



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Studi Analisa Struktur Lambung *Semi Submersible Heavy Lift Vessel* 30.000 Ton Menggunakan *Finite Element Method*

Egar Haneshananta Sihombing¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Hartono Yudo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : haneshananta@gmail.com, ahmadfzakki@undip.ac.id, hartonoyudo@yahoo.com

Abstrak

Kemajuan di bidang perkapalan sangatlah pesat, salah satu aspek yang paling disoroti adalah kekuatan dan ketahanan kapal. Hal ini mencakup kekuatan dan ketahanan pada saat berlayar ataupun berlabuh. *Direct Strength Analysis* adalah salah satu cara yang tepat untuk mengetahui kekuatan suatu struktur. Mengetahui komponeN-komponen yang paling kritis dan perlu mendapat perhatian lebih. Penelitian ini menganalisa kekuatan strutur lambung *semi-submersible heavy lift vessel* yang diberikan tekanan hirostatik saat kapal mengalami *semi-submerged draught* maksimum menggunakan FEM(*Finite Elmemnt Method*). Dalam proses analisa menggunakan *software Msc.Nastran Patran*, kami mendapatkan hasil tekanan hidrostatik sebesar 133.598,5 Pa.Untuk beban muatan sebesar 20.000 ton,terjadi deformasi sebesar 11,9 cm dan tegangan maksimu sebesar 100 N/mm² . Untuk beban muatan sebesar 25.000 ton, terjadi deformasi sebesar 11,9 cm,tegangan maksimum sebesar 128 N/mm². Dan saat kapal diberi muatan sebesar 30.000 ton,deformasi sebesar 12,4 cm dan tegangan maksimum sebesar 218 N/mm². Tegangan maksimal yang diterima oleh kapal tersebut masih berada dibawah nilai tegangn ijin menurut ketentuan DNV yaitu sebesar 235 N/mm².

Kata kunci :*Semi-Submersible Heavy Lift vessel, Direct Strength Analysis, MSc Nastran Patran, FEM.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia sebagai Negara maritime dikaruniai sumber daya alam yang melimpah. Kekayaan alam laut bangsa Indonesia sangat beragam dan memiliki potensi yang berlimpah,diantaranya potensi pertambangan. Sumber daya minyak dan gas diperkirakan mencapai 87,22 miliar barrel,dan 594,43 TSCF(*Trillion Of Cubic Feet*) tersebar di Indonesia,menjadikan Indonesia tujuan investasi yang menarik[1]. Untuk mengeksplorasi sumur-sumur minyak dan gas yang baru,diperlukan suatu struktur ataupun bangunan yang dapat mendukung proses eksplorasi tersebut.

Anjung lepas pantai(*Offshore rig*) adalah suatu struktur atau bangunan yang berada di lepas pantai,dimana fungsi utamanya adalah sebagai sarana eksplorasi dan produksi minyak atau gas. Proses fabrikasi anjungan dilakukan di galangan ataupun di *fabrication yard*. Tidak jarang jarak antara tempat fabrikasi dan lokasi operasi sangatlah jauh,dapat berupa lintas Negara maupun lintas benua[2]. Setelah melewati proses fabrikasi,proses selanjutnya adalah proses pengangkutan. Fasilitas utama yang diperlukan dalam proses ini adalah kapal angkut jenis khusus *Heavy lift vessel*. *Heavy lift vessel* merupakan kapal multifungsi yang dikhususkan membawa muatan besar dan berat[3].

Pada prakteknya, kapal tipe *heavy lift vessel*, sering terjadi *buckling* dan *bending*. Contoh pada kapal *Blue Marlin*[4]. Kali ini penulis akan mencoba menganalisa kekuatan struktur dari kapal tipe *heavy lift vessel*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dihadapi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa beban dari struktur lambung *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* saat membawa muatan 20.000 ton, 25.000 ton, dan 30.000 ton saat *semi-submerged draught* maksimum?
2. Berapa tegangan maksimum yang diterima lambung *Semi-Submersible heavy Lift Vessel* saat mengalami *semi-submerged draught* maksimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bentuk struktur hull pada kapal *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel*.
2. Mengetahui nilai titik tekanan kritis struktur pada saat kapal mengalami *semi-submerged draught* maksimum.
3. Mengetahui beban maksimum yang diterima lambung *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Kondisi pembebanan berupa displacement maksimum dan tegangan maksimum.
2. Permodelan hanya pada bagian *parallel middle body* kapal.
3. Analisa dan pengolahan data menggunakan software Msc.Nastran Patran.
4. Hasil akhir dari tugas akhir ini adalah tekanan struktur *semi-submersible heavy lift vessel* pada saat *semi-submerged draught* maksimum.
5. Seluruh kegiatan analisa mengacu pada Rules DNV.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Heavy Lift Vessel

Secara garis besar dapat digolongkan 4 tipe[3]:

1. Project Cargo Heavy Lift Vessel
Kapal tipe ini dapat mengangkat berbagai macam *cargo*, termasuk *container*, *locomotive parts*, *port equipment*, dan kapal kecil.
2. Open Deck Heavy Lift Vessel.
Open deck heavy lift vessel adalah kapal *non-submersible* yang didesain untuk pengangkutan modul berukuran besar. Seperti namanya, kapal ini memiliki karakteristik utama yaitu luasnya *cargo deck*.
3. Dock Ship Heavy Lift Vessel
Kapal tipe ini dapat di desain *lift-on/lift-off* (di desain menggunakan *crane*), *float-on/float-off*, terkadang ada juga yang didesain agar dapat *roll-on/roll-off loading*.
4. Semi-Submersible Heavy Lift Vessel
Semi-Submersible Heavy Lift Vessel memiliki karakteristik *open submersible deck* yang luas. Sesuai namanya, kapal ini didesain agar memungkinkan benda muat (*cargo*) untuk *float-on dan float-off*.

2.2. Semi-Submersible Heavy Lift Vessel

Semi-Submersible Heavy Lift Vessel adalah tipe kapal multifungsi khusus yang dapat mengangkat muatan yang besar, disebut multifungsi karena dengan karakteristik *open submersible deck* yang luas, kapal ini dapat mengangkat jenis *cargo* yang berukuran besar seperti struktur *offshore rig*, *yacht*, maupun beberapa kapal berukuran kecil sekaligus. Main deck dari *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* ini dapat menyelam ke dalam air untuk memungkinkan *cargo* untuk *float-on* dan *float-off* (mengambang masuk dan mengambang keluar). Deck dari kapal tipe ini dapat diturunkan hingga dibawah permukaan air dengan cara mengisi tangki *ballast*, untuk menaikannya kembali dengan membuang *ballast (de-ballasting)*. *Semi-Submersible Heavy Lift Vessel* dapat dibedakan menjadi 2 kategori utama[3]:

1. Open Deck Ship
Open Deck Ship memuat *cargo* pada bagian *aft* (bagian belakang kapal) dan *superstructure* berada di bagian *forecastle*.
2. Tanker Shaped Ship
Biasanya merupakan kapal rekonstruksi dari kapal *tanker* (modifikasi dari kapal *tanker*).

Dimana posisi loading *cargo* berada di tengah (seperti kapal *cargo* pada umumnya).

2.3. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga yang baru-baru ini dikembangkan telah terbukti merupakan perangkat yang canggih untuk analisis berbagai jenis masalah pelat dan struktur konstruksi, karena hasil yang diperoleh lebih disukai daripada penyelesaian teoritis. Ketepatan metode elemen hingga dipengaruhi oleh parameter-parameter berikut :

1. Pola perpindahan yang ditetapkan untuk elemen.
2. Jumlah elemen.
3. Teknik penyajian beban.
4. Kondisi tepi masalah tertentu.
5. Program komputer.

Keuntungan metode elemen hingga adalah:

1. Penyelesaian bisa diperoleh tanpa menggunakan persamaan diferensial masalah yang ditinjau.
2. Metode ini serupa dengan metode yang sudah dikenal oleh para insinyur struktur.
3. Kondisi tepi dan pembebanan yang sembarang pun dapat diperlakukan dengan cara yang sama seperti untuk masalah yang sederhana.
4. Metode ini memungkinkan automasi semua prosedur secara lengkap.
5. Metode ini memungkinkan kombinasi berbagai elemen struktural, seperti pelat, balok dan struktur selaput.
6. Metode ini bisa diperluas untuk mencakup semua bidang mekanika kontinum.

Kelemahannya yang juga harus diperhatikan, adalah:

1. Metode ini memerlukan pemakaian komputer digital dengan kapasitas penyimpan dan kecepatan yang memadai.
2. Penyiapan data untuk setiap elemen memerlukan waktu yang cukup lama dan merupakan sumber kesalahan manusia yang paling umum dalam penyelesaian dengan metode elemen hingga.
3. Masalah tertentu bila memerlukan program komputer yang khusus dan tentunya dengan bantuan ahli komputer.
4. Ketepatan hasilnya sulit dipastikan bila strukturnya tambah besar.

Penerapan konsep dasar metode elemen hingga dewasa ini telah diperluas ke masalah:

1. Pelat yang tebal dan struktural selaput.
2. Masalah tak linear, termasuk plastisitas.
3. Tegangan akibat suhu.
4. Analisis aeroelastis dan hidroelastis sistem struktur.
5. Aliran benda cair.
6. Perilaku purna tekuk (post buckling) pelat dan struktur selaput dan lain-lain.

Metode elemen berhingga (finite element) bisa dipandang sebagai perluasan dari metode perpindahan (untuk struktur rangka) ke masalah kontinum berdimensi dua dan tiga seperti pelat, struktur selaput (shell) dan benda pejal[5].

2.4. Finite Element di Dunia Perkapalan

Finite Element Method (FEM) atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Metode Elemen Hingga adalah salah satu metode yang digunakan untuk menganalisa suatu konstruksi. Metode ini sekarang banyak digunakan pada konstruksi kapal maupun bangunan pantai dan lepas pantai (offshore). Kegagalan suatu konstruksi bisa diketahui dengan menggunakan analisa ini dan dengan tepat pada titik mana kegagalan tersebut ditunjukkan. Untuk melakukan analisa dengan menggunakan *finite elemen method* / metode elemen hingga, sudah banyak software yang diciptakan untuk mempermudah analisa. Secara garis besar software-software tersebut memiliki sistem kerja dan tahapan yang sama dalam melakukan analisisnya. Diawali dengan pembuatan model, dilanjutkan dengan meshing, penentuan kondisi batas dan pembebanan dan dianalisa[8].

2.5. Program Bantu MSC.Nastran Patran

FEM Software adalah program bantu untuk *pre* dan *post processing* dalam analisa metode elemen hingga dimana salah satu *software analysis process* yang digunakan adalah *FEM Software* yang dijelaskan pada bagian selanjutnya.

Secara umum langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan *FEM Software* dijelaskan sebagai berikut[6]:

1. Membuat *database*

2. Satuan(unit)
3. Pembuatan model(*create geometry model*)
4. Pengecekan dan koreksi kesalahan *geometry*
5. Penentuan beban dan kondisi batas(*loads and boundary condition*)
6. Penentuan material dan element properties
7. Proses *meshing*
Proses optimasi dan equivalence
8. Proses analisa

MSC.Nastran(MacNeal Schwendeler Corporation NASA Structural Analysis)merupakan program elemen hingga yang dibuat dan dikembangkan oleh NASA(National Aeronautics and Space Administration)untuk pemecahan dalam analisa struktur maupun komponen,yang antara lain[6]:

1. Analisa statis terdiri dari analisa statis dengan perubahan surface dan kekakuan,analisa *buckling*.
2. Analisa dinamik terdiri dari analisa normal model,analisa respon frekuensi/harmonik, analisa respon respon transien, analisa respon transien linier dan non linier.
3. Analisa perpindahan panas transien/steady state.

3. METODOLOGI PENELITIAN

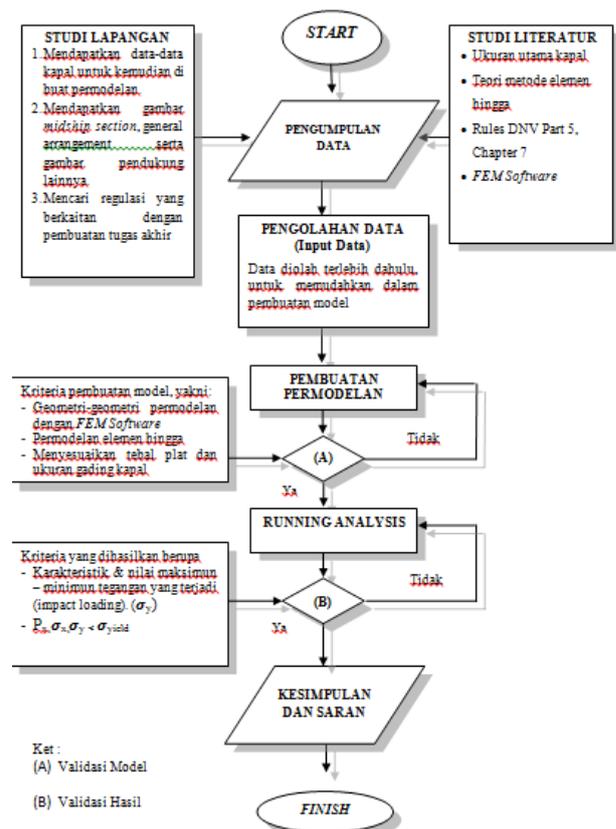
3.1.Materi Penelitian

Materi penelitian yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi data-data yang akan diproses dalam penelitian antara lain:

1. Data ukuran utama kapal
2. Perhitungan konstruksi kapal

3.2. Diagram Alir

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau flowchart yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian. Tahapannya digambarkan dalam flowchart berikut:



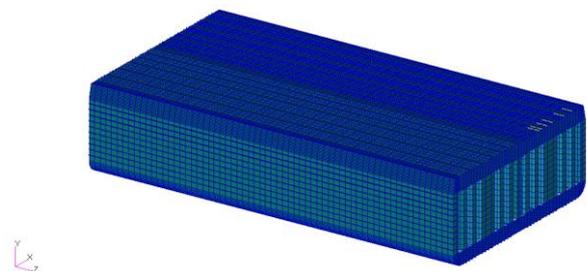
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Model

Struktur yang diuji dalam melakukan proses *Direct Strength analysis* adalah area *cargo hold* pada *parallel middle body*, baik dari sisi *starboard* maupun *portside*[7].

Seluruh komponen di dalam ruang muat *parallel middle body*, akan dimodelkan dalam bentuk Model Elemen Hingga atau *Finite Element Model*. Berikut adalah model dari *cargo hold parallel middle body MV.SWAN*.



Gambar 2. MV.SWAN's Finite Element Model

Berikut spesifikasi material yang digunakan dalam permodelan struktur:

Nama material : Baja NV-27

Modulus Elastisitas: $2,1 \times 10^{11} \text{ N/mm}^2$
Yield : $235 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$
Ultimate Stress : 400 MPa
Density : 7850 kg/m^3
Shear Modulus : $8 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$
Possion ratio : 0,3

Baja ini cukup kuat untuk menahan beban dari muatan itu sendiri. Baja tipe ini juga sudah menjadi standarisasi oleh badan klasifikasi kapal.

4.2. Boundary Conditions (Kondisi Batas)

Boundary Conditions atau yang biasa disebut kondisi batas dalam metode elemen. Jadi *boundary conditions* dapat diartikan juga sebagai kondisi jepit yang fungsinya menjaga agar tiap-tiap ujung objek yang diteliti tetap kaku (*rigid*), tidak bergerak-gerak saat analisa dilakukan. Titik-titik node pada ujung depan dan ujung belakang model, masing-masing terhubung secara *rigid*/kaku terhadap *independent point*. *Independent point* ini bisa didefinisikan sebagai titik berat kapal. *Independent point* pada bagian ujung depan model terletak pada *Node @1280414* dan bagian ujung belakang model terletak pada *Node @1255295*. Jadi perlakuan *boundary conditions* dilakukan pada node-node tersebut untuk memberikan kondisi batas dengan kode pada *software* sebagai berikut:

- Independent Point on aft end of model :
 Translational (x, y, z) = <0, 0, 0 >
 Rotational (x, y, z) = <, 0, 0>
- Independent Point on fore end of model :
 Translational (x, y, z) = <0, 0, 0>
 Rotational (x, y, z) = <0, , >

Perhitungan besar tekanan eksternal (tekanan hidrostatik air laut) dan tekanan internal (muatan) diperlukan untuk menentukan pembebanan pada permodelan kapal yang telah dibuat.

4.3. Tekanan Hidrostatik Air Laut

Merupakan beban eksternal dan internal yang diterima model. Rumus yang digunakan menggunakan pendekatan rumus tekanan Hidrostatik zat cair dalam ilmu Fisika.

$Ph : \rho \times g \times h$
Ph : Tekanan Hidrostatik (N/m^2)
 ρ : Massa jenis (kg/m^3) (air laut)
 : 1025 kg/m^3
g : Percepatan Gravitasi
 : 9.8 m/s^2
h : Kedalaman permukaan (m)
 : 13,3 m

$$\begin{aligned}
 Ph &= 1025 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 13,3 \text{ m} \\
 &= 133.598,5 \text{ N/m}^2 \text{ (Pascal)}
 \end{aligned}$$

Jadi beban maksimal yang diterima struktur adalah sebesar $133.598,5 \text{ N/m}^2$

4.4. Tekanan Muatan

4.4.1. Tekanan Muatan 1

Kondisi Muatan 1

$$\begin{aligned}
 M &= \text{massa muatan} \\
 &= 20.000 \text{ ton} \\
 &= 20.000.000 \text{ kg} \\
 G &= \text{percepatan gravitasi} \\
 &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 A &= \text{luas penampang cargo section} \\
 &= 1881,13 \text{ m}^2 \\
 F &= m \times g \\
 &= 20.000.000 \times 9,8 \\
 &= 196.000.000 \text{ N} \\
 P &= F / A \\
 &= 196.000.000 / 1881,13 \\
 &= 104.192,69 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

4.4.2. Tekanan Muatan 2

Kondisi Muatan 2

$$\begin{aligned}
 M &= \text{massa muatan} \\
 &= 25.000 \text{ ton} \\
 &= 25.000.000 \text{ kg} \\
 G &= \text{percepatan gravitasi} \\
 &= 9.8 \text{ m/s}^2 \\
 A &= \text{luas penampang cargo section} \\
 &= 1881,13 \text{ m}^2 \\
 F &= m \times g \\
 &= 25.000.000 \times 9,8 \\
 &= 245.000.000 \\
 P &= F / A \\
 &= 245.000.000 / 1881,13 \\
 &= 130.240,87 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

4.4.3. Tekanan Muatan 3

Kondisi Muatan 3

$$\begin{aligned}
 M &= \text{massa muatan 3} \\
 &= 30.000 \text{ ton} \\
 &= 30.000.000 \text{ kg} \\
 G &= \text{percepatan gravitasi} \\
 &= 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 A &= \text{luas penampang cargo section} \\
 &= 1881,3 \text{ m}^2 \\
 F &= m \times g \\
 &= 30.000.000 \times 9,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 294.000.000 \text{ N} \\
 P &= F / A \\
 &= 294.000.000 / 1881,13 \\
 &= 156.289,039 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

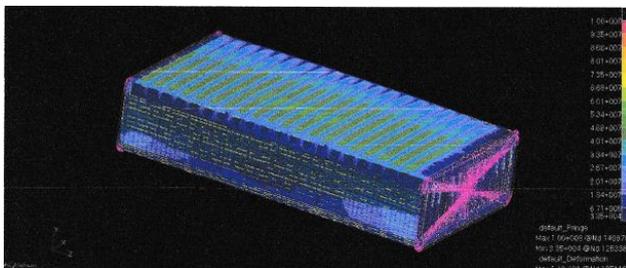
4.5. Analisa Kekuatan

Tahap ini dilakukan untuk menghitung nilai *stress* tertinggi pada material pada saat pembebanan dilakukan. Dengan dasar rumus :

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{satuan luas}}$$

Besarnya tegangan maximum yang diterima struktur baik pelat maupun Beam (penegar) dalam berbagai variasi kondisi pembebanan adalah sebagai berikut:

4.5.1. Kondisi Muatan 1



Gambar 3. Hasil *running* tegangan maksimal pada struktur lambung muatan 20.000 ton

Pada kondisi kapal membawa muatan 20.000 ton, tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar 100 N/mm² pada node @1408797 dan nilai deformasi maksimal sebesar 11.9 cm terjadi pada node @125126. Tegangan maksimal terjadi penegar/bracket pada main deck kapal.

4.5.2. Kondisi Muatan 2

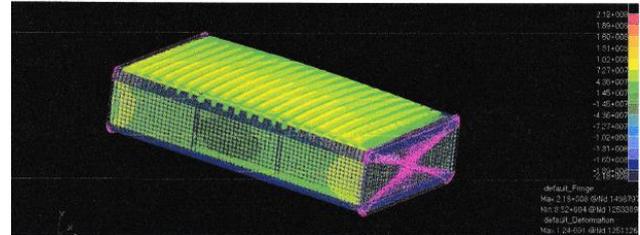


Gambar 4. Hasil *running* tegangan maksimal pada struktur lambung muatan 25.000 ton

Pada kondisi kapal membawa muatan 25.000 ton, tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar 128

N/mm² pada node @1408797 dan nilai deformasi maksimal sebesar 11.9 cm terjadi pada node @1445654. Tegangan maksimal terjadi penegar/bracket pada main deck kapal.

4.5.3. Kondisi Muatan 3



Gambar 5. Hasil *running* tegangan maksimal pada struktur lambung muatan 30.000 ton

Pada kondisi kapal membawa muatan 30.000 ton, tegangan maksimal yang terjadi adalah sebesar 218 N/mm² pada node @1408797 dan nilai deformasi maksimal sebesar 12,4 cm terjadi pada node @1251126. Tegangan maksimal terjadi penegar/bracket pada main deck kapal.

4.5 Hasil Analisa Linear Statis

Setelah dilakukan analisa linear statis pada kondisi *maximum semi-submerged draught* dengan beban hidrostatis

Tabel 1 Rekap Hasil Analisa

Kondisi	Design Stress [N/mm ²]	Tegangan Ijin
		Rules [N/mm ²]
Muatan 1	100	235
Muatan 2	128	235
Muatan 3	218	235

4.6 Safety Factor

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik dari beban luar, yaitu beban tekan maupun tarik[4].

Tabel 2. Perhitungan *Safety Factor* menurut tegangan ijin DNV

No	Kondisi	Design Stress [N/mm ²]	Tegangan Ijin Rules [N/mm ²]	Safety Factor	Status
1	Muatan 1	100	235	2,35	OK
2	Muatan 2	128	235	1,84	OK
3	Muatan 3	218	235	1,08	OK

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari permodelan konstruksi untuk kapal *Semi-Submersible Heavy lift Vessel* dengan menggunakan program Msc Patran dan Msc Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Prosedur yang harus dilakukan sebelum melakukan *Direct Strength Analysis* pada *semi-submersible heavy lift cargo* adalah, melakukan pemodelan pada *Parallel Middle Body* dengan bantuan Nastran Patran. Kemudian menetapkan *Boundary Conditions* berupa *Rigid Element*. Setelah itu memasukkan nilai *Body Force*. Untuk variasi pembebanan dengan memasukan *Loading Conditions*. Verifikasi hasil analisa dengan membandingkan hasil analisa terhadap kriteria DNV rules.
2. Dengan model struktur kapal *semi-submersible heavy lift vessel tipe heavy lift cargo*, dapat mengangkut muatan hingga sebesar 30.000 ton.

3. Untuk hull yang diberikan beban hidrostatis sebesar 133.598,5 Pa memiliki tegangan maksimum dan deformasi sebesar:

- a. Untuk beban muatan sebesar 20.000 ton, memiliki tegangan maksimum sebesar 100 N/mm² dan deformasi sebesar 11,9 cm.
- b. Untuk beban muatan sebesar 25.000 ton, memiliki tegangan maksimum sebesar 128 N/mm² dan deformasi sebesar 11,9 cm
- c. Untuk beban muatan sebesar 30.000 ton, memiliki tegangan maksimum sebesar 218 N/mm² dan deformasi sebesar 12,4 cm.
- d. Dari ketiga kondisi beban muatan, tegangan maksimal terjadi penegar/bracket pada main deck kapal.

Tegangan maksimal tersebut masih berada dibawah nilai tegangan ijin menurut ketentuan ABS yaitu sebesar 180 N/mm². Penelitian yang dilakukan terhadap Monohull dan MonoMaran yang diberikan beban hidrostatis dan hidrodinamik sesuai dengan distribusi beban yang ada dalam CSR, maka penulis menyimpulkan bahwa lambung Monomaran lebih baik daripada Monohull ini terbukti dari terjadinya tegangan maksimal yang didapat.

5.2 Saran

1. Pemodelan dengan menggunakan metode Elemen hingga sangat bergantung kepada jumlah elemen yang dipergunakan dan kesesuaian pemberian *constraint* dan *load* sesuai tempatnya pada suatu model. Sehingga untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih baik hendaknya pembuatan model dilakukan dengan pembagian *mesh* yang lebih banyak lagi, terutama pada daerah yang menjadi mengalami pemusatan tegangan. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
2. Perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim.Potensi Migas Indonesia. 20 Februari 2015.<http://maritimemagz.com/imdonesia-masih-kaya-migas-di-laut>
- [2] Wijaya,Gilank Helang.<http://gilankhelang.blogspot.co.id/2010/11/membangun-anjungan-lepas-pantai.html>.
- [3] Hoorn, Frank Van.*Heavy Lift Transport Ship-Overview Of Existing Fleet And Future Development*.Argonautics Marine Engineering,Inc.
- [4] Mohanasundaram,Prakash.2009.*Semi Submersible Heavy Lift Vessel: Structural Analysis Of A Heavy Lift Vessel*.University Of Stuttgart
- [5] Hyperworks.2012.*Practical Aspects Of Finite Element Simulation*.Altair
- [6] R.D.Cook,Jhon Wiley & Sons. 1995. *Finite Element Modeling For Stress Analysis*
- [7] Det Norske Veritas,*Part 5 Special Service And Type Additional Class: Chapter7:Offshore Service Vessels,Tugs,And Special Ships*.
- [8] Anonim.Metode Elemen Hingga.22 Maret 2015.<https://desainkapal.wordpress.com>.