

Pengoptimalan Ruang Cargo Kapal Kelas I Kenavigasian Tanpa Pillar dengan Pemodelan

Susianto¹, Ali Yusa²

¹⁻²Jurusan Teknik Konstruksi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Gn. Malang, Randuagung, Kec. Kebomas, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61121
E-mail : metasentra@gmail.com

Abstrak

Deck Load Capacity adalah Kemampuan sebuah geladak untuk menampung sejumlah muatan berat, dinyatakan dalam ton/m² dapat ditemukan pada Capacity plan kapal dimana dapat mengetahui berapa besar kemampuan masing – masing geladak, sehingga dapat dihitung berapa tinggi susunan maksimum dari muatan agar tidak melampaui kekuatan geladak tersebut. Kenavigasian adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan Sarana Bantu Navigasi - Pelayaran, Telekomunikasi - Pelayaran, hidrografi dan meteorologi, alur dan perlintasan, pengerukan dan reklamasi, pemanduan, penanganan kerangka kapal, salvage dan pekerjaan bawah air untuk kepentingan keselamatan pelayaran kapal. Perencanaan deck load kapal kelas 1 Kenavigasian juga harus memperhatikan beban kerja deck yang terdiri dari pedestal crane, bouy dan angker buoy dengan beban 5 sampai dengan 10ton. Dengan dilakukannya perhitungan dan pemodelan dengan MSC PATRAN dan MSC NASTRAN maka didapatkan profile yang bisa menahan beban di atas deck sehingga ruang cargo tidak perlu dipasang pillar. Dari pemodelan ini diharapkan bisa dipakai pada semua Kapal Navigasi dengan beban dek maksimal 10 ton pada kapal Kelas 1 Kenavigasian yang akan dibangun berikutnya

Kata kunci: Deck Load, Kapal Kelas 1 Kenavigasian, MSC software.

Abstract

Deck Load Capacity is the ability of a deck to accommodate a number of heavy loads, expressed in tons / m², can be found in the ship's capacity plan where you can find out how much each deck is capable, calculate high the maximum arrangement of the load is so that it does not exceed the deck strength. Navigation is everything related to Sailing - Navigation Assistance Facilities, Sailing Telecommunications, hydrography and meteorology, channels and crossings, dredging and reclamation, guidance, handling of ship frames, salvage and underwater work for the benefit of shipping safety. The planning of deck load for Kapal Kelas 1 Kenavigasian must also pay attention to the workload of the deck consisting of pedestal cranes, buoys and armature buoy with a load of 5-10 tons. By doing calculations and modeling with MSC PATRAN and MSC NASTRAN. By modeling with software, you will get a profile that can withstand loads on the deck so that the cargo space does not need to be installed pillars. From this modeling, it is hoped that it can be used on all navigation ships with a maximum deck load of 10 tons on the next navigation ship.aplication all navigation ships with a maximum deck load of 10 tons on the next navigation ship..

Keywords: Deck Load, Kapal kelas 1 kenavigasian, MSC software.

1. Pendahuluan

Untuk Menjamin Kelancaran dan keselamatan Alur pelayaran di Indonesia diperlukan Kehandalan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP) dan ini menjadi Tanggung jawab sepenuhnya dari Direktorat Kenavigasian. Kenavigasian adalah Kegiatan yang berkaitan dengan Sarana bantu navigasi Pelayaran (SBNP), Telekomunikasi Pelayaran (Telkompe), Hidrografi dan Meteorologi, Alur dan Perlintasan, Bangunan dan Instalasi, Pemanduan, Penanganan Kerangka kapal dan Salvage, dan atau Pekerjaan Air (PBA) untuk kepentingan Keselamatan Pelayaran [1]. Untuk kepentingan Keselamatan Berlayar dan Kelancaran lalu-lintas kapal pada daerah yang terdapat bahaya navigasi atau kegiatan di perairan yang membahayakan keselamatan berlayar harus ditetapkan zona keselamatan dengan penandaan

berupa Sarana bantu navigasi Pelayaran (SBNP) sesuai ketentuan yang berlaku [4]. Saat ini kebutuhan SBNP baru terpenuhi sekitar 3.541 unit (66,96 %), sehingga diperlukan penambahan sekitar 1750 unit SBNP (Menara Suar, Rambu Suar, Pelampung Suar, Rambu Tanda Siang, Anak Pelampung), namun perkembangan penambahan jumlah SBNP dari Tahun 2010-2013 cenderung kecil, yakni 93 unit SBNP selama 3 tahun (1,44% per tahun). Jumlah kapal kenavigasian 64 unit (sudah memenuhi kebutuhan sd. Tahun 2020) namun sebagian umurnya sudah cukup tua dan kehandalan operasionalnya belum memadai

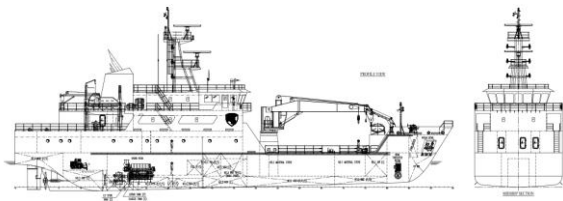
Kapal Kelas I Kenavigasian mempunyai tugas/misi antara lain: [5]

- Melaksanakan pemasangan / pendistribusian pelampung suar pada wilayah operasinya.

- b. Melakukan pengangkutan, pengangkatan, pemeliharaan / perawatan pelampung suar beserta penjangkarannya.
- c. Melaksanakan perawatan / pemeliharaan rambu suar.
- d. Melaksanakan perawatan / pemeliharaan menara suar.
- e. Mengantar gilir tugas penjaga menara suar dan keluarganya.
- f. Melakukan pendistribusian persediaan.
- g. Melaksanakan tugas SAR dan tugas pemerintahan lainnya

Tabel 1. Penyediaan kapal Negara kenavigasian (Dirnav tahun 2013)

NO	JENIS KAPAL	Jumlah /Tahun	
		2012	2013
1	Kapal Buoy Tender (kapal induk perambuan)	8	8
2	Kapal Aids Tender (Kapal Bantu Perambuan)	42	42
3	Kapal Inspection Boat (Kapal Pengamat Perambuan)	14	14
Total		64	64

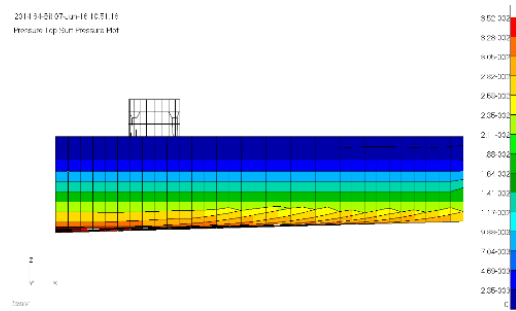


Gambar 1 General Arrangement Kapal Kelas I Kenavigasian.

2. Metode

Stress Analysis adalah ilmu keteknikan yang menggunakan metode untuk menentukan tegangan dan regangan material dan struktur yang disubyekkan dalam gaya (force). Dalam mekanika definisi stress adalah kualitas fisik yang menunjukkan kekuatan ikatan partikel internal.

Nastran merupakan sebuah program analisis elemen hingga (FEA/finite element analysis) yang dikembangkan untuk NASA pada akhir tahun 1960an. Pembuatan dan pengembangan Nastran secara khusus untuk industri aerospace dan dibiayai oleh pemerintah Amerika Serikat. Nastran sendiri merupakan akronim dari NASA Structure Analysis. Nastran terintegrasi dengan software CAD. Mirip dengan ANSYS, anda dapat membuat model melalui CAD dan selanjutnya dapat anda analisis dengan Nastran. Nastran juga cocok dengan berbagai jenis komputer dan sistem operasi mulai dari komputer kecil hingga komputer super. Semuanya itu untuk mempermudah para pengguna Nastran. Nastran memiliki beberapa jenis analisis. Masing-masing jenis analisis yang tersedia disebut solution sequence. Beberapa contoh solution sequence yang umum antara lain: Linear Static, Modal, Buckling, dan Non-Linear Static.[6]



Gambar 2. MSC PATRAN dan MSC NASTRAN stress analysis

Ukuran utama dan kapasitas Kapal Kelas 1 Kenavigasian [3]

Ukuran kapal:

- Panjang Keseluruhan (LOA) : 60.0 m
- Panjang Perpendicular (LPP) : 54.0 m
- Lebar (B) : 12.0 m
- Tinggi (H) : 4.7 m
- Sarat (T) : 3,5 m
- Vs 100% MCR : 15 knot
- Jarak Jelajah Kapal : 4000 Nautical Mile

Kapasitas tanki

- Komplemen : 39 orang (25 crew kapal +14 crew dinas)
- Tangki bahan bakar (BJ = 0,85) : ± 220 Ton
- Tangki air tawar (BJ = 1,000) : ± 100 Ton
- Tangki ballas (BJ = 1,025) : ± 257 m
- Tangki minyak lumas : ± 6.0 Ton
- Tangki minyak kotor (sludge tank) : ± 5.0 m
- Sewage tank : ± 6.2 Ton
- Bilga tank : ± 1.0 m

Bobot mati kapal (DWT)

Bobot mati kapal (DWT) terdiri dari :

- Bahan bakar : ± 220 Ton
- Minyak pelumas : ± 6.0 Ton
- Air Tawar : ± 100 Ton
- Penumpang Dinas + Crew : ± 3.9 Ton
- Provision : ± 10 Ton
- Cargo : ± 550 Ton

----- +
Total DWT : ± 889.9 Ton

Perhitungan Konstruksi Deck

Perhitungan profil construction (rencana konstruksi) didasarkan pada ketentuan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) 1996 Volume II [2]

Perkiraan Beban Geladak Cuaca (Load and Weather Deck)

- a. Yang dianggap sebagai geladak cuaca adalah semua geladak yang bebas kecuali geladak yang tidak efektif yang terletak di belakang 0,15L dari garis tegak haluan.
- b. Beban geladak cuaca dihitung berdasar profil sebagai berikut (Sec. 4. B 1.1):

$$PD = P_o \frac{20T}{(10 + Z - T) \times H} C^D$$

Dimana :

$$P_o = 2,1 \times (C_b + 0,7) \times C_o \times C_L \times f \times C_{rw} \text{ KN/m}^2$$

$$C_b = \frac{L}{25} 4,1 \text{ untuk } L < 90\text{m}$$

$$C_o = \frac{60}{25} 4,1$$

$$C_o = 6,5$$

$$C_L = \frac{\sqrt{L}}{90}$$

$$C_L = \frac{\sqrt{60}}{90}$$

$$C_L = 0,816$$

$f = 1,0$ faktor kemungkinan untuk plat kulit dengan geladak cuaca.

$f = 0,75$ faktor kemungkinan untuk main frame, Stiffener dan Balok Geladak.

$f = 0,60$ faktor kemungkinan untuk side girder, center girder, side deck girder, center deck girder, web frame, stringer, grillade.

$z =$ Jarak vertikal dari pusat beban ke base line.

$$H = 4,10 \text{ m}$$

$C_{rw} = 0,75$ untuk kapal antar pulau untuk plat kulit dengan geladak cuaca

$$P_o = 2,1 \times (0,68 + 0,7) \times 6,5 \times 0,816 \times 1 \times 0,75 = 14,749 \text{ cm}^2$$

untuk main frame, Stiffener dan Balok Geladak

$$P_o = 2,1 \times (0,68 + 0,7) \times 7,252 \times 0,936 \times 0,75 \times 0,75 = 11,062 \text{ cm}^2$$

untuk side girder, center girder, side deck girder, center deck girder, web frame, stringer, grillade.

$$P_o = 2,1 \times (0,68 + 0,7) \times 7,252 \times 0,936 \times 0,6 \times 0,75 = 8,849 \text{ cm}^2$$

$$CD1 = 1,2 - x/L \text{ x/L diambil } 0,1 \text{ buritan kapal} \\ = 1,2 - 0,1 = 1,1$$

$CD2 = 1,0$ untuk tengah kapal

$CD3 = 1,0 + C/3 (x/L - 0,7) \text{ x/L diambil } 0,9$ untuk Haluan kapal

$$C = 0,15L - 10 = 1,82$$

$$CD3 = 1,2 + 1,82/3 (0,9 - 0,7) = 1,2 + 0,60 (0,2) = 1,321$$

$CD2 = 1,0$ untuk $0,2 \leq L \times \leq 0,7$ (tengah kapal)

Beban geladak untuk daerah $0,2 \leq L \times \leq 0,7$ tengah kapal adalah

$$PD2 = 14,749 \times (10 \ 4,1 \ 3,45) 4,1 \ 20 \ 3,45 + - \times \times 1 \text{ KN/m}^2$$

$$PD2 = 23,306 \text{ KN/m}^2$$

Beban geladak cuaca untuk main frame, stiffener dan balok geladak.

Beban geladak cuaca untuk daerah $0 \leq L \times \leq 0,2$

Beban geladak cuaca untuk daerah $0,2 \leq L \times \leq 0,7$ tengah kapal adalah :

$$PD2 = 11,062 \times (10 \ 4,1 \ 3,45) 4,1 \ 20 \ 3,45 + - \times \times 1,1 \text{ KN/m}^2$$

$$PD2' = 17,480 \text{ KN/m}^2$$

Beban geladak cuaca side girder, center girder, side deck girder, center deck girder, web frame, stringer, grillade.

Beban geladak cuaca untuk daerah $0,2 \leq L \times \leq 0,7$ tengah kapal adalah :

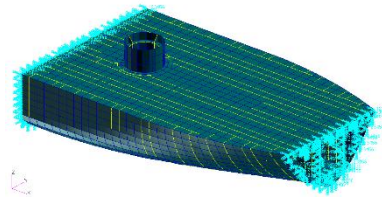
$$PD2 = 8,849 \times (10 \ 4,1 \ 3,45) 4,1 \ 20 \ 3,45 + - \times \times 1,0 \text{ KN/m}^2$$

$$PD2' = 13,984 \text{ KN/m}^2$$

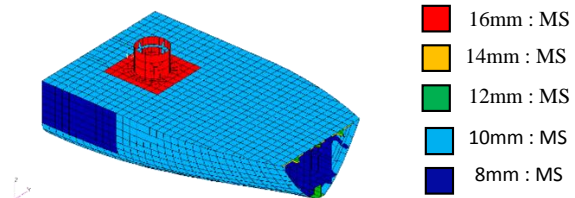
3. Hasil dan Pembahasan

Analisa Model dan Perhitungan

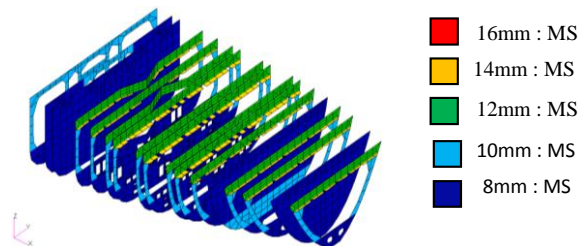
- Lingkup model : Konstruksi ruang muat antara frame.48 sampai frame.75 .
- Bagian yang dimodelkan.
 - Bagian Memanjang (shell, double bottom, main deck, deck girder, and bottom girder)
 - Bagian Melintang (web frame, deck trans, floor, trans bulkhead)
 - Konstruksi Pondasi Crane.
 - Semua bagian kapal yang dimodelkan diatas menggunakan elemen plat (shell element) dan elemen balok (beam element).



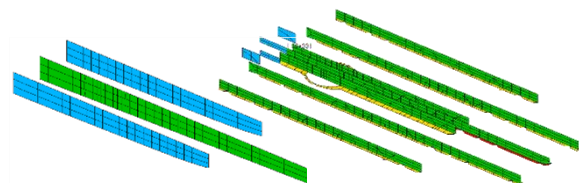
Gambar 3. Pemodelan Ruang cargo



Gambar 4 Arrangement plate Ruang cargo



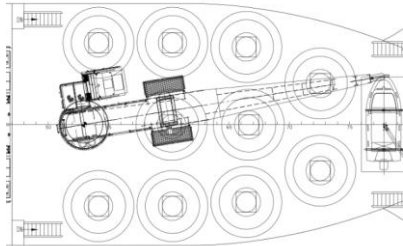
Gambar 5. Arrangement plate Inner Bottom & Framing and Bulkhead



Gambar 6 Arrangement plate Deck Girder & Bottom Girder

c. Kondisi Pembebanan

Beban yang digunakan pada analisa ini adalah beban maksimum yang mungkin akan di terima oleh kapal. Kapal ini merupakan kapal kerja yang di gunakan untuk mengangkat dan mengangkut “buoy” yang di asumsikan setiap buoy mempunyai berat 10 ton yang kemudian dibebankan pada geladak utama dengan asumsi luasan (foot print) masing masing beban ±1m



Gambar 7. Kondisi Pembebanan pada main deck

- Pada Geladak Utama, beban yang di terima adalah beban buoy dengan asumsi berat 10 ton pada luasan 1m² dengan total beban pada geladak utama mencapai 100 ton.
 - Pada Material Store 1, digunakan untuk menyimpan concrete dengan asumsi seberat 6 ton pada luasan 1 m² dengan total muatan hingga 60 ton.
 - Pada Material Store 2 di gunakan untuk menyimpan jangkar (concrete) dengan asumsi seberat 6ton pada luasan 1 m² dengan total muatan hingga 216 Ton.
- Untuk dapat mengetahui kekuatan konstruksi geladak secara umum, maka pembebanan di atas geladak utama dilakukan variasi penempatan beban yang di lakukan secara acak.

Beban yang bekerja pada analisa ini antara lain.

1. Static wave load

$d = 3.5 \text{ m}$ load acting on top surface
 35193.375 N/m^2

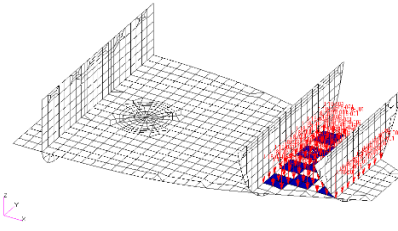
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
 $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$

2. Load on deck material store 1

- Beban concrete sebesar 6ton diasumsikan mengenai permukaan deck 1m².
- Total muatan penuh pada deck material store 1 di asumsikan hingga 60 ton.
- Maka pembebanan di berikan 10 buah beban dengan masing masing beban sebesar 6 ton/m² yang di letakan secara acak pada material deck store 1.

Tabel 2. Tank top deck load cargo #1

Deck Load	6 ton/m ²	Top Surface	0.05886	N/mm ²
Safety Factor	2 x		0.11772	N/mm ²



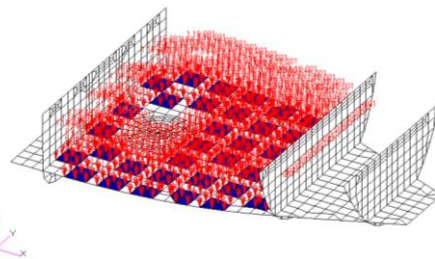
Gambar 8. Analisa kondisi pembebanan pada cargo room#1

3. Load on deck material store 2

- Beban anchor atau concrete sebesar 6 ton diasumsikan mengenai permukaan deck 1m².
- Total muatan penuh pada deck material store 2 diasumsikan hingga 216 ton.
- Maka pembebanan di berikan 36 buah beban dengan masing masing beban sebesar 6 ton/m² yang di letakan secara acak pada material deck store 2

Deck Load	6 ton/m ²	Top Surface	0.05886	N/mm ²
Safety factor	2 x		0.11772	N/mm ²

Tabel 4.2. Tank top deck load cargo #2



Gambar 9. Analisa Kondisi Pembebanan pada cargo room#2

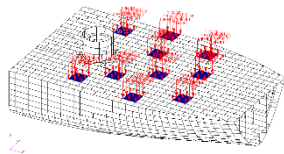
4. Load on Main Deck

- Beban Buoy diasumsikan sebesar 10 ton mengenai permukaan dengan luasan ±1m² pada geladak utama.
- Total muatan penuh pada geladak utama di asumsikan hingga 100 ton.
- Maka pembebanan akan berikan 10 buah beban dengan masing masing beban sebesar 10 ton/m² yang di letakan secara acak dan berbeda penempatan pada tiap tiap kondisi pembebanan untuk mengetahui nilai yang paling tinggi.

Tabel 3. Main deck deck load

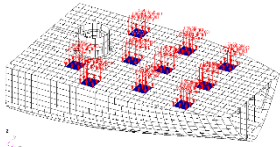
Deck Load	10 ton/m ²	Top Surface	0.0981	N/mm ²
Safety factor	2 x		0.1962	N/mm ²

Masing masing Kondisi Pembebanan (Loading Condition) dengan variasi peletakan beban buoy di atas geladak utama.



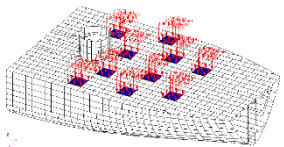
Gambar 10. Pembebanan Loading Condition #1

- LC.1**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load



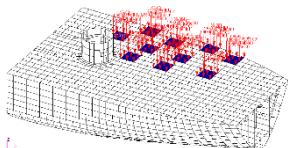
Gambar 11. Pembebanan Loading Condition #2

- LC.2**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load



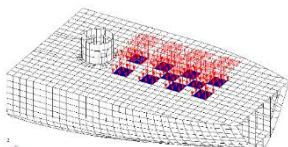
Gambar 12. Pembebanan Loading Condition #3

- LC.3**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load



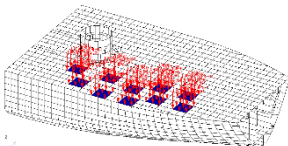
Gambar 13. Pembebanan Loading Condition #4

- LC.4**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load



Gambar 14. Pembebanan Loading Condition #5

- LC.5**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load



Gambar 15. Pembebanan Loading Condition #6

- LC.6**
- Displacement = fixed at two ends
 - Wave Load
 - Material deck store 1 load
 - Material deck store 2 load
 - Main deck load

5. Kriteria Kekuatan

Bagian bagian yang di evaluasi untuk kekuatannya antara lain:

- Main deck
- Inner bottom
- Shell
- Bottom Girder

- Deck Girder
- Floor
- Transverse section

Nilai Von mises stress σ_e di gunakan sebagai acuan dari nilai yield strength yang di evaluasi. Nilai equivalent stress di tunjukan pada table 4.4 berdasarkan pada peraturan BKI .

Table 4. Allowable Stress

Part	σ_e (N/mm ²)
Main Frames, bulkhead and other transversal members	180/k
Longitudinal Bulkhead, girder and other longitudinal members	230/k

$K = 235/R_{eH}$ for $R_{eH} < 235$ (N/mm²)

$K = 0,78$ for $R_{eH} 315$ (N/mm²)

$K = 0,72$ for $R_{eH} 355$ (N/mm²)

$K = 0,66$ for $R_{eH} 390$ (N/mm²)

Tegangan ijin dari struktur ini menggunakan 180/k , dengan k = 1. (180 N/mm²)



Gambar 16. Deck Girder



Gambar 17 Cargo Room Tanpa Pillar



Gambar 18. Uji pembebanan deck dok trial

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa menunjukan bahwa tegangan dari seluruh bagian konstruksi kapal masih berada di bawah tegangan ijin, sehingga bisa di simpulkan bahwa tidak ada masalah dengan struktur ini. Untuk selanjutnya konstruksi tanpa pilar dengan perhitungan konstruksi pada perhitungan ini bisa diaplikasikan pada kapal Kelas 1 Kenavigasin sejenis pada pembangunan kapal selanjutnya.

Adapun penelitian ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu berikut saran untuk penelitian ini:

1. Untuk beban buoy diatas 10 ton perlu dilakukan analisa lagi, disamping juga pengaruh pada keterbatasan pada SWL pada pedestal crane. Pada beberapa type kapal navigasi crane yang ada masih terbatas pada SWL dibawah 10ton.
2. Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program MSC PATRAN dan MSC NASTRAN, pemodelan dilakukan dengan membuat geometri yang baik. Kesalahan dalam pemodelan akan mempengaruhi keakuratan perhitungan.
3. Sedapat mungkin pemodelan dilakukan seperti kondisi sesungguhnya, sehingga pemberian load sesuai pada tempatnya. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
4. Dapat dijadikan bahan rujukan atau pengembangan desain dan pembangunan Kapal Navigasi Kelas 1 selanjutnya.

Ucapan Terima Kasih

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Jurnal ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak Eko Budi Leksono, ST. MT., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Gresik.
2. Bapak Prof. Daniel M. Rosyid PhD, M.RINA selaku dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
3. Ibu Yulia Ayu Nastiti ST, MT selaku Kepala Jurusan Teknik Konstruksi Perkapalan Universitas Muhammadiyah Gresik
4. Bapak Ali Yusa, MT dosen Wali dan pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Engineering PT. Orela Shipyard yang sudah menyediakan software dan hardware
6. USB UMG Team, atas semangat dan team worknya untuk masa depan hidup yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Undang-Undang Nomor 17 tahun 2008 tentang Pelayaran
- [2] BKI. 2006. Biro Klasifikasi Indonesia Volume II Rules For Hull, Jakarta : BKI
- [3] Direktorat Kenavigasian Direktorat Jendral Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan ; Spesifikasi Teknis Kapal Kelas 1 Kenavigasian
- [4] Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 tahun 2011 tentang Sarana bantu Navigasi-Pelayaran.
- [5] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2010 tentang Kenavigasian
- [6] <https://static.sdcpublishings.com/pdf/sample/1-58503-325-1-2.pdf> : Introduction to MSC PATRAN DAN MSC NASTRAN V5 Release 16 (A Hands-On Tutorial Approach)
- [7] Muhammad Mahfud, Konstruksi kapal I, Poltek Perkapalan ITS, 1994.
- [8] Taggart R, Ship Design Construction, SNAME, 1980
- [9] Wasono, Kamus Istilah Teknik Kapal dan Industri Kapal, IPERINDO, 2005