

PERBANDINGAN PENGGUNAAN MATERIAL ISOTROPI DAN ORTHOTROPI PADA METODE ELEMEN HINGGA UNTUK ANALISA KEKUATAN KAPAL FIBERGLASS

Daniel Sahala Putra Panggabean¹, Ahmad Fauzan Zakki¹, Berlian Arswendo¹,

¹S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : daniell206@rocketmail.com

Abstrak

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dewasa ini banyak FEM software yang membantu dalam menganalisa kekuatan struktur suatu bahan, termasuk penggunaan materialnya, menggunakan isotropi atau orthotropi. Dengan menggunakan program bantu FEM software untuk analisa nantinya kita dapat mengetahui kekuatan struktur dari komposit dengan menggunakan material isotropi atau orthotropi, dengan demikian diharapkan dari analisa tersebut dapat diketahui detail dari material isotropi dan orthotropi. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa local stress yang terjadi pada struktur kedua metode penelitian tersebut dengan bantuan FEM software. Analisa yang digunakan adalah linier static analysis yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan kapal setelah mengalami kondisi pembebanan, karakteristik dan letak tegangan terbesar yang terjadi pada model analisa. Hasil perhitungan dengan bantuan program komputasi FEM software didapat data untuk beam stresses Maximum Combined, Isotropi didapatkan hasil max. $5,43 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, min. $1,95 \times 10^3 \text{ N/m}^2$, Orthotropi didapatkan hasil max. $6,45 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, min. $2,35 \times 10^3 \text{ N/m}^2$, dengan nilai deformasi Isotropi $1,04 \times 10^{-2} \text{ m}$ atau 6,86 mm, orthotropi $1,36 \times 10^{-2} \text{ m}$ atau 13,6 mm.

Kata kunci : Kapal Patroli BC.15040, Isotropi, Orthotropi, FEM Software, Linear static analysis, Maximum Stresses, Deformasi.

1. PENDAHULUAN

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi.

Dewasa ini Material Komposit banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan dalam dunia maritim, contohnya dalam penggunaan kapal Fiberglass yang juga menguntungkan dalam segi ekonomi, karena pada dasarnya

bahan dari material komposit ini sangat mudah didapatkan dan murah. Selain itu juga material memiliki kekuatan struktur yang sangat baik, dalam hal ini penulis akan mengangkat judul Tugas Akhir menyangkut tentang analisa kekuatan struktur pada lambung kapal Fiberglass.

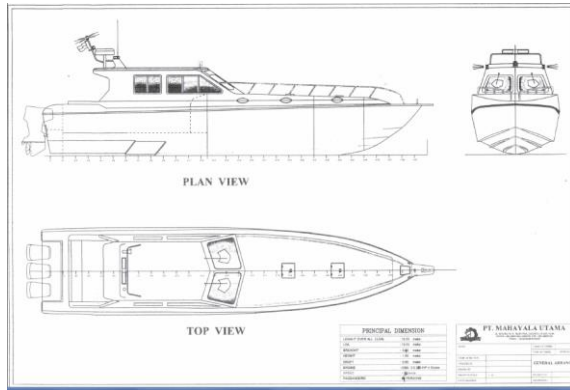
Dengan berkembangnya teknologi, perhitungan Analisa struktur kekuatan dapat dilakukan dengan menggunakan FEM software diantaranya MSC Patran, Nastran, Ansys, MSC/DYTRAN. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa tubrukan kapal menggunakan PATRAN Serta Perhitungan analisis nya menggunakan NASTRAN

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Utama Kapal

Nama Kapal	: Kapal BC. 15040
Type	: Patroli Boat
Length (Loa)	: 15.00 meter
Length (Lwl)	: 13.00 meter
Breadth (B)	: 3.50 meter

Depth (D)	: 1.80	meter
Draft (T)	: 0.60	meter
Max Speed	: 50	knot
ABK Kapal	: 9	
Mesin Penggerak	: 3 x 300	HP



Gambar 2.1 kapal Fiberglass

2.2. Material Komposit

Material komposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuknya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010).

Penjelasan lain tentang komposit juga diutarakan oleh Van Rijswijk, M.Sc, dkk (2001), dalam bukunya *Natural Fibre Composites*, komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik.

Ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya
2. Susunan struktural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting

yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.

3. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda.

Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu matrik (bahan pengikat) dan filler (bahan pengisi). Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Gibson (1984) mengatakan bahwa matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit

2.3 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah perbandingan antara beban proporsional yang diberikan terhadap luas penampang, atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Keterangan:

σ = Tegangan

F = Beban Proporsional

A = Luas Penampang mula mula (mm^2)

Tegangan (σ) dinyatakan dalam satuan kN/m^2 , Mpa, kgf/mm^2 .

2.4 Regangan

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang mula-mula. Regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm atau in/in .

$$e = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan:

e = Regangan

L_u = Panjang setelah patah

L_0 = Panjang mula-mula

Jika panjang uji patah tidak ditengah-tengah antara dua titik dan jarak patahnya kurang dari sepertiga panjang terhadap salah satu titik maka penentuan tegangan adalah sebagai berikut:

$$a. e = \frac{AB + 2BC - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$b. e = \frac{AB+BC'+2BC''-L_0}{L_0} \times 100\%$$

Regangan juga dapat dipengaruhi oleh luas penampang bahan material, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$e = \frac{(A_o - A_u)}{A_o} \times 100\%$$

Keterangan:

- e = Regangan
 Au = Luas penampang benda setelah mengalami pengujian (m, mm)
 Ao = Luas penampang benda saat keadaan awal (m,mm)

2.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan suatu bahan. Makin besar modulus, makin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar modulus elastis, kekakuan suatu material juga akan semakin besar. Dalam hukum Hooke dinyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, perbandingan ini disebut modulus elastisitas atau modulus young.

$$E = \frac{\sigma}{e}$$

Keterangan:

E = Modulus Elastisitas

σ = Tegangan

e = Regangan

(Popov E.P,1996)

Modulus elastisitas merupakan nilai rancangan yang penting dan digunakan bagi ahli teknik jika ingin merencanakan konstruksi. Hal ini disebabkan karena modulus elastisitas diperlukan untuk menghitung lenturan batang dan anggota struktur yang lain.

2.6 Hubungan Tegangan - Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan boleh dikatakan bentuk linier untuk semua bahan. Hal ini menuju kepada idealisasi dan penyamarataan yang berlaku untuk semua bahan, yang dikenal dengan hukum *Hooke*. Hukum *Hooke* dinyatakan dengan persamaan.

$$\sigma = E \times \varepsilon \quad \text{atau} \quad E = \sigma / \varepsilon$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana tetapan perbandingan adalah *E*. Tetapan *E* ini disebut dengan modulus

elastisitas atau *modulus Young*. Nilai modulus elastis merupakan suatu sifat yang pasti dari suatu bahan.

$$\text{Tegangan} = \sigma = \frac{F}{A}$$

$$\text{Regangan} = \varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}$$

Dimana:

σ = tegangan, intensitas gaya yang tegak lurus dengan bidang potongan (N/mm^2).

F = gaya yang bekerja tegak lurus terhadap pelat.

A = luas penampang melintang specimen tarik (m^2); harga ini diasumsikan konstan selama uji dilakukan: pengurangan penampang diabaikan.

ε = regangan, perpanjangan-perpanjangan persatuan panjang (m/m).

ΔL_0 = perpanjangan atau perubahan panjang antar dua titik acuan pada specimen tarik (m).

L_0 = panjang semula diantara dua titik acuan (Dapat berupa tanda berlubang) pada specimen tarik sebelum dibebani (m).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses penelitian ini dibutuhkan data - data dari objek yang dianalisa. Adapun proses pengambilan data terbagi menjadi beberapa tahap antara lain:

3.1. Studi Literatur

- Mempelajari mengenai material komposit, sifat, struktur, jenis material yang digunakan dalam perhitungan analisa.
- Metode pengumpulan data yang diperoleh dari buku-buku, majalah, artikel, jurnal dan melalui internet.
- Dasar-dasar teori Mekanika Teknik, Teori Metode Elemen Hingga, ASME (*Rules and Regulation*)
- Dosen yang menguasai permasalahan yang ada di dalam pembuatan tugas akhir.

3.2. Pengolahan Data

Data yang didapat merupakan data yang didapatkan dari data kapal yang ada. Tahapan Pengolahan Data tersebut meliputi:

- Pemodelan kapal berupa *Fiberglass* menggunakan *FEM software* antara lain *MSC Patran, Ansys, Dll.*
- Running analisa menggunakan *Software Nastran.*
- Modifikasi tata letak dan rencana umum kapal menggunakan *software AutoCAD.*

3.3. Pembuatan Desain Model

Dari data awal yang telah diambil, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program *FEM Software* Pembuatan model dilakukan dengan prosedur pemodelan *FEM Software* yaitu :

- Membuat geometri dari objek yang akan dianalisa.
Proses ini bisa dilakukan dengan *FEM Software.*
- Membuat model elemen hingga.
Pembuatan model elemen hingga adalah pembuatan jaring-jaring elemen yang saling terhubung oleh nodal. Hubungan antara elemen harus benar-benar terhubung pada satu node. Apabila ada satu atau sekumpulan elemen yang tidak terhubung satu sama lain maka tidak dapat dilakukan analisa.
- Pengecekan model dengan *Check Model* dimaksudkan untuk menjamin bahwa element sudah terkoneksi secara benar. Hal ini dilakukan sebagai tahap awal sebelum kita melakukan analysis. Pengecekan model menggunakan aplikasi *FEM Software* dengan *command* Normal Mode. Kita bisa mengetahui model kita sudah siap dirunning/dilakukan analisa. elemen yang harus sudah terkoneksi antara lain :
 - Pendefinisian material
 - Pendefinisian jenis elemen
 - Pemberian tumpuan atau beban (*Boundary Conditions*).

3.4. Analisa Model

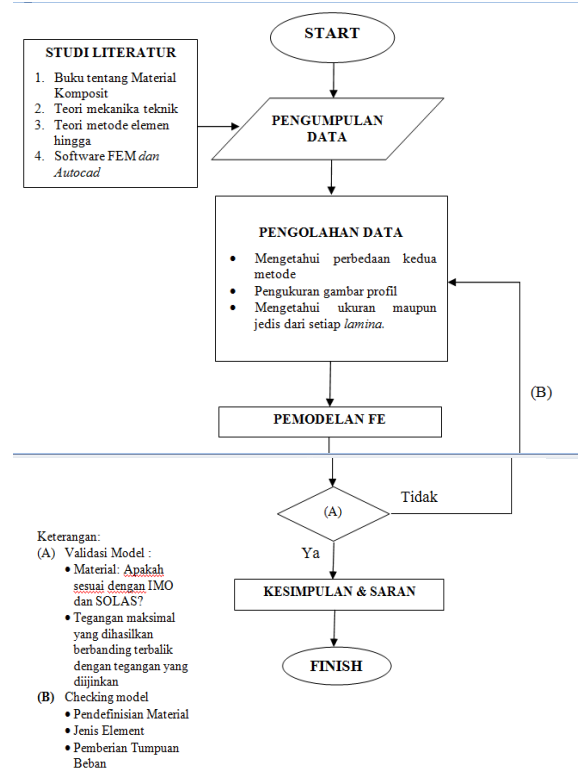
Sebelumnya model dibuat dengan menggunakan program komputasi *FEM Software.* Dari output *pre analysis FEM Software,* dengan menggunakan *FEM Software* dijalankan proses analysis melalui input file model yang dianalisis (**.bdf*). kemudian hasil yang nanti akan dibaca pada *post processing* adalah file **.op2.*

3.5. Penyajian Data Hasil Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, display hasil analisis, serta

parameter-parameter yang diperlukan seperti tegangan maksimum, regangan, deformasi dapat diperoleh dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokan agar mudah dalam penyusunan laporan.

3.6. Diagram Alir (Flow Chart)



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian

3.7. Validasi Model

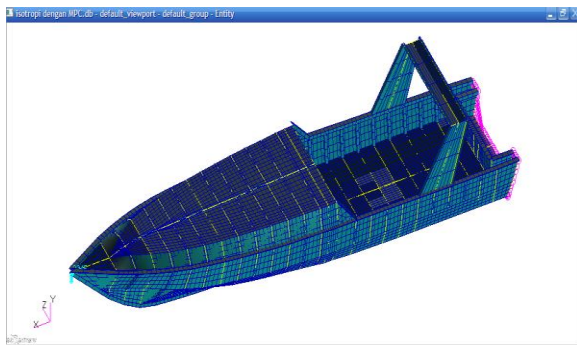
Validasi adalah tahapan untuk memperoleh gambaran apakah hasil analisa telah sesuai (*match*) dengan sistem yang diwakilinya (*representativeness*).

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan dan Analisa Data

4.1.1. Pemodelan Struktur

Pemodelan dan visualisasi kapal digambarkan dengan menggunakan program *MSC. Nasran-Patran* menjadi elemen 1D dalam bentuk beam dan 2D untuk hull dengan ukuran sesuai data utama, struktur konstruksi kapal terdiri dari beam dan hull.



Gambar 4.1 Model pada FEM software

1. Geometri Model

Untuk sistem/sumbu koordinat X,Y,Z (Co-ordinat system) pada pemodelan ini adalah :

X-axis : Transverse, positive direction points to Port

Y-axis : Vertical, positive direction points Upwards

Z-axis : Longitudinal, positive direction points to FWD

Sistem matrik unit pada pemodelan ini, semua satuan dimensi dalam meter (m) dan satuan kekuatan kedalam Newton (N)

2. Penentuan Materials dan Properti Elemen Material

Untuk pendefinisian material dalam pemodelan elemen hingga dari konstruksi Kapal Patroli ini digunakan material Fiberglass dengan properties sebagai berikut :

Metode : Material *Isotropi*

Modulus Young : 7 Gpa
= 7×10^9 N/m²

Density : 1,3 gr/cm³
= 1300 kg/m³

Poisson ratio : 0.22

Metode : Material *Orthotropi*

Material serat WR (Woven Roving)

Modulus Young 11 : 7 Gpa
= 7×10^9 N/m²

Modulus Young 22 : 3 Gpa
= 3×10^9 N/m²

Density : 1,3 gr/cm³
= 1300 kg/m³

Poisson ratio : 0.22

Thermal Expan 11 : 7 Gpa
= 7×10^9 N/m²

Thermal Expan 22 : 3 Gpa
= 3×10^9 N/m²

Material serat CSM (Chopped Strand Mat)

Modulus Young 11 : 7 Gpa
= 7×10^9 N/m²

Modulus Young 22 : 3 Gpa
= 3×10^9 N/m²

Density : 1,3 gr/cm³
= 1300 kg/m³

Poisson ratio : 0.22

Thermal Expan 11 : 7 Gpa
= 7×10^9 N/m²

Thermal Expan 22 : 3 Gpa
= 3×10^9 N/m²

4.1.2. Boundary Conditions (Kondisi Batas)

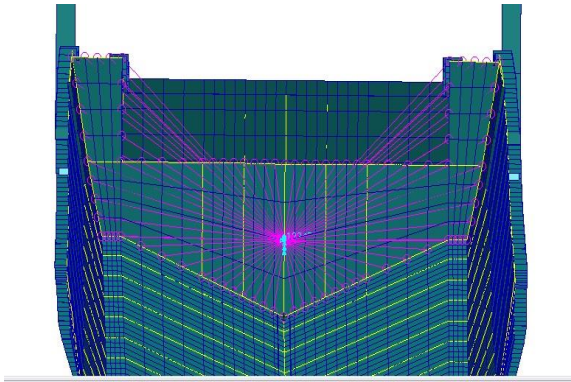
Untuk analisa linear statis, salah satu tahap yang harus dilakukan adalah menetapkan *Boundary Conditions*. *Boundary Conditions* atau yang biasa disebut kondisi batas dalam Metode Elemen Hingga merupakan tahap akhir dari suatu proses pemodelan elemen hingga, yaitu penentuan tumpuan sebelum model di analisa. Jadi *Boundary Conditions* dapat diartikan juga sebagai kondisi jepit yang fungsinya menjaga agar tiap-tiap ujung benda tetap kaku (*rigid*), tidak bergerak-gerak saat analisa dilakukan.

Adapun *Boundary Conditions* untuk *Direct Strength Analysis* pada kapal *Fiberglass*, *Boundary Conditions* diterapkan pada ujung depan dan ujung belakang pada model elemen hingga, yang berfungsi sebagai titik tumpu 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. Hal ini dilakukan agar kombinasi beban-beban maupun hasil dari respon tegangan yang akan terjadi bisa di lakukan dengan maksimal.

Independent point bagian ujung depan dan ujung belakang telah ditentukan seperti pada gambar di bawah ini, yaitu untuk bagian depan pada node Node 3171 dan bagian belakang pada node 27292

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 >
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, 0, >



Gambar 4.2 *boundary conditions* pada model

4.2. Variasi Pembebanan

4.2.1 Beban Air laut

Pada analisa ini beban yang diterima badan kapal dari bawah, yaitu beban yang diterima dari tekanan air laut.

Perhitungan tekanan zat hidrostatik cair tersebut menggunakan pendekatan fisika adalah sebagai berikut :

$$Ph : P \times g \times h$$

Dimana : Ph = Tekanan Hidrostatik (N/m²)

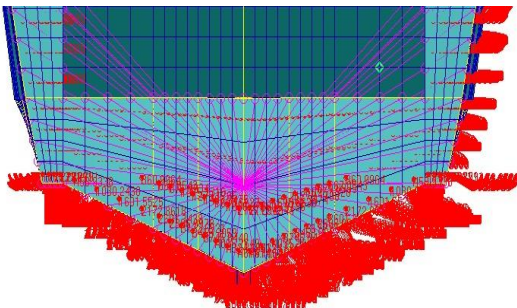
P = Massa Jenis (kg/m³)(air laut)

G = percepatan Gravitasi = 9,8 m/s

H = kedalaman permukaan (m) = 0,6 m

$$Ph = 1025 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s} \times 0,6 \text{ m} \\ = 6027 \text{ N/m}^2 \text{ (pascal)} \\ = 6,027 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

Jadi beban maksimal yang diterima struktur adalah sebesar 6,027 x 10³ N/m². penyebarannya dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini :



Gambar 4.3 Pembebanan dari pressure air laut beserta besarnya pressure

4.3 Hasil Analisa

4.3.1 Proses *Running Analysis*

Proses ini dilakukan untuk menjalankan analisa yang akan dilakukan oleh program MSC Nasran-Patran yang berupa file *bdf* (*bulk data file*) sehingga didapatkan data hasil analisa kekuatan system helideck untuk semua parameter yang diinginkan dalam analisa linear statis

4.3.2 Beam Stresses pada Kapal Fiberglass

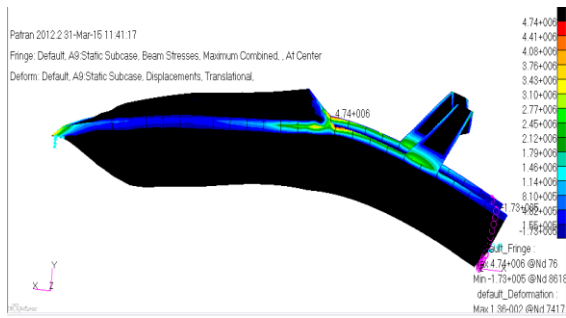
Hasil tegangan yang didapat dari running analysis terdiri dari 2 macam hasil, yaitu : maximum stress combined dan Minimum stress Combined. Kedua hasil analisa tersebut menyatakan besarnya tegangan yang terjadi pada elemen yang telah dimodelkan. Maximum combined menyatakan besarnya tegangan yang dihasilkan akibat beban tarik aksial yang menghasilkan tegangan tarik sebuah balok, sedangkan minimum adalah tegangan akibat beban tekan sehingga didapat besarnya tegangan tekan pada elemen balok yang di modelkan.

Hasil untuk skenario beban merata pada struktur kapal didapat output result yang dapat dilihat dari tabel berikut :

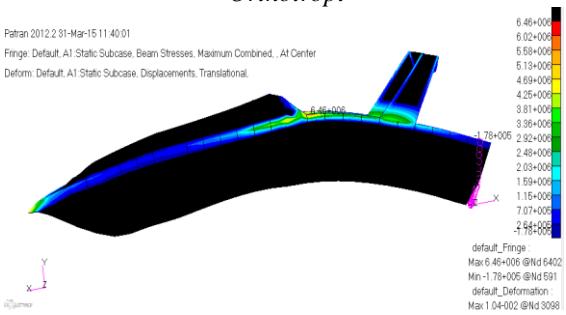
Tabel 4.1 *Beam Stresses*

Jenis	Pressure (N/m ²)	Beam stresses Maximum Combined (N/m ²)		Deformation (m)
		Max.	Min.	
Isotropi	6,027 x 10 ³	6,46 x 10 ⁶	-1,78 x 10 ⁵	1,04 x 10 ⁻²
Orthotropi	6,027 x 10 ³	4,74 x 10 ⁶	-1,73 x 10 ⁵	1,36 x 10 ⁻²

Dari data diatas terlihat nilai beam stresses pada penegar yang merupakan elemen pendukung sistem konstruksi kapal fiberglass, hasil tersebut didapatkan dari running analysis program bantu komputasi *FEM software*, seperti gambar 4.4 dan 4.5 berikut:



Gambar 4.4 *Beam Stresses* pada material *Orthotropi*



Gambar 4.5 *Beam Stresses* pada material isotropi

4.3.3 Tegangan Von Misses pada Kapal Fiberglass

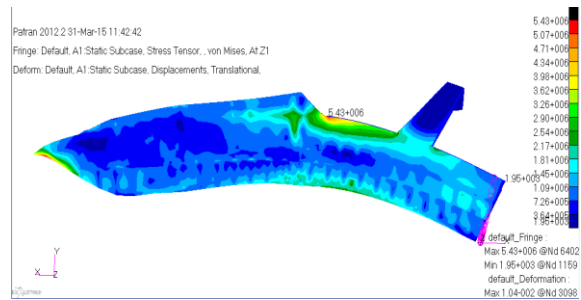
Tegangan Von Misses merupakan tegangan yang digunakan untuk menghitung kriteria kegagalan dari kekuatan material pada suatu sistem konstruksi. Nilai tegangan *Von misses* didapatkan dari nilai perhitungan *stress tensor*, dalam hal ini ditunjukkan pada nilai perhitungan komputasi program bantu *FEM software*.

4.3.3.1 Tegangan Von Misses pada Material Isotropi

Tabel 4.2 hasil tegangan von misses konstruksi kapal fiberglass pada material isotropi

Jenis	Pressure (N/m ²)	Von Misses (N/m ²)		Deformation (m)
		Max.	Min.	
Isotropi	6,027 x 10 ³	5,43x 10 ⁶	1,95 x 10 ³	1,04 x 10 ⁻²

Dari data diatas terlihat nilai von misses pada konstruksi kapal fiberglass, hasil tersebut didapatkan dari running analisis program bantu komputasi FEM software, seperti gambar 4.6 berikut:

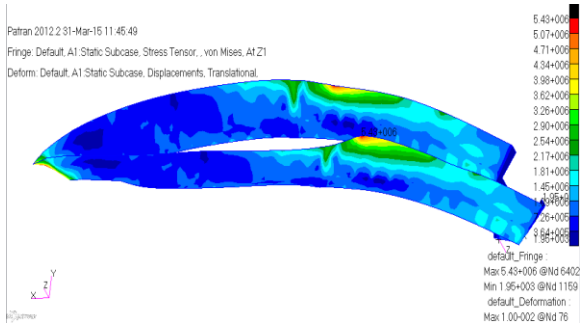


Gambar 4.6 hasil *Von misses* material isotropipada *FEM software*

Tabel 4.3 hasil tegangan von misses tiap konstruksi kapal fiberglass pada material isotropi

Jenis	Von Misses (N/m ²)		Deformation (m)
	Max.	Min.	
Keel Plate	2,85 x 10 ⁶	1,24 x 10 ⁵	1,03 x 10 ⁻²
Bottom Plate	3,34 x 10 ⁶	3,75 x 10 ⁵	1,04 x 10 ⁻²
Side Plate	5,43 x 10 ⁶	1,95 x 10 ³	1,00 x 10 ⁻²
Weather Deck	1,38 x 10 ⁶	8,75 x 10 ⁴	9,47 x 10 ⁻³
Accomodation Deck	2,04 x 10 ⁶	2,39 x 10 ⁴	9,79 x 10 ⁻³
Plate of front superstruktur	3,62 x 10 ⁶	6,11 x 10 ⁵	4,23 x 10 ⁻³
Plate of side superstruktur	4,12 x 10 ⁶	1,27 x 10 ⁵	9,98 x 10 ⁻³
Plate of top superstruktur	1,35 x 10 ⁶	6,09 x 10 ⁴	9,44 x 10 ⁻³
Bulkhead Plate	2,17 x 10 ⁶	2,31 x 10 ⁴	9,47 x 10 ⁻³
Collusion Bulkhead	1,45 x 10 ⁶	1,58 x 10 ⁵	3,56 x 10 ⁻³

Dari data diatas terlihat nilai *von misses* pada konstruksi kapal fiberglass, tegangan dapat dilihat pada contoh gambar konstruksi side plate 4.7 berikut



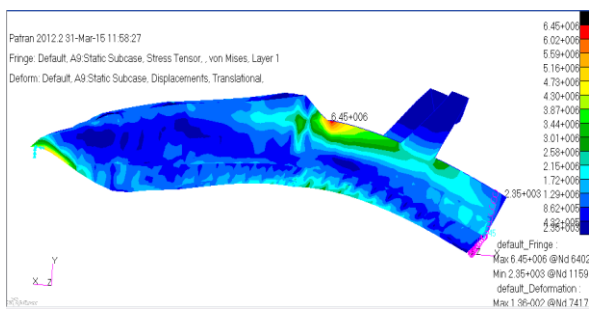
Gambar 4.7 contoh hasil *Von misses* konstruksi side plate pada *FEM software*

4.3.3.2 Tegangan *Von Misses* pada Material *Orthotropi*

Tabel 4.4 hasil tegangan *von misses* fiberglass pada material *orthotropi*

Jenis	Pressure (N/m ²)	Von Misses (N/m ²)		Deformation (m)
		Max.	Min.	
Orthotropi	6,027 x 10 ³	6,45 x 10 ⁶	2,35 x 10 ³	1,36 x 10 ⁻²

Dari data diatas terlihat nilai *von misses* pada konstruksi kapal fiberglass, hasil tersebut didapatkan dari *running analisis* program bantu komputasi *FEM software*, seperti gambar berikut:

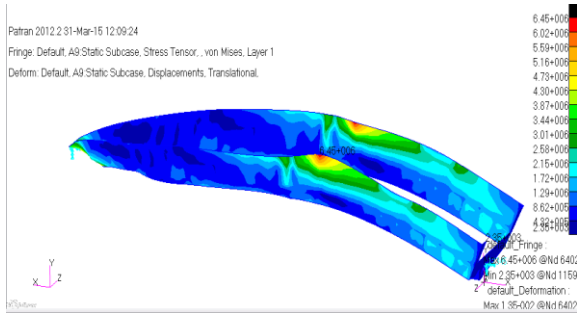


Gambar 4.8 contoh hasil *Von misses* material orthotropi pada *FEM software*

Tabel 4.5 hasil tegangan *von misses* tiap konstruksi kapal fiberglass pada material *orthotropi*

Jenis	Von Misses (N/m ²)		Deformation (m)
	Max.	Min.	
Keel Plate	2,73 x 10 ⁶ Layer 1	2,39 x 10 ⁶ Layer 4	1,36 x 10 ⁻²
Bottom Plate	4,27 x 10 ⁶ Layer 1	2,36 x 10 ⁶ Layer 8	1,36 x 10 ⁻²
Side Plate	6,45 x 10 ⁶ Layer 1	4,27 x 10 ⁶ Layer 8	1,36 x 10 ⁻²
Weather Deck	1,48 x 10 ⁶ Layer 1	1,19 x 10 ⁶ Layer 4	1,36 x 10 ⁻²
Accomodation Deck	1,95 x 10 ⁶ Layer 6	1,83 x 10 ⁶ Layer 5	1,36 x 10 ⁻²
Plate of front superstruktur	3,65 x 10 ⁶ Layer 1	2,54 x 10 ⁶ Layer 7	1,36 x 10 ⁻²
Plate of side superstruktur	5,47 x 10 ⁶ Layer 1	3,42 x 10 ⁶ Layer 6	1,36 x 10 ⁻²
Plate of top superstruktur	1,54 x 10 ⁶ Layer 7	1,36 x 10 ⁶ Layer 2	1,36 x 10 ⁻²
Bulkhead Plate	2,20 x 10 ⁶ Layer 1	1,77 x 10 ⁶ Layer 5	1,36 x 10 ⁻²
Collusion Bulkhead	2,27 x 10 ⁶ Layer 1	1,95 x 10 ⁶ Layer 5	1,36 x 10 ⁻²

Dari data diatas terlihat nilai *von misses* pada konstruksi kapal fiberglass, hasil tersebut didapatkan dari *running analisis* program bantu komputasi *FEM software*, seperti contoh gambar side plate pada material orthotropic 4.9 berikut:



Gambar 4.9 contoh hasil *Von mises* konstruksi side plate pada *FEM software*

Untuk skenario pembebanan ini nilai tegangan *von mises* maximum yang terjadi pada konstruksi kapal fiberglass dibandingkan dengan ijin rules ASME dijelaskan pada tabel berikut :

- Material *Isotropi*

Tabel 4.6 kriteria dan hasil tegangan *von mises* konstruksi kapal fiberglass pada material *isotropi*

Jenis	Stress Tensor (Mpa)	Design Stress (Mpa)	Ket
Keel Plate	2,85	6,89	Aman
Bottom Plate	3,34	6,89	Aman
Side Plate	5,43	6,89	Aman
Weather Deck	1,38	6,89	Aman
Accomodation Deck	2,04	6,89	Aman
Plate of front superstruktur	3,62	6,89	Aman
Plate of side superstruktur	4,12	6,89	Aman
Plate of top superstruktur	1,35	6,89	Aman
Bulkhead Plate	2,17	6,89	Aman
Collusion Bulkhead	1,45	6,89	Aman
Frame	2,85	6,89	Aman
Keel Plate	2,85	6,89	Aman
Bottom Plate	3,34	6,89	Aman

Side Plate	5,43	6,89	Aman
Weather Deck	1,38	6,89	Aman
Accomodation Deck	2,04	6,89	Aman

- Material *Orthotropi*

Tabel 4.7 kriteria dan hasil tegangan *von mises* konstruksi kapal fiberglass pada material *Orthotropi*

Jenis	Stress Tensor (Mpa)	Design Stress (Mpa)	Ket
Keel Plate	2,73 Layer 1	6,89	Aman
Bottom Plate	4,27 Layer 1	6,89	Aman
Side Plate	6,45 Layer 1	6,89	Aman
Weather Deck	1,48 Layer 1	6,89	Aman
Accomodation Deck	1,95 Layer 6	6,89	Aman
Plate of front superstruktur	3,65 Layer 1	6,89	Aman
Plate of side superstruktur	5,47 Layer 1	6,89	Aman
Plate of top superstruktur	1,54 Layer 7	6,89	Aman
Bulkhead Plate	2,20 Layer 1	6,89	Aman
Collusion Bulkhead	2,27 Layer 1	6,89	Aman
Frame	2,41 Layer 2	6,89	Aman
Keel Plate	2,73 Layer 1	6,89	Aman
Bottom Plate	4,27 Layer 1	6,89	Aman
Side Plate	6,45 Layer 1	6,89	Aman
Weather Deck	1,48 Layer 1	6,89	Aman
Accomodation Deck	1,95 Layer 6	6,89	Aman

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa kekuatan konstruksi kapal fiberglass menggunakan program numerik *FEM Software* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Karakteristik nilai tegangan yang terjadi untuk Beam stresses, Maximum combined adalah

Material Isotropi :

max. $6,46 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada node 6402
min. $-1,78 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ pada node 591

Material orthotropi:

max. $4,74 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada node 76
min. $-1,73 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ pada node 8618

- 2) Nilai tegangan umum secara keseluruhan kapal *Von Misess* pada pembebanan konstruksi fiberglass untuk *Stress Tensor*, V.mises sebesar:

Material Isotropi

max. $5,43 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada node 6402
min. $1,95 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ pada node 1159

Material Orthotropi

max. $6,45 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada node 6402
min. $2,35 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ pada node 1159

- 3) Sedangkan nilai maximum deformasi/lendutan yang terjadi pada kapal fiberglass metode produksinya berbeda sebesar.

Material isotropi $1,04 \times 10^{-2} \text{ m}$
atau 10,4 mm.

Material Orthotropi $1,35 \times 10^{-2} \text{ m}$
atau 13,5 mm.

- 4) Dari hasil analisa didapat metode *orthotropi* metode yang tepat untuk analisa kekuatan dari kapal fiberglass, hal ini dikarenakan hasil yang lebih detail dan rinci, dapat diketahui kekuatan dari setiap layer atau lamina pada material komposit. Dan didapatkan nilai stress yang lebih tinggi, dengan demikian dapat di tentukan bahan yang lebih tepat.

5.2 Saran

- 1) 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 kesabaran yang tinggi dalam menghadapi berbagai masalah dalam proses simulasi dan analisa.
- 3) Pastikan Pemodelan material *isotropi* dan *orthotropi* sama Persis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tambunan, Sahrudin 2005, "Modul Training Patran / Nastran", Departemen Pengembangan Sistem dan Metoda, PT. Dirgantara Indonesia, Bandung.
- [2] Handayanu. 2010. "Metode Elemen Hingga", ITS, Surabaya
- [3] Ma'ruf, B. 2010. *Modernisasi dan Standarisasi Teknologi Pembangunan Kapal Berbahan Fiberglass*, Laporan Penelitian. BBPPT. Jakarta.
- [4] Hastoro, K.2013."Studi Perbandingan Kekuatan Struktur Kapal Fiberglass yang Diproduksi Menggunakan Metode Hand Lay Up Dan Metode Vacum Infusion".Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [5] Schmit, K.1998." FIBERGLASS REINFORCED PLASTIC (FRP) PIPING SYSTEMS DESIGNING PROCESS / FACILITIES PIPING SYSTEMS WITH FRP A COMPARISON TO TRADITIONAL METALLIC ATERIALS". Project Engineer Specialty Plastics, Inc. Baton Rouge, LA
- [6] <http://www.forumsains.com/artikel/29/?print> Teknologi Material Komposit Diakses Tanggal 26 Agustus 2014 17.55
- [7] <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12702-Chapterq.pdf> Diakses pada tanggal 1 September 2014
- [8] <http://en.allexperts.com/q/Composite-Materials-2430/2008/12/fiberglass-properties.htm>
Diakses pada tanggal 28 januari 2015
- [9]http://www.grantadesign.com/education/InDepth/html/indepth/sectioninfo/sectiondata_origin.htm#ref6 ,
Diakses pada tanggal 28 januari 2015