadaan yang sesungguhnya. Semakin banyak jumlah elemen hasil diskretisasi maka semakin baik solusi yang dihasilkan. Namun jumlah elemen yang banyak akan memerlukan waktu perhitungan yang lama dan spek komputer yang canggih. Jadi, penggunaan metode elemen hingga yaitu mengubah struktur menjadi model elemen, harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Jenis struktur yang dianalisis.
- b. ketelitian solusi yang diperlukan.
- c. waktu dan biaya yang dianggarkan.
- d. kemampuan komputer yang digunakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bahasan ini, kami melakukan olah data studi kasus dengan perhitungan-perhitungan berdasarkan teori, dan pemodelan geladak tongkang dengan analisa struktur menggunakan metode elemen hingga dengan program bantu Msc Patran dan Nastran, dimana tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

A Pembuatan Model Konstruksi Geladak Tambahan

- Menentukan *geometry* model struktur.
- Membuat model *geometry* untuk konstruksi deck crane dari data-data teknis menggunakan program MSC Patran.
- Melakukan *meshing* pada model *geometry* kemudian

dilakukan proses *equivalence* dan optimasi dari proses *meshing*.

- Mendefinisikan *element properties* yaitu untuk bahan (material) dan bentuk-bentuk konstruksi yang terdapat pada model seperti beam, stiffener, dan surface (plate).
- Mendefinisikan beban dan kondisi batas pada model seperti dimana pada proses operasi bongkar muat dilakukan.
- Melakukan proses *pre analysis* dari program Msc Patran dengan format output (*op2*) yang berupa file *bdf*.

B .Proses Analisa Model

Dari output *pre* analisis Msc Patran, dengan menggunakan program Msc Nastran dijalankan proses analisis melalui input file model yang di analisis (*.bdf*) dimana file yang nanti akan di baca pada *post processing* adalah file *.op2*.

C .Proses Pembacaan Analisa Model (*Post Processing*)

Setelah proses *running* dari program Msc Nastran, maka model akan di baca hasil analisisnya melalui program Msc Patran dari file *.op2* sehingga akan dibaca hasil analisis model.

E Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter – parameter yang di perlukan seperti tegangan maksimum, regangan, deformasi dapat diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokan agar mudah dalam penyusunan laporan.

F Analisa Dan Pembahasan

Merupakan bagian akhir untuk mencapai hasil penelitian, yaitu didapatkannya kesimpulan final tugas akhir sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dari semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter – parameter

mekanika teknik yang diperoleh dan telah dikelompokkan maka kemudian dilakukan proses analisa dan pembahasan yang meliputi parameter mekanika yang dicari seperti tegangan maksimum, regangan, dan deformasi. Proses analisa yang dilakukan tetap mengacu pada teori dan literatur (pustaka) yang ada.

G Penarikan Kesimpulan

Dalam tahap ini dilakukan pengambilan kesimpulan dari seluruh tahapan di atas sesuai dengan tujuan awal yang ditetapkan pada penelitian serta diambil kesimpulan mengenai kekuatan sistem konstruksi terhadap tegangan maksimum yang terjadi pada berbagai kondisi pembebanan.

ANALISA DATA

A Rekapitulasi Hasil analisa Tegangan dan Defleksi

Dengan mengetahui kekuatan ultimat suatu bahan, kemudian membandingkan dengan tegangan design, maka akan diperoleh tegangan ijin dari suatu konstruksi. Dimana faktor tegangan ijin ini digunakan sebagai acuan dalam mengetahui faktor keamanan suatu bahan.

Dari data yang diperoleh di lapangan, didapatkan informasi mengenai bahan yang dipakai untuk membangun konstruksi tongkang

- Material: Baja Grade A,
dengan sifat-sifat sebagai berikut
- ✓ Kekuatan tarik 400 s/d 520 N/mm²
 - ✓ Tegangan luluh 235 N/mm²
 - ✓ Modulus elastisitas 2,06E11

B Pengecekan Kekuatan Terhadap Tegangan Ijin.

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-X posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	413	400/510	AMAN
2	25	219	400/510	AMAN

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-X posisi midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	454	400/510	AMAN
2	25	302	400/510	AMAN

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-Z. posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	367	400/510	AMAN
2	25	226	400/510	AMAN

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-Z. midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	502	400/510	AMAN
2	25	345	400/510	AMAN

Jika Momen + SWL Pada CG crane. posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	224	400/510	AMAN
2	25	150	400/510	AMAN

Jika Momen + SWL Pada CG crane. midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM STRESSES (VON MISSES)	TEGANGAN IJIN	KETERANGAN
1	75	258	400/510	AMAN
2	25	153	400/510	AMAN

C Defleksi Maksimum

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-X Defleksi Terpusat. posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,281 mm

2	25	0,213 mm
---	----	----------

Validasi dari hasil perhitungan merupakan suatu hal yang penting karena hal ini akan menunjukkan keakuratan perhitungan dari suatu pemodelan. Cara yang ditempuh untuk melakukan validasi adalah dengan melakukan perbandingan hasil perhitungan antara perhitungan *software* dengan perhitungan manual (sesuai dengan rumus). Perhitungan manual yang akan dilakukan dengan menghitung tegangan *Von Mises* pada beberapa titik di salah satu kondisi yaitu kondisi air tenang muatan penuh

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-X.

Defleksi Terpusat. midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,423 mm
2	25	0,276 mm

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-Z.

Defleksi Terpusat. posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,550 mm
2	25	0,320 mm

Arah Kerja Crane Sejajar Sumbu-Z.

Defleksi Terpusat. midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,423 mm
2	25	0,276 mm

Momen + SWL Pada CG Crane.

Defleksi Terpusat. posisi 5 meter dari Ap

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,039mm
2	25	0,074 mm

Momen + SWL Pada CG Crane.

. Defleksi Terpusat. midship

NO	SUDUT BOOM	MAXIMUM DISPLACEMENT (MAGNITUD)
1	75	0,089mm
2	25	0,053mm

D Validasi Hasil Perhitungan

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left[\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2}{2}\right] + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \tau_{xy})^2 + (\tau_{xy} - \sigma_x)^2}{2}}$$

Dimana:

- σ_x = Tegangan normal X (N/ mm²)
- σ_y = Tegangan normal Y (N/ mm²)
- τ_{xy} = Tegangan *Shear* XY (N/ mm²)
- σ_1 = Tegangan *Major* (N/ mm²)
- σ_2 = Tegangan *Minor* (N/ mm²)
- σ_v = Tegangan *Von Mises* (N/ mm²)

Dari hasil *validasi* kondisi pembebanan air tenang muatan penuh pada tiga titik, nilai *validasi* di atas 95 % dan mendekati hasil *output software* yang berarti hasil perhitungan atau analisa menggunakan alat bantu *software* dianggap mendekati kebenaran (*Valid*)

KESIMPULAN

Dari analisa sistem konstruksi geladak pada tongkang muatan tiang pancang 750 DWT yang diatasnya penambahan *crawler crane* untuk melakukan bongkar muat dengan menggunakan *Software finite elemen* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya nilai tegangan paling kritis/paling tinggi pada *deck crane* sebesar 5.02E5 N/mm²

terjadi pada sudut maksimum lengan *boom* 75° dan SWL maksimum 25 Ton lengan *boom* sejajar sumbu Z (melintang kapal) posisi di midship.

2. Jika ditinjau dari kondisi tegangan kritis yang sama, momen kopel di titik berat crane memiliki tegangan maksimum yang lebih rendah daripada ketika momen kopel langsung bekerja pada permukaan konstruksi *deck*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Biro Klasifikasi Indonesia. Rules for Hull, Volume II. Jakarta. 2006.
2. Febrinaldi, Budi. Advance Finite Element Models And Analysis Using MSC. Patran-Nastran. PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. 2004.
3. Flabel, Jean Claude. Practical Stresses for Design Engineers. Design And Analysis of Aerospace Vehicles Structures. Publishing Company, Lake City. Hayden Lake, Idaho USA. 1997.
4. Popov, E. P., *Mechanics of Materials*, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1978.
5. Schoker, Arkenbout. The Design of Merchant Ship, Chapter V The Strength of The Ships's Hull. NV De Technische Uitgeverij H. Stam-Haarlem-Antwerpen-Djakarta. 1953.
6. Tambunan, Sahrudin. Modul Training Patran-Nastran. Departemen Pengembangan Sistem dan Metoda, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung. 2005.