



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PERBANDINGAN TEGANGAN DAN DEFLEKSI PADA
KONSTRUKSI STANDAR DAN SILANG PADA KAPAL LAMBUNG
LURUS (*FLAT HULL SHIP*)**

SKRIPSI

**YAHYA JANUARILHAM
0405080262**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PERBANDINGAN TEGANGAN DAN DEFLEKSI
PADA KONSTRUKSI STANDAR DAN SILANG PADA KAPAL
LAMBUNG LURUS (*FLAT HULL SHIP*)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YAHYA JANUARILHAM
0405080262**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNIK PERKAPALAN
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Yahya Januarilham

NPM : 0405080262

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yahya Januarilham
NPM : 0405080262
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Tegangan dan Defleksi Pada
Konstruksi Standar dan Silang Pada Kapal Lambung
Lurus (*Flat Hull Ship*)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hadi Tresno Wibowo ()
Penguji : Dr. Ir. Sunaryo ()
Penguji : Ir. M.A.Talahatu, MT ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng., M.Sc. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Ir. Hadi Tresno Wibowo, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Marcus A.T, selaku dosen yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (4) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2009

Yahya Januarilham
NPM : 0405080262

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yahya Januarilham
NPM : 0405080262
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS PERBANDINGAN TEGANGAN DAN DEFLEKSI PADA
KONSTRUKSI STANDAR DAN SILANG PADA KAPAL LAMBUNG
LURUS (*FLAT HULL SHIP*)**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan

(Yahya Januarilham)

ABSTRAK

Nama : Yahya Januarilham
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Analisis Perbandingan Tegangan dan Defleksi Pada
Konstruksi Standar dan Silang Pada Kapal Lambung
Lurus (*Flat Hull Ship*)

Pembangunan suatu kapal memerlukan biaya yang cukup besar. Dari segi disain dan konstruksi harus dipilih yang paling efisien dalam hal kekuatan dan material untuk menekan biaya produksi. Melihat hal tersebut modifikasi disain dapat dijadikan alternatif dengan tetap memperhatikan kekuatan dan waktu pengerjaan. Tujuan skripsi ini adalah untuk membandingkan tegangan dan defleksi pada kapal lurus dengan konstruksi standar dan silang. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan mendisain kapal dengan konstruksi standar dan silang kemudian dihitung tegangan dan defleksi maksimal dengan simulasi *software* SAP2000. Setelah dianalisis ternyata tegangan pada konstruksi silang lebih kecil nilainya daripada konstruksi standar, tetapi memiliki defleksi rata-rata pada konstruksi silang yang lebih besar daripada konstruksi standar. Kapal lurus dengan konstruksi silang dapat dibangun dengan memiliki kekuatan dan distribusi tegangan yang lebih baik daripada konstruksi standar, tetapi memiliki defleksi yang signifikan. Untuk memiliki tegangan (*stress*) yang sama maka ketebalan pelat pada konstruksi silang dapat lebih tipis daripada konstruksi standar.

Kata kunci :
Defleksi, kapal, kekuatan, konstruksi, tegangan

ABSTRACT

Name : Yahya Januarilham
Study Program : Naval Architecture
Title : Comparison Analysis of Stress and Deflection of Standard Construction and Cross in Straight Hull Ship (Flat Hull Ship)

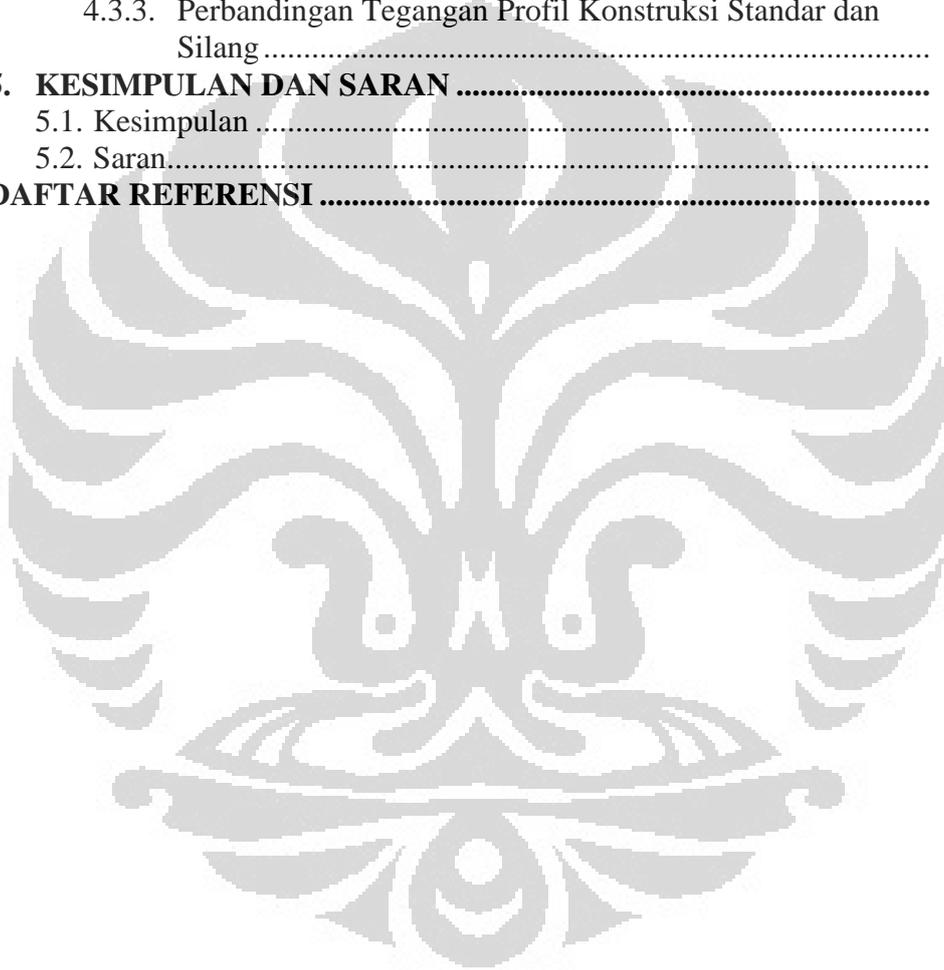
Ship building needs a lot of costs. Based on the design and construction view, in ship building sector, it needs to select the most efficient strength and material element to press on the production costs. From that view, design modification can become an alternative which is still focusing on the strength and working time. The purpose of this thesis is to compare the stress and deflection in flat hull ship with the standard and cross construction. The method of this research is by designing the ship with the standard and cross construction, then the maximum rate of its stress and deflection is calculated using simulation software SAP 2000. After it has been analyzed, the stress value on cross construction is lower than the standard construction, but it has a higher average deflection value than standard construction. Flat hull ship with cross construction can be built in a better strength than the standard construction. In order to have the same stress, the plate thickness on cross construction can be thicker than the standard construction.

Key words :
Deflection, Ship, Strength, Construction, Stress

DAFTAR ISI

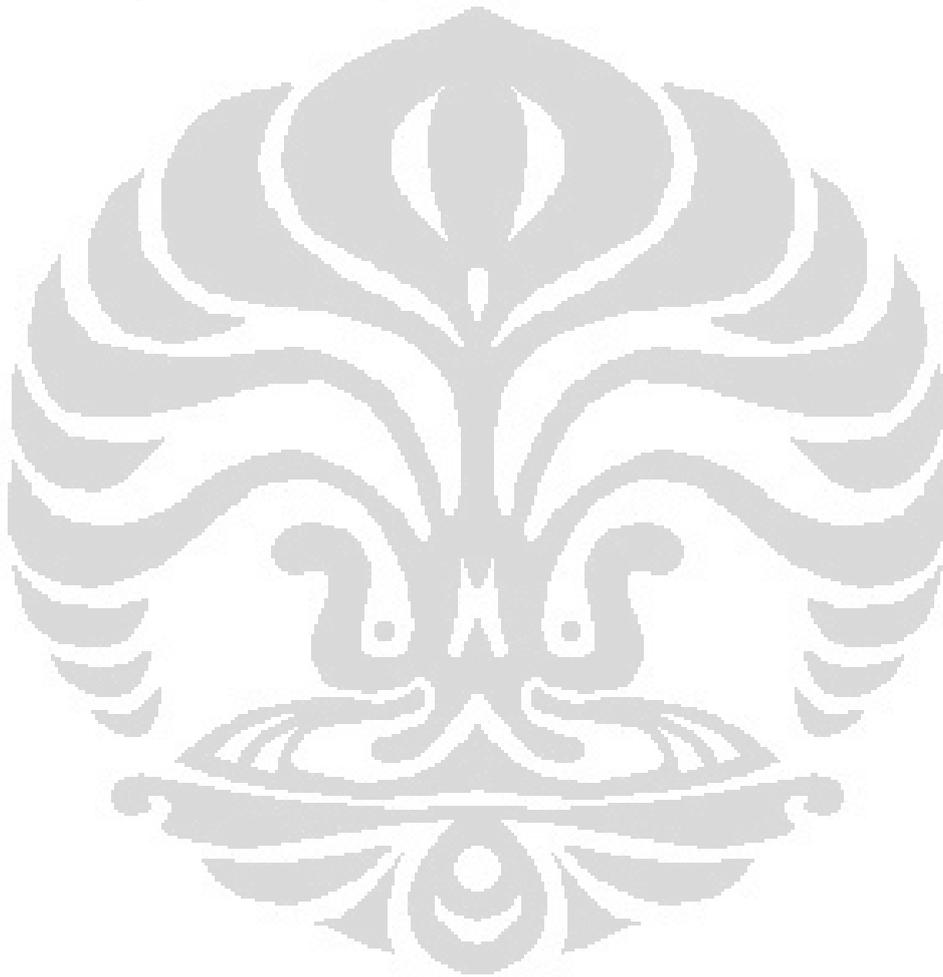
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Metodologi Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
2. DASAR TEORI	5
2.1. Prarancangan Kapal	5
2.1.1. Estimasi Tenaga Penggerak.....	6
2.1.2. Estimasi <i>Light Weight Tonnage</i> (LWT)	6
2.1.3. Estimasi <i>Dead Weight Tonnage</i> (DWT).....	6
2.1.3.1. <i>Consumables</i>	7
2.1.3.2. Kru.....	7
2.1.3.3. Barang Bawaan	8
2.1.3.4. Generator.....	8
2.1.4. Kurva Hidrostatik.....	8
2.2. Bidang Lurus Pada Aljabar Linier	10
2.3. Estimasi Beban yang Diderita Kapal	11
2.4. Metode Elemen Hingga (<i>Finite Element Method/FEM</i>).....	12
2.4.1. Aplikasi Penggunaan <i>Software</i> SAP 2000 V.12	14
2.5. Kekuatan Kapal.....	16
2.5.1. Kekuatan Memanjang.....	16
3. DISAIN KAPAL.....	22
3.1. Prarancangan Kapal	22
3.1.1. <i>Lines Plan</i> Kapal	22
3.1.2. <i>Shell Expansion</i>	29
3.1.3. Estimasi Sementara Tenaga Penggerak.....	35
3.1.4. Estimasi LWT (<i>Light Weight Tonnage</i>)	36
3.1.5. Estimasi DWT (<i>Dead Weight Tonnage</i>) dan <i>Payload</i>	38
3.2. Penentuan Pelat dan Profil	41
3.2.1. Spesifikasi Pelat.....	41
3.2.2. Penentuan Beban dan Ketebalan Pelat	42
4. ANALISIS DISAIN.....	48
4.1. Analisis Tegangan Pelat Pada Konstruksi Standar dan Silang	48
4.1.1. Tegangan Konstruksi Standar.....	54

4.1.2. Tegangan Konstruksi Silang.....	55
4.1.3. Perbandingan Tegangan Pelat Konstruksi Standar dan Silang	56
4.2. Analisis Defleksi Pelat Pada Konstruksi Standar dan Silang	58
4.2.1. Defleksi Konstruksi Standar.....	65
4.2.2. Defleksi Konstruksi Silang.....	65
4.2.3. Perbandingan Defleksi Pelat Konstruksi Standar dan Silang	65
4.3. Analisis Tegangan Profil Pada Konstruksi Standar dan Silang	66
4.3.1. Tegangan Profil Konstruksi Standar.....	67
4.3.2. Tegangan Profil Konstruksi Silang.....	69
4.3.3. Perbandingan Tegangan Profil Konstruksi Standar dan Silang	71
5. KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1. Kesimpulan	72
5.2. Saran.....	73
DAFTAR REFERENSI	74



DAFTAR TABEL

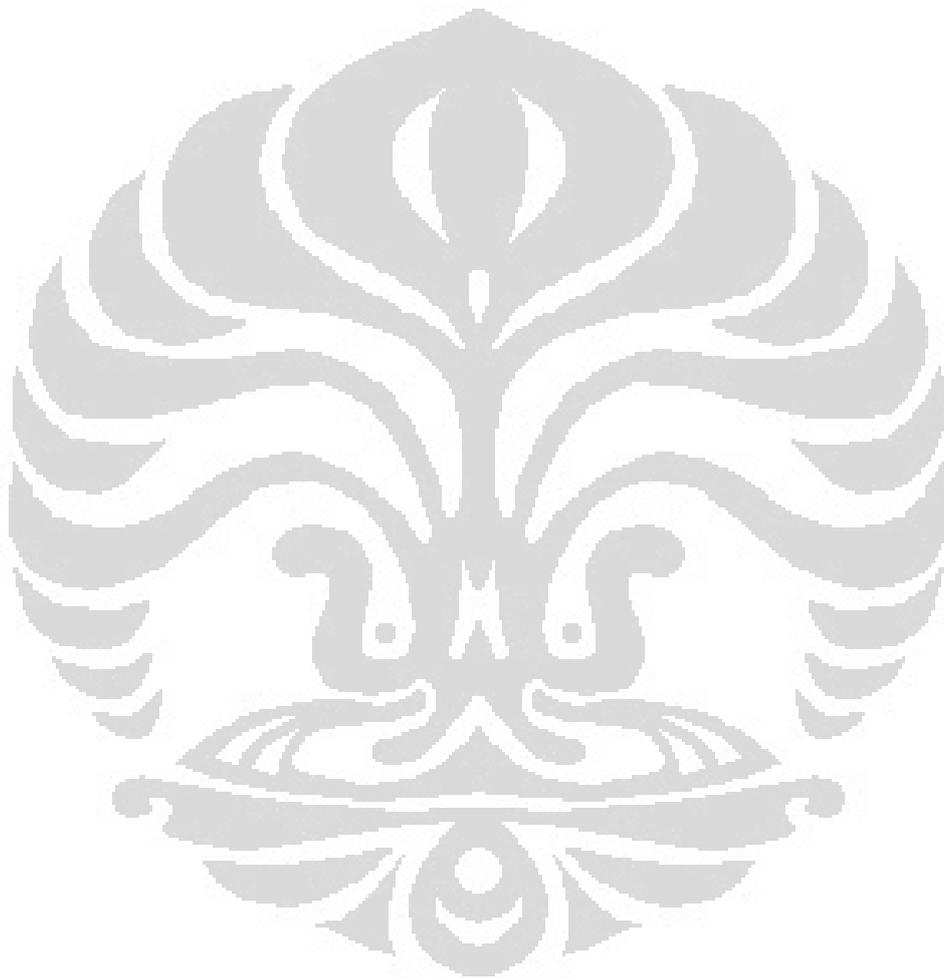
Tabel 2.1 Daftar perhitungan kurva hidrostatik	9
Tabel 2.2 Perhitungan tegangan dan momen pada kekuatan memanjang.....	19
Tabel 2.3 Perhitungan modulus penampang	21
Tabel 3.1 Rasio ukuran dan koefisien kapal.....	22
Tabel 3.2 Koreksi ukuran utama kapal.....	22
Tabel 3.3 Data hidrostatik pada sarat air maksimal	29
Tabel 3.4 Spesifikasi mesin kapal.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh segi empat pada aljabar linier	10
Gambar 2.2 Contoh hasil analisis <i>stress</i> , <i>deformation</i> , dan momen struktur...	16
Gambar 2.3 Gelombang <i>sagging</i> (1), gelombang <i>hogging</i> (2)	17
Gambar 3.1 Titik-titik koordinat pelat 1	23
Gambar 3.2 Titik-titik koordinat pelat 1 dan 2.....	24
Gambar 3.3 Titik-titik koordinat pelat 1,2, dan 3.....	25
Gambar 3.4 Titik-titik koordinat pelat 1,2,3, dan 4.....	26
Gambar 3.5 Titik-titik koordinat pelat 1,2,3,4, dan 5.....	27
Gambar 3.6 Lines plan kapal modifikasi	28
Gambar 3.7 Penentuan pelat untuk <i>shell expansion</i>	30
Gambar 3.8 Pelat 1	30
Gambar 3.9 Pelat 2	31
Gambar 3.10 Pelat 3	32
Gambar 3.11 Pelat 4	33
Gambar 3.12 Pelat 5	34
Gambar 3.13 Pelat segitiga.....	35
Gambar 3.14 <i>Shell expansion</i>	35
Gambar 3.15 Mesin utama yang akan digunakan	37
Gambar 3.16 <i>Genset portable</i>	40
Gambar 3.17 Von mises <i>stress</i> dan <i>displacement</i> pelat silang 2x1 tebal 3 mm, gading utama, gading biasa, gading silang 50x3	44
Gambar 3.18 Von mises <i>stress</i> dan <i>displacement</i> pelat standar 2x1 tebal 3 mm, gading utama dan gading biasa 50x3	45
Gambar 3.19 Von mises <i>stress</i> dan <i>displacement</i> pelat standar 2x1 tebal 4 mm, gading utama dan gading biasa 50x3	46
Gambar 4.1 Luasan pelat di bawah sarat maksimum.....	48
Gambar 4.2 Distribusi tegangan pada penampang atas kapal konstruksi Standar (atas) dan konstruksi silang (bawah).....	50
Gambar 4.3 Distribusi tegangan pada penampang samping kapal konstruksi standar (atas) dan konstruksi silang (bawah).....	51
Gambar 4.4 Distribusi tegangan pada penampang bawah kapal konstruksi standar (atas) dan konstruksi silang (bawah).....	52
Gambar 4.5 Distribusi tegangan pada penampang depan kapal konstruksi standar (kiri) skala tegangan (atas) dan konstruksi silang (kanan) skala tegangan (bawah)	53
Gambar 4.6 Grafik perbandingan tegangan konstruksi standar dan silang.....	56
Gambar 4.7 Defleksi pada sumbu x pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)	59
Gambar 4.8 Defleksi pada sumbu x pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)	60
Gambar 4.9 Defleksi pada sumbu y pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)	61
Gambar 4.10 Defleksi pada sumbu y pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)	62

Gambar 4.11 Defleksi pada sumbu z pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah).....	63
Gambar 4.12 Defleksi pada sumbu z pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah).....	64
Gambar 4.13 Grafik perbandingan defleksi maksimum pada konstruksi standar dan silang.....	65
Gambar 4.14 Diagram momen pada konstruksi standar (atas) dan silang (bawah).....	66
Gambar 4.15 Diagram momen maksimum profil pada konstruksi standar	68
Gambar 4.16 Diagram momen maksimum profil pada konstruksi silang	70



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang sebagian besar wilayahnya merupakan perairan dengan luas wilayah laut lebih dari 70%. Dengan wilayah perairan yang sangat luas ini merupakan sebuah keuntungan bagi bangsa kita karena berpotensi memiliki sumber daya kelautan yang lebih melimpah daripada sumber daya yang ada di darat. Namun, potensi tersebut belum mampu dimanfaatkan secara optimal. Hal ini terjadi karena masih kuatnya paradigma pembangunan Indonesia yang masih berorientasi di darat dan kurangnya kepedulian terhadap sektor kelautan. Akibatnya produktifitas nelayan Indonesia hingga saat ini masih tergolong rendah. Hal ini ditambah dengan sulitnya pihak perbankan untuk mengucurkan dana kredit kepada nelayan karena masalah permodalan nelayan dan kurangnya jaminan. Padahal produksi perikanan nasional bisa mencapai 5.2 juta ton, dari jumlah itu hasil tangkapan nelayan tradisional paling banyak yakni mencapai 80 persen atau sekitar 4.2 juta ton, dari sini dapat dilihat bahwa sebenarnya nelayan tradisional layak mendapat kredit bank sebagai jaminan prospektusnya.

Melihat masalah permodalan yang dialami oleh nelayan tradisional terutama masalah modal untuk pengadaan kapal yang relatif tergolong mahal, maka dibutuhkan sebuah kapal yang dapat diandalkan oleh nelayan baik dari segi harga, keselamatan, dan ketahanannya. Bentuk kapal serta konstruksinya dapat dirubah dan dimodifikasi untuk memenuhi kebutuhan nelayan tersebut dengan tetap memperhatikan dari segi biaya, keselamatan, dan ketahanannya. Salah satu alternatif tersebut adalah dengan membuat lambung kapal menjadi berbentuk lurus (*flat*) dan membuat konstruksi gadingnya berbentuk silang. Lambung kapal yang berbentuk lurus-lurus (*flat hull*) dapat memberi kemudahan dalam proses *assembly* dan memungkinkan pengurangan pengerjaan *bending* dan *curving* seperti pada produksi kapal konvensional yang cukup memakan biaya. Sedangkan gading dengan konstruksi silang diharapkan dapat mengurangi jumlah gading dan ketebalan plat yang dapat mengurangi berat kapal serta material yang diperlukan.

Kapal ini dapat dimungkinkan untuk tidak diklaskan oleh badan klasifikasi mengingat bentuk dan strukturnya yang berbeda dengan peraturan klasifikasi.

Dengan adanya kapal yang lebih murah, kuat, dan tetap aman maka diharapkan nelayan dapat meningkatkan produktifitasnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan skripsi ini adalah membandingkan kapal lambung lurus (*flat hull ship*) dengan menggunakan konstruksi standar dan konstruksi silang untuk dianalisis dari segi tegangan (*stress*) dan defleksi dengan menggunakan metode *finite element method*.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada analisis konstruksi lambung kapal lurus ini dapat dirumuskan menjadi :

1. Kapal yang dibandingkan adalah kapal lambung lurus yang berkonstruksi silang dengan kapal yang berkonstruksi gading standar
2. Analisis hanya dilakukan dengan menggunakan *software* pada dua kategori saja yaitu :
 - a. Analisis kekuatan berupa tegangan (*stress*) pada pelat dan profil kapal dengan menggunakan *finite element method* berupa *linier analysis* (statis)
 - b. Analisis dari segi defleksi pada pelat dan profil kapal

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Desain kapal

Data ini dibuat berdasarkan prarancangan kapal lambung lurus sehingga didapatkan lines plan, HSC (*Hydrostatic Curve*), *shell expansion, displacement*, dan konstruksi kapal.

- a. Menentukan ketebalan pelat dasar dengan metode coba-coba pada *software* untuk menentukan ketebalan pelat yang cukup tipis namun kuat. Pelat dasar bersama konstruksinya tersebut akan

dihitung nilai *factor of safety* (FOS), *maximum stress distribution*, dan *maximum displacement* (perpindahan).

- b. Data lines plan akan digunakan untuk mendapatkan nilai HSC, *shell expansion*, dan *displacement* kapal yang kemudian akan digunakan untuk membuat gambar kapal dalam perspektif tiga dimensi beserta konstruksinya yang telah dibuat pada data konstruksi di atas.
- c. Pembebanan diberikan kepada setiap lambung kapal kemudian dianalisis dengan *finite element method* melalui bantuan *software* untuk didapatkan nilai tegangan dan defleksi.

2. Analisis desain

- a. Nilai tegangan maksimum dan defleksi pada pelat dan profil yang telah didapatkan pada kapal lambung lurus dengan konstruksi standar maupun silang digunakan untuk menentukan kelayakan kapal dari segi kekuatan material. Kemudian menentukan konstruksi yang paling baik dari segi kekuatan materialnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan

Membahas mengenai latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

Bab 2 Dasar Teori

Berisi tentang teori-teori yang menunjang dalam analisis konstruksi seperti teori prarancangan kapal, aljabar linier, penentuan beban, metode elemen hingga, dan kekuatan kapal,

Bab 3 Desain Kapal

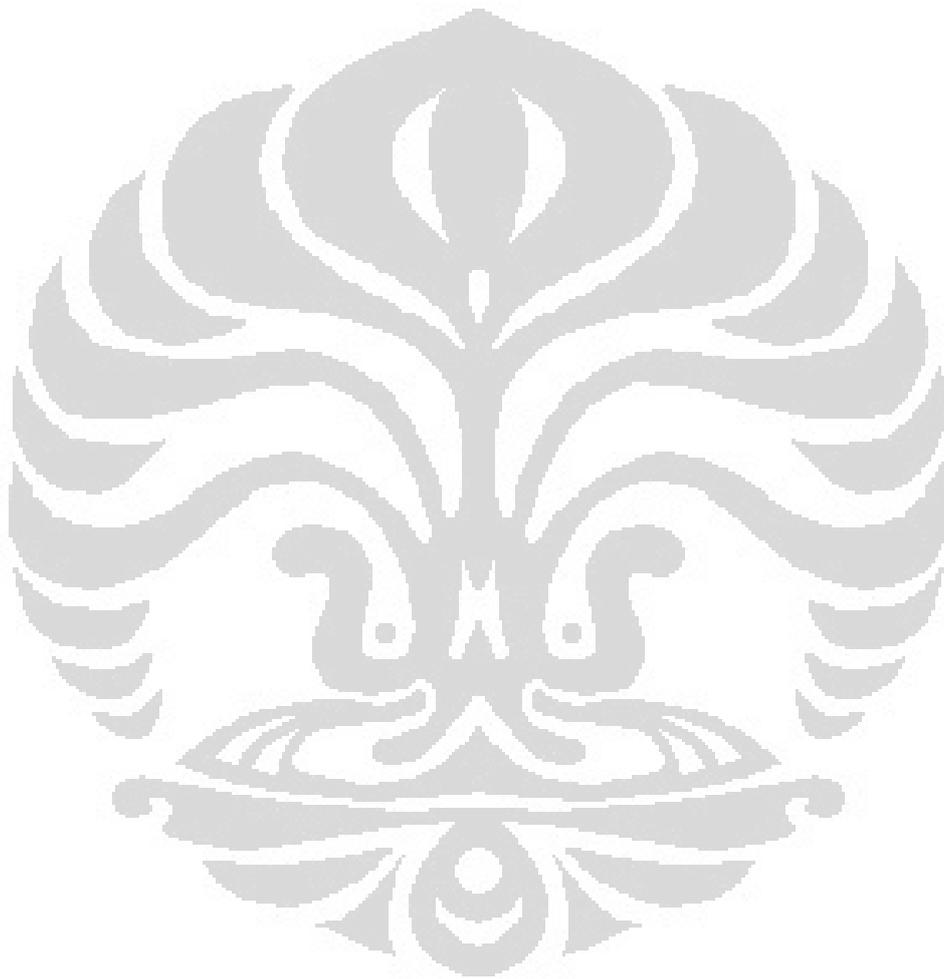
Berisi tentang prarancangan kapal, HSC (*Hydrostatic Curve*), *shell expansion*, *displacement*, konstruksi kapal, penentuan ketebalan pelat dan perhitungan tegangan awal dengan menggunakan *software* yang memiliki aplikasi *finite element method*.

Bab 4 Analisis Desain

Berisi tentang hasil analisis dan pembahasan pada tegangan (*stress*) dan defleksi maksimum pada pelat dan profil kapal

Bab 5 Kesimpulan Dan Saran

Hasil kesimpulan dan saran dari analisis desain



BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Prarancangan Kapal

Prarancangan kapal adalah perhitungan desain secara teori bangunan kapal untuk menentukan dan melakukan pengecekan terhadap ukuran utama kapal apakah sudah dapat memenuhi *design condition* atau rasio-rasio yang ada terutama yang berkaitan dengan kemampuan kapal dalam hal daya muat, keselamatan, kecepatan, dan olah gerak kapal. Dalam perencanaan kapal ada lima metode yang dapat digunakan yaitu :

1. Metode Perbandingan (*Comparison Method*)

Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa kapal dengan tipe yang sama serta memiliki karakter yang sama/hampir sama akan memiliki ukuran pokok yang sama/hampir sama.

2. Metode Statistik (*Method of Statistic*)

Metode ini didasarkan pada data statistik kapal yang sudah dibangun berbagai ukuran pokok dengan melakukan analisis sehingga menjadi referensi dalam menentukan ukuran pokok kapal yang akan dirancang.

3. Metode *Trial and Error*

Metode perencanaan yang prosesnya dilakukan dengan mengulangi perhitungan yang telah dibuat sebagaimana digambarkan dalam "design spiral" sampai semua parameter desain memenuhi ketentuan desain yang ditetapkan.

4. Metode Solusi Komplek

Metode yang menggunakan formula atau rumus yang telah teruji dan mempunyai ketelitian tinggi sehingga hasilnya hampir tidak lagi memerlukan adanya koreksi. Metode ini dapat digunakan dengan menggabungkan metode lainnya yaitu metode pembandingan atau metode statistik.

5. Metode Spiral (*Spiral Method*)

Metode ini menggunakan beberapa parameter yang harus dilakukan sebelum melanjutkan ke proses merancang selanjutnya. Biasanya metode ini sudah termasuk ke dalam metode-metode di atas.

2.1.1 Estimasi Tenaga Penggerak

Dengan menggunakan metode Admiralty maka daya yang dibutuhkan untuk disalurkan ke poros adalah :

$$\text{SHP} = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{Ac} \quad \text{HP} \quad (2.1)$$

Dimana: Δ = Displacement sarat maksimum = 14.045 t
 V = Kecepatan service kapal (knot) = 10 knot
 Ac = Kostanta Admiralty

Besar daya mesin terpasang minimal 15% lebih besar dari daya yang dibutuhkan ke poros, sehingga :

$$\text{BHP} = 1.15 \times \text{SHP} \quad (2.2)$$

2.1.2 Estimasi *Light Weight Tonnage* (LWT)

Berat kapal kosong (LWT) untuk kapal ikan yang akan dibangun terdiri dari berat baja kapal, berat mesin utama, dan berat peralatan tangkap ikan.

a. Berat baja kapal (BK)

Dengan menggunakan salah satu rumus pendekatan maka berat baja dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{BK} = 0.102 \times L \times B \times T \quad (2.3)$$

b. Berat Mesin Utama

Berat mesin ini dapat ditentukan dengan menentukan BHP yang telah ditentukan sebelumnya dan dari situ dapat dicocokkan pada spesifikasi mesin yang dijual di pasaran. Dari spesifikasi tersebut dapat dilihat berat mesin yang akan digunakan.

c. Berat Peralatan Tangkap Ikan

Berat peralatan tangkap ikan dapat diestimasi dari besarnya kapal yang dibangun. Kemudian dapat diketahui besarnya ruang muat dan dari situ dapat diestimasi berapa banyak peralatan tangkap yang dibutuhkan.

2.1.3 Estimasi *Dead Weight Tonnage* (DWT)

Pada rancangan kapal ini komponen DWT terdiri dari *pay load*, *consumables*, kru, barang bawaan, dan genset.

Consumables terdiri dari berat bahan bakar (W_{fo}), berat minyak pelumas (W_{lub}), berat air tawar (W_{fw}), dan berat makanan ($W_{prov.}$).

$$2.1.3.1 \text{ Consumables } (W_1) = W_{fo} + W_{lub} + W_{fw} + W_{prov.} \quad (2.4)$$

a. Berat Bahan Bakar (W_{fo})

$$W_{fo} = (\text{BHP}_{me} \times b_{me}) \times \frac{Cr}{Vs} \times 10^{-6} \times k \quad (2.5)$$

dimana : BHP_{me} = BHP mesin utama (kW)

b_{me} = angka spesifik konsumsi pemakaian bahan bakar mesin utama (205 – 211 gr/kW)

Cr = jarak yang ditempuh (nautical miles)

Vs = kecepatan (knot)

K = konstanta (1.3 – 1.5) ; diambil = 1.3

b. Berat Minyak Pelumas (W_{lub})

$$W_{lub} = 3\% \times W_{fo} \quad (2.6)$$

c. Berat Air Tawar (W_{fw})

$$W_{fw} = N \times t \times C_{fw} \quad (2.7)$$

dimana: N = jumlah kru,

t = waktu pelayaran (hari)

C_{fw} = Kebutuhan konsumsi air tawar (kg/orang/hari)

d. Berat Makanan ($W_{prov.}$)

$$W_{prov.} = N \times t \times C_{prov.} \quad (2.8)$$

dimana : N = jumlah kru

t = waktu pelayaran (hari)

$C_{prov.}$ = kebutuhan konsumsi makanan (kg/orang/hari)

2.1.3.2 Kru

$$\text{Berat kru } (W_2) = N \times C_{crew} \quad (2.9)$$

dimana $C_{crew} = 75 \text{ kg/orang}$

2.1.3.3 Barang Bawaan

$$\text{Luggage (W}_3) = N \times C_{\text{lugg}} \quad (2.10)$$

dimana : $C_{\text{lugg}} = 40 \text{ kg/orang (jarak pendek)}$
 $= 60 \text{ kg/orang (jarak jauh)}$

2.1.3.4 Generator (*Genset*)

Generator dapat ditentukan dengan mengestimasi daya yang dibutuhkan. Kemudian dengan melihat spesifikasi generator dapat ditentukan beratnya.

2.1.4 Kurva Hidrostatik

Kurva hidrostatik merupakan penggambaran secara grafik karakteristik dari sebuah kapal, yang diperlukan pada saat merancang, membangun maupun setelah kapal mengalami perbaikan. Grafik ini menunjukkan karakteristik dari kapal yang sedang mengapung tegak. Kurva yang digambarkan meliputi luas garis air (A_w), volume (V), displacement (Δ), titik berat garis air (LCB), momen inersia melintang (I_x), momen inersia memanjang (IL), titik berat memanjang (LCB), titik tekan vertikal (FK), metacentra melintang (MK), metacentra memanjang (MLK), ton per centimeter (TPC), moment to change trim (MCT), koefisien block (C_b), koefisien midship (C_m), koefisien garis air (C_{wl}), koefisien prismatic (C_p).

Daerah *half breadth plan* pada setiap *water line* digunakan untuk perhitungan HSC. Tiap gading akan dibagi menjadi beberap daerah yang sama panjang dan akan memiliki nilai L , L' , L'' , L'/L , L''/L , t , t' , t'/t dimana t adalah jarak antar *water line*. Daftar perhitungan awal HSC (*Hydrostatic Curve*) pada setiap *water line* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Daftar perhitungan kurva hidrostatik

No ord	I Ord	II F.L	IxII H.G	III F.M	IxIIxIII H.G	IxIIxIII ²	I ³ xII
0	y0	f0	f0.y0	-5	-5 f0.y0	-5 ² f0.y0	f0.y0 ³
1	y1	f1	f1.y1	-4	-4 f1.y1	-4 ² f1.y1	f1.y1 ³
...
5	y5	f5	f5.y5	0	$\sum 2$	0	f5.y5 ³
...
9	y9	f9	f9.y9	4	4 f9.y9	4 ² f9.y9	f9.y9 ³
10	y10	f10	f10.y10	5	5 f10.y10	5 ² f10.y10	f10.y10 ³
			$\sum 1$		$\sum 3$	$\sum 4$	$\sum 5$

$$Awl = 2. c. l. \Sigma 1 [m^2] \quad (2.11)$$

$$a = l \frac{\Sigma 2 + \Sigma 3}{\Sigma 1} [m] \quad (2.12)$$

$$Ix = 2. \frac{1}{3}. c. l. \Sigma 5 [m^4] \quad (2.13)$$

$$Iy = 2. c. l^3. \Sigma 4 [m^4] \quad (2.14)$$

$$Il = Iy - (a^2. Awl) [m^4] \quad (2.15)$$

No WL	I AWL	II F.L	I x II H.G	III F.M	I x II x III H.G	IV a	I x II x IV H.G
0	Awl 0	1	Awl 0 x 1	0	Awl 0 x 1 x 0	a0	Awl 0 x 1 x a0
0.5	Awl 0.5	4	Awl 0.5 x 4	0.5	Awl 0.5 x 4 x 0.5	a0.5	Awl 0.5 x 4 x a0.5
1	Awl 1	1	Awl 1 x 1	1	Awl 1 x 1 x 1	a1	Awl 1 x 1 x a1
			$\Sigma 1$		$\Sigma 1'$		$\Sigma 1''$
1	Awl 1	1	Awl 1 x 1	1	Awl 1 x 1 x 1	a1	Awl 1 x 1 x a1
1.5	Awl 1.5	4	Awl 1.5 x 4	1.5	Awl 1.5 x 4 x 1.5	a1.5	Awl 1.5 x 4 x a1.5
2	Awl 2	1	Awl 2 x 1	2	Awl 2 x 1 x 2	a2	Awl 2 x 1 x a2
dst			$\Sigma 2$		$\Sigma 2'$		$\Sigma 2''$

No	I	II	III	IV	V	VI
WL	AWL	V = c.t.Σn	FK = t.Σ'n/Σn	a' = Σ'n/Σn	Cw = AWL/L.B	Cm = Am/B.T
1						
2						

VII	VIII	IX	X
$C_b =$ V/L.B.T	$C_p = C_b/C_m$	$C_p' =$ C_b/C_w	$TPC = AWL \cdot \gamma / 100$

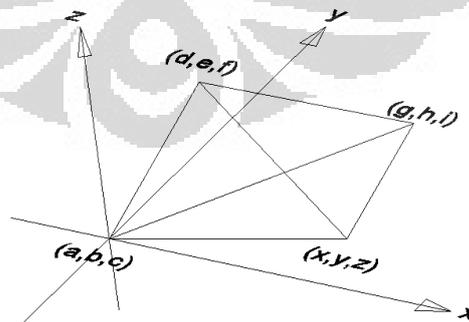
No	I	II	III	IV	V	VI	VII
WL	V	$\Delta = 1.03$ V	I_x	$MF = I_x /$ V	IL	$MLF = IL / V$	FK (m)
1							
2							

VIII	IX	X
$MK = MF +$ FK	$MLK = MLF + FK$	$MCT = IL \cdot \gamma / Lwl$

dst.

2.2 Bidang Lurus Pada Aljabar Linier

Suatu bidang segi empat dapat ditentukan kelurusannya permukaannya dengan menggunakan metode aljabar linier. Hal yang perlu diingat dalam menggunakan metode ini adalah ketiga titik-titik sudut pada segi empat tersebut sudah diketahui letak titik koordinatnya. Sebagai contoh adalah titik (a,b,c), (d,e,f), dan (g,h,i), sedangkan titik (x,y,z) adalah titik-titik koordinat yang belum diketahui.



Gambar 2.1 Contoh segi empat pada aljabar linier

Ketiga titik-titik tersebut dapat dibuat persamaan aljabar linier menjadi,

$$\bar{X} = (a, b, c) + \lambda[(d - a), (e - b), (f - c)] + \mu[(g - a), (h - b), (i - c)] \quad (2.16)$$

Sehingga didapatkan persamaan garis,

$$x = a + \lambda(d - a) + \mu(g - a) \quad (2.17)$$

$$y = b + \lambda(e - b) + \mu(h - b) \quad (2.18)$$

$$z = c + \lambda(f - c) + \mu(i - c) \quad (2.19)$$

Dengan metode eliminasi atau substitusi dari ketiga persamaan garis di atas maka didapatkan persamaan bidang,

$$Px + Qy + Rz = n \quad (2.20)$$

Dengan mengetahui atau membuat dua titik (misal x dan y) maka bisa didapatkan titik terakhir (titik z) dengan memasukkannya ke dalam persamaan bidang tersebut sehingga menjadi satu bidang utuh yang lurus.

2.3 Estimasi Beban yang Diderita Kapal

Menurut peraturan Biro Klasifikasi Indonesia besarnya beban yang ditanggung oleh kapal pada bagian-bagian tertentu adalah sebagai berikut :

Beban luar untuk sisi dan alas kapal

a. Sisi Kapal

Beban luar (h_s) untuk penentuan konstruksi sisi kapal adalah :

$$h_s = Z_2 + c \left(1 - \frac{Z_2}{2T} + b \right) (\text{t/m}^2) \quad (2.21)$$

dimana :

Z_2 = jarak tegak antara garis muat dan batas bawah pelat atau pertengahan dari panjang L yang tidak tertumpu / tinggi sarat

$$c = 0.023 L (\text{t/m}^2) ; \text{ untuk } L < 100 \text{ m} \quad (2.22)$$

$$b = 0 \text{ untuk daerah } 0.6 L \text{ tengah kapal}$$

$$= 0.7 - 3.5 \frac{X}{L} \quad (2.23)$$

b. Alas Kapal

Beban luar (h_b) untuk penentuan konstruksi alas kapal.

$$h_b = T + c (0.5 + b) (\text{t/m}^2) \quad (2.24)$$

2.4 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*)

Metode elemen hingga atau juga disebut dengan analisis elemen hingga adalah teknik numerik untuk menentukan nilai pendekatan dari persamaan diferensial parsial (*partial differential equations*) sebagaimana pada persamaan integral. Metode pendekatan yang digunakan adalah berdasarkan pada eliminasi persamaan turunan secara keseluruhan (bentuk tetap) atau membuat persamaan turunan parsial menjadi sistem pendekatan pada persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equations*), kemudian akan diintegrasikan secara numerik dengan menggunakan teknik standar seperti metode Euler, Runge-Kutta, dll.

Dalam menyelesaikan persamaan diferensial parsial, tantangan utama adalah membuat persamaan pendekatan yang akan dijadikan sebagai bahan yang akan dikaji dan dipelajari, namun secara numerik harus stabil yang berarti bahwa *error* pada data input dan perhitungan tidak menghasilkan data yang tidak berarti. Metode elemen hingga merupakan pilihan yang tepat dalam menyelesaikan persamaan diferensial parsial pada suatu benda kompleks yang akan dianalisis.

Metode elemen hingga dapat memberikan gambaran kelengkungan dan puntiran pada suatu struktur, dan dapat mengindikasikan distribusi tegangan dan perpindahannya. *Software* yang berbasis FEM menyediakan pilihan variasi simulasi untuk mengatur kompleksitas dari model dan hasil analisisnya. Metode ini dapat menghasilkan desain yang dapat dioptimalisasikan sebelum dibangun menjadi barang yang sesungguhnya.

Aplikasi metode elemen hingga pada kapal dapat didasarkan pada perhitungan sederhana dalam menghitung tegangan, defleksi, momen, kekakuan, dll.

Perubahan posisi dapat dianalogikan sebagai defleksi (δ) yang diberikan pada sebuah pegas sederhana yang digunakan untuk menarik p pada satu titik ujung sehingga menjadi $p = k\delta$ dimana k adalah kekakuan. Secara alternatif, $\delta = fp$ dimana $f = k^{-1}$.

Jika gaya dan defleksi tidak segaris pada pegas atau bagian struktur tetapi berhubungan pada sekumpulan koordinat kartesius, maka kekakuannya akan berbeda pada tiga arah, secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{k}_{11}\delta_1 + \mathbf{k}_{12}\delta_2 \quad (2.25)$$

$$\mathbf{p}_2 = \mathbf{k}_{21}\delta_1 + \mathbf{k}_{22}\delta_2 \quad (2.26)$$

Pasangan persamaan ini ditulis dalam matriks aljabar menjadi :

$$\mathbf{P} = \mathbf{K} \mathbf{d} \quad (2.27)$$

\mathbf{P} adalah satu kumpulan lengkap dari beban yang diberikan dan \mathbf{d} adalah hasil defleksinya. \mathbf{K} disebut dengan matriks kekakuan dan dibentuk oleh faktor \mathbf{k}_{11} yang disebut anggota matriks kekakuan. (sub-matriks). Sebagai contoh adalah sebuah profil yang diberi beban p_x dan p_y dan momem m pada setiap ujungnya dan menyebabkan defleksi δ_x , δ_y , dan θ . Untuk mencapai kesetimbangan maka,

$$m_1 + m_2 + p_{y2} l = 0 = m_1 + m_2 - p_{y1} l \quad (2.28)$$

$$\text{dan } p_{x1} + p_{x2} = 0 \quad (2.29)$$

Untuk elastisitas,

$$p_{x1} = -p_{x2} = \frac{EA}{l} (\delta_{x1} - \delta_{x2}) \quad (2.30)$$

Dengan menggunakan analisis kemiringan defleksi didapatkan :

$$m_1 = \frac{6EI}{l^2} \delta_{y1} + \frac{4EI}{l} \theta_1 - \frac{6EI}{l^2} \delta_{y2} + \frac{2EI}{l} \theta_2 \quad (2.31)$$

Persamaan di atas dapat disusun menjadi :

$$\begin{bmatrix} p_{x1} \\ p_{y1} \\ m_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{x1} \\ \delta_{y1} \\ \theta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{x2} \\ \delta_{y2} \\ \theta_2 \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

Contoh yang sangat sederhana ini sudah cukup untuk menunjukkan bahwa sebuah unit permasalahan dapat dijadikan dalam bentuk matriks. Hal ini juga dapat menunjukkan bahwa kita dapat mengadopsi ilmu matematika dalam bentuk aljabar matriks untuk menyelesaikan masalah struktur, tetapi perlu diingat hal ini dapat menjadi tidak mungkin untuk diselesaikan karena kompleksitasnya. Permasalahan mendasar adalah berhubungan dengan matriks *inverse* untuk menentukan defleksi yang terjadi ketika beban diberikan.

$$\mathbf{d} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{P} \quad (2.33)$$

Regangan dipengaruhi juga oleh faktor defleksi,

$$\varepsilon = \mathbf{B} \mathbf{d} \quad (2.34)$$

Regangan pada bidang :

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{zy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix} = B d \quad (2.35)$$

Tegangan,

$$\sigma = D \varepsilon \quad (2.36)$$

D adalah konstanta elastic pada matriks, untuk tegangan pada bidang bermaterial isotropic adalah :

$$D = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2}(1-\nu) \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

Dalam penggunaannya metode elemen hingga menggunakan pendekatan sebagai berikut :

- Struktur dibagi menjadi beberapa garis imajiner yang bertemu pada node, membentuk elemen hingga yang dapat berupa segitiga atau segi empat dan bidang (dapat berbentuk tak beraturan dan tiga dimensi).
- Pada setiap elemen, fungsi defleksi dipengaruhi oleh defleksi yang terjadi pada setiap titik di elemen dan defleksi pada node. Dari defleksi inilah regangan didapatkan dan dari regangan ini tegangan didapatkan pula.
- Gaya pada setiap node adalah sama pada gaya sepanjang batas elemen tersebut.
- Defleksi pada elemen dipengaruhi juga oleh kesesuaian node dan garis pada elemen didekatnya, walaupun ini tidak selalu mungkin terjadi.
- Semua rangkaian beban yang diberikan dan gaya dalam yang ada disusun untuk menjadi sebuah kesetimbangan.

2.4.1 Aplikasi Penggunaan Software SAP 2000 V.12

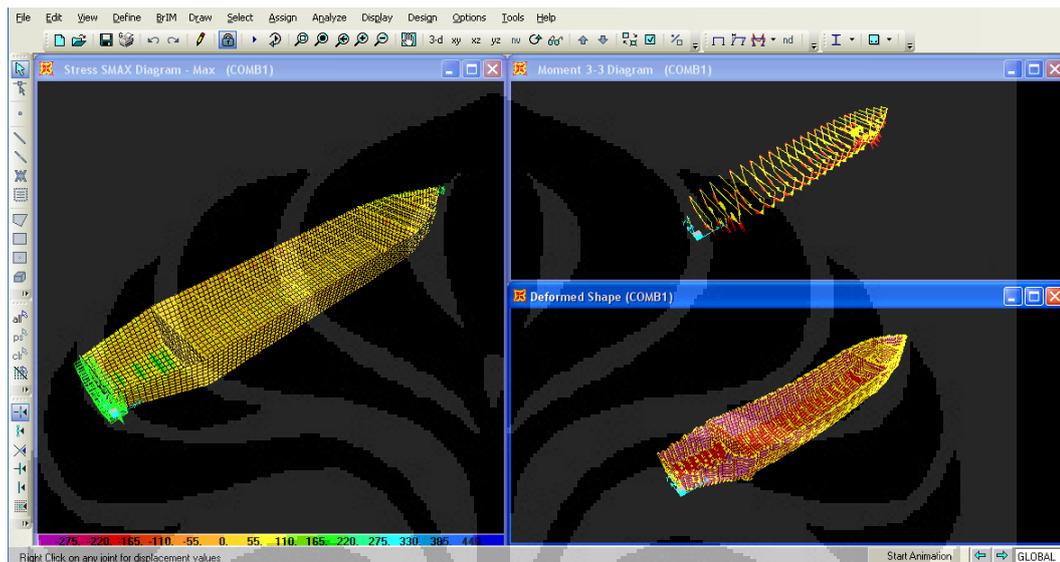
Untuk menganalisis nilai tegangan, momen, dan defleksi yang terjadi pada kapal dengan menggunakan metode elemen hingga maka digunakan alat bantu *software* yang bernama SAP 2000. *Software* ini merupakan aplikasi khusus untuk mendesain dan menganalisis struktur pada bangunan sipil dan tidak menutup kemungkinan untuk digunakan pada analisis struktur kapal karena desain dan

struktur yang ada hampir sama dengan struktur umum yang digunakan pada kapal dan hanya berbeda pada bentuknya saja.

Untuk menggambar desain struktur di program ini dapat digunakan langkah-langkah sederhana sebagai berikut :

1. klik **File > New Model > Grid Only**. Untuk mengganti satuan yang akan digunakan *scroll down unit* dan pilih salah satu. Lalu pilih jumlah *grid* yang dibutuhkan pada sumbu x, y, dan z dan tentukan jarak antar *grid*
2. Tentukan material yang digunakan dengan klik **Define > Materials**. Untuk memilih material yang tersedia pada database klik **Add New Material Quick** lalu pilih jenis dan spesifikasinya. Jika ingin menggunakan material yang ditentukan sendiri spesifikasinya maka dapat memilih **Add New Material** dan masukkan data dan nilai yang diperlukan.
3. Menentukan profil dengan klik **Define > Section Properties > Frame Sections**. Untuk memilih profil yang tersedia pada database klik **Import New Property**. Jika ingin menggunakan profil yang ditentukan sendiri spesifikasinya maka dapat memilih **Add New Property** dan masukkan data dan nilai yang diperlukan.
4. Menentukan pelat dengan klik **Define > Section Properties > Area Sections > Add New Section** dan tentukan spesifikasinya.
5. Desain/gambar bangunan yang akan dibangun pada software tersebut dengan memilih **draw > frame/area**.
6. Tentukan bentuk beban dan kombinasi beban pada **Define > Load Patterns** atau **Load Combinations**.
7. Tentukan titik *restrain* (perletakan) dengan klik **Assign > Joint > Restrain** dan pilih jenis perletakan yang akan digunakan
8. Memasukkan beban ke bagian yang akan diberi beban dengan terlebih dahulu memilih (*select*) bagian tersebut lalu klik **Assign > Area Loads** atau **Frame Loads** dan pilih jenis beban yang akan diderita oleh bagian tersebut.
9. Untuk pilihan analisis struktur klik **Analyze > Set Analysis Options** dan pilih derajat kebebasan yang akan dikenakan pada desain.

10. Untuk menganalisis hasil desain klik *Analyze > Run Analysis* dan pilih beban apa saja yang akan diberikan dan diaktifkan dalam perhitungan analisis.
11. Untuk menampilkan hasil analisis klik *Display > Show Deformed Shape* atau *Show Forces/Stresses*.



Gambar 2.2 Contoh hasil analisis *stress*, *deformation*, dan *momen* struktur

2.5 Kekuatan Kapal

Kekuatan kapal sangat berkaitan dengan kemampuan struktur kapal untuk dapat menahan dan menerima berbagai beban yang diterimanya. Hal ini menjadi suatu hal yang sangat penting dalam mendesain kapal. Selama perancangan kapal seorang *naval architect* harus dapat memahami dan menganalisa jenis kapal yang akan dibangun dan juga kondisi pelayaran untuk dapat menyesuaikan struktur kapal yang akan dibangun. Penyesuaian struktur ini juga berkaitan dengan keselamatan awak kapal, kapal, dan muatan yang semuanya telah diatur dalam peraturan klasifikasi.

2.5.1 Kekuatan Memanjang

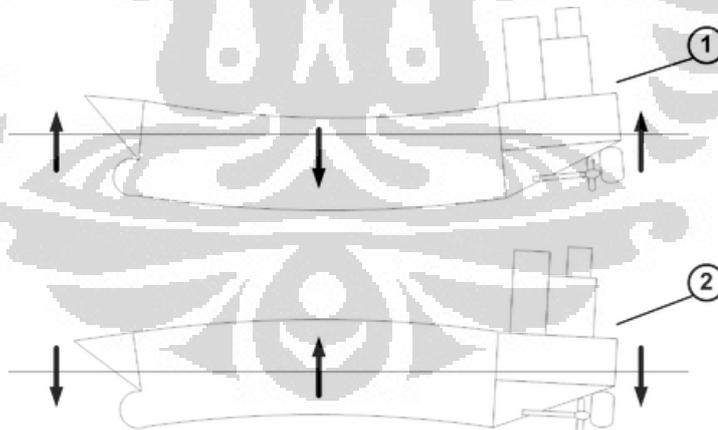
Kekuatan memanjang dapat dipengaruhi oleh beban lambung, permesinan, muatan, dan gelombang. Namun yang paling mempengaruhi kekuatan memanjang adalah pengaruh dari gelombang. Akibat selisih bobot

antara berat total terhadap berat total air yang dipindahkan, maka kapal akan mengalami perubahan bentuk dalam arah memanjang atau deflaksi memanjang yang menyebabkan terjadinya momen lentur (*bending moment*).

Besar kecilnya momen lentur sangat tergantung pada kondisi gelombang yang dialami kapal selama pelayaran. Untuk itu haruslah ditinjau apakah kapal berada pada kondisi pada satu puncak gelombang di tengah (*hogging condition*) atau dua puncak gelombang pada bagian haluan dan buritan (*sagging condition*) sebab hal inilah yang menjadi dasar perhitungan selanjutnya.

Kondisi gelombang secara umum dibagi atas dua yaitu :

1. *Hogging condition* yaitu suatu kondisi yang secara umum dianggap berlaku bagi kapal-kapal yang mempunyai kamar mesin di tengah, sehingga puncak gelombang berada di tengah kapal dan lembah gelombang berada di buritan dan haluan kapal.
2. *Sagging condition* yaitu suatu kondisi yang secara umum dianggap berlaku bagi kapal-kapal yang mempunyai kamar mesin di bagian belakang sehingga puncak gelombang berada di buritan dan haluan kapal dan lembah gelombang berada di tengah kapal



Gambar 2.3 Gelombang *sagging* (1), gelombang *hogging* (2)

Pada waktu menghitung kekuatan kapal, kekuatan *scantling* kapal dapat dihitung terhadap pengaruh dari luar maupun dari dalam. Kekuatan *scantling* tersebut dapat dijadikan ukuran tegangan yang bekerja pada kapal. Dengan membandingkan tegangan hasil perhitungan dengan tegangan yang diijinkan,

maka dapat diketahui kekuatan kapal untuk dapat menahan pengaruh dari luar maupun dalam.

Gelombang kondisi *sagging* pada dasarnya adalah salah satu dari dua jenis gelombang yang dialami oleh kapal ketika sedang berlayar. Kondisi *sagging* dengan dua titik puncak di bagian haluan dan buritan akan membuat ibarat sebuah balok yang ditebuk ke bawah pada bagian tengahnya sehingga akan membuat tegangan geser terbesar pada bagian tengah kapal (*midship*). Begitu pula dengan *hogging condition* yang mempunyai titik puncak pada bagian tengahnya yang membuat kapal ibarat sebuah balok yang ditebuk ke atas, sehingga pada akhirnya bagian tengah kapal (*midship*) inilah yang akan mengalami tegangan paling besar yang berpotensi mengalami *crack* jika tidak diperhitungkan dengan matang. Karena kondisi gelombang *hogging* yang memiliki titik puncak pada bagian tengah kapal dan itu merupakan sebuah *displacement* gelombang laut paling besar yang dialami oleh kapal, maka dalam perhitungan kekuatan ini digunakan kondisi gelombang *hogging* sebagai dasar perhitungan kekuatan kapal ini dengan pertimbangan bahwa pada kondisi gelombang *hogging* memiliki kekuatan yang lebih besar daripada gelombang *sagging*.

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan kekuatan memanjang untuk kondisi *hogging* :

- a. Penentuan tinggi poros gelombang untuk mendapatkan *displacement* kapal

Untuk mendapatkan nilai maksimum, maka *displacement* kapal adalah pada saat kondisi sarat air maksimum. Penentuan gelombang ditentukan oleh panjang kapal ($L=L_{pp}$), dalam hal ini simpangan terbesar (H) adalah pada tengah kapal.

$$H = L_{pp}/20 \quad (2.38)$$

Selanjutnya untuk memudahkan perhitungan maka gading kapal dapat dibuat menjadi 20 gading yang dimulai dari AP sampai FP. Kemudian dari setiap panjang yang telah dibagi tadi dikalikan dengan koefisien F sebagai faktor tinggi gelombang untuk mendapatkan ordinat gelombang (Y).

Setiap ordinat gelombang dimasukkan ke dalam Bonjean Curve kapal rancangan untuk menghitung besarnya pemindahan air (*displacement*). Ordinat gelombang ini dapat dipindahkan ke *water level* yang lain sampai

didapatkan nilai *displacement* yang sama dengan kapal pada sarat air maksimum dan pada akhirnya didapatkan tinggi poros gelombang sebenarnya.

b. Perhitungan ordinat *buoyancy* $B(x)$

Dari tinggi poros gelombang sebenarnya maka dapat ditentukan luasan area gelombang pada masing-masing gading. Selanjutnya nilai luasan masing-masing gading tersebut dikalikan dengan faktor 1.03 untuk mendapatkan ordinat *buoyancy* $B(x)$.

c. Perhitungan berat $G(x)$

Besarnya $G(x)$ didapatkan dengan menghitung berat setiap komponen pada kapal. Berat kapal yang dimaksud adalah berat lambung kapal, bangunan atas, awak/penumpang, muatan, mesin, alat bantu di kapal termasuk perlengkapan navigasi, dan komponen kapal lainnya yang mempengaruhi distribusi berat dari kapal. Untuk mempermudah perhitungan maka berat komponen-komponen atau konstruksi yang ada pada setiap bagian kapal dapat diasumsikan sebagai satu bagian kesatuan. Semua berat ini dianggap beban terbagi merata (t/m) atau berat persatuan panjang. Kemudian dengan memasukkan ke dalam distribusi awal ordinat berat lambung kapal maka seluruh beban terbagi merata pada kapal dapat dihasilkan.

d. Perhitungan momen dan tegangan

Untuk memudahkan perhitungan momen dan tegangan yang terjadi pada bagian memanjang kapal maka dapat dibuatkan tabel perhitungan dengan memasukkan nilai $G(x)$ dan $B(x)$ yang telah didapatkan berikut ini :

Tabel 2.2 Perhitungan tegangan dan momen pada kekuatan memanjang

			1	2	3	4	5
No	$G(x)$	$B(x)$	$P(x)$	$\Sigma P(x)$	Koreksi	$\Sigma P'(x)$	$\Sigma \Sigma P'(x)$
Gading	-	-	$B(x)-G(x)$	-	[Last(2)/-20] x No.gd	(2) + (3)	-
	t/m	t/m	t/m	t/m		t/m	t/m
0							
1							

...							
20							

6	7	8	9	10	11	12	13
$\sigma(x)$	$M(x)$	Faktor	$\Delta^2 \cdot \sigma(x)$	$\Sigma \Delta^2 \cdot \sigma(x)$	$\Delta M(x)$	$\sigma(x)$	$M(x)$
$\Delta L(4)$	$\Delta L^2(5)$	gelombang ord. gel.	q (8)	-	$\Delta L(10)$	(6) + (9)	(7) + (11)
ton	tm	y	ton	ton	tm	ton	tm

Keterangan :

- $\Sigma P(x)$ adalah penjumlahan $P(x)$ pada setiap kenaikan gading. Misal pada gading 1, $\Sigma P(x) = P(x)_0 + P(x)_1$. Pada gading 2, $\Sigma P(x) = P(x)_0 + P(x)_1 + P(x)_2$, dst
- $\Sigma \Sigma P'(x)$ adalah penjumlahan $\Sigma P'(x)$ pada setiap kenaikan gading. Contoh sama seperti di atas
- $\Delta L = L_{pp}/20$
- $q = -$ [hasil terakhir (gading 20) pada kolom 7] / L_{pp}
- $\Sigma \Delta^2 \cdot \sigma(x)$ adalah penjumlahan $\Delta^2 \cdot \sigma(x)$ pada setiap kenaikan gading
- Faktor ordinat gelombang (y) sama seperti faktor tinggi gelombang pada perhitungan tinggi poros gelombang

Momen maksimal kapal adalah pada saat tegangannya nol. Disitulah letak kekuatan kritikal memanjang kapal dimana pada bagian tersebut akan menerima beban tekuk yang berulang yang dapat menyebabkan *fatigue* dan menyebabkan patahnya kapal. Oleh karena itu pada bagian tersebut harus terdapat konstruksi yang dapat menerima semua beban tersebut sehingga kapal menjadi aman dari segi konstruksi.

e. Perhitungan modulus penampang (W)

Untuk dapat mengetahui modulus penampang kapal maka diambil penampang melintang pada bagian kritikal memanjang kapal. Kemudian semua profile/konstruksi yang menanggung beban memanjang dihitung momen inersia luasan terhadap base line (BL) untuk menentukan letak garis sumbu normal (e) yang dibuat dalam bentuk tabel sehingga dapat diperoleh tegangan (σ) dan modulus penampang (W). Berikut ini adalah tabel perhitungannya.

Tabel 2.3 Perhitungan modulus penampang

No.	Konstruksi	1	2	3 = 1 x 2	4 = 1 x 2 ²	5	6 = 4 + 5
		Fi (cm ²)	Zi (cm)	Fi.Zi (cm ³)	Fi.Zi ²	i=(h.t ³)/12	I = Fi.Zi ² +i
1							
2							
3							
		$\Sigma 0$		$\Sigma 1$			$\Sigma 2$

$$e = \frac{\Sigma 1}{\Sigma 0} [cm] \quad (2.39)$$

$$I = \Sigma 2 - (e^2 \times \Sigma 0) [cm^4] \quad (2.40)$$

$$W = \frac{I}{e} = \frac{\Sigma 2 - (e^2 \times \Sigma 0)}{e} [cm^3] \quad (2.41)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \quad (2.42)$$

Tegangan yang didapatkan harus lebih kecil daripada tegangan maksimum material yang digunakan pada konstruksi tersebut.

BAB 3 DESAIN KAPAL

3.1 Prarancangan Kapal

3.1.1 Lines Plan Kapal

Metode desain yang digunakan oleh penulis adalah dengan menggunakan acuan gambar *lines plan* yang sudah ada (kapal pembanding). Dari data lines plan yang ada maka dapat ditentukan dimensi kapal agar masuk ke dalam aspek rasio kapal ikan yang baik seperti yang tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Rasio ukuran dan koefisien kapal ikan

Rasio	Range	Koreksi
L/B	5--6	Memenuhi
T/B	0.45 - 0.48	Memenuhi
B/D	1.6 - 1.8	Memenuhi
T/D	0.74 - 0.84	Memenuhi
L/D	8.5 - 10	Memenuhi
C _b	0.45 - 0.65	Memenuhi
C _m	0.72 - 0.82	Memenuhi
C _w	0.72 - 0.88	Memenuhi

Dari tabel tersebut maka dengan metode pembanding dan *trial and error* didapatkan dimensi kapal yang memenuhi aspek rasio tersebut yaitu :

$$L=L_{pp} = 10.846 \text{ m}$$

$$B = 2.128 \text{ m}$$

$$T = 1 \text{ m}$$

$$H = 1.2 \text{ m}$$

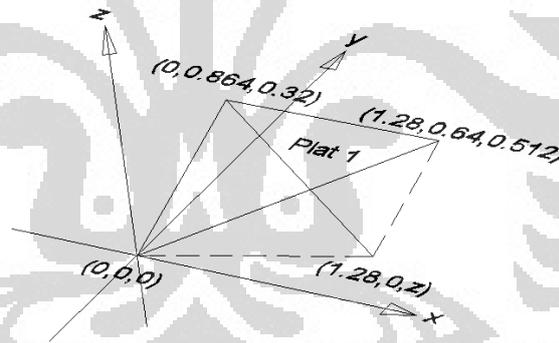
Tabel 3.2 Koreksi ukuran utama kapal

Rasio	Nilai	Range	Koreksi
L/B	5.096805	5--6	Memenuhi
T/B	0.469925	0.45 - 0.48	Memenuhi
B/D	1.773333	1.6 - 1.8	Memenuhi
T/D	0.833333	0.74 - 0.84	Memenuhi
L/D	9.038333	8.5 - 10	Memenuhi
C _b	0.62	0.45 - 0.65	Memenuhi
C _m	0.764	0.72 - 0.82	Memenuhi
C _w	0.871	0.72 - 0.88	Memenuhi

Nilai-nilai di atas tersebut didapatkan setelah membuat rancangan kapal pada *software* Maxsurf. Dalam hal ini pelat-pelat yang saling menekuk pada bagian haluan dan buritan dibuat terlebih dahulu seperti yang akan dijabarkan di bawah ini. Kemudian panjang kapal (L_{pp}) ditentukan dengan memasukkan pelat yang sama dan lurus pada *parallel mid body*. Sehingga dari situ dapat ditentukan dengan *trial and error* untuk memenuhi aspek rasio kapal.

Acuan *lines plan* kapal dimodifikasi agar menjadi kapal yang dapat dibuat dengan menggunakan pelat lurus (bidang). Dalam hal ini hasil desain akan menghasilkan kapal yang berbentuk tidak *stream line*. Desain kapal ini memerlukan daya imajinasi dan kreatifitas untuk menentukan minimal tiga titik koordinat dan satu titik koordinat sisa untuk membentuk suatu bidang lurus dengan bantuan metode perhitungan aljabar linier. Berikut ini adalah perhitungan bidang lurus (pelat) yang digunakan untuk merancang kapal ini dengan menentukan tiga titik koordinat awal.

1. Pelat 1



Gambar 3.1 Titik-titik koordinat pelat 1

$$a = (0, 0, 0) ; b = (0, 0.864, 0.32) ; c = (1.28, 0.64, 0.512) ; d = (1.28, 0, z)$$

$$\vec{X} = (0, 0, 0) + \lambda(0, 0.864, 0.32) + \mu(1.28, 0.64, 0.512)$$

$$x = 1.28\mu$$

$$y = 0.864\lambda + 0.64\mu$$

$$z = 0.32\lambda + 0.512\mu$$

$$y = 0.864\lambda + 0.64\mu \xrightarrow{\times 0.32} 0.32y = 0.27648\lambda + 0.2048\mu$$

$$z = 0.32\lambda + 0.512\mu \xrightarrow{\times 0.864} 0.864z = 0.27648\lambda + 0.442368\mu$$

$$0.32y - 0.864z = -0.237568\mu$$

$$\mu = \frac{x}{1.28} \rightarrow 0.32y - 0.864z = -0.237568 \frac{x}{1.28}$$

$$0.1856x + 0.32y - 0.864z = 0$$

Dengan $x = 1.28$ dan $y = 0$, maka nilai z dapat ditentukan :

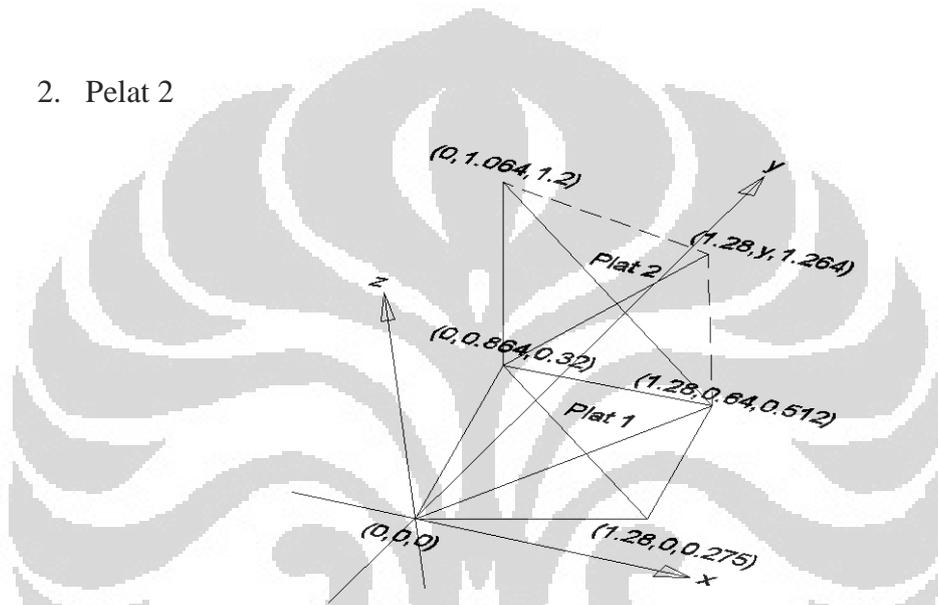
$$0.1856(1.28) + 0.32(0) - 0.864z = 0$$

$$0.237568 = 0.864z$$

$$z = 0.275$$

Jadi koordinat $d = (1.28, 0, 0.275)$

2. Pelat 2



Gambar 3.2 Titik-titik koordinat pelat 1 dan 2

$$a = (0, 0.864, 0.32) ; b = (0, 1.064, 1.2) ; c = (1.28, 0.64, 0.512) ;$$

$$d = (1.28, y, 1.264)$$

$$\bar{X} = (0, 0.864, 0.32) + \lambda(0, 0.2, 0.88) + \mu(1.28, -0.224, 0.192)$$

$$x = 1.28\mu$$

$$y = 0.864 + 0.2\lambda - 0.224\mu$$

$$z = 0.32 + 0.88\lambda + 0.192\mu$$

$$y = 0.864 + 0.2\lambda - 0.224\mu \xrightarrow{\times 0.88}$$

$$0.88y = 0.76032 + 0.176\lambda - 0.19712\mu$$

$$z = 0.32 + 0.88\lambda + 0.192\mu \xrightarrow{\times 0.2} 0.2z = 0.064 + 0.176\lambda + 0.0384\mu$$

$$0.88y - 0.2z = 0.69632 - 0.23552\mu$$

$$\mu = \frac{x}{1.28} \rightarrow 0.88y - 0.2z = 0.69632 - 0.184x$$

$$0.184x + 0.88y - 0.2z = 0.69632$$

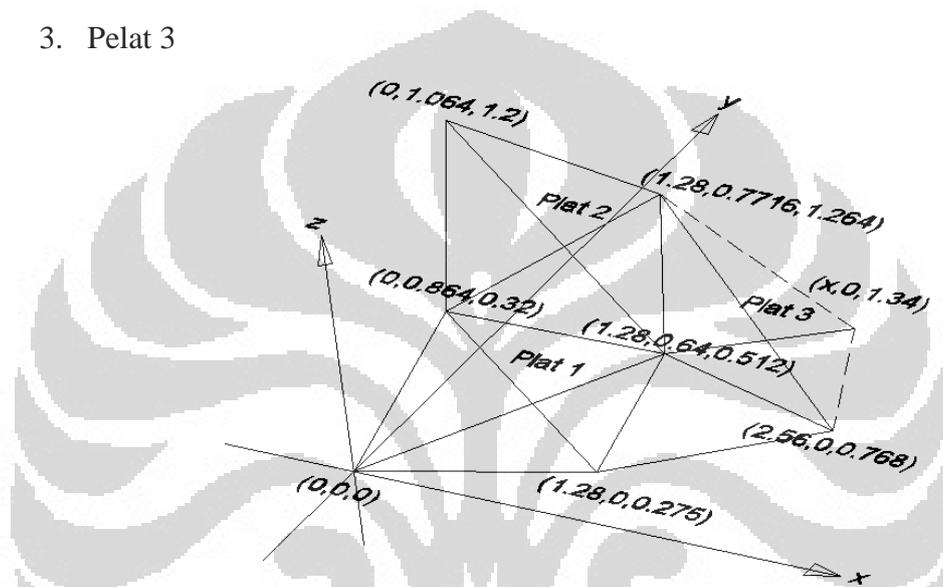
Dengan $x = 1.28$ dan $z = 1.264$, maka nilai y dapat ditentukan :

$$0.184(1.28) + 0.88y - 0.2(1.264) = 0.69632$$

$$y = 0.7716$$

Jadi koordinat $d = (1.28, 0.7716, 1.264)$

3. Pelat 3



Gambar 3.3 Titik-titik koordinat pelat 1, 2, dan 3

$$a = (1.28, 0.64, 0.512) ; b = (1.28, 0.7716, 1.264) ; c = (2.56, 0, 0.768) ;$$

$$d = (x, 0, 1.34)$$

$$\bar{X} = (1.28, 0.64, 0.512) + \lambda(0, 0.1316, 0.752) + \mu(1.28, -0.64, 0.256)$$

$$x = 1.28 + 1.28\mu$$

$$y = 0.64 + 0.1316\lambda - 0.64\mu$$

$$z = 0.512 + 0.752\lambda + 0.256\mu$$

$$y = 0.64 + 0.1316\lambda - 0.64\mu \xrightarrow{\times 0.752}$$

$$0.752y = 0.48128 + 0.0989632\lambda - 0.48128\mu$$

$$z = 0.512 + 0.752\lambda + 0.256\mu \xrightarrow{\times 0.1316}$$

$$0.1316z = 0.0673792 + 0.0989632\lambda + 0.0336896\mu$$

$$0.752y - 0.1316z = 0.4139008 - 0.5149696\mu$$

$$\mu = \frac{(x - 1.28)}{1.28} \rightarrow$$

$$0.752y - 0.1316z = 0.4139008 - 0.5149696 \left(\frac{x - 1.28}{1.28} \right)$$

$$0.752y - 0.1316z = -0.40232x + 0.9288704$$

Dengan $y = 0$ dan $z = 1.34$, maka nilai x dapat ditentukan :

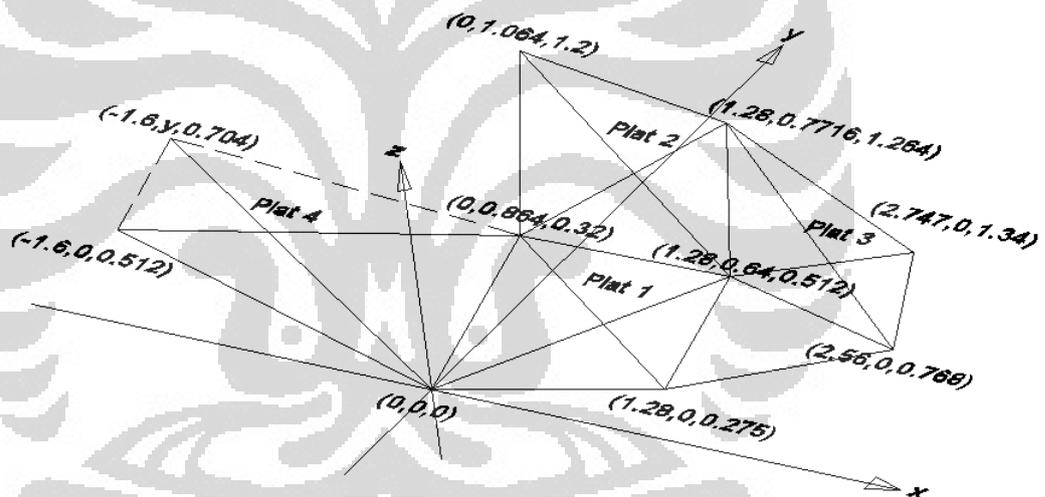
$$0.752(0) - 0.1316(1.34) = -0.40232x + 0.9288704$$

$$x = 2.747$$

Jadi koordinat $d = (2.747, 0, 1.34)$

Pelat segitiga di bawah pelat 3 akan terbentuk dengan sendirinya karena koordinat-koordinatnya sudah diketahui dari perhitungan sebelumnya.

4. Pelat 4



Gambar 3.4 Titik-titik koordinat pelat 1, 2, 3, dan 4

$$a = (0, 0, 0) ; b = (0, 0.864, 0.32) ; c = (-1.6, 0, 0.512) ; d = (-1.6, y, 0.704)$$

$$\bar{X} = (0, 0, 0) + \lambda(0, 0.864, 0.32) + \mu(-1.6, 0, 0.512)$$

$$x = -1.6\mu \rightarrow \mu = -\frac{x}{1.6}$$

$$y = 0.864\lambda \rightarrow \lambda = \frac{y}{0.864}$$

$$z = 0.32\lambda + 0.512\mu$$

$$z = 0.32 \frac{y}{0.864} - 0.512 \frac{x}{1.6}$$

$$z = 0.37037y - 0.32x$$

$$0.32x - 0.37037y + z = 0$$

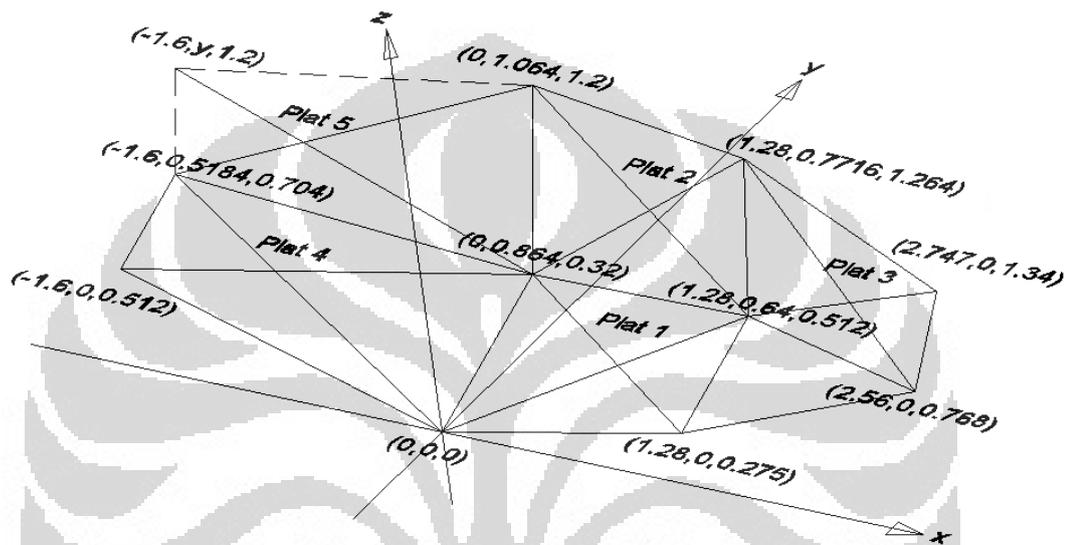
Dengan $x = -1.6$ dan $z = 0.704$, maka nilai y dapat ditentukan :

$$0.32(-1.6) - 0.37037y + 0.704 = 0$$

$$y = 0.5184$$

Jadi koordinat $d = (-1.6, 0.5184, 0.704)$

5. Pelat 5



Gambar 3.5 Titik-titik koordinat pelat 1, 2, 3, 4, dan 5

$$a = (0, 0.864, 0.32) ; b = (-1.6, 0.5184, 0.704) ; c = (0, 1.064, 1.2) ;$$

$$d = (-1.6, y, 1.2)$$

$$\bar{X} = (0, 0.864, 0.32) + \lambda(-1.6, -0.3456, 0.384) + \mu(0, 0.2, 0.88)$$

$$x = -1.6\lambda$$

$$y = 0.864 - 0.3456\lambda + 0.2\mu$$

$$z = 0.32 + 0.384\lambda + 0.88\mu$$

$$y = 0.864 - 0.3456\lambda + 0.2\mu \xrightarrow{\times 0.88}$$

$$0.88y = 0.76032 - 0.304128\lambda + 0.176\mu$$

$$z = 0.32 + 0.384\lambda + 0.88\mu \xrightarrow{\times 0.2}$$

$$0.2z = 0.064 + 0.0768\lambda + 0.176\mu$$

$$0.88y - 0.2z = 0.69632 - 0.380928\lambda$$

$$\lambda = \frac{-x}{1.6} \rightarrow 0.88y - 0.2z = 0.69632 - 0.380928 \left(-\frac{x}{1.6} \right)$$

$$-0.23808x + 0.88y - 0.2z = 0.69632$$

Dengan $x = -1.6$ dan $z = 1.2$, maka nilai y dapat ditentukan :

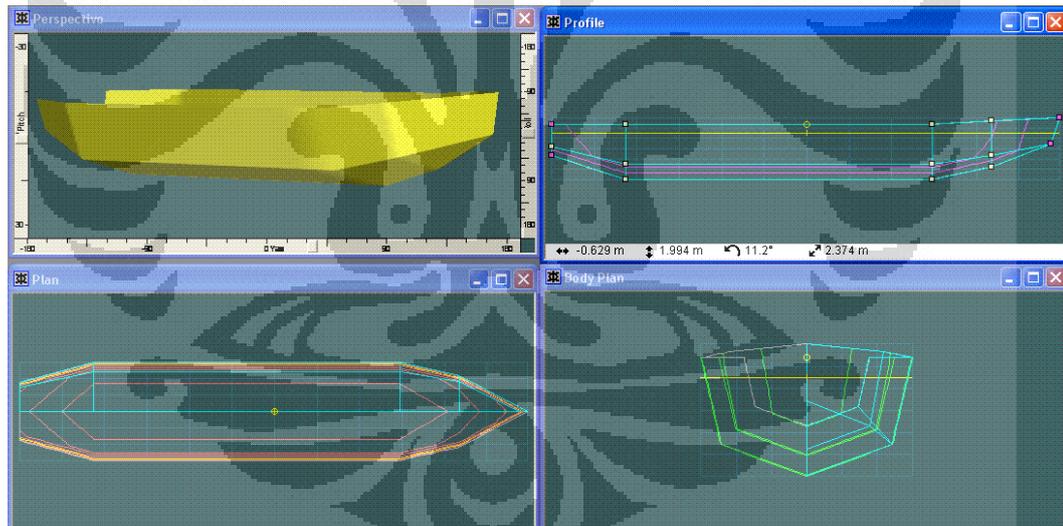
$$-0.23808(-1.6) + 0.88y - 0.2(1.2) = 0.69632$$

$$y = 0.63113$$

Jadi koordinat $d = (-1.6, 0.63113, 1.2)$

Diantara pelat 2 dan 5 dan juga pelat 1 dan 4 akan dimasukkan *parallel mid body* yang titik koordinatnya telah terbentuk pada titik-titik pelat tersebut. Dari sini panjang kapal dapat ditentukan dengan menentukan panjang *parallel mid body* yang dimasukkan dan didapatkan panjang *parallel mid body* adalah 6.61 m.

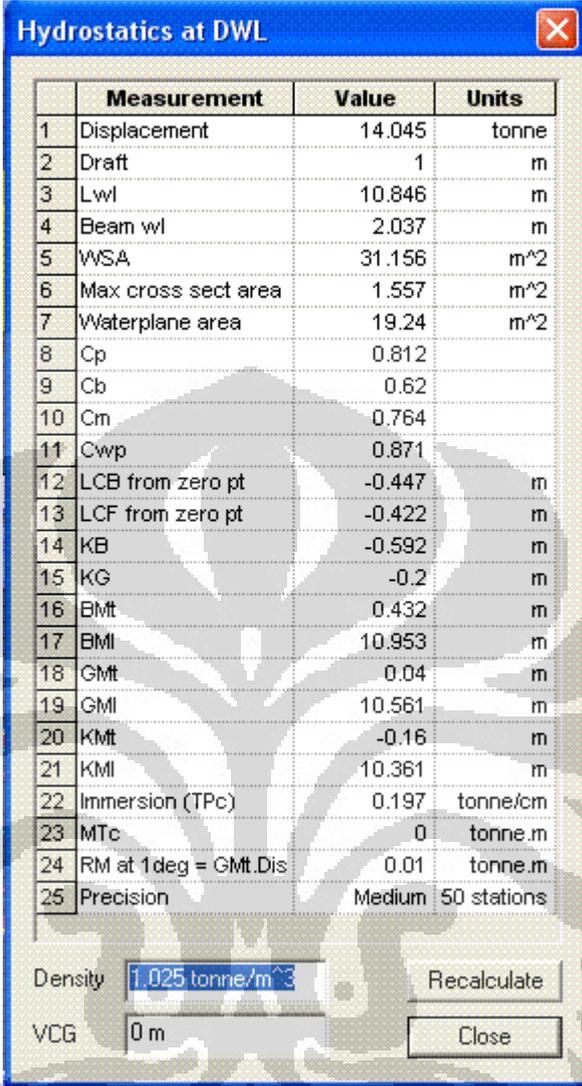
Dengan menggunakan *software* Maxsurf maka dapat dibuat gambaran kapal tersebut dengan memasukkan koordinat yang telah didapatkan dengan acuan garis tetap (*datum*) adalah *midship* dan garis sarat tertinggi. Hasil desain penggabungan titik-titik koordinat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.6 *Lines plan* kapal modifikasi

Dari hasil pengolahan data sementara Maxsurf bisa didapatkan nilai hidrostatis untuk karakteristik-karakteristik kapal pada sarat air maksimal sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data hidrostatis pada sarat air maksimal



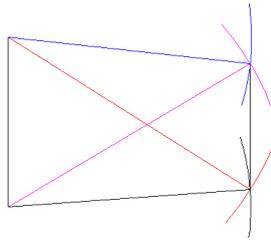
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	14.045	tonne
2	Draft	1	m
3	Lwl	10.846	m
4	Beam wl	2.037	m
5	WSA	31.156	m ²
6	Max cross sect area	1.557	m ²
7	Waterplane area	19.24	m ²
8	Cp	0.812	
9	Cb	0.62	
10	Cm	0.764	
11	Cwp	0.871	
12	LCB from zero pt	-0.447	m
13	LCF from zero pt	-0.422	m
14	KB	-0.592	m
15	KG	-0.2	m
16	BMt	0.432	m
17	BMI	10.953	m
18	GMt	0.04	m
19	GMI	10.561	m
20	KMt	-0.16	m
21	KMI	10.361	m
22	Immersion (TPc)	0.197	tonne/cm
23	MTc	0	tonne.m
24	RM at 1deg = GMt.Dis	0.01	tonne.m
25	Precision	Medium	50 stations

Density: 1.025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

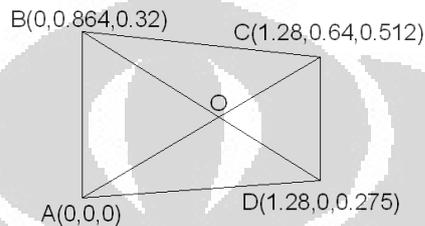
3.1.2 Shell Expansion

Dalam membuat shell expansion maka kita harus mengetahui panjang tiap sisi dan diagonal dari masing-masing pelat. Kemudian dengan membuat persamaan matematika perpotongan dua garis (diagonal) maka kita dapat mengetahui titik potong kedua diagonal. Dengan mengukur panjang dari titik tertentu ke titik potong diagonal maka bidang dapat dibuat dengan lebih presisi. Kemudian dengan bantuan jangka atau penggaris dapat diketahui perpotongan antara salah satu garis diagonal dengan salah satu panjang dari sisi pelat seperti yang terdapat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.7 Penentuan pelat untuk *shell expansion*

1. Pelat 1



Gambar 3.8 Pelat 1

$$AC = (0, 0, 0) + \lambda(1.28, 0.64, 0.512)$$

$$BD = (0, 0.864, 0.32) + \mu(1.28, -0.864, -0.045)$$

Agar berpotongan maka $AC = BD$

$$1.28\lambda = 1.28\mu$$

$$0.64\lambda = 0.864 - 0.864\mu$$

$$0.512\lambda = 0.32 - 0.045\mu$$

$$\lambda = \mu \rightarrow 0.64\lambda = 0.864 - 0.864\lambda$$

$$\lambda = 0.5745$$

$$\text{Jadi : } x = 1.28\lambda = 1.28 \times 0.5745 = 0.7354$$

$$y = 0.64\lambda = 0.64 \times 0.5745 = 0.3677$$

$$z = 0.512\lambda = 0.512 \times 0.5745 = 0.294$$

Titik perpotongan adalah $O = (0.7354, 0.3677, 0.294)$

$$\overline{AO} = \sqrt{0.7354^2 + 0.3677^2 + 0.294^2} = \sqrt{0.7624} = 0.873$$

$$\overline{BO} = \sqrt{0.7354^2 + 0.4963^2 + 0.026^2} = \sqrt{0.7878} = 0.888$$

$$\overline{AB} = \sqrt{0.864^2 + 0.32^2} = \sqrt{0.849} = 0.921$$

$$\overline{BC} = \sqrt{1.28^2 + 0.224^2 + 0.192^2} = \sqrt{1.72544} = 1.314$$

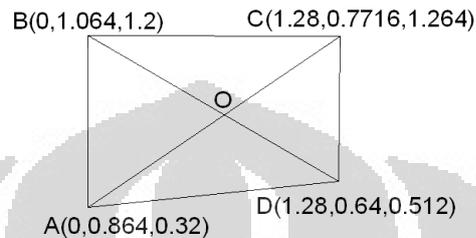
$$\overline{CD} = \sqrt{0.64^2 + 0.237^2} = \sqrt{0.4658} = 0.682$$

$$\overline{AD} = \sqrt{1.28^2 + 0.275^2} = \sqrt{1.714} = 1.309$$

$$\overline{AC} = \sqrt{1.28^2 + 0.64^2 + 0.512^2} = \sqrt{2.31} = 1.52$$

$$\overline{BD} = \sqrt{1.28^2 + 0.864^2 + 0.045^2} = \sqrt{2.387} = 1.545$$

2. Pelat 2



Gambar 3.9 Pelat 2

$$AC = (0, 0.864, 0.32) + \lambda(1.28, -0.0924, 0.944)$$

$$BD = (0, 1.064, 1.2) + \mu(1.28, -0.424, -0.688)$$

Agar berpotongan maka $AC = BD$

$$1.28\lambda = 1.28\mu$$

$$0.864 - 0.0924\lambda = 1.064 - 0.424\mu$$

$$0.32 + 0.944\lambda = 1.2 - 0.688\mu$$

$$\lambda = \mu \rightarrow 0.864 - 0.0924\lambda = 1.064 - 0.424\mu$$

$$\lambda = 0.603$$

$$\text{Jadi : } x = 1.28\lambda = 1.28 \times 0.603 = 0.772$$

$$y = 0.864 - 0.0924\lambda = 0.864 - 0.0924(0.603) = 0.808$$

$$z = 0.32 + 0.944\lambda = 0.32 + 0.944(0.603) = 0.889$$

Titik perpotongan adalah $O = (0.772, 0.808, 0.889)$

$$\overline{AO} = \sqrt{0.772^2 + 0.056^2 + 0.569^2} = \sqrt{0.923} = 0.961$$

$$\overline{BO} = \sqrt{0.772^2 + 0.256^2 + 0.311^2} = \sqrt{0.758} = 0.871$$

$$\overline{AB} = \sqrt{0.2^2 + 0.88^2} = \sqrt{0.8144} = 0.902$$

$$\overline{BC} = \sqrt{1.28^2 + 0.2924^2 + 0.064^2} = \sqrt{1.728} = 1.314$$

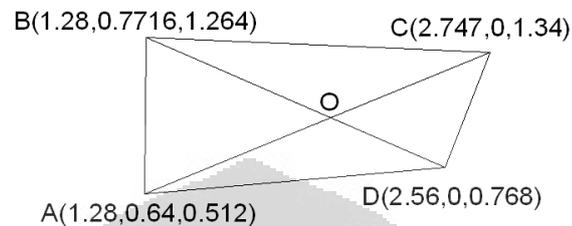
$$\overline{CD} = \sqrt{0.1316^2 + 0.752^2} = \sqrt{0.583} = 0.763$$

$$\overline{AD} = \sqrt{1.28^2 + 0.224^2 + 0.192^2} = \sqrt{1.72544} = 1.314$$

$$\overline{AC} = \sqrt{1.28^2 + 0.0924^2 + 0.944^2} = \sqrt{2.538} = 1.593$$

$$\overline{BD} = \sqrt{1.28^2 + 0.424^2 + 0.688^2} = \sqrt{2.29152} = 1.514$$

3. Pelat 3



Gambar 3.10 Pelat 3

$$AC = (1.28, 0.64, 0.512) + \lambda(1.467, -0.64, 0.828)$$

$$BD = (1.28, 0.7716, 1.264) + \mu(1.28, -0.7716, -0.496)$$

Agar berpotongan maka $AC = BD$

$$1.28 + 1.467\lambda = 1.28 + 1.28\mu$$

$$0.64 - 0.64\lambda = 0.7716 - 0.7716\mu$$

$$0.512 + 0.828\lambda = 1.264 - 0.496\mu$$

$$1.467\lambda = 1.28\mu$$

$$\mu = 1.146\lambda \rightarrow 0.64 - 0.64\lambda = 0.7716 - 0.7716(1.146\lambda)$$

$$\lambda = 0.539$$

$$\text{Jadi: } x = 1.28 + 1.467\lambda = 1.28 + 1.467(0.539) = 2.071$$

$$y = 0.64 - 0.64\lambda = 0.64 - 0.64(0.539) = 0.295$$

$$z = 0.512 + 0.828\lambda = 0.512 + 0.828(0.539) = 0.958$$

Titik perpotongan adalah $O = (2.071, 0.295, 0.958)$

$$\overline{AO} = \sqrt{0.791^2 + 0.345^2 + 0.446^2} = \sqrt{0.9436} = 0.971$$

$$\overline{BO} = \sqrt{0.791^2 + 0.4766^2 + 0.306^2} = \sqrt{0.9465} = 0.973$$

$$\overline{AB} = \sqrt{0.1316^2 + 0.752^2} = \sqrt{0.583} = 0.763$$

$$\overline{BC} = \sqrt{1.467^2 + 0.7716^2 + 0.076^2} = \sqrt{2.753} = 1.659$$

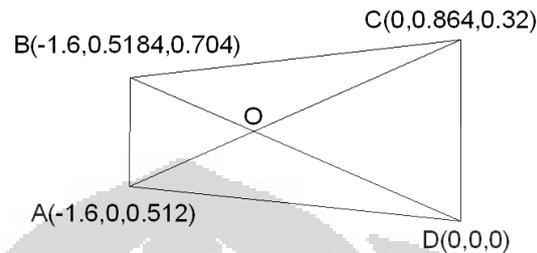
$$\overline{CD} = \sqrt{0.187^2 + 0.572^2} = \sqrt{0.362} = 0.602$$

$$\overline{AD} = \sqrt{1.28^2 + 0.64^2 + 0.256^2} = \sqrt{2.1135} = 1.454$$

$$\overline{AC} = \sqrt{1.467^2 + 0.64^2 + 0.828^2} = \sqrt{3.2473} = 1.802$$

$$\overline{BD} = \sqrt{1.28^2 + 0.7716^2 + 0.496^2} = \sqrt{2.4798} = 1.575$$

4. Pelat 4



Gambar 3.11 Pelat 4

$$AC = (-1.6, 0, 0.512) + \lambda(1.6, 0.864, -0.192)$$

$$BD = (-1.6, 0.5184, 0.704) + \mu(1.6, -0.5184, -0.704)$$

Agar berpotongan maka $AC = BD$

$$-1.6 + 1.6\lambda = -1.6 + 1.6\mu$$

$$0.864\lambda = 0.5184 - 0.5184\mu$$

$$0.512 - 0.192\lambda = 0.704 - 0.704\mu$$

$$\lambda = \mu \rightarrow 0.864\lambda = 0.5184 - 0.5184\lambda$$

$$\lambda = 0.375$$

$$\text{Jadi : } x = -1.6 + 1.6\lambda = -1.6 + 1.6(0.375) = -1$$

$$y = 0.864\lambda = 0.864(0.375) = 0.324$$

$$z = 0.512 - 0.192\lambda = 0.512 - 0.192(0.375) = 0.44$$

Titik perpotongan adalah $O = (-1, 0.324, 0.44)$

$$\overline{AO} = \sqrt{0.6^2 + 0.324^2 + 0.072^2} = \sqrt{0.47016} = 0.686$$

$$\overline{BO} = \sqrt{0.6^2 + 0.1944^2 + 0.264^2} = \sqrt{0.4675} = 0.684$$

$$\overline{AB} = \sqrt{0.5184^2 + 0.192^2} = \sqrt{0.3056} = 0.553$$

$$\overline{BC} = \sqrt{1.6^2 + 0.3456^2 + 0.384^2} = \sqrt{2.8269} = 1.681$$

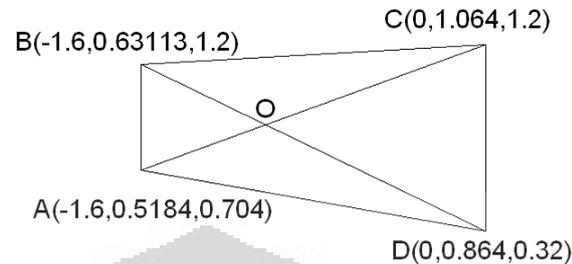
$$\overline{CD} = \sqrt{0.864^2 + 0.32^2} = \sqrt{0.8489} = 0.921$$

$$\overline{AD} = \sqrt{1.6^2 + 0.512^2} = \sqrt{2.822} = 1.68$$

$$\overline{AC} = \sqrt{1.6^2 + 0.864^2 + 0.192^2} = \sqrt{3.34336} = 1.828$$

$$\overline{BD} = \sqrt{1.6^2 + 0.5184^2 + 0.704^2} = \sqrt{3.324} = 1.823$$

5. Pelat 5



Gambar 3.12 Pelat 5

$$AC = (-1.6, 0.5184, 0.704) + \lambda(1.6, 0.5456, 0.496)$$

$$BD = (-1.6, 0.63113, 1.2) + \mu(1.6, 0.23287, -0.88)$$

Agar berpotongan maka $AC = BD$

$$-1.6 + 1.6\lambda = -1.6 + 1.6\mu$$

$$0.5184 + 0.5456\lambda = 0.63113 + 0.23287\mu$$

$$0.704 + 0.496\lambda = 1.2 - 0.88\mu$$

$$\lambda = \mu \rightarrow 0.5184 + 0.5456\lambda = 0.63113 + 0.23287\lambda$$

$$\lambda = 0.36$$

$$\text{Jadi : } x = -1.6 + 1.6\lambda = -1.6 + 1.6(0.36) = -1.024$$

$$y = 0.5184 + 0.5456\lambda = 0.5184 + 0.5456(0.36) = 0.715$$

$$z = 0.704 + 0.496\lambda = 0.704 + 0.496(0.36) = 0.883$$

Titik perpotongan adalah $O = (-1.024, 0.715, 0.883)$

$$\overline{AO} = \sqrt{0.576^2 + 0.1966^2 + 0.179^2} = \sqrt{0.4025} = 0.634$$

$$\overline{BO} = \sqrt{0.576^2 + 0.08387^2 + 0.317^2} = \sqrt{0.439} = 0.663$$

$$\overline{AB} = \sqrt{0.11273^2 + 0.496^2} = \sqrt{0.2587} = 0.509$$

$$\overline{BC} = \sqrt{1.6^2 + 0.43287^2} = \sqrt{2.7474} = 1.657$$

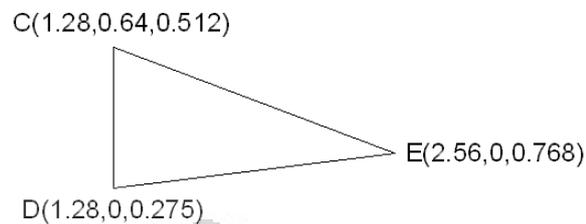
$$\overline{CD} = \sqrt{0.2^2 + 0.88^2} = \sqrt{0.8144} = 0.902$$

$$\overline{AD} = \sqrt{1.6^2 + 0.3456^2 + 0.384^2} = \sqrt{2.827} = 1.681$$

$$\overline{AC} = \sqrt{1.6^2 + 0.5456^2 + 0.496^2} = \sqrt{3.104} = 1.762$$

$$\overline{BD} = \sqrt{1.6^2 + 0.23287^2 + 0.88^2} = \sqrt{3.3886} = 1.841$$

6. Pelat segitiga



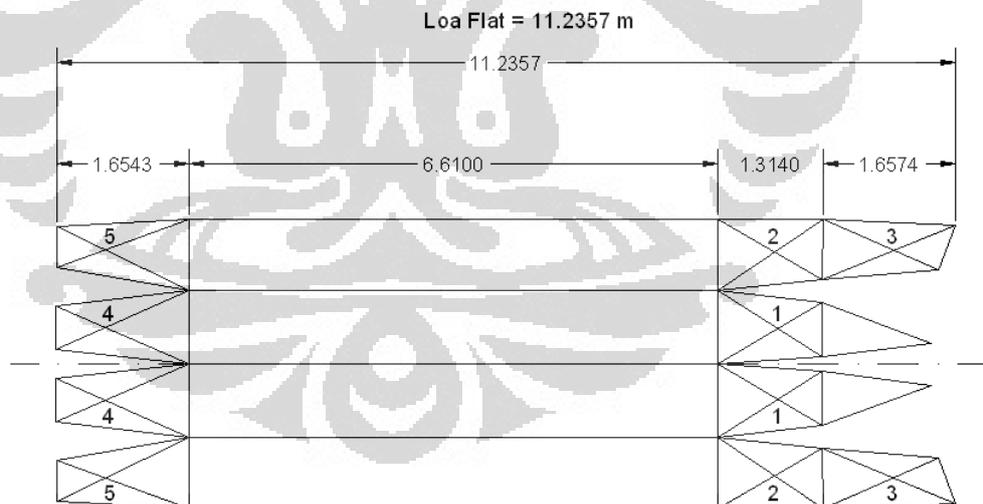
Gambar 3.13 Pelat segitiga

$$\overline{DC} = \sqrt{0.64^2 + 0.237^2} = \sqrt{0.4658} = 0.682$$

$$\overline{CE} = \sqrt{1.28^2 + 0.64^2 + 0.256^2} = \sqrt{2.1135} = 1.454$$

$$\overline{DE} = \sqrt{1.28^2 + 0.493^2} = \sqrt{1.881449} = 1.372$$

Dari seluruh perhitungan di atas maka dapat dibuat *shell expansion* dan hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.14 Shell expansion

3.1.3 Estimasi Sementara Tenaga Penggerak

Penentuan besar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan pendekatan metode Admiralty, dimana besarnya daya yang disalurkan ke poros adalah

$$\text{SHP} = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{Ac} \quad \text{(3.1)}$$

Dimana: Δ = Displacement sarat maksimum = 14.045 t

V = Kecepatan service kapal (knot) = 10 knot

Ac = Kostanta Admiralty

$$= \frac{100}{9} \sqrt{L_{pp}(ft) + 7}$$

$$= \frac{100}{9} \sqrt{10.846 \div 0.3048 ft + 7}$$

$$= 144.06$$

$$\text{SHP} = \frac{14.045^{2/3} \times 10^3}{144.06} \quad \text{HP} = 40.41 \text{ HP}$$

Untuk menjamin mesin beroperasi pada kecepatan maksimal secara kontinyu, maka besar daya mesin terpasang 15% lebih besar dari daya yang dibutuhkan ke poros. Besar daya mesin minimum :

$$\text{BHP} = 1.15 \times 40.41$$

$$= 46.5 \text{ HP}$$

Maka dalam perhitungan selanjutnya, diambil daya mesin **BHP = 50 HP**

3.1.4 Estimasi LWT (*Light Weight Tonnage*)

Berat kapal kosong untuk kapal ikan terdiri dari berat baja kapal, berat mesin utama, dan berat peralatan tangkap ikan.

d. Berat baja kapal (BK)

$$\text{BK} = 0.102 \times L \times B \times T \quad (3.2)$$

$$= 0.102 \times 10.865 \times 2.128 \times 1.2$$

$$= 2.83 \text{ ton}$$

e. Berat mesin utama (BM)

Dari estimasi sementara tenaga penggerak didapatkan besar BHP adalah 50 HP. Oleh karena itu akan digunakan daya mesin yang lebih besar dan dipilih mesin Yamaha F50 dengan kapasitas sebesar 50 HP.



Gambar 3.15 Mesin utama yang akan digunakan

Tabel 3.4 Spesifikasi mesin kapal

	F90hp	F75hp	F60hp	F50hp	F40hp	F25hp
Engine Type	4 cyl.	4 cyl.	4 cyl.	4 cyl.	3 cyl.	2 cyl.
Displacement	97 ci (1596 cc)	97 ci (1596 cc)	60.8 ci (996 cc)	60.8 ci (996 cc)	45.6 ci (747 cc)	30.4 ci (498 cc)
RPM Range	5000-6000	5000-6000	5000-6000	5000-6000	5000-6000	5000-6000
Alternator Output @ W.O.T.	25A	25A	17A	17A	16A	13A
Compression Ratio	9.6:1	9.6:1	9.5:1	9.5:1	9.87:1	9.4:1
Fuel/Induction System	DOHC Fuel Injection	DOHC Fuel Injection	SOHC Fuel Injection	SOHC Fuel Injection	SOHC Fuel Injection	SOHC Carb
Lubrication	Wet Sump					
Ignition System	TCI Micro Computer	TCI Micro Computer	TCI Micro Computer	TCI Micro Computer	CDI Micro Computer	CDI Micro Computer
Starting System	Electric	Electric	Electric	Electric	Electric	Manual or Electric
Shaft Length	20 in., 25 in.	20 in.	20 in.	20 in.	20 in.	15 in, 20 in
Gear Ratio	13:30 (2.31)	13:30 (2.31)	13:24 (1.85)	13:24 (1.85)	13:26 (2.00)	13:27 (2.08)
C.A.R.B. Rating	3-Star	3-Star	3-Star	3-Star	3-Star	3-Star
Weight*	369 lb (168 kg)	369 lb (168 kg)	237 lb (108 kg)	237 lb (108 kg)	214 lb (97 kg)	170 lb (77 kg)
Warranty	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial	3 Year Limited Pleasure Boat - 1 Year Limited Commercial

Dapat dilihat pada brosur di atas bahwa untuk kapal dengan tenaga penggerak sebesar 50 HP memiliki berat mesin 108 kg = 0.108 ton

f. Berat peralatan tangkap ikan (BT)

Diasumsikan berat jaring dan peralatan yang digunakan adalah seberat 100 kg = 0.1 ton

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi LWT} &= \text{BK} + \text{BM} + \text{BT} & (3.3) \\
 &= 2.83 + 0.108 + 0.1 \\
 &= 3.038 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3.1.5 Estimasi DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan *Payload*

Unsur-unsur yang termasuk dalam komponen DWT terdiri dari :

$$\text{DWT}_2 = \text{Pay Load} + [\text{consumables}(W_1) + \text{Crew}(W_2) + \text{Luggage}(W_3) + \text{Genset}(W_g)] \quad (3.4)$$

dimana consumables terdiri dari :

- berat bahan bakar (W_{fo})
- berat minyak pelumas (W_{lub})
- berat air tawar (W_{fw})
- berat makanan (W_{prov})

Pay load = DWT rancangan – (consumables + crew + luggage)

1. Berat Consumables (W_1)

$$\text{Berat consumables } (W_1) = W_{fo} + W_{lub} + W_{fw} + W_{prov}. \quad (3.5)$$

1.1 Berat Bahan Bakar (W_{fo})

$$W_{fo} = (\text{BHP}_{me} \times b_{me}) \times \frac{Cr}{V_s} \times 10^{-6} \times k \quad (3.6)$$

dimana : BHP_{me} = BHP mesin utama (kW)

$$= 50 \text{ HP} / 1.341 \text{ kW} = 37.3 \text{ kW}$$

b_{me} = angka spesifik konsumsi pemakaian bahan bakar mesin utama (205 – 211 gr/kW)

Cr = 200 nm (nautical miles)

V_s = 10 knot

K = konstanta (1.3 – 1.5) ; diambil = 1.3

$$W_{fo} = (37.3 \times 205) \times \frac{200}{10} \times 10^{-6} \times 1.3$$

$$= 0.2 \text{ ton}$$

1.2 Berat Minyak Pelumas (W_{lub})

$$\begin{aligned}
 W_{lub} &= 3\% \times W_{fo} & (3.7) \\
 &= 0.03 \times 0.2
 \end{aligned}$$

$$= 0.006 \text{ ton}$$

1.3 Berat Air Tawar (W_{fw})

$$W_{fw} = N \times t \times C_{fw} \quad (3.8)$$

dimana: N = jumlah kru,

$$t = \text{waktu pelayaran} = \frac{Cr}{Vs} = \frac{200}{10} = 20 \text{ jam}$$

$$= 1 \text{ hari}$$

C_{fw} = Kebutuhan konsumsi air tawar, diambil
= 20 kg/orang/hari.

$$W_{fw} = 2 \times 1 \times 20 = 40 \text{ kg} = 0.040 \text{ ton}$$

1.4 Berat Makanan ($W_{prov.}$)

$$W_{prov.} = N \times t \times C_{prov.} \quad (3.9)$$

dimana : N = jumlah kru = 2 orang

t = waktu pelayaran = 2 hari

$C_{prov.}$ = kebutuhan konsumsi makanan

= (3 – 5 kg/orang/hari)

diambil maksimal = 5 kg/orang/hari

$$W_{prov.} = 2 \times 2 \times 5 = 20 \text{ kg} = 0.020 \text{ ton}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Berat consumables } (W_1) &= W_{fo} + W_{lub} + W_{fw} + W_{prov.} \\ &= 0.2 + 0.006 + 0.04 + 0.02 \\ &= 0.266 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Berat Kru (W_2)

$$\text{Berat kru } (W_2) = N \times C_{crew} \quad (3.10)$$

dimana : $C_{crew} = 75 \text{ kg/orang}$

$$(W_2) = 2 \times 75 = 150 \text{ kg} = 0.15 \text{ ton}$$

3. Berat Luggage (W_3)

$$\text{Luggage } (W_3) = N \times C_{lugg.} \quad (3.11)$$

dimana : $C_{lugg} = 40 \text{ kg/orang (jarak pendek)}$
 $= 60 \text{ kg/orang (jarak jauh)}$

$$(W_3) = 2 \times 40 = 80 \text{ kg} = \mathbf{0.08 \text{ ton}}$$

4. Berat Genset (Wg)

Estimasi kebutuhan daya genset yang dibutuhkan adalah maksimum 900 W, maka dapat dipilih genset dengan spesifikasi sebagai berikut :

Nama	: Genset Portable
Merk	: NLG tipe TG1200
Berat	: 22.5 kg = 0.0225 ton
Daya output maksimum	: 0.9 KVA/900 Watt (at 50 Hz)
Daya output rata-rata	: 0.75 KVA/750 Watt (at 50 Hz)
Frekuensi rata-rata	: 50 Hz
Voltase rata-rata	: AC 220V/1 Phase/DC 12 V/8.3A
Model Mesin	: NLG – 2.0 HP
Tipe mesin	: 2stroke, Forced Air cooled, 1 cylinder 63cc
Sistem starter	: Recoil
Kapasitas tangki	: 4 L
Dimensi	: 382 x 435 x 590 mm
Lama operasi	: 6.8 jam (beban kerja 50%)



Gambar 3.16 Genset portable

5. Berat Pay Load

$$\text{Displacement} = \text{DWT} + \text{LWT} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= \text{Displacement} - \text{LWT} \\ &= 14.045 - 3.038 \end{aligned}$$

$$= 11.007 \text{ ton}$$

$$\text{Pay load} = \text{DWT} - (\text{consumables} + \text{crew} + \text{luggage} + \text{genset})$$

$$= 11.007 - (0.266 + 0.15 + 0.08 + 0.0225)$$

$$= 10.49 \text{ ton}$$

3.2 Penentuan Pelat dan Profil

Dalam melakukan analisis konstruksi kapal dengan membandingkan konstruksi standar dan konstruksi silang hasil modifikasi untuk menentukan efisiensi kekuatan, material, dan *cost* yang digunakan maka hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan efisiensi tersebut dilihat dari konstruksi pelat dasar yang digunakan sebagai asumsi bahwa kapal yang dibangun berdasarkan kedua konstruksi tersebut dapat memperlihatkan hasil efisiensi awal.

3.2.1 Spesifikasi Pelat

Pelat yang akan digunakan mengacu pada beberapa peraturan klasifikasi seperti BKI, Lloyd Register, dan Bureau Veritas. Hal ini dimaksudkan untuk membandingkan karakteristik pelat yang digunakan oleh masing-masing klasifikasi.

a. Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Baja yang digunakan untuk pelat dan gading-gading adalah jenis baja dari “*hot rolled plates*” dan memiliki kekuatan struktur lambung minimal adalah sebagai berikut :

- Minimum upper yield point $R_{EH} = 235 \text{ N/mm}^2$
- Tensile strength $R_M = 400 - 520 \text{ N/mm}^2$

b. Lloyd Register (LR)

Konstruksi yang ditentukan dari peraturan ini menggunakan baja jenis “*mild steel*” yang memiliki *mechanical properties* di bawah ini :

- Minimum yield strength = 235 N/mm^2
- Tensile strength = $400 - 490 \text{ N/mm}^2$
- Modulus of elasticity = $200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$

c. Bureau Veritas (BV)

Jenis baja yang digunakan adalah “*hot rolled plates*” dan memiliki *mechanical properties* di bawah ini :

- Minimum upper yield point $R_{EH} = 235 \text{ N/mm}^2$
- Tensile strength $R_M = 400 - 520 \text{ N/mm}^2$

Dari ketiga spesifikasi pelat dapat disimpulkan bahwa karakteristik pelat yang memenuhi standar klasifikasi adalah memiliki minimum *yield strength* sebesar 235 N/mm^2 dan minimum *tensile strength* sebesar 400 N/mm^2 . Oleh karena itu dalam pemilihan material maka dipilih material baja ASTM 36 dengan karakteristik sebagai berikut :

- Elastic modulus = 199947.98 N/mm^2
- Poisson's ratio = 0.3
- Shear modulus = 76903.07 N/mm^2
- Thermal expansion coefficient = 1.17×10^{-5}
- Mass density = 7.849 ton/m^3
- Tensile strength = 399.896 N/mm^2
- Yield strength = 248.2113 N/mm^2

3.2.2 Penentuan Beban dan Ketebalan Pelat

Beban luar untuk sisi dan alas kapal

c. Sisi Kapal

Beban luar (h_s) untuk penentuan konstruksi sisi kapal adalah :

$$h_s = Z_2 + c \left(1 - \frac{Z_2}{2T} + b \right) \text{ (t/m}^2\text{)} \quad (3.13)$$

dimana :

Z_2 = jarak tegak antara garis muat dan batas bawah pelat atau pertengahan dari panjang L yang tidak tertumpu / tinggi sarat

$$= 1 \text{ m}$$

$$c = 0.023 L \text{ (t/m}^2\text{)} ; \text{ untuk } L < 100 \text{ m} \quad (3.14)$$

$$= 0.023 \times 10.846$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.25 \text{ t/m}^2 \\
 b &= 0 \text{ untuk daerah } 0.6 L \text{ tengah kapal} \\
 &= 0.7 - 3.5 \frac{X}{L}
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

untuk daerah $0 \leq X/L \leq 0,2$ maka yang diambil adalah 0.1, sehingga :

$$\begin{aligned}
 b &= 0.7 - (3.5 \times 0.1) \\
 &= 0.35
 \end{aligned}$$

jadi :

$$\begin{aligned}
 h_s &= 1 + 0.25 \left(1 - \frac{1}{2 \times 1} + 0.35 \right) (\text{t/m}^2) \\
 &= 1.21 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

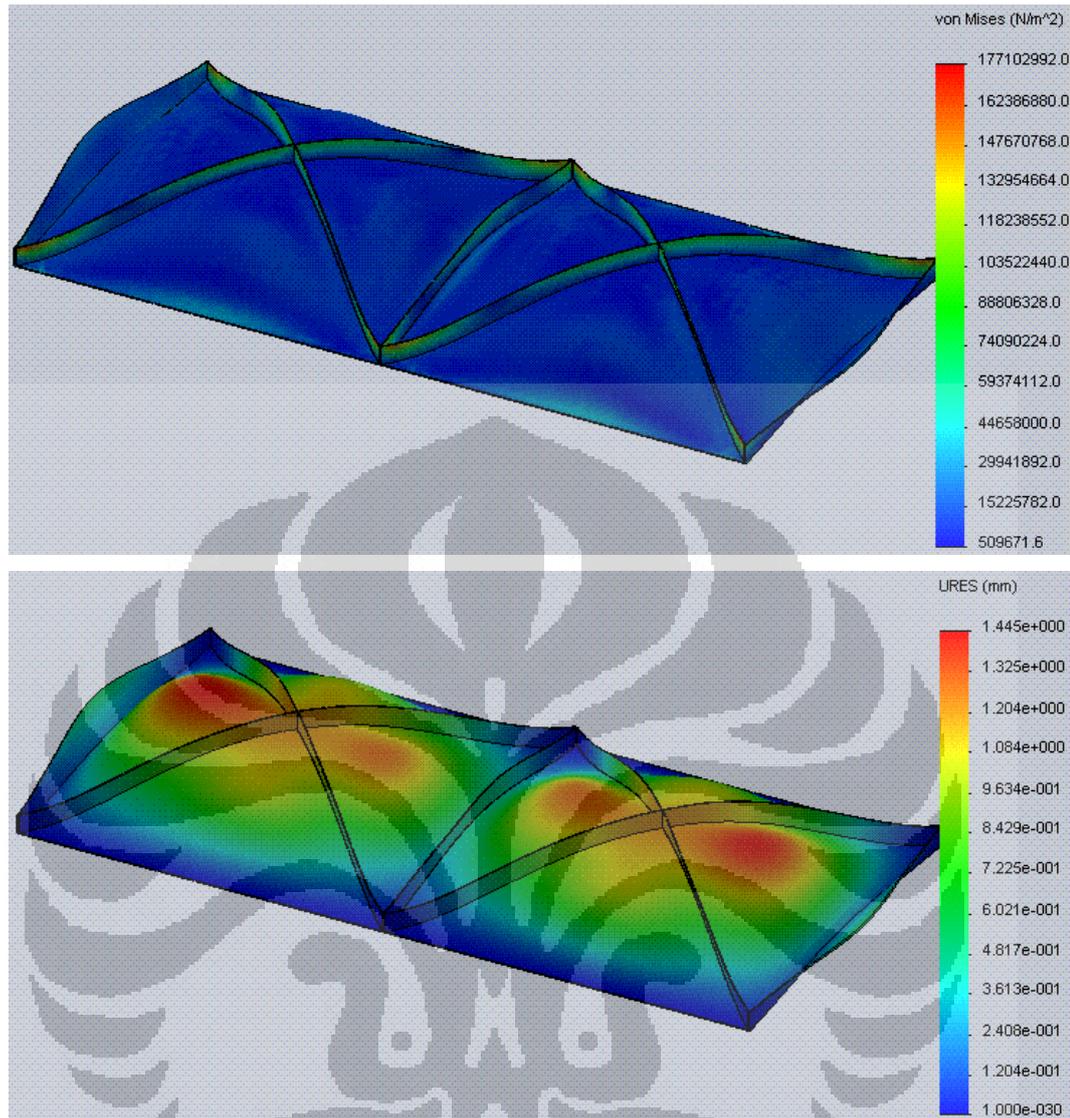
d. Alas Kapal

Beban luar (hb) untuk penentuan konstruksi alas kapal.

$$\begin{aligned}
 hb &= T + c (0.5 + b) (\text{t/m}^2) \\
 &= 1 + 0.25 (0.5 + 0.35) (\text{t/m}^2) \\
 &= 1.21 \text{ t/m}^2
 \end{aligned} \tag{3.16}$$

Beban yang digunakan adalah beban untuk sisi kapal atau alas kapal yaitu sebesar $1.21 \text{ t/m}^2 = 11866.05 \text{ N/m}^2$. Pelat minimum yang digunakan adalah berukuran $2\text{m} \times 1\text{m}$.

- a. Pelat konstruksi silang berukuran $2\text{m} \times 1\text{m}$ dengan tebal pelat 3 mm dan ukuran profile gading utama = gading biasa = gading silang = 50×3
 Luas pelat = 2 m^2 ; Beban = $2 \times 11866.05 = 23,732.09 \text{ N/m}^2$



Gambar 3.17 Von mises stress dan displacement pelat silang 2 x 1 tebal 3 mm, gading utama, gading biasa, gading silang 50x3

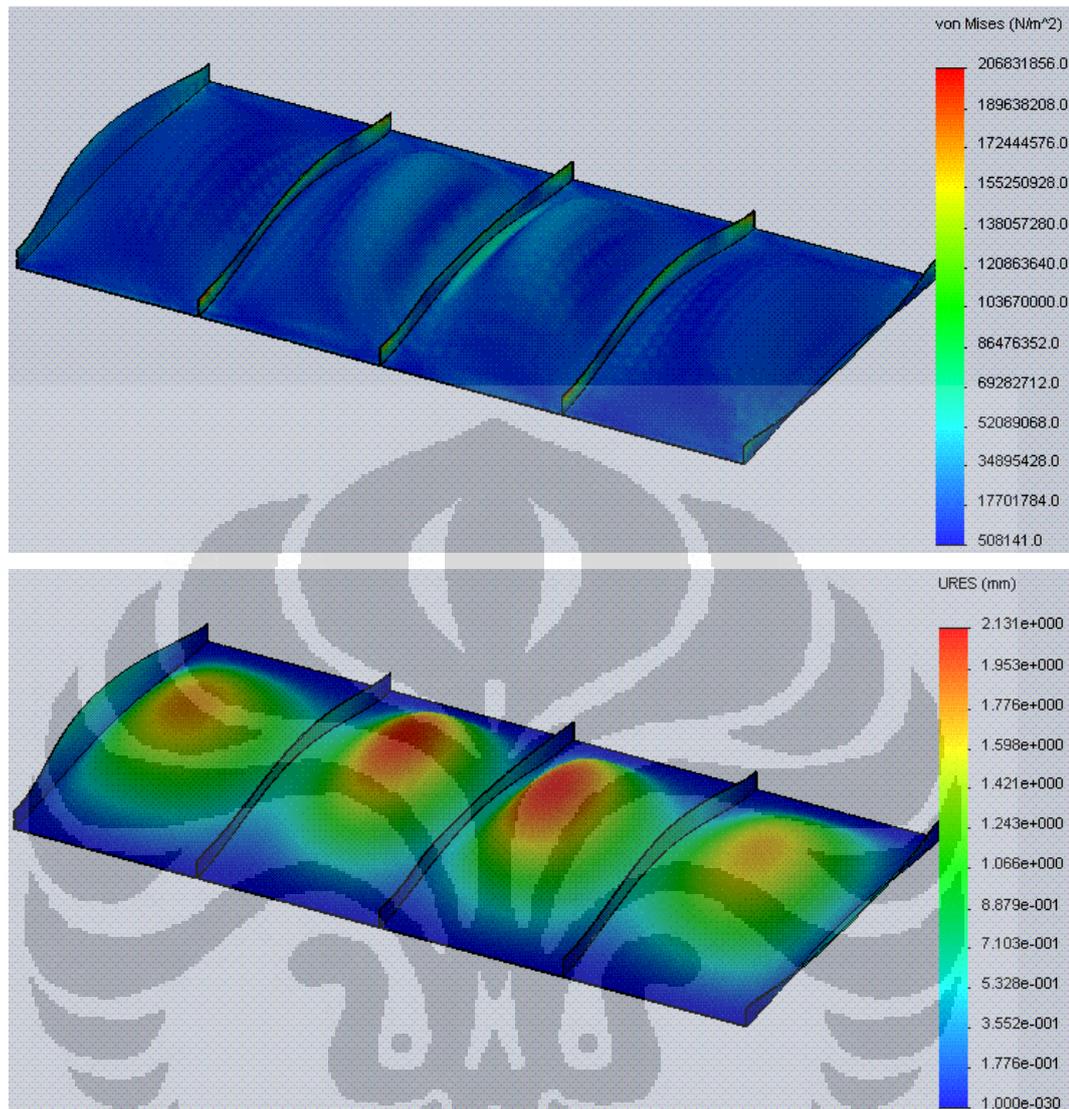
Minimum FOS = 1.59616

Maksimum stress distribution (von Mises) = 177,102,992 N/m²

Yield strength = 282,685,056 N/m²

Maksimum displacement = 1.445 mm

- b. Pelat konstruksi standar berukuran 2m x 1m dengan tebal pelat 3 mm dan ukuran profile gading utama = gading biasa = 50 x 3
Luas pelat = 2 m² ; Beban = 2 x 11866.05 = 23,732.09 N/m²



Gambar 3.18 Von mises stress dan displacement pelat standar 2 x 1 tebal 3 mm, gading utama dan gading biasa 50x3

Minimum FOS = 1.36674

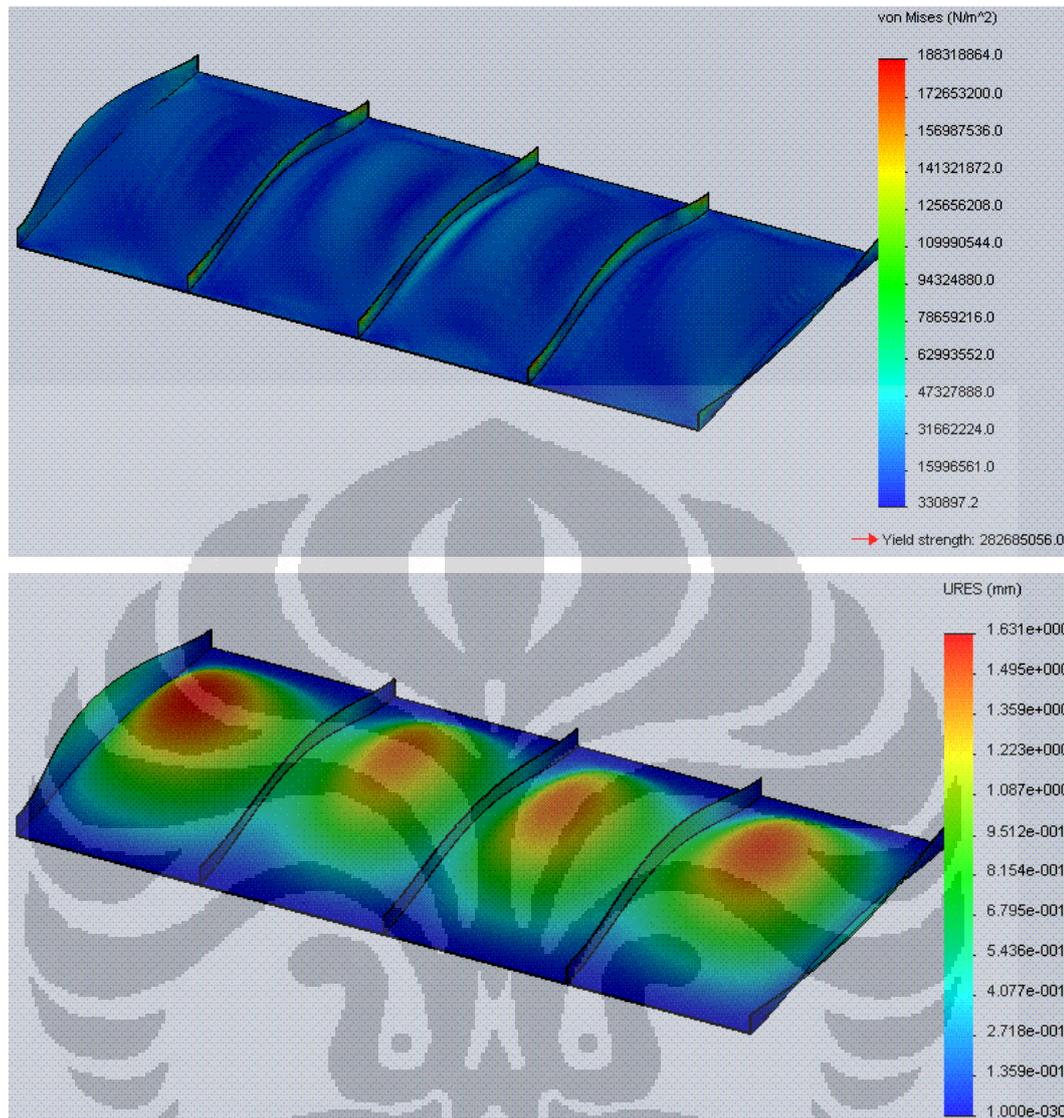
Maksimum *stress distribution* (von Mises) = 206,831,856 N/m²

Yield strength = 282,685,056 N/m²

Maksimum *displacement* = 2.131 mm

- c. Pelat konstruksi standar berukuran 2m x 1m dengan tebal pelat 4 mm dan ukuran profile gading utama = gading biasa = 50 x 3

Luas pelat = 2 m² ; Beban = 2 x 11866.05 = 23,732.09 N/m²



Gambar 3.19 Von mises stress dan displacement pelat standar 2 x 1 tebal 4 mm, gading utama dan gading biasa 50x3

Minimum FOS = 1.5011

Maksimum *stress distribution* (von Mises) = 188,318,864 N/m²

Yield strength = 282,685,056 N/m²

Maksimum *displacement* = 1.631 mm

Dari hasil uji coba penentuan ketebalan pelat dan profil di atas dapat dilihat bahwa ketebalan material baja yang telah diuji memiliki *factor of safety* sebesar ± 1.5 kali dan faktor keamanan ini dapat dikatakan cukup aman untuk

kapal yang akan didesain karena kapal tersebut berukuran kecil ($L=10.846$ m) dan daerah operasi yang bisa dikatakan cukup pendek (sekitar pantai).

Hasil menunjukkan bahwa konstruksi silang dengan ketebalan pelat 3 mm dan konstruksi standar dengan ketebalan pelat 4 mm memiliki nilai *factor of safety* yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi silang memiliki kekuatan yang lebih baik dibanding dengan konstruksi standar. Dalam perancangan ini maka dipilih ketebalan pelat 3 mm untuk desain konstruksi silang dan konstruksi standar untuk dilihat lebih jauh perbedaannya pada analisis yang dilakukan pada kapal utuh.



BAB 4 ANALISIS DESAIN

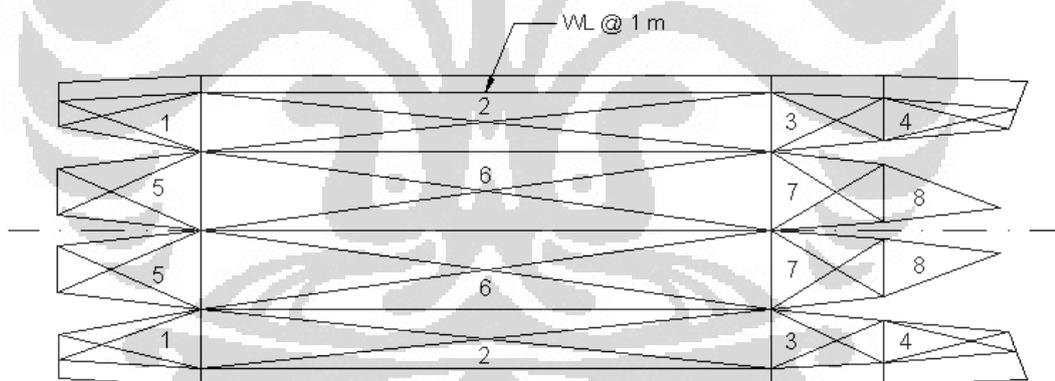
4.1 Analisis Tegangan Pelat Pada Konstruksi Standar dan Silang

Kekuatan material harus dapat diketahui untuk menentukan batas aman dari material untuk menahan beban yang ditanggungnya. Kekuatan ini dapat ditentukan dengan menghitung tegangan maksimum dalam menahan beban yang diderita. Beban yang ditanggung oleh material tersebut dihitung pada saat beban maksimum yaitu pada saat kapal berada pada saat sarat maksimum. Beban total yang ditanggung oleh kapal pada saat sarat maksimum adalah :

$$q_{total} = \frac{\Delta}{A_{total}} \quad (4.1)$$

Dimana :

- q_{total} = beban total (ton/m²)
- Δ = displacement (ton)
- A_{total} = luas seluruh permukaan pelat pada sarat maksimum



Gambar 4.1 Luasan pelat di bawah sarat maksimum

$$A_1 = 0.8298 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 1.2184 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 4.6065 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 6.0878 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 0.7831 \text{ m}^2$$

$$A_7 = 1.0536 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 0.5373 \text{ m}^2$$

$$A_8 = 0.4617 \text{ m}^2$$

$$\text{Jadi } A_{total} = 31.1564 \text{ m}^2$$

$$q_{total} = \frac{14.045 \text{ ton}}{31.1564 \text{ m}^2} = 0.451 \text{ ton/m}^2$$

Beban *buoyancy* B(x) yang diterima masing-masing pelat untuk adalah :

$$q_1 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 0.8298 \text{ m}^2 = 0.3742 \text{ ton}$$

$$q_2 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 4.6065 \text{ m}^2 = 2.0775 \text{ ton}$$

$$q_3 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 0.7831 \text{ m}^2 = 0.3532 \text{ ton}$$

$$q_4 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 0.5373 \text{ m}^2 = 0.2423 \text{ ton}$$

$$q_5 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 1.2184 \text{ m}^2 = 0.5495 \text{ ton}$$

$$q_6 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 6.0878 \text{ m}^2 = 2.7456 \text{ ton}$$

$$q_7 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 1.0536 \text{ m}^2 = 0.4752 \text{ ton}$$

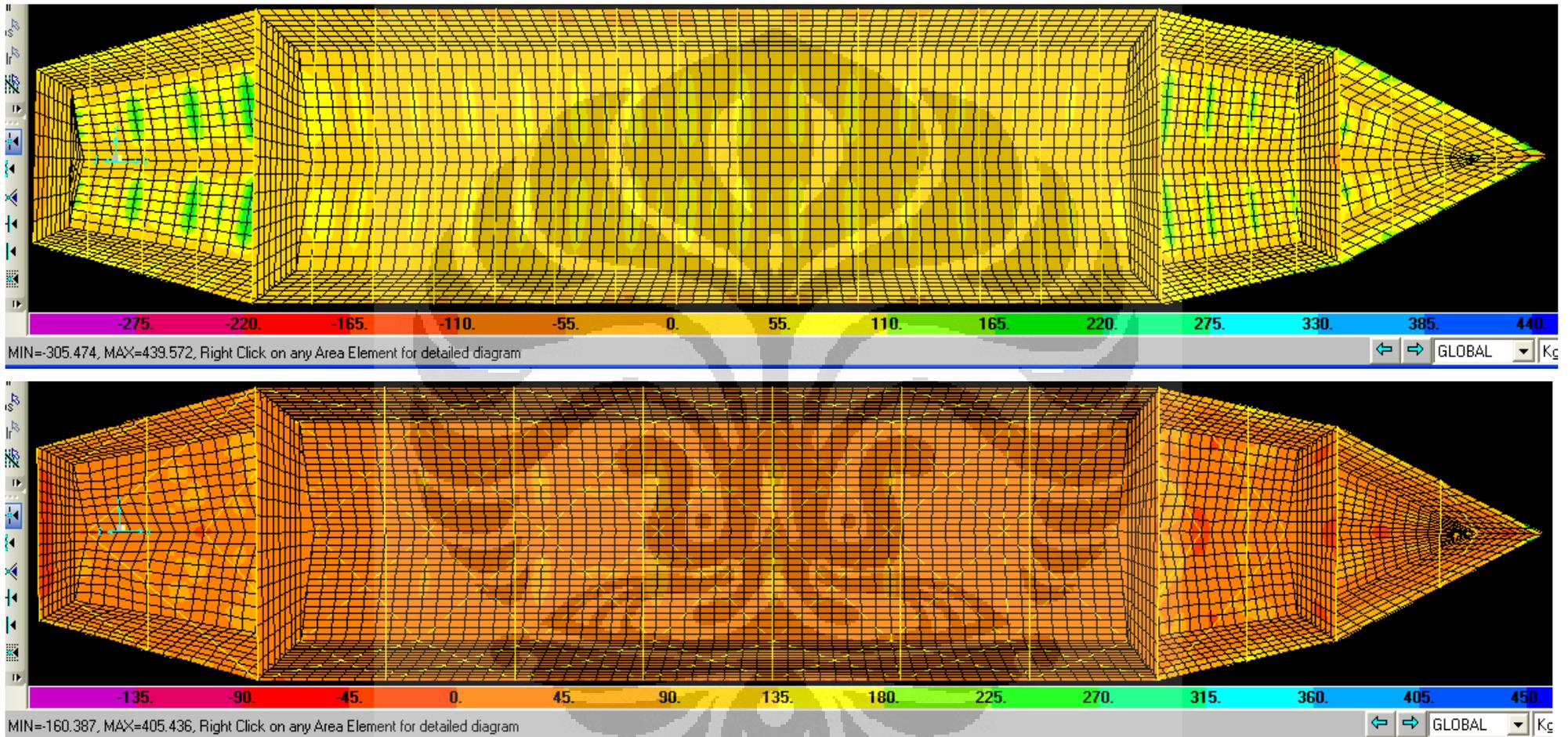
$$q_8 = 0.451 \text{ ton/m}^2 \times 0.4617 \text{ m}^2 = 0.2082 \text{ ton}$$

Beban G(x) untuk masing-masing pelat adalah :

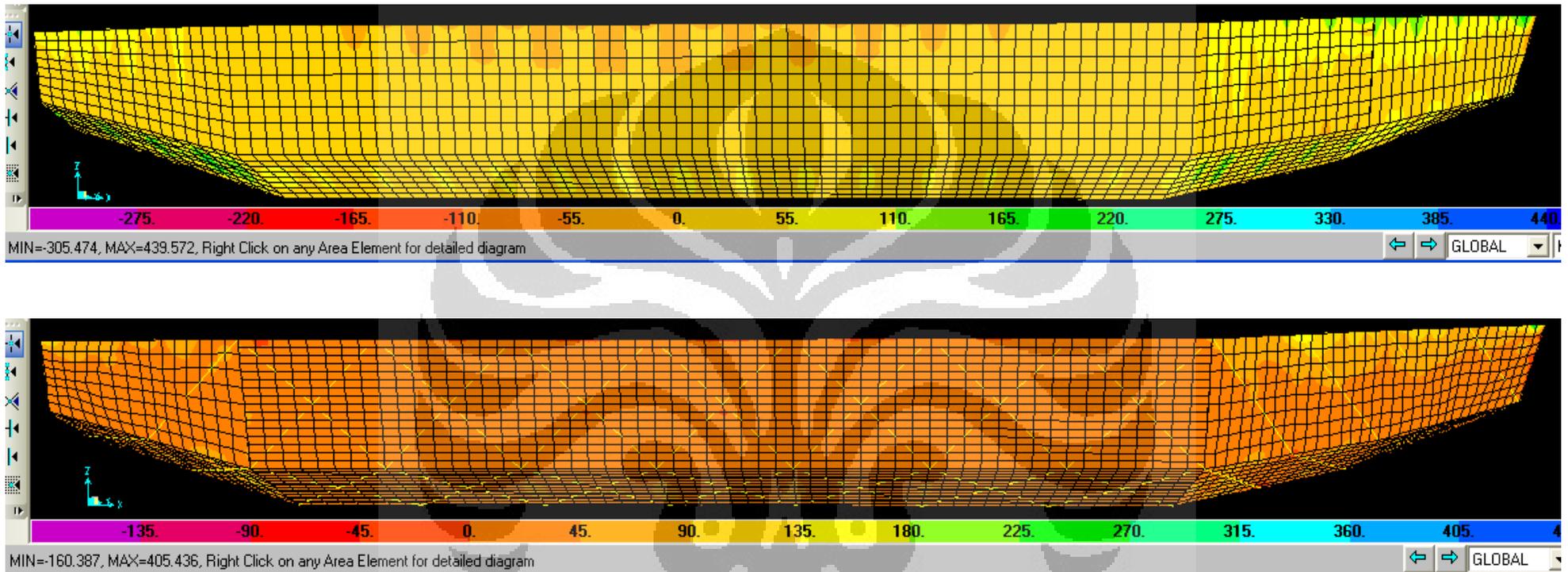
$$q = \sum W / \sum A \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} q_{1,5} &= \frac{(W_{mesin} + W_{FOT} + W_{orang} + W_k)}{2(A_1 + A_5)} \\ &= \frac{(0.108 + 0.2 + 0.15 + 0.08)}{2(0.8298 + 1.2184)} = 0.1313 \text{ ton/m}^2 \\ q_{2,6} &= \frac{(W_{fish\ hold} + W_k)}{2(A_2 + A_6)} = \frac{(10.49 + 0.11)}{2(4.6065 + 6.0878)} = 0.4956 \text{ ton/m}^2 \\ q_{3,7} &= \frac{(W_{alat\ tangkap} + W_{FWT} + W_k)}{2(A_3 + A_7)} = \frac{(0.1 + 0.04 + 0.07)}{2(0.7831 + 1.0536)} \\ &= 0.057 \text{ ton/m}^2 \\ q_{4,8} &= \frac{(W_{genset} + W_{provisi} + W_{luggage} + W_k)}{2(A_4 + A_8)} \\ &= \frac{(0.0225 + 0.02 + 0.08 + 0.051)}{2(0.5373 + 0.4617)} = 0.087 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

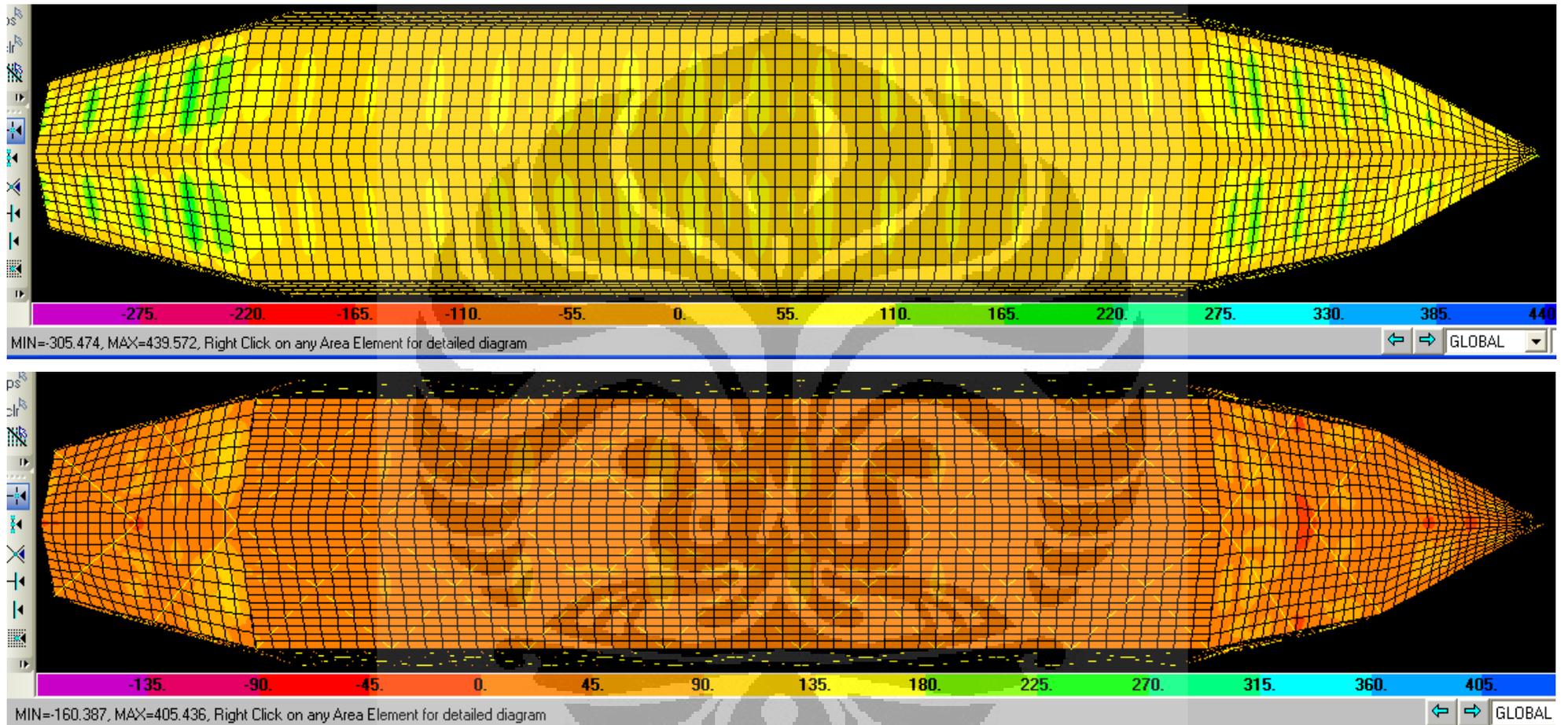
Dengan memberikan beban B(x) dan G(x) di atas kepada setiap permukaan pelat maka dapat dihitung nilai momen [kg.cm], defleksi (cm) dan tegangan [kg/cm²] dengan menggunakan bantuan *software* SAP 2000. Konstruksi ini menggunakan pelat dengan tebal 3 mm dan profile berbentuk *tee* berukuran 50x3. Hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



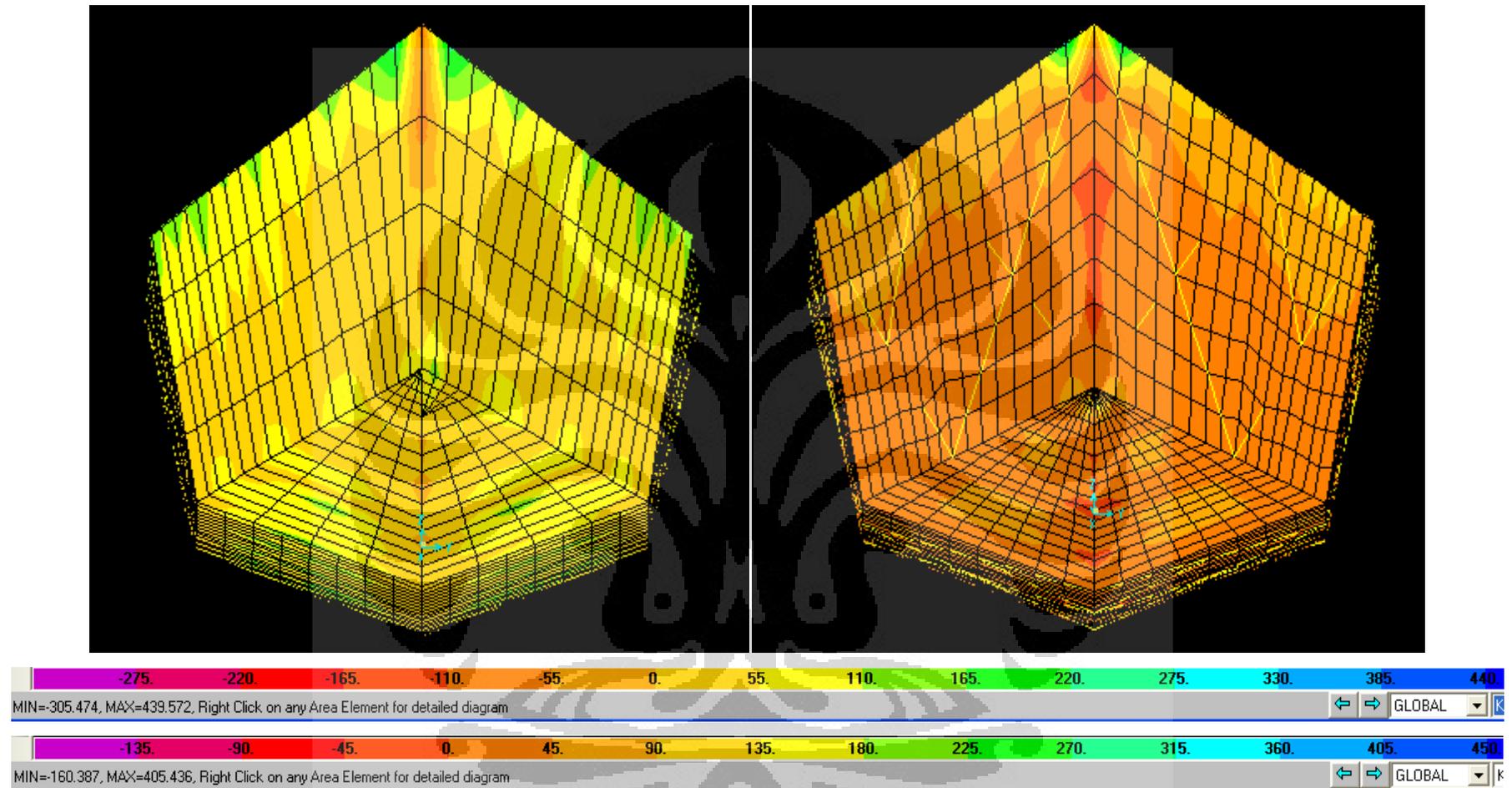
Gambar 4.2 Distribusi tegangan pada penampang atas kapal konstruksi standar (atas) dan konstruksi silang (bawah)



Gambar 4.3 Distribusi tegangan pada penampang samping kapal konstruksi standar (atas) dan konstruksi silang (bawah)



Gambar 4.4 Distribusi tegangan pada penampang bawah kapal konstruksi standar (atas) dan konstruksi silang (bawah)



Gambar 4.5 Distribusi tegangan pada penampang depan kapal konstruksi standar (kiri) skala tegangan (atas) dan konstruksi silang (kanan) skala tegangan (bawah)

4.1.1 Tegangan Konstruksi Standar

Untuk dapat melihat gambaran sebenarnya mengenai distribusi tegangan dalam mencari nilai sesungguhnya dapat dilihat lebih detail pada aplikasi *software* itu sendiri, karena pada setiap kotak yang telah dipartisi tersebut akan terdapat distribusi nilai tegangan yang berbeda-beda dan secara jelas diberikan nilainya. Namun untuk melihat gambaran secara kasar dapat dilihat nilainya pada skala distribusi tegangan yang terdapat di bawah gambar kapal.

Pada konstruksi standar di bagian buritan penampang atas (sama seperti penampang bawah) terlihat bahwa tegangan semakin besar (range warna kuning-hijau) pada bagian dimana terdapat *frame* (profil), dengan nilai maksimum sebesar 242.24 kg/cm^2 . Hal ini menunjukkan bahwa tegangan paling besar terjadi karena *frame* menahan setiap lendutan yang terjadi pada pelat tersebut dimana lendutan (defleksi) maksimal berada diantara *frame* yang satu dengan yang lain. Selain itu *frame* juga ikut memikul beban yang diderita oleh pelat tersebut sehingga tegangan akan semakin besar pada daerah sekitar *frame*.

Jika dilihat pada degradasi warnanya baik di bagian buritan, *parallel mid body*, dan haluan dapat terlihat bahwa beban tegangan terbagi merata pada setiap *frame*. Hal ini menunjukkan bahwa memang distribusi tegangan paling besar terjadi pada bagian yang menahan beban dan lendutan. Adapun pada bagian lain seperti di sekitar sekat, itu juga menunjukkan bahwa sekat berfungsi untuk menahan beban dan lendutan. *Range* tegangan pada tampak atas/bawah kapal jika dilihat dari skala adalah :

$$\text{Pelat 5} = 0 - 275 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 242.24)}$$

$$\text{Pelat 6} = 0 - 110 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 105.35)}$$

$$\text{Pelat 7,8} = 0 - 275 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 235.35)}$$

Tegangan pada pelat 7,8 terdapat pada bagian ujung haluan dimana titik *restrain* berada dan juga pada bagian titik patahan sambungan antara bagian bawah dengan atas haluan (pelat 4 dan 8). Pada bagian tersebut memiliki konstruksi yang cukup sedikit dan luasan pelat yang relatif kecil. Pada akhirnya bagian tersebut digunakan sebagai penahan (*restrain*) sehingga harus menahan lendutan sebagaimana pada *frame* dan menghasilkan tegangan paling besar dikarenakan konstruksi dan luasan pelatnya yang relatif sedikit.

Range tegangan pada tampak samping kapal jika dilihat dari skala adalah :

$$\begin{aligned} \text{Pelat 1} &= 0 - 165 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 121.25)} \\ \text{Pelat 2} &= -55 - 55 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 36, min = -9.65)} \\ \text{Pelat 3,4} &= -110 - 440 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 439.57, min = -94.08)} \end{aligned}$$

Tanda negatif pada tegangan adalah hanya berbeda arahnya saja. Dapat dilihat pada tampak samping bahwa distribusi tegangan yang besar (kuning-hijau) terjadi pada daerah ujung pelat di bagian atas. Dalam kondisi normal aliran distribusi tegangan seharusnya berjalan dari atas ke bawah dan menyebabkan bagian bawah akan mengalami tegangan yang lebih tinggi daripada tegangan di atasnya, tetapi dalam hal ini jika kita melihat kembali nilai $G(x)$ dan $B(x)$ pada daerah ini maka selisihnya akan menghasilkan nilai yang lebih besar pada $G(x)$ dan dalam analisis ini akan menghasilkan lendutan ke bagian atas sehingga menyebabkan bagian atas tertarik ke arah kanan dan ke kiri ketika beban diberikan. Hal ini akan menyebabkan tegangan yang besar pada bagian atas tersebut.

4.1.2 Tegangan Konstruksi Silang

Jika kita melihat pada penampang atas kapal tersebut dapat terlihat bahwa hampir semua distribusi tegangan merata. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan degradasi warna yang tidak terlalu berbeda jauh antara yang satu dengan yang lain. Hal ini disebabkan pada konstruksi silang pembebanan lebih terbagi merata karena *frame* terletak hampir di sepanjang kapal. *Range* tegangan pada tampak atas/bawah kapal jika dilihat dari skala adalah :

$$\begin{aligned} \text{Pelat 5} &= -45 - 135 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 110.66, min = -19.67)} \\ \text{Pelat 6} &= 0 - 90 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 63.83)} \\ \text{Pelat 7,8} &= -45 - 225 \text{ kg/cm}^2 \text{ (max = 183.11, min = -19.43)} \end{aligned}$$

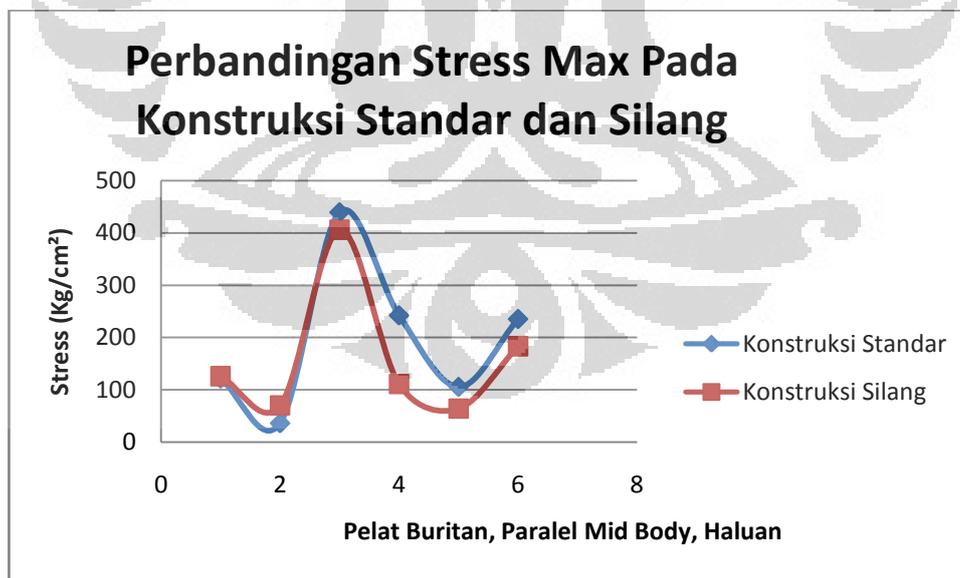
Jika melihat lebih detail pada bagian ujung haluan akan terdapat tegangan paling maksimum (405.436 kg/cm^2) sebagaimana yang terjadi pada konstruksi standar. Hal ini menjadi lumrah karena pada bagian tersebut terdapat titik perletakan (*restrain*). Pada akhirnya bagian tersebut digunakan sebagai penahan (*restrain*) sehingga harus menahan lendutan sebagaimana pada *frame* dan

menghasilkan tegangan paling besar dikarenakan konstruksi dan luasan pelatnya yang relatif sedikit.

Pada penampang samping kapal dapat dilihat pada pelat 1 hanya sedikit luasan pelat (bagian atas pelat) yang memiliki tegangan besar dan sisanya hampir memiliki nilai tegangan dalam *range* tegangan yang cukup kecil. Hal ini dikarenakan lendutan ke bagian atas sehingga menyebabkan bagian atas tertarik ke arah kanan dan ke kiri ketika beban diberikan. Hal ini akan menyebabkan tegangan yang besar pada bagian atas tersebut. Ada beberapa nilai tegangan yang cukup besar, tetapi itu terjadi pada titik-titik tertentu saja seperti pada titik restrain. Jika melihat *parallel mid body* hampir semuanya memiliki *range* tegangan yang sama dan bernilai kecil. *Range* tegangan pada tampak samping kapal jika dilihat dari skala :

Pelat 1	= -45 – 135 kg/cm ² (max = 125.7, min = -3.53)
Pelat 2	= -45 – 90 kg/cm ² (max = 69.66, min = -14.66)
Pelat 3,4	= -45 – 450 kg/cm ² (max = 405.44, min = -4.51)

4.1.3 Perbandingan Tegangan Pelat Konstruksi Standar dan Silang



Gambar 4.6 Grafik perbandingan tegangan konstruksi standar dan silang

Grafik di atas menunjukkan nilai stress maksimum pada setiap pelat. Dapat dilihat bahwa pada plat 1 nilai tegangan yang lebih rendah adalah pada

konstruksi standar. Ini berarti pada konstruksi standar memiliki nilai tegangan yang lebih baik. Tetapi perlu diingat bahwa itu adalah nilai maksimum yang ada pada pelat tersebut dan terletak pada titik tertentu dan belum mencerminkan tegangan secara keseluruhan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.3. Pada gambar 4.3 terlihat pelat 1 pada konstruksi silang memiliki luasan tegangan besar (bagian atas yang berbeda warna) yang lebih sedikit daripada konstruksi standar. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan pada pelat silang lebih baik. Untuk mengambil nilai yang lebih signifikan maka dapat diambil nilai kisaran rata-rata pada bagian tengah pelat. Bagian tengah pelat diambil karena pada bagian tersebut distribusi tegangan lebih merata dan sama ketimbang pada bagian pinggir pelat yang biasanya memiliki nilai tegangan cukup besar. Nilai rata-rata pada bagian tengah pelat 1 pada konstruksi silang adalah berkisar antara 15-35 kg/cm². Sedangkan pada konstruksi standar berkisar antara 17-50 kg/cm². Dari nilai kisaran tersebut dan luasan tegangan besar yang ada maka konstruksi silang menjadi lebih baik daripada konstruksi standar.

Pada pelat 2 nilai tegangan pada konstruksi silang lebih rendah daripada pada konstruksi standar. Pada gambar 4.3 bagian tengah pelat 2 konstruksi silang memiliki tegangan berkisar antara 1-20 kg/cm². Pada konstruksi standar memiliki kisaran yang hampir sama dan bisa disamakan menjadi 1-20 kg/cm². Dalam hal ini secara kasar maka konstruksi sama-sama memiliki kekuatan yang sama.

Jika dilihat pada gambar 4.3 pada pelat 3 dan 4, konstruksi silang dan standar sama-sama memiliki luasan area yang memiliki tegangan besar (bagian atas) yang hampir sama. Pada bagian tengah pelat 3 dan 4 konstruksi silang memiliki tegangan berkisar 20 – 45 kg/cm². Sedangkan pada konstruksi standar berkisar antara 30-50 kg/cm². Pada grafik nilai maksimum tegangan pelat konstruksi silang berada di bawah nilai maksimum pada konstruksi standar. Maka dalam hal ini dapat disimpulkan pada pelat 3 dan 4 konstruksi silang memiliki kekuatan yang lebih baik.

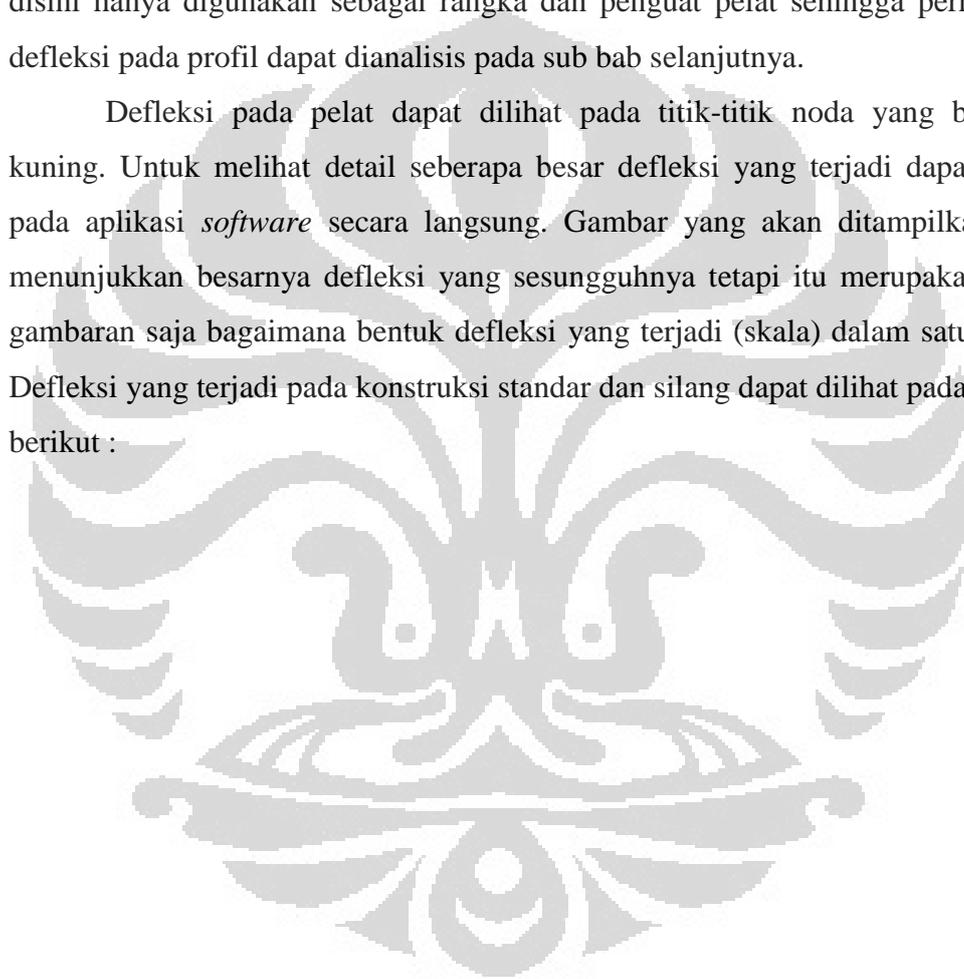
Pada pelat 5 sampai 8 tidak perlu mengambil nilai kisaran tegangan pelat pada bagian tengah karena pada bagian *bottom* ini menderita beban yang paling besar sehingga baik pada bagian tengah maupun pinggir pelat memiliki nilai yang sama besar. Dari sini maka dapat diambil nilai kisaran range pada seluruh pelat 5

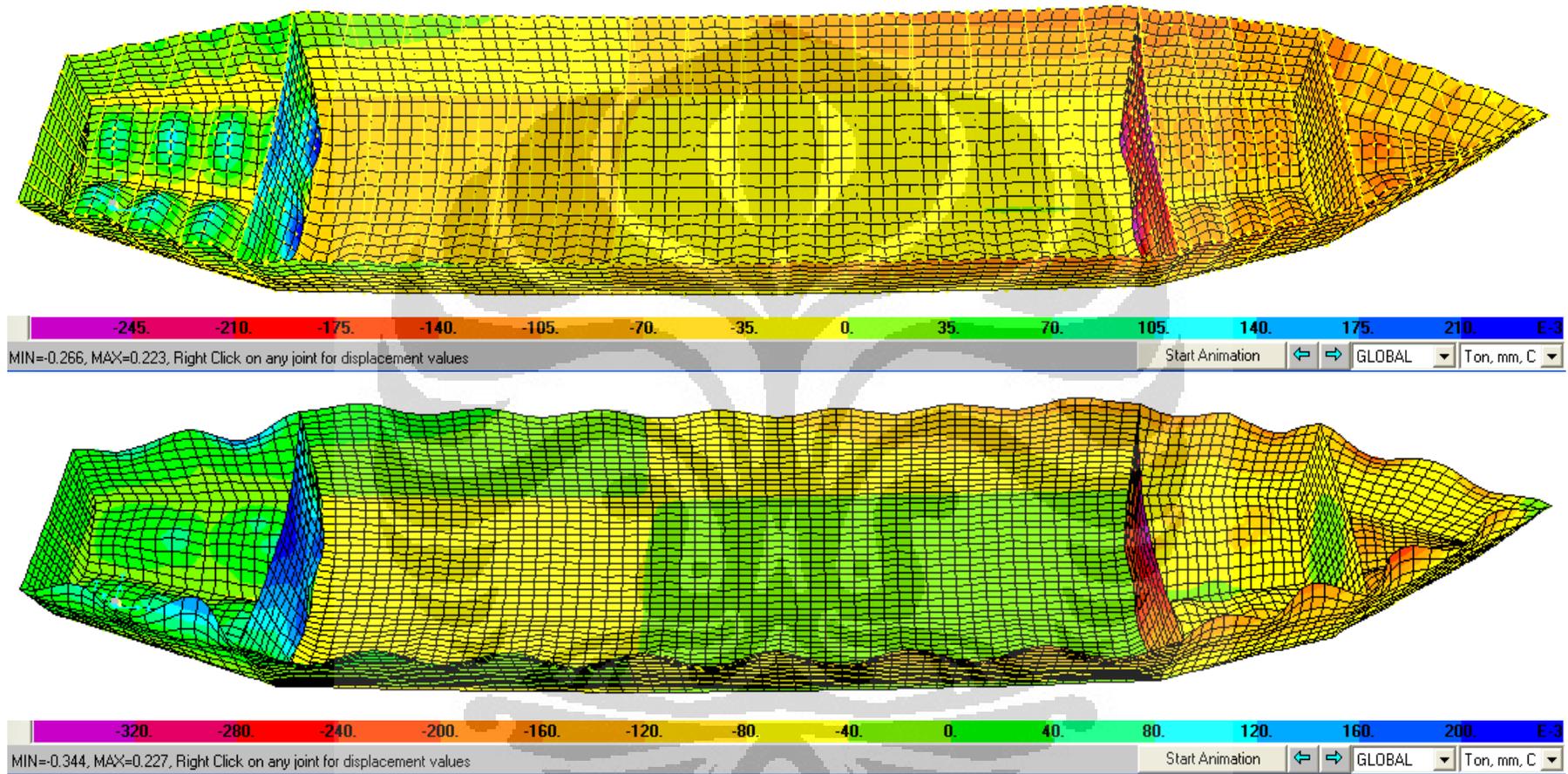
sampai 8 seperti yang tertera pada sub bab 4.1.1 dan 4.1.2. Dengan melihat dari nilai tersebut dan grafik maka dapat diambil kesimpulan bahwa konstruksi silang memiliki nilai tegangan yang lebih baik.

4.2 Analisis Defleksi Pelat Pada Konstruksi Standar dan Silang

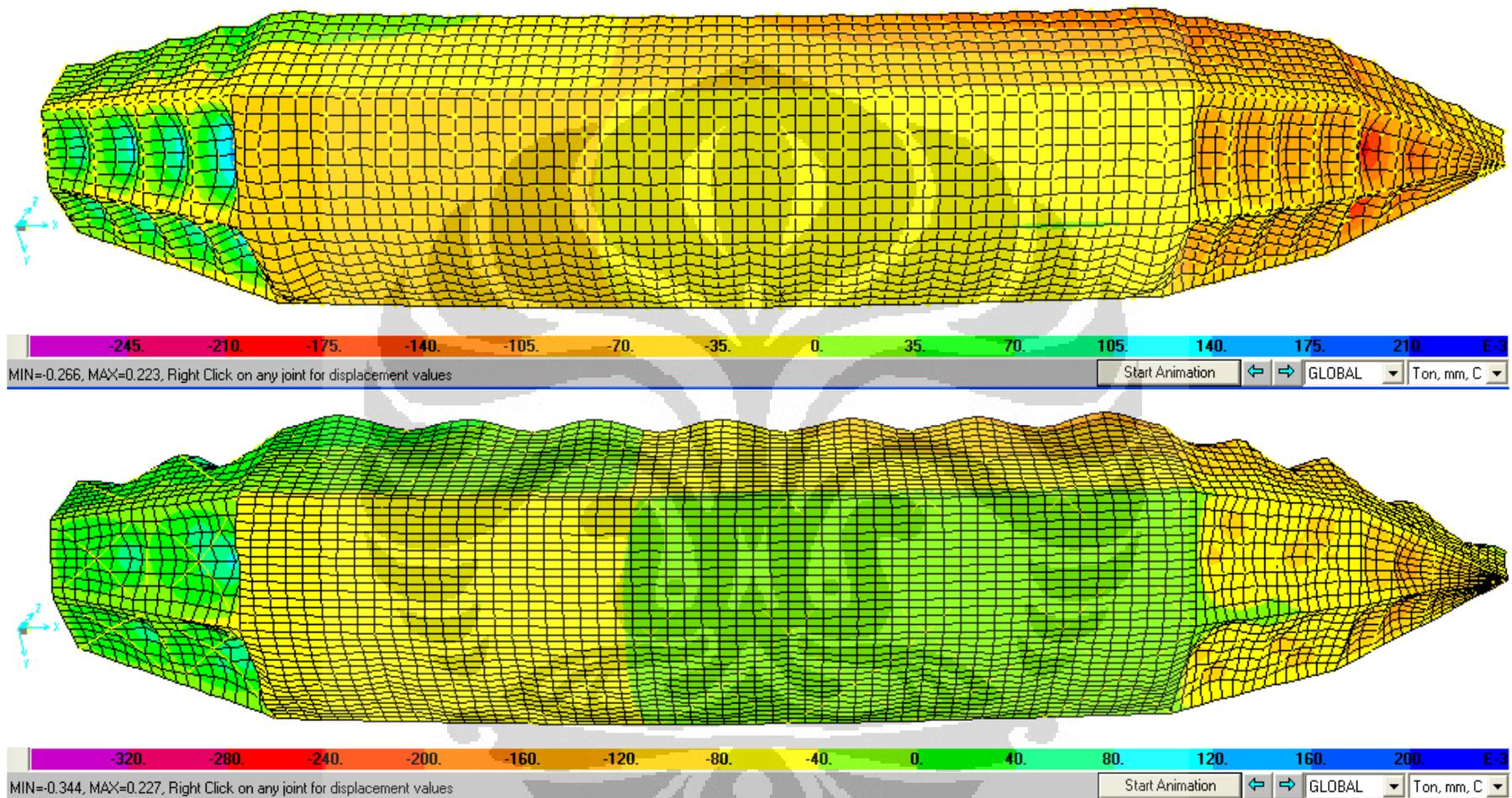
Defleksi ditekankan pada pelat daripada pada profil karena titik-titik noda pada metode elemen hingga diaplikasikan ke pelat dan bukan pada profil. Profil disini hanya digunakan sebagai rangka dan penguat pelat sehingga perhitungan defleksi pada profil dapat dianalisis pada sub bab selanjutnya.

Defleksi pada pelat dapat dilihat pada titik-titik noda yang berwarna kuning. Untuk melihat detail seberapa besar defleksi yang terjadi dapat dilihat pada aplikasi *software* secara langsung. Gambar yang akan ditampilkan tidak menunjukkan besarnya defleksi yang sesungguhnya tetapi itu merupakan hanya gambaran saja bagaimana bentuk defleksi yang terjadi (skala) dalam satuan mm. Defleksi yang terjadi pada konstruksi standar dan silang dapat dilihat pada gambar berikut :

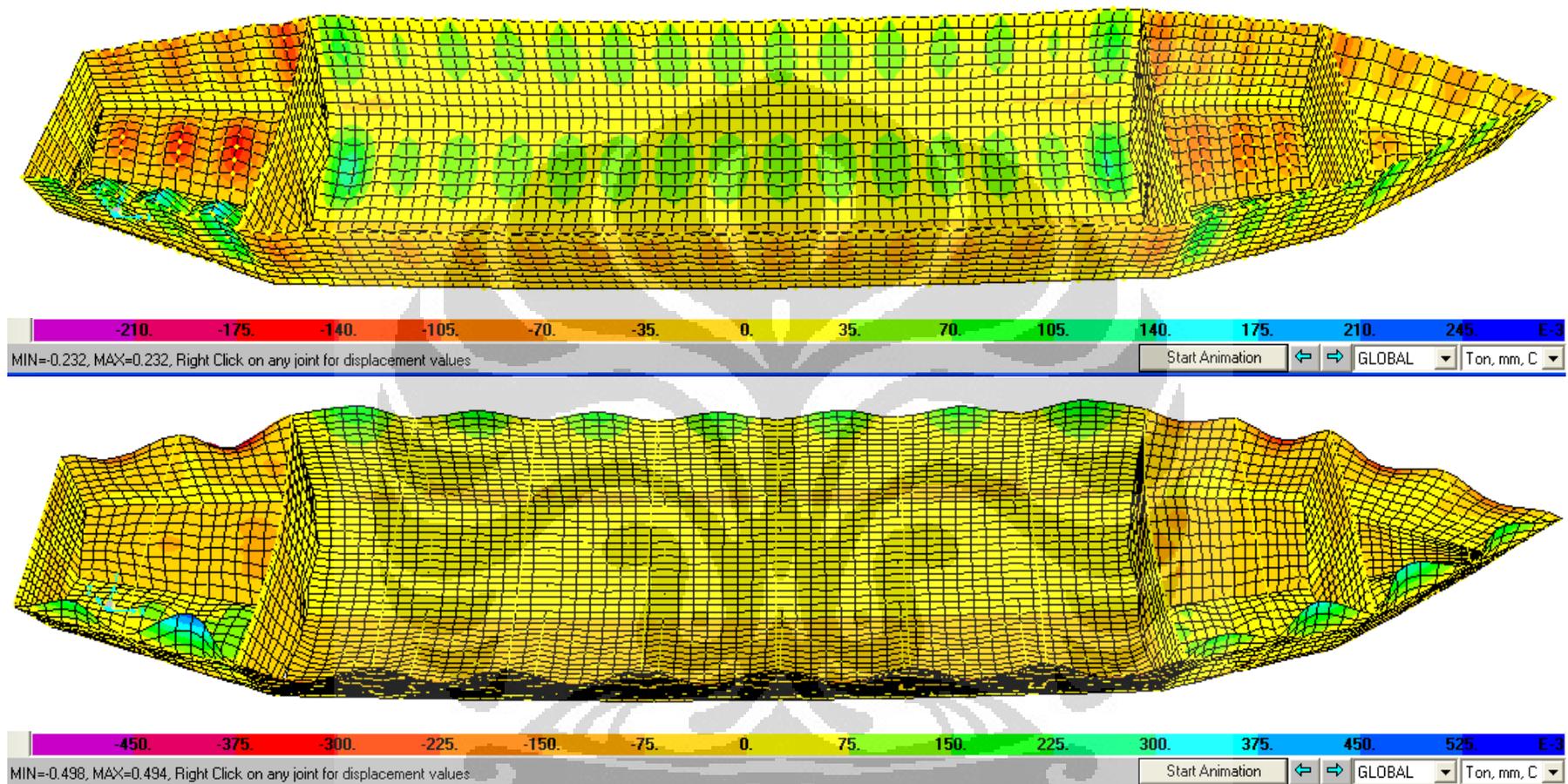




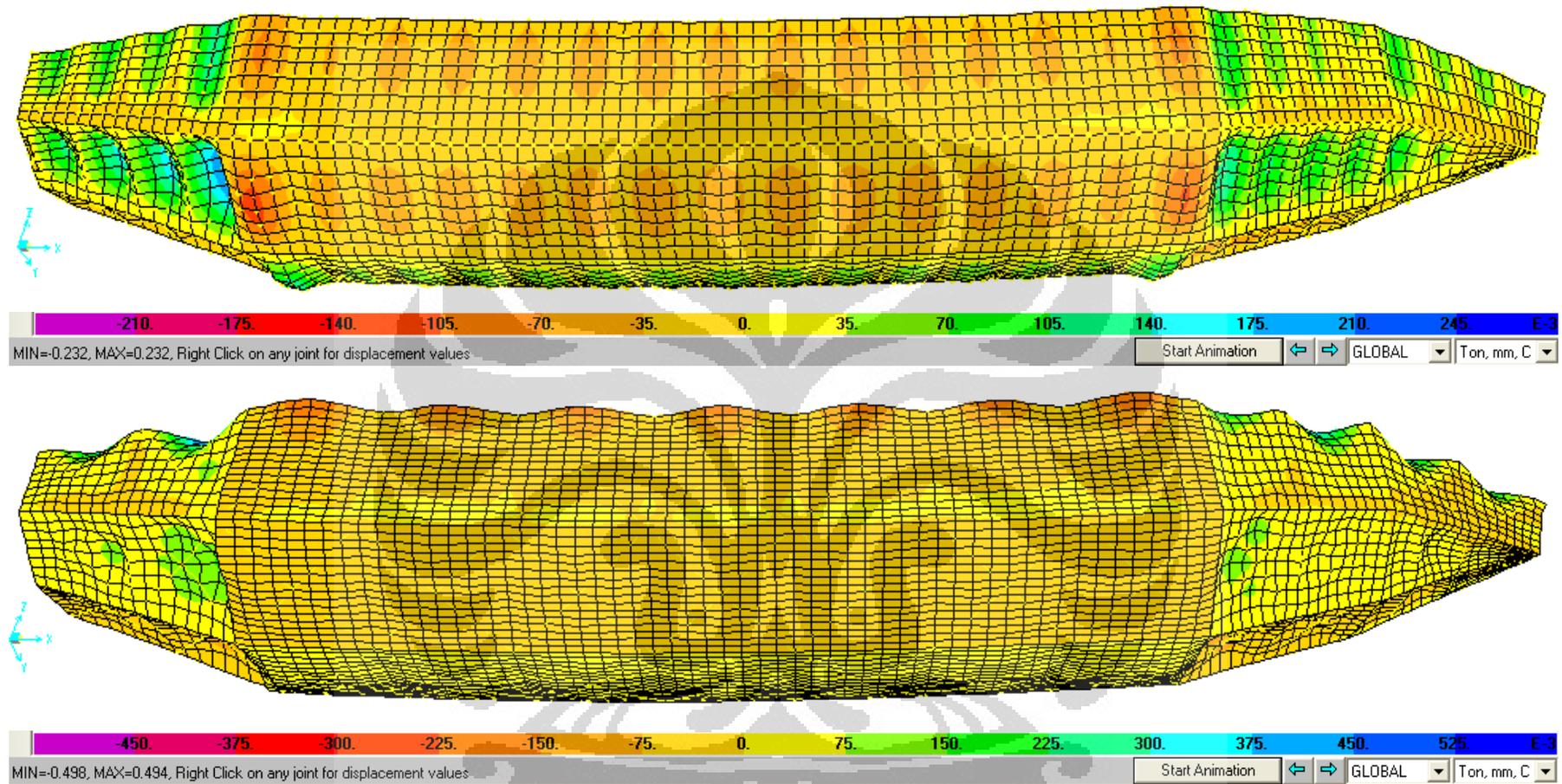
Gambar 4.7 Defleksi pada sumbu x pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)



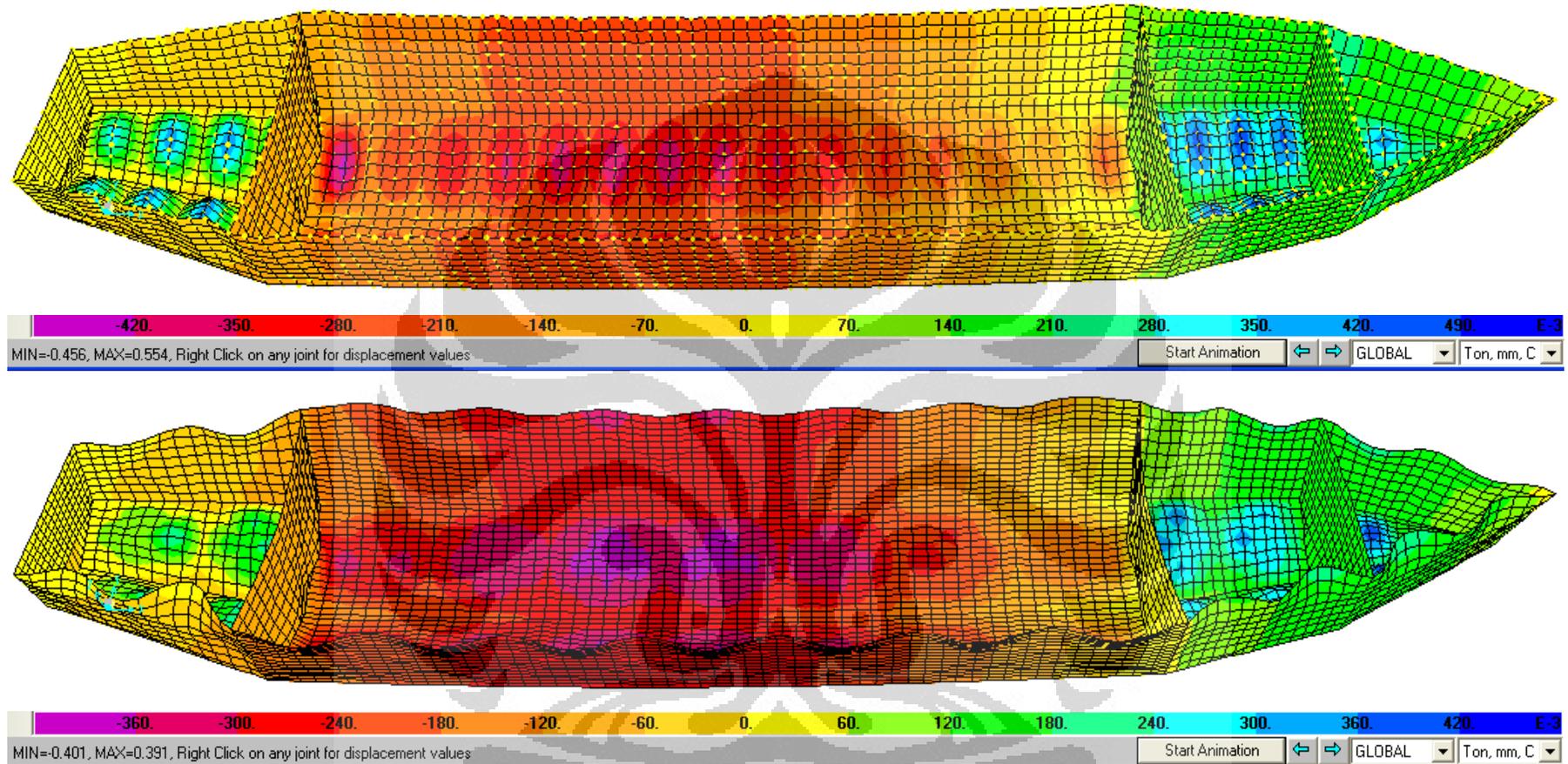
Gambar 4.8 Defleksi pada sumbu x pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)



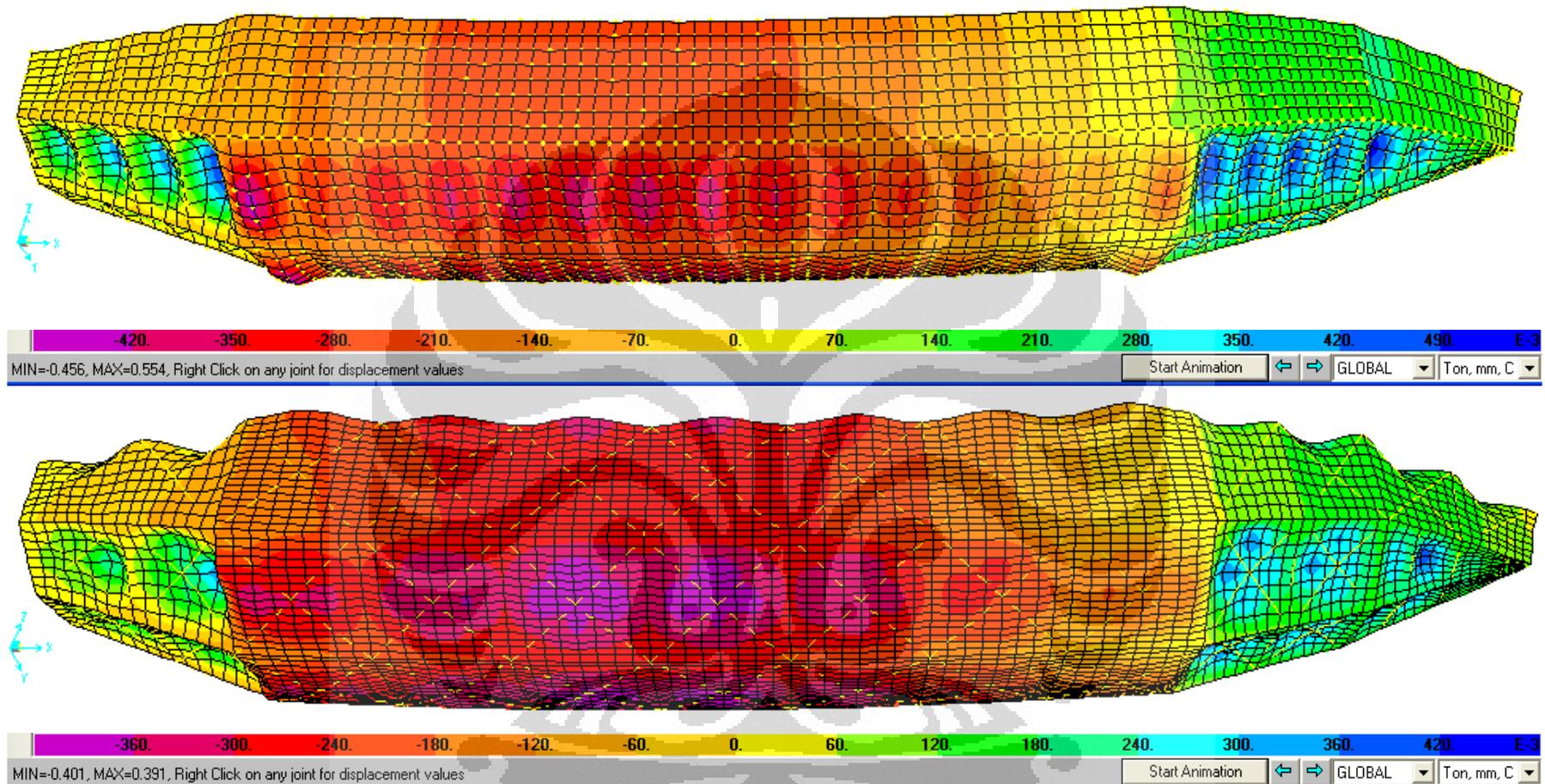
Gambar 4.9 Defleksi pada sumbu y pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)



Gambar 4.10 Defleksi pada sumbu y pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)



Gambar 4.11 Defleksi pada sumbu z pada penampang atas konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)



Gambar 4.12 Defleksi pada sumbu z pada penampang bawah konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)

4.2.1 Defleksi Konstruksi Standar

Perlu diketahui bahwa nilai minimum dan maksimum yang ditandai dengan tanda negatif dan positif seperti yang terlihat pada gambar adalah menunjukkan arah yang berbeda. Pada konstruksi standar besarnya nilai defleksi maksimum pada arah sumbu x, y, dan z adalah :

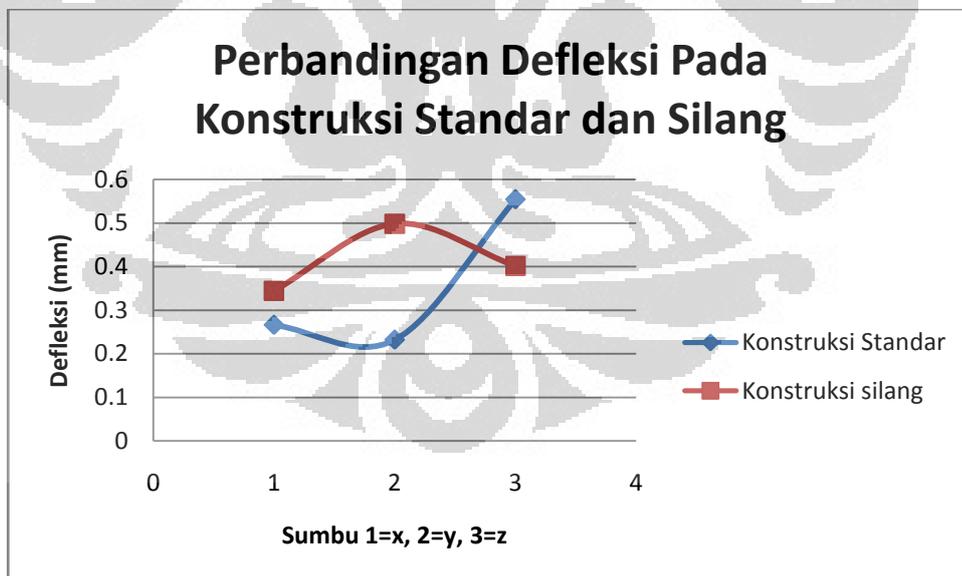
- Sumbu x = -0.266 mm
- Sumbu y = 0.232 mm
- Sumbu z = 0.554 mm

4.2.2 Defleksi Konstruksi Silang

Pada konstruksi silang besarnya nilai defleksi maksimum pada arah sumbu x, y, dan z adalah :

- Sumbu x = -0.344 mm
- Sumbu y = -0.498 mm
- Sumbu z = -0.401 mm

4.2.3 Perbandingan Defleksi Pelat Konstruksi Standard dan Silang



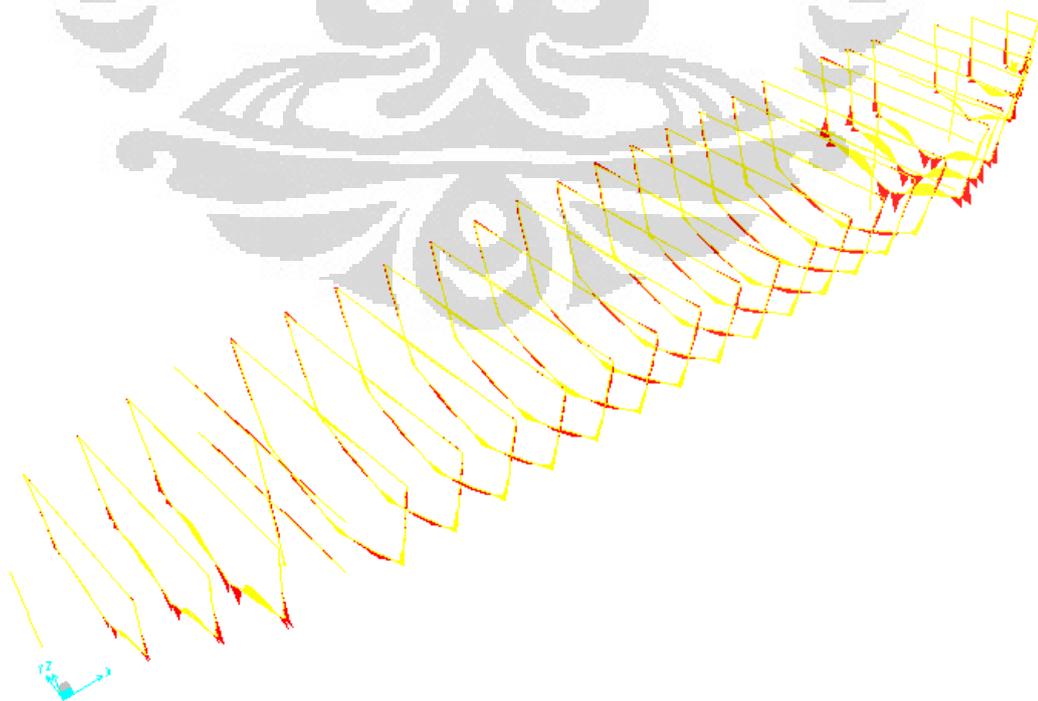
Gambar 4.13 Grafik perbandingan defleksi maksimum pada konstruksi standar dan silang

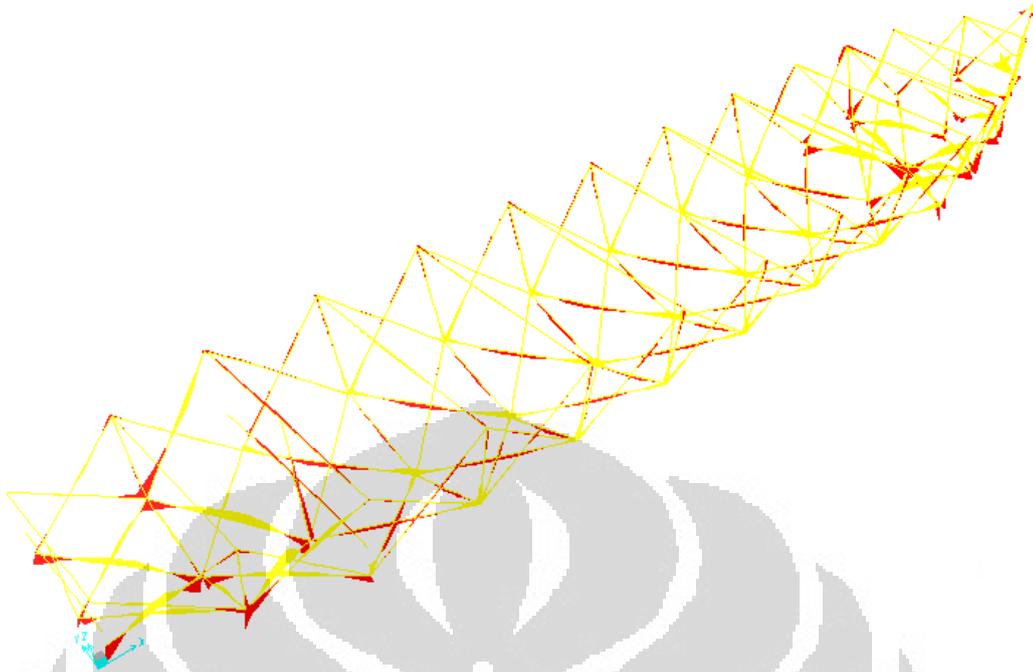
Pada sumbu x dan y defleksi pada konstruksi silang lebih tinggi daripada konstruksi standar. Sedangkan pada sumbu z defleksi lebih besar terjadi pada konstruksi standar. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi silang yang posisinya

lebih terdistribusi merata dan hampir selalu berada diantara *frame* tegak pada pelat lebih baik dalam menerima beban yang tegak lurus terhadap pelat dan kurang baik dalam menahan lendutan pada arah memanjang. Sedangkan pada konstruksi standar yang lebih rapat (*frame* tegak) dan kompak dapat lebih menahan defleksi pada arah sumbu x dan y dikarenakan peredaman lendutan yang lebih baik akibat jarak yang rapat pada setiap ujungnya. Berbeda pada konstruksi silang yang jarak antar *frame* tegaknya lebih renggang pada bagian ujung sehingga tidak mampu untuk menahan lendutan akibat arah sumbu x dan y, tetapi sangat bagus pada arah sumbu z. Sedangkan pada konstruksi standar dia tidak memiliki *frame* diantara *frame* tegak sehingga lendutan pada bagian antara *frame* tersebut akan semakin besar terutama pada arah sumbu z.

4.3 Analisis Tegangan Profil Pada Konstruksi Standar dan Silang

Gambar di bawah ini mewakili diagram momen pada setiap profile yang digunakan pada konstruksi standar dan silang. Untuk lebih mengetahui lebih detail nilainya dapat dilihat pada aplikasi softwarena dan tidak bisa ditampilkan disini mengingat terlalu banyaknya data yang akan dimasukkan. Dari sini hanya akan dihitung momen maksimum dari masing-masing konstruksi.

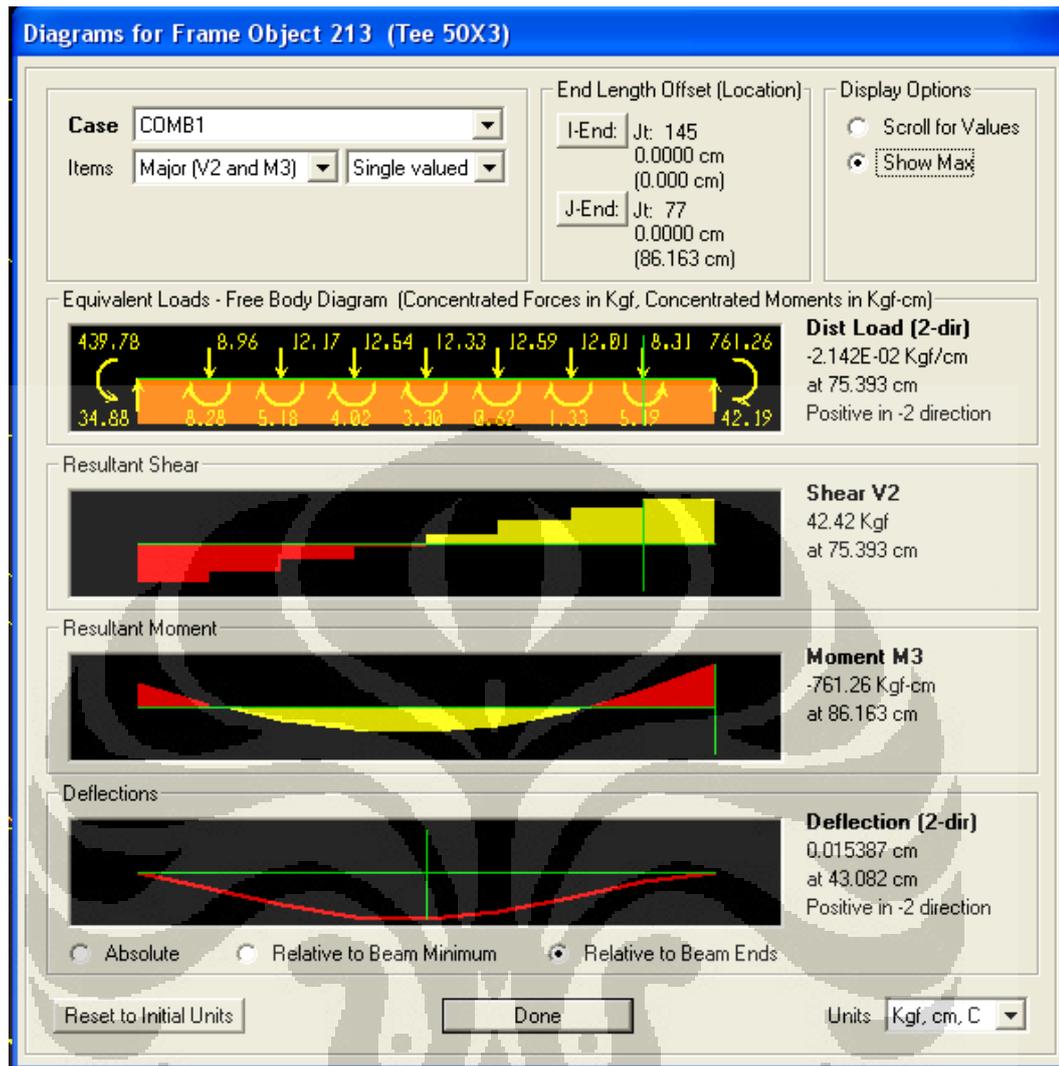




Gambar 4.14 Diagram momen pada konstruksi standar (atas) dan silang (bawah)

4.3.1 Tegangan Profil Konstruksi Standar

Pada konstruksi standar nilai momen maksimum terdapat pada bagian profil haluan seperti yang terlihat pada gambar 4.14 dimana dia memiliki diagram momen yang paling besar. Setelah dilihat lebih detail pada *software* maka pada profil tersebut didapatkan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.15 Diagram momen maksimum profil pada konstruksi standar

Untuk dapat mengetahui tegangan maksimal dari profil maka modulus penampang harus dapat diketahui. Menentukan modulus penampang (W) dengan profile jenis *tee* :

Uraian	1	2	3 = 1 x 2	4 = 1 x 2 ²	5	6 = 4 + 5
	F_i (cm ²)	Z_i (cm)	$F_i \cdot Z_i$ (cm ³)	$F_i \cdot Z_i^2$	$i = (h \cdot t^3) / 12$	$I = F_i \cdot Z_i^2 + i$
Bagian Horizontal	1.5	0	0	0	0.01125	0.01125
Bagian Vertikal	1.5	2.5	3.75	9.375	3.125	12.5
$\Sigma 0$	3	$\Sigma 1$	3.75		$\Sigma 2$	12.51125

$$e \text{ (sumbu netral)} = \frac{\Sigma 1}{\Sigma 0} = \frac{3.75}{3} = 1.25 \text{ cm}$$

$$I = \Sigma 2 - (e^2 \times \Sigma 0) = 12.51125 - (1.25^2 \times 3) = 7.82 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{e} = \frac{7.82}{1.25} = 6.26 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan maksimum profil :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{761.26 \text{ kg.cm}}{6.26 \text{ cm}^3} = 121.61 \text{ kg/cm}^2$$

Factor of safety terhadap *yield strength* material adalah :

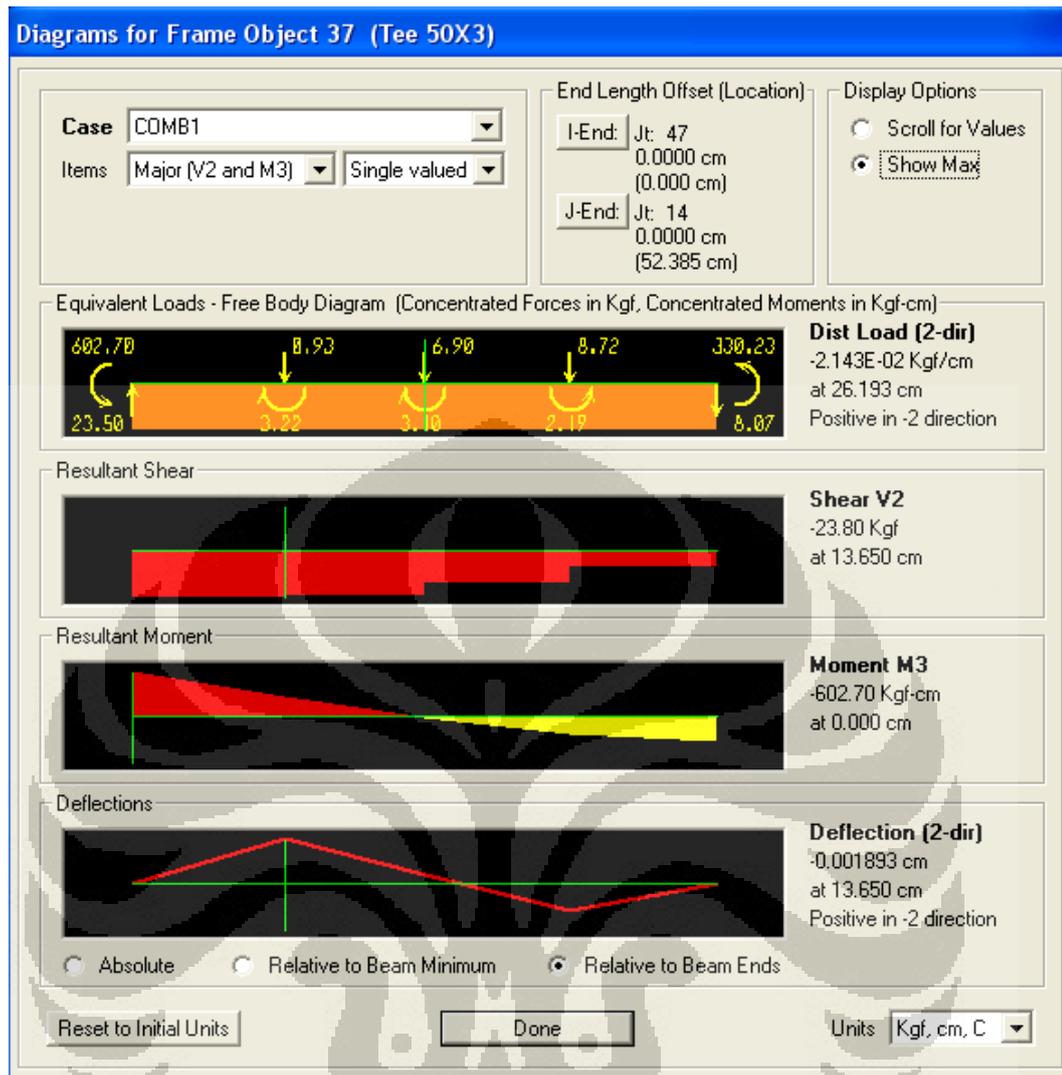
$$FOS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} = \frac{2531.0507 \text{ kg/cm}^2}{121.61 \text{ kg/cm}^2} = 20.81$$

Pada pelat memiliki tegangan maksimum sebesar 439.572 kg/cm^2 , maka *factor of safety* terhadap *yield strength* material adalah :

$$FOS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} = \frac{2531.0507 \text{ kg/cm}^2}{439.572 \text{ kg/cm}^2} = 5.76$$

4.3.2 Tegangan Profil Konstruksi Silang

Pada konstruksi silang nilai momen maksimum terdapat pada bagian profil buritan seperti yang terlihat pada gambar 4.14 dimana dia memiliki diagram momen yang paling besar. Setelah dilihat lebih detail pada *software* maka pada profil tersebut didapatkan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 4.16 Diagram momen maksimum profil pada konstruksi silang

Untuk dapat mengetahui tegangan maksimal dari profil maka modulus penampang harus dapat diketahui. Menentukan modulus penampang (W) dengan profile jenis *tee* :

Uraian	1	2	3 = 1 x 2	4 = 1 x 2 ²	5	6 = 4 + 5
	F_i (cm ²)	Z_i (cm)	$F_i \cdot Z_i$ (cm ³)	$F_i \cdot Z_i^2$	$i = (h \cdot t^3) / 12$	$I = F_i \cdot Z_i^2 + i$
Bagian Horizontal	1.5	0	0	0	0.01125	0.01125
Bagian Vertikal	1.5	2.5	3.75	9.375	3.125	12.5
$\Sigma 0$	3	$\Sigma 1$	3.75		$\Sigma 2$	12.51125

$$e \text{ (sumbu netral)} = \frac{\Sigma 1}{\Sigma 0} = \frac{3.75}{3} = 1.25 \text{ cm}$$

$$I = \Sigma 2 - (e^2 \times \Sigma 0) = 12.51125 - (1.25^2 \times 3) = 7.82 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{e} = \frac{7.82}{1.25} = 6.26 \text{ cm}^3$$

Maka tegangan maksimum profil :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{602.7 \text{ kg.cm}}{6.26 \text{ cm}^3} = 96.28 \text{ kg/cm}^2$$

Factor of safety terhadap *yield strength* material adalah :

$$FOS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} = \frac{2531.0507 \text{ kg/cm}^2}{96.28 \text{ kg/cm}^2} = 26.29$$

Pada pelat memiliki tegangan maksimum sebesar 405.436 kg/cm^2 , maka *factor of safety* terhadap *yield strength* material adalah :

$$FOS = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{max}} = \frac{2531.0507 \text{ kg/cm}^2}{405.436 \text{ kg/cm}^2} = 6.24$$

4.3.3 Perbandingan Tegangan Profil Konstruksi Standar dan Silang

Dapat dilihat dari hasil perhitungan bahwa konstruksi silang memiliki nilai tegangan profil (96.28 kg/cm^2) yang rendah dari konstruksi standar (121.61 kg/cm^2). Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi silang masih lebih baik daripada konstruksi standar dari segi kekuatan.

Jika melihat dari hasil *factor of safety* tegangan dapat terlihat bahwa FOS pada konstruksi silang (6.24) dan standar (5.67) masih lebih tinggi nilai pada konstruksi silang. Hal ini menunjukkan tingkat keamanan pada konstruksi silang lebih tinggi daripada konstruksi standar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kapal dengan lambung berbentuk lurus dapat dibangun dengan konstruksi modifikasi konstruksi silang
2. Dua buah kapal dengan ketebalan pelat dan profil yang sama namun berbeda konstruksi menghasilkan nilai tegangan (*stress*) pada pelat dan profil yang lebih baik pada konstruksi silang daripada konstruksi standar. Hal ini disebabkan karena pada konstruksi silang *frame* lebih terdistribusi merata pada setiap pelat dengan adanya frame yang menyilang diantara *frame* tegak sehingga aliran distribusi tegangan dapat lebih tereduksi dengan adanya *frame* silang ini. Dengan adanya ini dia dapat menahan defleksi pada arah tegak lurus pelat (\pm sumbu z) dengan lebih baik. Tetapi dia juga mempunyai kelemahan yaitu tidak terlalu baik dalam menahan beban pada arah sumbu x dan y dibandingkan pada konstruksi standar.
3. Sedangkan pada konstruksi standar yang lebih rapat (*frame* tegak) dan kompak dapat lebih menahan defleksi pada arah sumbu x dan y dikarenakan peredaman lendutan yang lebih baik akibat jarak yang rapat pada setiap ujungnya. Berbeda pada konstruksi silang yang jarak antar *frame* tegaknya lebih renggang pada bagian ujung sehingga tidak mampu untuk menahan lendutan akibat arah sumbu x dan y, tetapi sangat bagus pada arah sumbu z. Sedangkan pada konstruksi standar dia tidak memiliki *frame* diantara *frame* tegak sehingga lendutan pada bagian antara *frame* tersebut akan semakin besar terutama pada arah sumbu z.
4. Tegangan maksimum Profil :
 - a. Konstruksi silang = 96.28 kg/cm^2
 - b. Konstruksi standar = 121.61 kg/cm^2Dari sini bisa dilihat bahwa pada konstruksi silang memiliki kekuatan dari segi tegangan yang lebih baik daripada konstruksi standar sebesar 20%
5. Tegangan maksimum pelat :
 - a. Konstruksi silang = 405.436 kg/cm^2

b. Konstruksi standar = 439.572 kg/cm^2

Dari sini bisa dilihat bahwa pada konstruksi silang memiliki kekuatan dari segi tegangan yang lebih baik daripada konstruksi standar sebesar 7.8%

6. Defleksi maksimal pelat pada sumbu z :

a. Konstruksi silang = 0.401 mm

b. Konstruksi standar = 0.554 mm

Dari sini bisa dilihat bahwa pada konstruksi silang memiliki defleksi sumbu z yang lebih baik daripada konstruksi standar sebesar 27.6%

7. Untuk memiliki tegangan (*stress*) yang hampir sama maka ketebalan pelat pada konstruksi silang dapat lebih tipis daripada konstruksi standar

5.2 Saran

1. Pada bagian haluan (pelat 4 dan 8) konstruksi silang sebaiknya menggunakan konstruksi standar. Pada bagian tersebut memiliki luas area yang kecil sehingga jika tetap memaksa menggunakan konstruksi silang akan menjadi sangat mubazir dan tidak efisien dari segi penggunaan material.
2. *Factor of safety* (FOS) yang terdapat pada profil dan pelat menghasilkan nilai yang cukup besar. Dalam hal ini maka pelat yang digunakan bisa diganti dengan menggunakan pelat yang lebih lemah dari segi *mechanical properties* (*weak*).
3. Analisis tegangan dan defleksi pada kapal dengan menggunakan metode elemen hingga sebaiknya menggunakan *software* yang benar-benar diperuntukkan untuk aplikasi pada kapal sehingga hasilnya dapat lebih akurat. Dalam hal ini penulis mengalami kesulitan dalam mencari *software* khusus konstruksi (FEM) yang diperuntukkan untuk kapal. Dalam hal ini penulis menggunakan *software* SAP 2000 yang diperuntukkan untuk bangunan sipil namun masih bisa digunakan untuk bangunan kapal. Kendala yang dihadapi dalam menggunakan *software* ini adalah :
 - a. Penentuan posisi profil yang tidak secara otomatis tegak lurus terhadap pelat. Dalam pengaturannya maka harus diatur secara manual.

DAFTAR REFERENSI

- BKI (2004). *Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut Volume II*.
Jakarta
- Eyres, D.J. (2001). *Ship Construction*. Department of Maritime Studies Plymouth
Polytechnic
- Rawson, K.J., & Tupper, E.C. (1994). *Basic Ship Theory Vol.1*. England
- Talahatu, M.A. (1978). *Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin
FTUI
- Wicaksono, T. (2004). *Diktat Teori Merancang Kapal*. Departemen Teknik Mesin
FTUI

