



TUGAS AKHIR - MN 141581

**STUDI ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL PADA TAHAPAN
DESAIN PRELIMINARI DENGAN METODE GRAFIS
MENGUNAKAN APLIKASI BERBASIS REKAYASA
PERANCANGAN**

**Aditya Priyawardhana
NRP 4112100069**

Dosen Pembimbing:

Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**STUDI ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL PADA TAHAPAN
DESAIN PRELIMINARI DENGAN METODE GRAFIS
MENGUNAKAN APLIKASI BERBASIS REKAYASA
PERANCANGAN**

**ADITYA PRIYAWARDHANA
NRP 4112100069**

Dosen Pembimbing :

Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT -MN 141581

**ESTIMATION STUDY OF SHIP STEEL WEIGHT ON
PRELIMINARY DESIGN STAGE WITH GRAPHIC METHOD
USING APPLICATION BASED ON ENGINEERING DESIGN**

**ADITYA PRIYAWARDHANA
NRP 4112 100 069**

Supervisors :

Ir. Triwilaswadio W.P., M.Sc

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING
ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017**

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan keluarga
atas segala dukungan dan doanya

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL PADA TAHAPAN
DESAIN PRELIMINARI DENGAN METODE GRAFIS
MENGUNAKAN APLIKASI BERBASIS REKAYASA
PERANCANGAN**

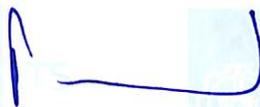
TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ADITYA PRIYAWARDHANA
NRP. 4112100069

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:
Dosen Pembimbing



Ir. Triwilaswandio, W.P., M.Sc
NIP 19610914 198701 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 15 MEI 2017

LEMBAR REVISI
STUDI ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL PADA TAHAPAN
DESAIN PRELIMINARI DENGAN METODE GRAFIS
MENGGUNAKAN APLIKASI BERBASIS REKAYASA
PERANCANGAN

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir

Tanggal, 4 Juli 2017

pada

Bidang Keahlian Industri Perkapalan
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Aditya Priyawardhana
NRP. 4112100069

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Septia Hardy Sujiatanti, S.T.,M.T


.....

2. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc


.....

3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T, M.T


.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Triwilaswandio W.P.,M.Sc


.....

SURABAYA, 18 JULI 2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini berisi tentang studi estimasi berat baja kapal pada tahapan desain preliminary dengan metode grafis menggunakan aplikasi berbasis rekayasa perancangan

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir, yaitu:

1. Bapak Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan ilmu dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Dosen-dosen Departemen Teknik Perkapalan khususnya bidang industri perkapalan yang telah turut membantu dalam memberikan ilmu dan bimbingannya selama di bangku perkuliahan.
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan yang telah memberikan motivasi dan inspirasi hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Heri Supomo M.Sc, Bapak Ir. Soejitno, Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Bapak Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc., dan juga dosen pengajar lainnya terimakasih bimbingan, sumbangan saran dan ide kepada penulis.
5. Ibu Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T. Selaku Dosen penguji
6. Bapak Yogi sebagai pembuat instruktur sekaligus pemberi materi atas keberlangsungan tugas akhir ini terutama materi mengenai *container* 3 dimensi kapal.
7. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa dan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.
8. Dina Awdri Siahaan yang senantiasa tiada lelah memberikan dukungan moral dan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
9. Seluruh teman-teman P52-Forecastle yang saling mendukung dan memberikan semangat untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman-teman gereja GKI Manyar dan Ce Hellen yang selalu memberikan penulis semangat dan memberikan inspirasi bagi penulis.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis masih merasa ada banyak kekurangan pada materi maupun penulisan. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan dalam rangka perbaikan untuk penulis. Penulis juga berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan referensi kepada pembaca maupun penulis sendiri untuk kebutuhan penelitian yang akan datang.

Surabaya, 9 Juli 2017

Aditya Priyawardhana

STUDI ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL PADA TAHAPAN DESAIN PRELIMINARI DENGAN METODE GRAFIS MENGUNAKAN APLIKASI BERBASIS REKAYASA PERANCANGAN

Nama Mahasiswa : Aditya Priyawardhana

NRP : 4112100069

Departemen/ Fakultas: Teknik Perkapalan/ Fakultas Teknologi Kelautan

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc

ABSTRAK

Tujuan tugas akhir ini adalah untuk melakukan studi estimasi berat baja kapal pada desain preliminari dengan metode grafis menggunakan aplikasi berbasis rekayasa perancangan. Pertama, Penelitian ini dilakukan dengan mempelajari terlebih dahulu beberapa teori dasar estimasi berat baja kapal konvensional yang ada dan mengambil salah satu metode konvensional yang akan dipakai sebagai perbandingan, dalam hal ini metode Watson. Kedua melakukan dan merencanakan estimasi berat baja kapal dengan metode grafis. Ketiga melakukan uji hasil estimasi berat baja kapal menggunakan metode grafis dengan berat baja kapal *real* yang sudah dihitung secara pos-perpos. Didapati bahwa perhitungan berat baja dengan metode Watson memiliki selisih yang besar dengan berat baja *real*. Perhitungan dengan metode grafis memiliki selisih sebesar 23,7 ton atau 2,6% lebih kecil dari berat baja kapal *real*. Hasil berat baja kapal menjadi lebih kecil dikarenakan adanya beberapa konstruksi khusus yang tidak dilakukan pemodelan 3D, seperti SKEG, pondasi *crane* serta dibutuhkannya faktor ketelitian dalam pemodelan 3D menggunakan aplikasi berbasis rekayasa.

Kata kunci : berat kapal kosong, estimasi berat baja kapal, model 3 dimensi kapal.

ESTIMATION STUDY OF SHIP STEEL WEIGHT ON PRELIMINARY DESIGN STAGE WITH GRAPHIC METHOD USING APPLICATION BASED ON ENGINEERING DESIGN

Name : Aditya Priyawardhana

ID Number : 4112100069

Dept. /Faculty : Naval Architecture and Shipbuilding Engineering/ Marine Technology

Supervisors : 1. Ir. Triwilaswandio W.P., M.Sc

ABSTRACT

The purpose of this final project is to study the shipweight estimation method in the stage of preliminary design with graphical method using application based on engineering design. Firstly, this final project study some basic theories of conventional ship steel weight estimation on existing vessels and taking one of the conventional methods to be used as a comparison, in this case the Watson method. Secondly, calculating ship weight estimation using graphical methods. Thirdly, analyze ship weight estimation results using graphical methods with actual ship weight that had been calculated with post by post method. It was found that calculations of steel weight by the Watson method differed greatly with actual steel weight. The calculation by the graphical method has a difference of 23,7 tons or 2,6% lower than the actual ship's steel weight. The steel weight of the vessel becomes smaller due to some special constructions that are not modelled in 3D, such as SKEG, crane foundation and the accuracy factor in 3D modeling on using application based on engineering design.

Keywords: *Ship lightweight, steelweight estimation, 3 dimensi Ship model*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Batasan Masalah	2
I.5 Manfaat	2
I.6 Hipotesis	3
BAB II STUDI LITERATUR.....	5
II.1 Dasar Teori.....	5
II.1.1 Proses Pembangunan Kapal.....	5
II.1.2 Persiapan Produksi	6
II.1.3 <i>Mould Loft</i>	6
II.1.4 Fabrikasi	7
II.1.5 <i>Marking</i>	7
II.1.6 <i>Sub Assembly</i>	8
II.1.7 <i>Assembly</i>	8
II.1.8 Perencanaan Kapal Pada Tahap Desain Preliminari.....	10
II.1.9 Estimasi Berat baja kapal	11
II.2 Tinjauan Pustaka.....	12
II.2.1 Metode Watson – Gilfillan 1976	12
II.2.2 Metode <i>Strohbusch's (Tech. University Berlin, 1928)</i>	14
II.2.3 Desain 3 dimensi	15
II.2.4 Proses Desain.....	24
BAB III METODOLOGI	25
III.1 Metode	25

III.2	Bahan dan Peralatan.....	25
III.3	Proses Pengerjaan	26
III.3.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	26
III.3.2	Studi Penelitian.....	26
III.3.3	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	27
III.3.4	Tahap Analisa dan Pembahasan	27
III.3.5	Tahap Penarikan Kesimpulan.....	27
III.4	Lokasi Pengerjaan.....	27
III.5	Bagan Alir.....	27
III.5.1	Tahap Persiapan.....	29
III.5.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	29
III.5.3	Tahap Analisis dan Pembahasan	30
III.5.4	Tahap Penarikan Kesimpulan.....	30
BAB IV PEMODELAN DAN PERHITUNGAN BERAT BAJA KAPAL KONTAINER 100TEUs METODE KONVENSIONAL.....		31
IV.1	Informasi Data Kapal.....	31
IV.1.1	Gambar Konstruksi Kapal Kontainer 100 TEUs.....	32
IV.1.2	Membuat Model <i>Linesplan</i> di Maxsurf.....	34
IV.1.3	Menghitung Luas CSA Kapal Kontainer 100 TEUs	40
IV.1.4	Pemodelan 3 dimensi Kontainer 100 TEUs	41
IV.1.5	Perhitungan Berat baja kapal.....	45
IV.1.6	Perhitungan Berat baja kapal dengan metode blok per blok.....	47
BAB V ANALISA PERHITUNGAN BERAT BAJA KAPAL KOSONG DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN METODE GRAFIS		49
V.1	Analisa Perbandingan Estimasi Berat baja kapal.....	49
V.2	Pemodelan Metode Grafis.....	50
V.2.1	Konsep.....	50
V.2.2	Langkah Awal Pengerjaan Estimasi berat Baja Kapal Dengan Metode Grafis ..	51
V.2.3	Pemodelan 3D pada estimasi berat baja kapal metode Grafis.....	57
V.2.4	Perhitungan Berat Baja Perkelompok <i>Similarities</i> konstruksi	60
V.2.5	Analisa kelebihan dan kekurangan estimasi berat baja metode grafis	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		75
VI.1	Kesimpulan	75
VI.2	Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN		81
LAMPIRAN A : Data Kapal Kontainer 100 TEUs		A-1
LAMPIRAN B : Perhitungan Estimasi Berat baja kapal Metode Konvensional		B-1

LAMPIRAN C : Gambar pemodelan 3 dimensi kapal	C-1
LAMPIRAN D : Perhitungan Estimasi Berat Baja Kapal Metode Grafis.....	D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 Bagan Alir pengerjaan Tugas Akhir	29
Gambar IV.1 <i>General arrangement</i> kontainer 100 TEUs	32
Gambar IV.2 <i>Construction profile</i> kapal kontainer 100 TEUs	33
Gambar IV.3 <i>Construction profile</i> kapal kontainer 100 TEUs	33
Gambar IV.4 <i>Midship Section</i> kapal kontainer 100 TEUs	34
Gambar IV.5 <i>Sample design</i> yang dipilih.....	35
Gambar IV.6 Data kurva hidrostatik <i>sample design</i>	36
Gambar IV.7 Tampilan <i>window Frame of Reference</i> Maxsurf.....	37
Gambar IV.8 Tampilan kurva hidrostatik baru	38
Gambar IV.9 Tampilan <i>window Grid Space</i> pada Maxsurf	39
Gambar IV.10 Tampilan <i>Space Stations</i>	39
Gambar IV.11 Tampilan <i>body plan</i> pada Maxsurf.....	40
Gambar IV.12 Tampilan <i>window luas station</i> 9 dan 10 pada <i>autoCAD</i>	40
Gambar IV.13 List progress pengerjaan bagian 2 dimensi kapal.....	42
Gambar IV.14 Contoh penggambaran 2 dimensi <i>frame 2</i> kapal kontainer 100TEUs.....	42
Gambar IV.15 List pekerjaan <i>part fabrication</i> pada fram 0-10 buritan	43
Gambar IV.16 Gambar hasil <i>extrude bulkhead</i> dengan penegar.....	44
Gambar IV.17 blok 1 buritan <i>frame 0-10</i>	44
Gambar IV.18 <i>Grand Block</i>	45
Gambar IV.19 Bukaannya kulit kontainer 100 TEUs	47
Gambar IV.20 salah contoh perhitungan blok perblok untuk <i>frame 25-31</i>	48
Gambar V.1 Grafik penyebaran berat baja kapal dengan metode pemodelan 3 dimensi dan general arrangement kapal tampak samping (sebagai perbandingan)	52
Gambar V.2 Gambar pembagian blok.....	54
Gambar V.3 Proses perhitungan luasan per <i>frame</i> kontainer 100 TEUs.....	56
Gambar V.4 Penyebaran luasan per <i>frame</i> kapal kontainer 100TEUs.....	57
Gambar V.5 <i>frame 30</i> yang sudah dibuat model 3Dnya.	58
Gambar V.6 Pemodelan 3D <i>fn 28+600mm</i> yang merupakan konstruksi <i>ordinary frame</i> pada komponen ruang muat.	59

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Koefisien berat baja kapal berdasarkan Watson (1998)	13
Tabel IV.1 Data ukuran utama kapal.....	31
Tabel IV.2 Rekap Hasil perhitungan berat baja kapal hasil pemodelan 3 dimensi kapal	46
Tabel IV.3 Berat baja kapal metode Watson	47
Tabel V.1 Hasil perhitungan berat 4 metode	49
Tabel V.2 Persentase hasil perhitungan metode konvensional dengan pemodelan 3 dimensi...50	
Tabel V.3 Pengelompokan <i>similarities</i> konstruksi kapal (<i>web frame</i>) pada buritan.....	53
Tabel V.4 Pengelompokan <i>similarities</i> konstruksi kapal (<i>ordinary frame</i>).....	53
Tabel V.5 Informasi berat baja Kapal Kontainer 100 TEUs dengan pos-perpos	54
Tabel V.6 Informasi pembagian <i>frame</i> Kapal Kontainer 100TEUs.....	55
Tabel V.7 Luasan per <i>fn</i> kapal kontainer 100 TEUs ($fn - 3 \frac{s}{d} 3$).....	56
Tabel V.8 <i>midship group 1</i> dan luasan perframenya.....	57
Tabel V.9 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen buritan <i>group 1</i>	60
Tabel V.10 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen buritan <i>group 1</i>	60
Tabel V.11 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen kamar mesin <i>group 1</i>	61
Tabel V.12 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen kamar mesin <i>group 2</i>	62
Tabel V.13 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen middle construction <i>group 1</i>	62
Tabel V.14 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>middle construction group 2</i>	63
Tabel V.15 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>midship construction group 1</i>	64
Tabel V.16 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>midship construction group 2</i>	64
Tabel V.17 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>forepeak tank construction</i>	66
Tabel V.18 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>forepeak construction group 1</i>	66

Tabel V.19 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen <i>forepeak construction group 2</i>	67
Tabel V.20 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen sekat ruang muat.....	68
Tabel V.21 pengkhususan konstruksi tertentu.....	68
Tabel V.22 Rekapitulasi hasil berat baja kapal dari <i>keel</i> sampai <i>Main Deck</i>	68
Tabel V.23 Perhitungan berat baja metode grafis pada <i>superstructure</i>	69
Tabel V.24 Berat baja <i>superstructure</i> dengan metode grafis	72
Tabel V.25 Berat baja kapal total menggunakan metode grafis.....	72
Tabel VI.1 hasil perhitungan beserta persentase akurasi perhitungan berat baja kapal dengan metode grafis dan metode pemodelan <i>full 3D fn -2 dan fn 0</i>	76
Tabel VI.2 Hasil Perhitungan metode grafis dengan berat real kapal	76

DAFTAR SIMBOL

ρ	=	Massa jenis material (kg.m^{-3})
t	=	Tebal material las (mm)
σ	=	Tegangan sisa yang terjadi
σ_x	=	Tegangan tegak lurus garis las
σ_y	=	Tegangan searah garis las
F_s	=	Gaya (N)
A_s	=	Luas bidang geser (m^2)
G	=	Modulus geser
γ	=	Regangan geser
M_0	=	Momen bending
σ_y	=	Tegangan yield

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi kapal mulai menunjukkan hal yang kearah lebih baik, kapal sebagai media utama transportasi di laut merupakan ladang bisnis yang cukup menjanjikan di industri pembangunan kapal di Indonesia, dalam kondisi sekarang faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan kondisi kapal sangat diperhatikan terutama hal yang menyangkut efisiensi dan efektifitas produksi kapal. Berat baja kapal merupakan hal utama yang menjadi pertimbangan bagi *owner* maupun pihak galangan mengenai pembangunan kapal, karena dengan bertambah besarnya berat yang dimiliki kapal akan mengurangi jumlah muatan yang dapat diangkut oleh kapal tersebut.

Estimasi terhadap berat baja kapal merupakan hal yang sangat penting dilakukan sebelum melakukan tahap pra desain. Hal ini dilakukan agar kapal yang dibangun, beratnya tidak melebihi dari desain awal yang diinginkan oleh pihak *owner*. Perhitungan dengan metode yang biasa digunakan seperti Watson kurang sesuai jika diterapkan untuk pembangunan kapal baru saat ini apalagi dengan perbedaan kondisi perairan di Indonesia. Perhitungan berat baja kapal yang dihasilkan akan semakin bertambah besar, tentunya ini akan mengurangi berat muatan yang dapat diangkut oleh kapal tersebut.

Seiring perkembangan zaman, perancangan konstruksi kapal tidak lagi sesulit dan serumit yang dibayangkan, misalnya menghitung tiap tiap beban konstruksi profil untuk mendapatkan besarnya berat kapal per $frame$ kapal dapat dilakukan dengan melakukan pemodelan profil konstruksi dengan visual tiga dimensi dengan menggunakan *CAD (Computer Aided Design)* yang merupakan *software* yang membantu proses mendesain. *CAD* memiliki aplikasi-aplikasi yang memudahkan pengguna untuk merancang sebuah objek 3 dimensi yang dibantu dengan *tools engineering* yang canggih yang mempermudah *user* dalam proses pengerjaan desain. serta dilakukan pendefinisian jenis profil, bahan, dan tebal pelat, sesuai dengan kondisi pembangunan perancangan kapal pada aslinya dan mengikuti peraturan penentuan konstruksi kapal.

Peran perhitungan berat baja kapal dalam produksi kapal dapat berperan besar dalam fungsi waktu sebuah proyek. Sebelum suatu proyek dijalankan, sangat penting sekali estimasi biaya sehingga mempermudah anggaran demi efektifitas proyek tersebut. Metode Grafis ini dibuat agar dapat mempersingkat waktu pekerjaan dan menghasilkan perhitungan berat kapal yang lebih presisi.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana persentase akurasi perhitungan berat baja kapal dengan metode konvensional?
2. Bagaimana cara mendapatkan hasil perhitungan yang mendekati hasil perhitungan berat baja kapal sebenarnya dengan metode perhitungan berat dengan metode grafis?
3. Bagaimana ketepatan/akurasi perhitungan berat baja kapal dengan metode grafis dalam perhitungan berat baja kapal kontainer 100TEUs?

I.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan hasil perbandingan antara perhitungan berat baja kapal menggunakan metode konvensional dengan berat kapal sebenarnya pada tahap desain preliminari.
2. Merencanakan dan menghitung estimasi berat baja kapal dengan metode grafis dengan bantuan aplikasi berbasis rekayasa perancangan.
3. Melakukan uji hasil estimasi berat baja kapal dengan metode grafis dan metode blok-blok yang sudah dihitung sebagai acuan akurasi perhitungan berat kapal.

I.4 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Data kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal kontainer 100TEUs.
2. Tidak dilakukan analisis biaya.
3. Menggunakan perangkat lunak berbasis perancangan kapal.

I.5 Manfaat

Manfaat bagi akademisi :

1. Sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan estimasi perhitungan berat baja kapal untuk kapal baru.
2. Dapat mempermudah estimasi berat baja kapal
3. Menambah efektivitas baik waktu maupun biaya dalam pengerjaan proyek bangunan kapal.

I.6 Hipotesis

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka akan didapatkan suatu langkah awal untuk membuat skema estimasi perhitungan berat baja kapal yang lebih tepat digunakan untuk jenis kapal yang sesuai dengan kondisi perairan di Indonesia jika dibandingkan dengan menggunakan metode sebelumnya yang sudah ada.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Dasar Teori

Pada bab ini menjelaskan secara detail dasar teori termasuk rumus pendekatan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Dalam bab ini juga menjelaskan konsep-konsep yang mendukung pengerjaan tugas akhir ini yang di dapat dari berbagai sumber referensi.

II.1.1 Proses Pembangunan Kapal

Pembangunan kapal merupakan industri yang bergerak untuk menghasilkan produk (seperti kapal, bangunan lepas pantai, pabrik terapung, dsb) untuk *client/owner*. Pada umumnya produk yang dibangun harus mengikuti dan memenuhi spesifikasi khusus yang di berikan oleh pemilik/pemesan. Kondisi ini bahkan berlaku pada kondisi dimana kapal yang akan di bangun serupa dengan kapal yang sedang di bangun (*Sister Ship*). Proses secara keseluruhan sangat bervariasi tergantung dari pelanggan yang terlibat, tetapi pada umumnya proses pembangunan kapal terdiri dari beberapa tahapan yang dapat di ringkas sebagai berikut:

1. *Owner's requirements*
2. *Preliminary/concept design*
3. *Contract design*
4. *Bidding/contracting*
5. *Detail design and planning*
6. *Construction*

Kualitas hasil produksi pembangunan kapal dipengaruhi oleh beberapa faktor dan juga didasarkan pada standar kualitas yang telah disepakati bersama. Untuk memenuhi standar kualitas hasil produksi pembangunan kapal dan waktu penyelesaian yang telah disepakati bersama, pengawasan terhadap proses pembangunan kapal perlu dilaksanakan.

Untuk dapat mengetengahkan permasalahan teknis dalam menganalisa biaya, waktu serta kualitas haruslah terlebih dahulu dimengerti urutan proses pembuatan kapal atau urutan aliran materialnya sejak dari tempat penyimpanannya, sampai ketempat pembangunannya di *building berth*, dengan demikian akan dapat mengidentifikasi jumlah biaya, lamanya waktu penyelesaian serta kualitas hasil produksi (Storch, 1995). Dalam pembuatan kapal diperlukan beberapa tahapan proses produksi yang terdiri dari:

1. Persiapan produksi: perancangan dan persiapan gambar kerja, penyimpangan dan pemeriksaan material, persiapan tenaga kerja dan lain-lain.

2. *Mould Loft* : pembuatan mal atau gambar produksi
3. *Fabrikasi* : identifikasi material, *marking*, *cutting* dan *forming*
4. *Sub Assembly/Assembly* : *fitting* dan *welding* komponen dasar dari seksi/blok
5. *Erection* : penggabungan seksi/blok menjadi kapal

Untuk mendapatkan gambaran tentang tahap-tahap tersebut, akan dibahas secara singkat.

II.1.2 Persiapan Produksi

Tahap persiapan produksi merupakan tahap awal yang harus dilakukan sebelum melakukan proses produksi. Tujuan dari tahap ini yaitu mengatur keadaan-keadaan sehingga pada waktu yang ditentukan pekerjaan pembangunan kapal dapat dilaksanakan dan ditetapkan (Andersen & Jensen, 2002).

Ruang lingkup tahap ini yaitu:

1. Dokumen produksi (umum) yang meliputi gambar dan daftar material, perkiraan kebutuhan tenaga kerja, dan perkiraan kebutuhan material.
2. Tenaga kerja yang terlibat dalam kaitannya dengan kualifikasi dan jumlah tenaga kerja dan pekerjaan lain.
3. Material yang perlu dipersiapkan dengan mempertimbangkan: keadaan atau stok gudang, pemakaian material untuk pekerjaan sekarang pemesanan/pembelian material dari luar (jumlah dan waktu pembelian).
4. Fasilitas dan sarana produksi yang meliputi: kemampuan bengkel produksi, kapasitas mesin-mesin, alat-alat angkat yang tersedia (jumlah, kapasitas, macam dan tempat), keadaan *building berth/floating dock*.

Pada tahap ini untuk pertama kalinya spesifikasi kapal yang ditentukan sesuai dengan kontrak/pesanan diterjemahkan dalam bentuk *basic design*. Spesifikasi kapal yang dimaksudkan misalnya jenis kapal, bobot mati, kecepatan, radius pelayaran, dan lain-lain. Pada *basic design* yang dipersiapkan antara lain:

1. *Lines Plan*
2. *General Arrangement*
3. *Shell Expansion*
4. *Midship Section*

II.1.3 Mould Loft

Mould loft adalah rantai gambar dengan skala sebenarnya yang digunakan untuk pembuatan rambu atau gambar produksi (*ship drawing*) dan merupakan gambar yang benar-benar siap pakai. Secara singkat fungsi dari *mould loft* adalah:

1. Mengolah atau memecahkan permasalahan gambar dengan skala tertentu menjadi skala 1:1 serta membuat gambar yang berasal dari *production drawing* menjadi gambar sebenarnya.
2. Membuat rambu-rambu/mal.
3. Membuat gambar kerja.
4. Mengadakan survei bila terjadi permasalahan pada bengkel produksi.

Pedoman untuk menggambar diambil dari data:

1. *General arrangement*
2. *Lines plan*
3. *Midship section*
4. Gambar lengkap untuk *buttweld*
5. Gambar penegar lengkap dengan lubang *scupper*-nya

II.1.4 Fabrikasi

Tahap fabrikasi adalah tahap pembuatan elemen badan kapal yang meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Pembersihan plat
2. Plat yang akan dilakukan pengecatan dasar, memerlukan pembersihan dari segala kotoran, karat dan lain-lain yang dapat dilakukan secara mekanik atau dengan sand blasting.
3. Pelurusan plat (*Straightening*)

Meluruskan kembali plat-plat yang mengalami deformasi karena penimbunan atau pengangkutan dengan menggunakan mesin roll atau press. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan konsentrasi tegangan pada material.

II.1.5 Marking

Marking adalah proses pemberian nama, nomor serta gambar detail dari sebuah konstruksi yang dicetak diatas pelat sebelum dilakukan pemotongan sesuai dengan model yang dikerjakan.

Pada setiap bagian dari material yang telah ditandai harus diberi nama yang jelas agar tidak tertukar atau keliru pada saat perakitan. Nama tersebut disediakan dengan kode yang tercantum pada material *list* atau *marking list*. Sebelum dilakukan pekerjaan selanjutnya, diperlukan pemeriksaan marking serta ukurannya *quality control* (QC) agar ketepatan lebih terjamin sehingga mnghindari kesalahan dalam pemotongan.

II.1.6 Sub Assembly

Sebelum dilakukan proses *sub assembly*, hasilnya dari pekerjaan fabrikasi diperlukan untuk pengecekan baik bentuk maupun ukuran serta tandanya yang berguna untuk mengurangi kesalahan dalam pekerjaan *sub assembly*.

Pekerjaan yang dilakukan pada tahap ini meliputi:

1. Penyambungan pelat
2. Pemasangan *stiffeners*
3. Merakit *floor*
4. Pemasangan *face plates*
5. Merakit *web frames*

Pada tahap ini, komponen-komponen pelat yang sudah diselesaikan di fabrikasi dikait sesuai dengan letak dan urutannya, dari seksi menjadi bagian-bagian misalnya:

1. *Bottom* terdiri dari portside, center dan starboard
2. Transverse bulkhead terdiri dari portside dan starboard
3. Side shell terdiri dari portside dan starboard
4. Deck terdiri dari portside, center dan starboard

Dalam pengerjaan menggunakan metode panel dengan urutan sebagai berikut

1. Penyambungan buttjoin antara pelat dengan pelat.
2. Pemasangan pembujur pada pelat dengan pengelasan tertutup.
3. Pemasangan pelintang dengan pengelasan menerus.
4. Pengelasan potongan pelat pada scallop dan pembujur

II.1.7 Assembly

Proses selanjutnya dalam pembuatan block adalah perakitan dan masing-masing seksi menjadi block yang lengkap. Lengkap disini dalam arti termasuk pemasangan outfittingnya, yaitu:

1. Pemasangan pondasi untuk peralatan
2. Pemasangan pipa-pipa bilga dan *ballast*
3. Pemasangan pipa air laut, pipa sanitari, pipa udara, pipa-pipa dikamar mesin dan sebagainya.

Disertakan pemasangan outfitting pada tahap *assembly* ini diharapkan agar nantinya dapat mempermudah pelaksanaan pekerjaan outfitting. Sehingga efisiensi pekerjaan outfitting meningkat, juga diharapkan waktu penyelesaian di *building berth* akan lebih singkat.

Langkah-langkah pembuatan blok pada tahap *assembly* meliputi beberapa tahap perakitan, antara lain:

1. Perakitan konstruksi dasar:

- *Bottom plate* diletakkan pada lantai perakitan, pada daerah sambungan las titik, dan setelah penyetelan kelurusan tepat, baru dilas penuh. Pengelasan pada bagian bawah dilaksanakan dengan cara membalikkan pelat dasar.
- Pemasangan *bottom trans*, bagian tengah pada *bottom*, bila sistem konstruksinya melintang.
- Pemasangan *bottom trans*, (bagian samping) atau wrang pada *bottom*.

Pada pemasangan *center girder* dan *bottom trans/wrang*, urutannya tergantung pada bentuk konstruksinya. Apabila *center girder* merupakan konstruksi yang menerus, maka *center girder* dipasang terlebih dahulu atau *bottom trans*, demikian pula sebaliknya.

- Pemasangan *center girder* pada *bottom*
- Pemasangan *side girder*
- Pemasangan outfitting (system perpipaan) untuk konstruksi dasar

2. Pemasangan konstruksi seksi

- Mula-mula sekat dipasang padaudukannya, kemudian disanglah agar kedudukannya tegak
- Pengelasan titik
- Dilakukan penahanan dengan baik dan diperiksa posisi ukurannya
- Pengelasan penuh

3. Pemasangan konstruksi bilga

4. Pemasangan konstruksi lambung

5. Pemasangan konstruksi geladak

Pada proses *assembly* dilakukan juga pekerjaan *sub assembly* dan *assembly*, dimana pada tiap pekerjaan tersebut dilakukan kegiatan-kegiatan antara lain:

1. *Fitting*
2. *Welding*
3. *Marking* akhir

Pelaksanaan control akurasi dimensi struktur *assembly* dilakukan pada setiap pekerjaan-pekerjaan tersebut diatas. Hal tersebut bertujuan untuk mendapatkan keyakinan ukuran dan bentuk struktur *assemblies*.

6. *Erection*

Yang dimaksud dengan perakitan adalah penggabungan beberapa elemen menjadi detail, seksi atau block. Proses ini dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

- Sub *assembly* yang merupakan penggabungan elemen-elemen menjadi suatu detail konstruksi dari seksi atau block, misalnya pembuatan bracket, center girder, *web frame*, wrang-wrang dan sebagainya.
- *Assembly* merupakan gabungan dari detail-detail konstruksi menjadi seksi-seksi atau blok yang utuh, misalnya *bottom construction*, side shell, *deck construction*, dll.
- *Erection*, yang menggabungkan beberapa konstruksi seksi atau blok menjadi badan kapal yang lengkap dan dilakukan dilandasan peluncuran atau *building berth*.

Erection merupakan tahap penyambungan blok-blok badan kapal yang telah selesai dikerjakan oleh bagian *assembly* untuk disambung satu dengan yang lainnya, sesuai dengan posisi block tersebut sebagai bagian badan kapal. Pelaksanaan ini dilaksanakan di *bulding berth* atau sarana galangan lainnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada tahap *erection* adalah:

- Kelurusan dan kerataan dari *wooden block*. Pemeriksaan dilakukan dengan *water pass*.
- Kelurusan kedudukan blok berdasarkan *standart line* (buttock line, water line, dan *frame*) yang telah ditentukan terhadap *standart dok*.
- Pemotongan terhadap margin (toleransi ukuran yang diberikan untuk menghindari kesalahan potong, deformasi dan lain-lain) dilaksanakan setelah kedudukan blok yang satu dengan yang lainnya tepat pada posisinya.
- *Lifting eye* dilepas setelah blok sudah menyambung dengan baik.

II.1.8 Perencanaan Kapal Pada Tahap Desain Preliminari

Tahap *Preliminary design* dikembangkan hasil dari tahap *conceptual* dengan menetapkan alternatif kombinasi yang jelas, sehingga pada akhirnya didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan *servicency*, begitu juga daya motor yang diperlukan, demikian pula dengan daftar sementara peralatan permesinan. Selama *Preliminary design*, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal dapat terpenuhi (Papanikolaou, 2014). Pada tahap perencanaan, banyak sekali pertimbangan-pertimbangan yang harus diperhatikan di dalam proses pembangunan kapal. Salah satu yang terpenting adalah aspek ekonomis, ini akan sangat berpengaruh dalam hal biaya pembuatan kapal nantinya, mempunyai mesin induk dengan pemakaian bahan bakar yang irit tetapi mempunyai kecepatan kapal seperti yang diinginkan dengan memperhatikan bentuk badan kapal. Dalam pemilihan bentuk badan kapal yang sedemikian rupa akan mempengaruhi tahanan dari kapal itu sendiri. Diusahakan dalam memilih bentuk badan kapal dengan tahanan yang sekecil-kecilnya tanpa mengurangi muatan dengan ketentuan maksimal muatan yang sudah ditentukan (Watson &

G.M., 1998). Adapun pemikiran ekonomis dan hal yang paling penting dalam merancang kapal khususnya kapal barang adalah sebagai berikut :

$$1. \Delta = Lwt + Dwt \quad (II.1)$$

Δ = Displacement kapal

LWT = Light weight tonnage (ton) Berat muatan dalam keadaan kosong

DWT = Dead weight tonnage (ton) Bobot mati

LWT dibuat sekecil-kecilnya, karena terkait dengan pengeluaran kapal

DWT dibuat sebesar-besarnya karena terkait dengan penghasilan kapal

$$2. \textit{Payload} = DWT - (\textit{Consumable} + \textit{Crew}) \quad (II.2)$$

Payload = muatan bersih

Unsur unsur dari LWT, DWT, Consumable:

- a) Berat struktur baja kapal
- b) Berat permesinan dan propulsi
- c) Berat perlengkapan kapal
- d) Berat outfitting

DWT: Berat muatan bersih (*payload*)

- a) Berat bahan bakar minyak
- b) Berat minyak pelumas
- c) Berat air tawar
- d) Berat perbekalan selama berlayar
- e) Berat anak buah kapal (ABK)

II.1.9 Estimasi Berat baja kapal

Light Weight Ship (LWT) adalah berat kapal kosong, yaitu berat kapal yang hanya dihitung pada komponen-komponen berat baja kapal, berat perlengkapan dan peralatan kapal, serta berat permesinan. Jika *Light Weight Ship* (LWT) adalah berat kapal yang ditanggungnya sebagai akibat konstruksi kapal, permesinan, dan perlengkapan kapal, maka *Dead Weight Tonnage* (DWT) adalah berat muatan kapal yang bisa dibawa oleh kapal tersebut. DWT terdiri dari jumlah muatan air tawar, bahan bakar, pelumas, *auxiliary oil*, bahan makanan, jumlah crew, dan *payload*. Persentase DWT untuk *payload* adalah 90% dari seluruh total DWT. Penjumlahan DWT dan LWT disebut dengan *Displacement* (Hekkenberg & Hopman, 2015). Jika *displacement* dikalikan dengan berat jenis air, maka akan ditemukan berat kapal total. Berat struktur kapal disimbolkan dengan W_{st} didalamnya termasuk berat lambung kapal dan berat bangunan atas, walaupun tidak semua bagian pada kapal

terbuat dari baja (sebagai contoh beberapa bagian bangunan atas ada yang terbuat dari aluminium alloys).

II.2 Tinjauan Pustaka

Persamaan estimasi berat struktur kapal baja dalam tinjauan pustaka ini dipakai untuk melihat (*review*) variabel-variabel apa saja yang dipakai dalam merumuskan hubungan ukuran utama dengan berat baja kapal. Persamaan-persamaan berat baja kapal tersebut adalah sebagai berikut. :

II.2.1 Metode Watson – Gilfillan 1976

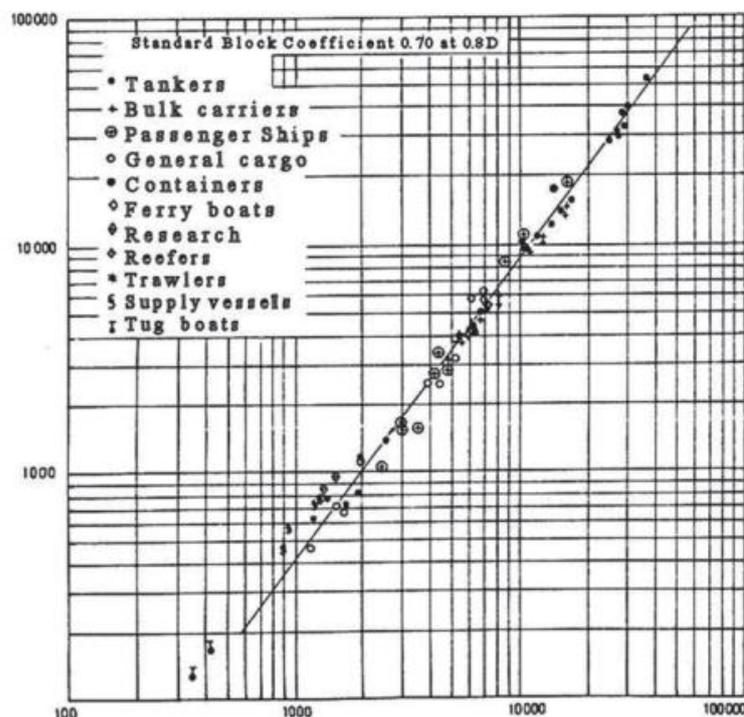
Berat baja kapal W_{ST} dapat dihitung berdasarkan angka E_N (*Equipment Numerical*) pada kapal dengan jenis tertentu sesuai dengan ketentuandari *Lloyd Register* (LR):

$$E_N = L (B+T) + 0.8L (D-T) + 0.85 \sum_{i=1}^{N1} h1il1i + \sum_{i=1}^{N2} h2il2i \quad (II.3)$$

dimana

$N1, h1i, l1i$: angka, tinggi, dan panjang dari rumah geladak

$N2, h2i, l2i$: angka, tinggi, dan panjang dari bangunan atas



Gambar II. 1 Perbandingan berat baja kapal W_{ST} dengan *outfitting index* E_N berdasarkan Watson.

(sumber: Watson & Gilfillan, 1976)

Berdasarkan Gambar II-1 di atas, W_{st} direpresentasikan sebagai fungsi dari E_N , berat baja kapal yang sesuai dengan standar koefisien blok C_B^* , pada ketinggian 0.8 D sama dengan 0.70 dapat dihitung sebagai berikut:

$$(W_{ST})^* = f(E_N), \text{ (Gambar II.4)} \quad (\text{II.4})$$

Untuk kapal dengan koefisien blok $C_B^*(0,8D) \neq 0,7$ berlaku koreksi berikut:

$$(W_{ST}) = (W_{ST})^* - (1+0.5(C_B^*-0.7)) \quad (\text{II.5})$$

Dimana koefisien $C_{B1}^*(0.8D)$ dapat diperkirakan melalui nilai $C_{B1}(T=D)$

$$C_{B1}^* = C_{B1} + (1-C_{B1})(0.8D-T)/3T \quad (\text{II.6})$$

Tabel II.1 Koefisien berat baja kapal berdasarkan Watson (1998)

Ship type	Nilai K rerata	Fluktuasi K \pm	Batas bawah E_N	Batas atas E_N
Crude oil tankers	0.032	0.003	1,500	40,000
Chemical tankers	0.036	0.001	1,900	2,500
Bulkcarriers	0.031	0.002	3,000	15,000
Containerships	0.036	0.003	6,000	13,000
General cargo	0.033	0.004	2,000	7,000
Reefers	0.034	0.002	4,000	6,000
Coasters cargo	0.030	0.002	1,000	2,000
Offshore supply vessels	0.045	0.005	800	1,300
Tugs	0.044	0.002	350	450
Trawlers	0.041	0.001	250	1,300
Hydrographic vessels	0.045	0.002	1,350	1,500
RoPax	0.031	0.006	2,000	5,000
Passenger ships	0.038	0.001	5,000	15,000
Frigates/corvettes	0.023			

(sumber: Watson & Gilfillan, 1976)

Tabel II-1 di atas adalah sejumlah informasi mengenai koefisien struktur yang dibangun dari baja ringan 100% (*mild shipbuilding steel*). Mengingat kapal kapal yang saat ini dibangun sampai taraf tertentu dari *high tensile steel*, bobot yang dihasilkan dengan menggunakan koefisien di atas

diperkirakan sedikit lebih tinggi dari standar perhitungan ini (misalnya untuk kapal *tanker*, *bulkcarriers*, kapal kontainer). Metode ini tergolong sederhana dan biasanya digunakan pada proses design kapal awal (*Initial design phase*). Karena kesederhanaannya, beberapa fitur dasar kapal ter bengkalai, yang bagaimanapun juga secara signifikan mempengaruhi estimasi akhir berat baja kapal. Misalnya, kekhasan beberapa jenis kapal, jumlah bangunan atas dan sekat dll. Metode ini telah dikembangkan lebih jauh oleh Watson sendiri pada tahun 1998:

$$(W_{ST})^* = KE_N^{1.36}, \text{dimana K didapat dari Tabel II-2 diatas.} \quad (II.7)$$

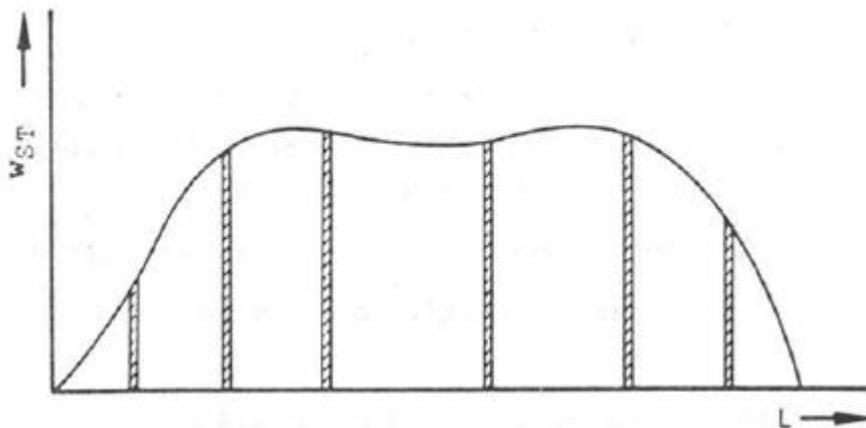
II.2.2 Metode Strohbusch's (Tech. University Berlin, 1928)

Metode generalisasi data dengan akurasi hasil yang relative tinggi. Dengan asumsi bahwa rencana struktur dari bagian karakteristik lambung *parent ship* (kapal sebenarnya) tersedia.

Aplikasi:

1. Perhitungan berat baja kapal per meter panjang kapal untuk sejumlah bagian karakteristik kapal.
2. Representasi Grafis dan kurva $dW_{ST}/dx = w_{ST}(x)$ sepanjang kapal. Lihat Gambar 2
3. Perhitungan luas area di bawah kurva, yang merepresentasikan WST
4. Penambahan bobot individu yang tidak diperhitungkan dalam berat per perhitungan panjang di dalam perhitungan panjang W_{ST} (ton/m)

$$W_{ST} = \int_{(L)} \frac{dW_{ST}}{dx} = \int_{(L)} w_{st}(x) dx = \sum_{(N)} W_{st}(x_i) \cdot \delta x_i \quad (II.8)$$



Gambar II. 2 Perhitungan berat baja kapal berdasarkan metode Strohbusch (Storch, 1995)

Gambar II.2 di atas merupakan bentuk dasar dari metode Strohbusch dimana berat baja kapal per station dapat dihitung lalu diestimasi per stationnya.

II.2.3 Desain 3 dimensi

Gambaran Umum

CAD adalah kepanjangan dari *Computer Aided Design* yang merupakan suatu program komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian suatu produk. Produk yang digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. *CAD* dapat berupa 3 dimensi maupun 2 dimensi. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar, kini perangkat lunak *CAD* telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak *CAE* (*Computer Aided Engineering*) dan *CAM* (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak *CAD* saat ini kebanyakan merupakan aplikasi gambar 3 dimensi atau biasa disebut *solid modelling*. *Solid model* memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan, dll.

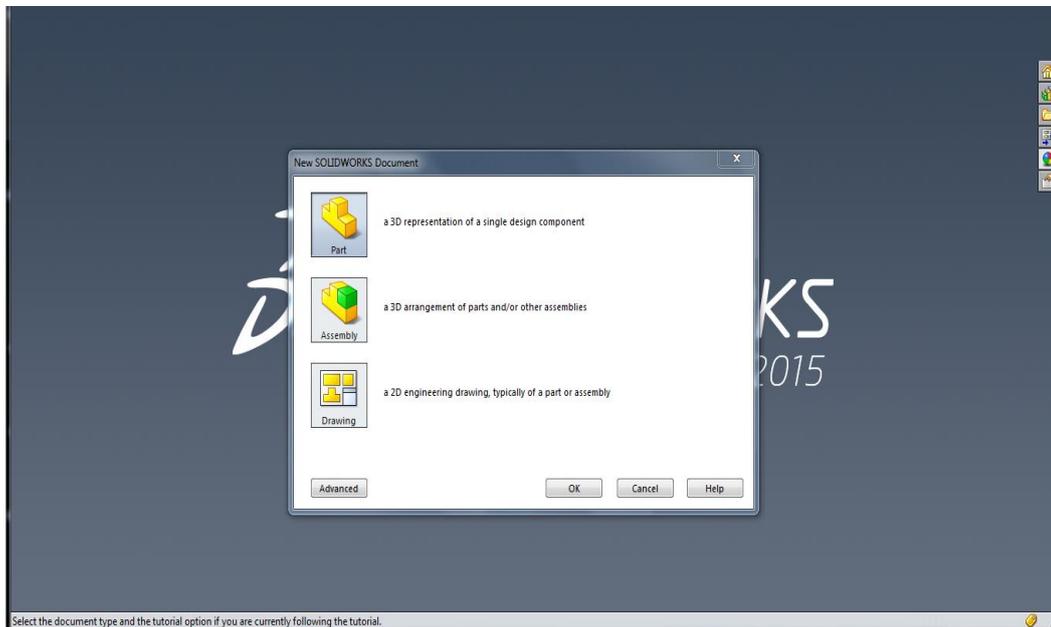
CAD dan *AutoCAD* merupakan salah satu perangkat lunak *CAD* yang sangat populer saat ini di Indonesia. Sudah banyak sekali perusahaan *manufacturing* yang mengimplementasikan *software ini*. *CAD* dalam pembuatan model 3 dimensi menyediakan *feature-based, parametric solid modeling*.

Feature-based dan *parametric* ini yang akan sangat mempermudah bagi usemya dalam membuat model 3 dimensi. Karena hal ini akan membuat user bisa membuat model sesuai dengan intuisinya sendiri. Tampilan *software Solidwork* tidak jauh berbeda dengan *software* lain yang berjalan pada windows. Perancangan gambar teknik yang lebih familiar adalah *CAD*. Dalam membuat model untuk industri pengecoran logam, dapat dibuat *pattern*-nya dengan menggunakan program 3 dimensi *CAD*. *CAD* memudahkan operator *pattern* dalam menerjemahkan gambar menjadi model atau *pattern* pengecoran logam. Karena program ini berbasis teknologi mutakhir, *CAD* dapat meminimalisir kesalahan dalam membaca gambar yang dapat berdampak pada kesalahan bentuk.

Sebelum menginstall *CAD* di komputer atau laptop, perlu di ketahui bahwa *hardware* dari laptop/komputer sudah cukup mendukung untuk menggunakan *CAD*, karena pada dasarnya *CAD* membutuhkan kapasitas *RAM* (*Random Access Memory*) yang besar. Berikut adalah spesifikasi minimal yang harus terdapat pada perangkat keras komputer/laptop untuk menginstall *CAD*, untuk kasus ini diambil *solidworks* versi 2015:

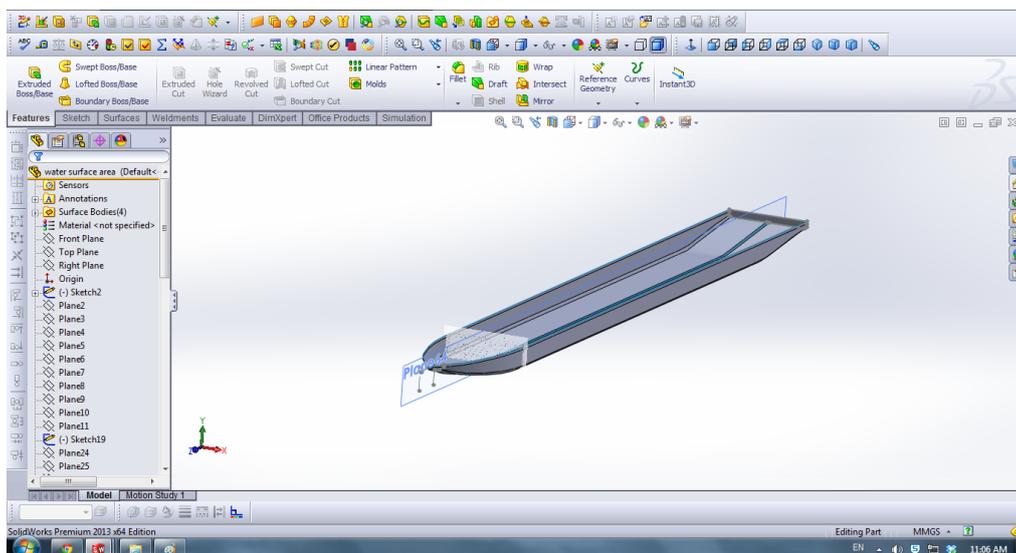
- System Operasi PC/Laptop Windows XP/Vista/7/8/10
- Processor PC/Laptop Pentium 4, Intel Core, Intel Xeon, AMD Phenom, AMD Athlon, AMD Turion (min. 2,5GHz atau di atasnya)
- RAM min. 2 GB (lebih baik 4 GB atau di atasnya)

- Dedicated VGA Card min. 1GB (lebih baik 2GB atau di atasnya)
- Hardisk min. 5GB
- DVD Room



Gambar II. 3 Tampilan awal CAD

Gambar II.3 adalah tampilan awal CAD yang akan digunakan, dengan tujuan untuk memilih jenis *template* seperti apa yang akan dipakai untuk suatu *project*.



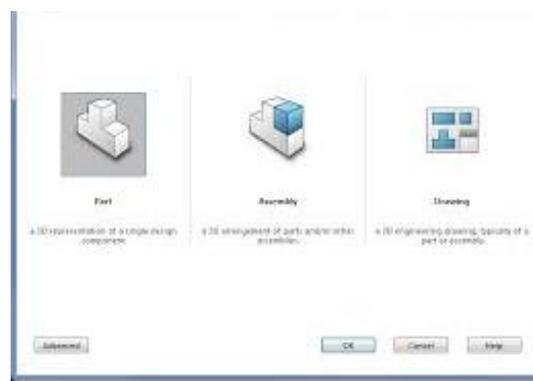
Gambar II. 4 Tampilan bidang kerja CAD

CAD menyediakan 3 *templates* utama yaitu:

1. Gambar II.4 di atas adalah *Part* yang merupakan sebuah object 3 dimensi yang terbentuk dari *feature-feature*. Sebuah *part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan

juga bisa digambarkan dalam bentuk 2 dimensi pada sebuah *drawing*. *Feature* adalah bentuk dan operasi-operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan *feature* yang pertama kali dibuat. *Extension file* untuk *part CAD* adalah: **SLDPRT**.

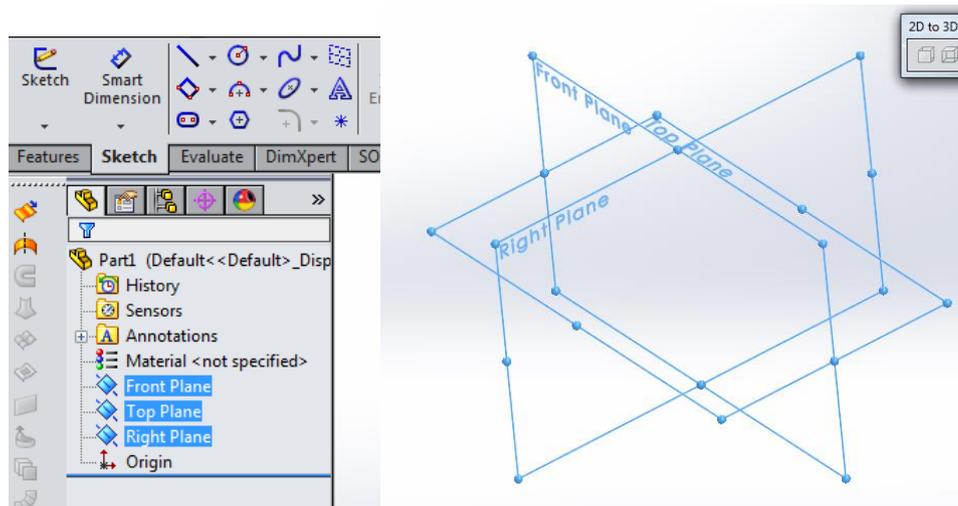
2. *Assembly* adalah sebuah document dimana *parts*, *feature* dan *assembly* lain (*Sub Assembly*) dipasangkan / disatukan bersama. *Extension file* untuk *CAD Assembly* adalah: **SLDASM**.
3. *Drawing* adalah tempates yang digunakan untuk membuat gambar kerja 2 dimensi/2 dimensi *engineering drawing* dari *single component (part)* maupun *assembly* yang sudah dibuat. *Extension file* untuk *CAD drawing* adalah. **SLDDRW**. Berikut ini gambar yang memperlihatkan 3 templates dari *CAD*:



Gambar II. 5 *Template* dari *CAD*

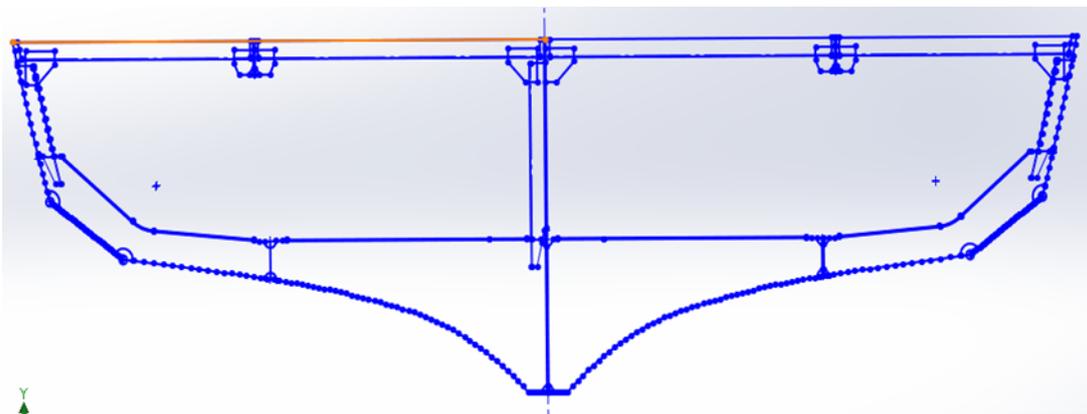
Gambar II.5 di atas adalah *template CAD* yang merupakan *software design* berbasis *parametric* maka antara ke 3 templates di atas saling berhubungan. Jadi ketika sudah membuat beberapa *part* yang kemudian dibuat gambar kerjanya maka ketika suatu *part* dirubah maka *part* tersebut akan secara otomatis berubah di *assembly* dan di *drawingnya*.

Untuk memulai gambar dapat dilakukan dengan memilih *template part* untuk membuat suatu *part* model 3 dimensi dari kapal. Model dapat dibuat dengan membuat gambar 2 dimensi pada panel-panel yang sudah tersedia.



Gambar II. 6 Tahap penggambaran model

Gambar II.6 di atas menjelaskan bahwa penggambaran model pada CAD dimulai dengan melakukan penggambaran sketsa dalam bentuk 2 dimensi. Panel dalam CAD sangat penting dalam pemodelan sebagai dasar sudut pandang permukaan untuk menggambar sketsa. Dalam CAD, sketsa dapat di gambar secara langsung dengan menggunakan *tools* yang terdapat pada fungsi *Sketch* atau dapat membuka *file* Gambar IID DWG dari autoCAD. Panel sendiri terdapat 3 jenis sudut pandang berbeda yang memudahkan *engineer* untuk melakukan penggambaran sketsa. *Front panel* merupakan permukaan yang memungkinkan kita untuk melakukan penggambaran dari sudut pandang depan tau dari sumbu Z pada CAD. Dalam aplikasinya, *front panel* dapat digunakan untuk membuat model seperti model 3 dimensi konstruksi secara melintang pada kapal.



Gambar II. 7 Penggambaran sketsa dalam bentuk 2 dimensi

Gambar II.7 di atas menjelaskan contoh penggambaran sketsa dalam bentuk 2 dimensi pada permukaan *front panel* yang kemudian dapat dilakukan pemodelan 3 dimensi dengan fungsi *extrude*.

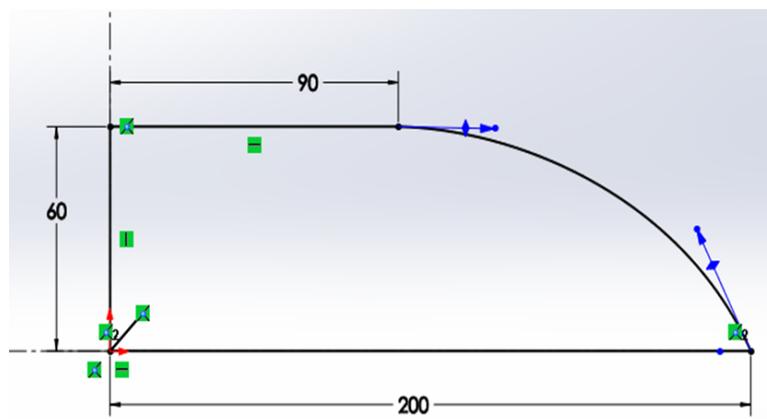


Gambar II. 8 Hasil fungsi *extrude* pada Gambar 3 dimensi

Gambar II.8 di atas merupakan contoh pemodelan 3 dimensi dengan menggunakan fungsi *extrude* pada gambar sketsa di permukaan *front panel*. *Extrude* merupakan *command* yang sangat penting dalam *CAD*, ada 3 jenis *extrude* dalam *CAD*:

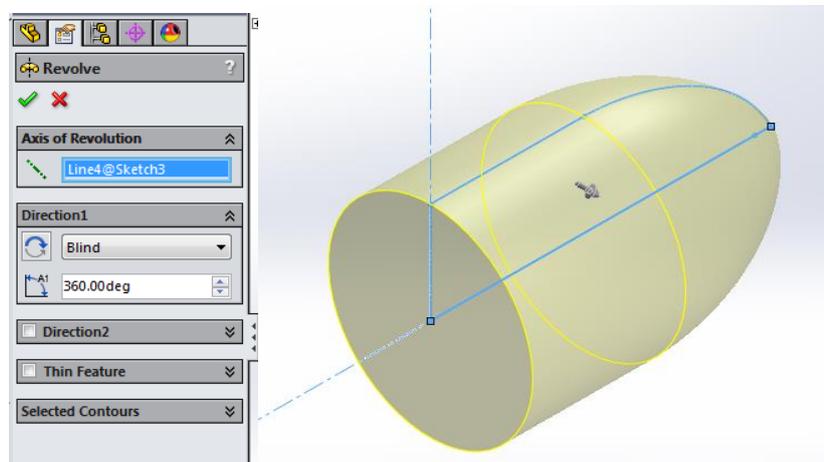
- *Extruded Bos*
- *Extruded Cut*
- *Extruded Surface*

Pada dasarnya *right panel* merupakan permukaan sudut pandang samping kanan yang memudahkan kita untuk melakukan penggambaran sketsa atau menggambar benda dari sudut pandang samping seperti untuk menggambar model 3 dimensi pada konstruksi memanjang seperti poros propeler atau konstruksi memanjang. Langkah awal menggambar *sketch* setengah poros propeller dari “*Right Plane*” berbentuk seperti peluru sebagai titik acuan pusat.



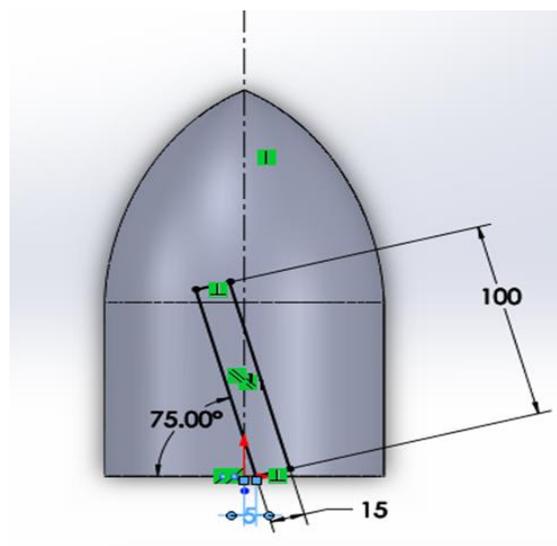
Gambar II. 9 Contoh langkah awal menggambar Peluru

Gambar II.9 adalah membuat *sketch* dari *right panel*, pembentukan 3 dimensi dilakukan dengan menggunakan fungsi *extrude revolved base* dengan menentukan sumbu aksis garis luar dengan garis *centerline*.

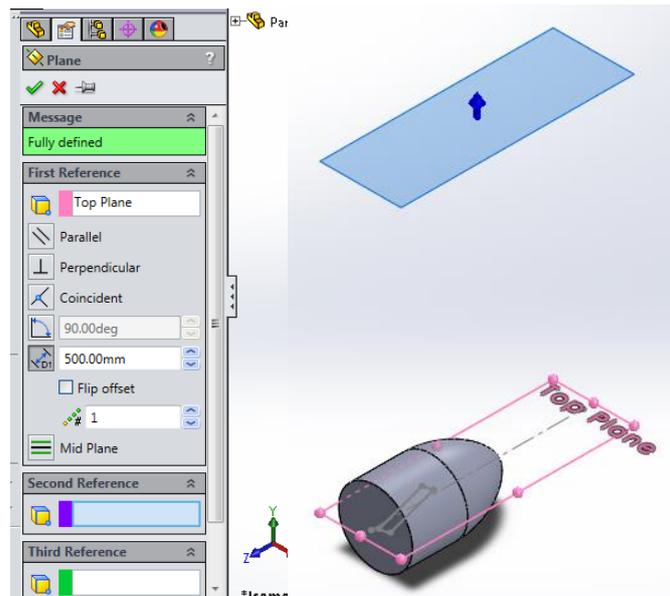


Gambar II. 10 Hasil *extrude multi-tools* pada CAD

Gambar II.10 di atas menjelaskan tentang contoh pemodelan 3 dimensi yang berawal dari penggambaran dan penggunaan permukaan sudut pandang samping untuk menggambar sketsa. *Top Panel* merupakan permukaan dari sudut pandang atas atau dari sumbu Y pada CAD yang memudahkan *engineer* untuk menggambar sketsa 2 dimensi untuk menggambar benda dari sudut pandang atas. Contoh pemodelan yang menggunakan sudut pandang atas adalah untuk menggambar daun propeller. Pembuatan daun juga dapat menginput *foil propeller* yang sudah di desain dengan mengubah lokasi plane pada masing-masing foil.

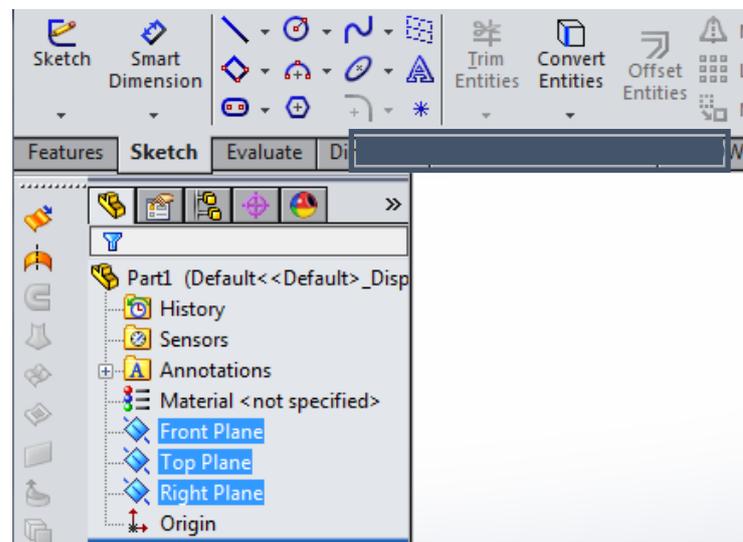


Gambar II. 11 Contoh penggambaran sketsa pada permukaan sudut pandang sumbu Y



Gambar II. 12 Contoh penggambaran yang dirubah geometrinya

Gambar II.11 dan II.12 di atas adalah contoh menggambar *sketch* pada permukaan secara langsung dengan *tools* yang terdapat pada *sketch*, atau dengan membuka *file* gambar dengan format DWG dari *autoCAD* yang langsung akan di buka pada panel yang kita pilih.



Gambar II. 13 *Tools* pada *theme sketch*

Assembly adalah proses penggabungan *part-part* tertentu dalam *CAD* menjadi satu bagian besar. Ada 3 jenis metode membuat gambar *CAD assembly*, yaitu:

- *Bottom up design*

Bottom up design lebih dikenal sebagai cara konvensional, dimana kita harus membuat semua *part* terlebih dahulu, kemudian membuat *assembly*-nya

- *Top Down Design*

Top down design lebih praktis dibandingkan dengan *bottom up design*, dimana kita membuat semua *part* di dalam *assembly*, dengan kata lain Antara *part* satu dengan yang lain harus saling berhubungan, jika kita ubah ukuran salah satu maka secara otomatis *part* yang lain akan ikut berubah, asalkan cara menggambarinya sudah benar menurut aturan.

- Kombinasi *bottom & top down*

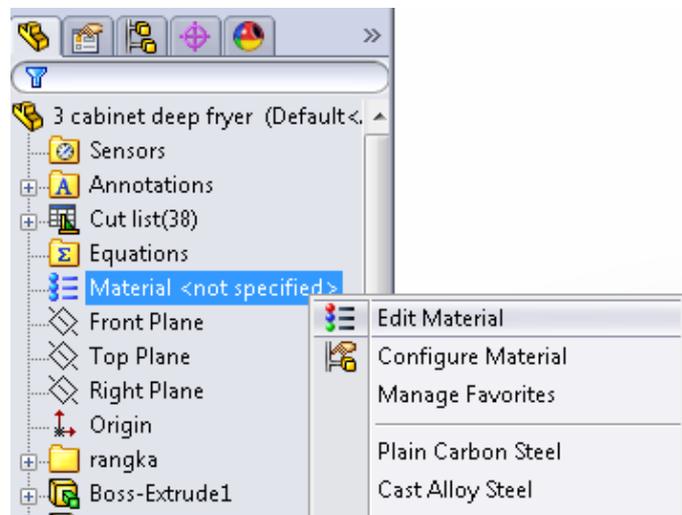
Cara ini merupakan gabungan dari kedua cara sebelumnya.

Mass properties untuk menghitung berat model

Perintah *Mass properties* pada *CAD* berfungsi untuk menginformasikan data berupa berat model dan titik berat model yang dibuat berdasarkan material dasarnya. Informasi detail yang didapatkan berupa:

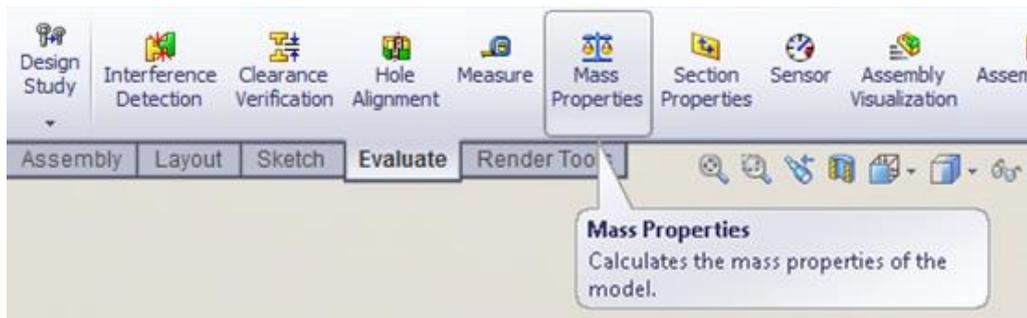
- Massa
- Volume
- Permukaan Luas
- Titik berat berikut koordinat XYZ
- Momen Inersia

Sebelum mengeksekusi perintah *mass properties*, ditentukan dulu jenis material dalam pemodelan ini, dalam kasus ini *steel*.



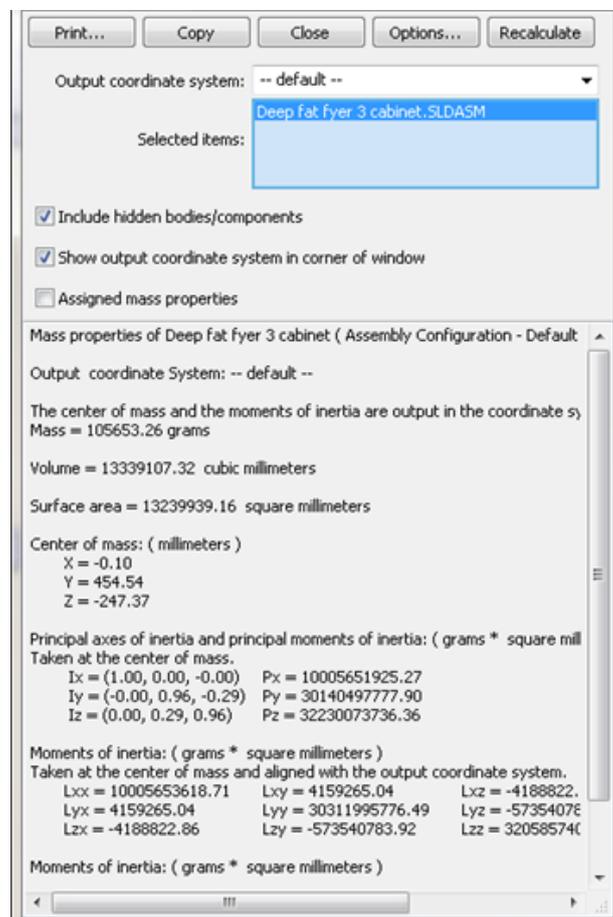
Gambar II. 14 Mengubah jenis material pada model yang dibuat

Gambar II.14 di atas jenis material yang dipilih sangat penting untuk diperhatikan., karena jenis material akan mempengaruhi massa jenis benda yang akan kita modelkan. Tentu saja massa jenis berbeda-beda contohnya saja untuk tembaga adalah $8,93 \text{ gr/cm}^3$ dan besi $7,9 \text{ gr/cm}^3$



Gambar II. 15 perintah *mass properties*

Gambar II.15 di atas adalah perintah *mass properties* yang terdapat dalam *CAD*. Sebelum mengeksekusi file tersebut, terlebih dahulu diblok model yang akan diketahui informasi massa dan titik beratnya.



Gambar II. 16 tampilan *window mass properties* pada *CAD*

Gambar II.16 di atas merupakan tampilan *mass properties* yang telah didapatkan dari objek yang telah kita tandai/blok. Fitur ini dapat mempersingkat waktu pekerjaan dalam perhitungan *engineering*.

II.2.4 Proses Desain

Proses mendesain kapal adalah proses berulang, seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral. Dalam desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. Proses desain selalu diawali dengan *design statement*. *Design statement* digunakan untuk mendefinisikan atau memberikan gambaran tentang tujuan dan kegunaan kapal yang akan dibangun. Ini berguna sebagai arahan bagi seorang desainer kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. *Design statement* terdiri dari beberapa bagian utama yaitu tujuan atau misi dari kapal. Penentuan dari tujuan atau misi dari kapal berguna untuk memberikan gambaran awal dalam mendesain. Ukuran yang sesuai untuk kapal. Setelah mengetahui tujuan kapal, proses selanjutnya adalah penerjemahan, baik dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar yang bertujuan untuk mendapatkan beberapa alternatif desain.

Beberapa alternatif ini dipilih yang paling optimum dengan mempertimbangkan beberapa aspek. Permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) sebagai batasan desain. *Concept design* adalah tahap pertama dalam proses *design* yang menerjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959). Pembuatan konsep desain membutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) dalam proses pencarian ukuran utama ataupun karakter-karakter lainnya yang bertujuan untuk memenuhi kecepatan, range (endurance), kapasitas dan deadweight.

Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman. Untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Adapun langkah-langkah dalam desain adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan melakukan perbandingan beberapa kapal sejenis yang sudah ada
2. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama
3. Memilih proses *iterative* yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan
4. Membuat ukuran yang sesuai
5. Mengoptimasi ukuran utama kapal
6. Mengoptimasi detail kapal

BAB III

METODOLOGI

III.1 Metode

Metodologi penelitian ini menjelaskan bagaimana langkah-langkah sistematis yang harus dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir. Penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisa dan pembahasan, serta tahap penarikan kesimpulan dan saran. Tahap pertama adalah tahap persiapan yang meliputi kegiatan identifikasi dan perumusan masalah, serta studi penelitian yang bersifat analisis. Tahapan kedua adalah pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi kegiatan identifikasi informasi mengenai perhitungan estimasi berat baja kapal yang tersedia beserta komponen-komponennya dan dianalisa mengenai hubungan antar variabel main dimension dengan berat baja kapal, metode-metode apa saja yang terpakai sampai saat ini, identifikasi variabel yang dipakai pada *formula* estimasi, selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan menganalisa *similarities* konstruksi kapal, pengelompokan, serta membuat pemodelan 3 dimensi kapal kontainer 100Teus. Tahapan ketiga adalah analisa dan pembahasan yang meliputi kegiatan analisa hasil dari tahap kedua dan dilakukan pembahasan lebih lanjut yaitu adalah analisa hasil berat baja kapal dengan pemodelan grafis 3 dimensi dan dibandingkan dengan metode yang sudah ada. Tahap terakhir yaitu tahap empat yang merupakan penarikan kesimpulan dan saran, pada tahap ini meliputi kegiatan penarikan kesimpulan sesuai dengan tujuan awal dan saran dari hasil penelitian.

III.2 Bahan dan Peralatan

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, penulis menggunakan piranti lunak standar sebagai *tools* penulisan, dan menggunakan beberapa piranti lunak khusus dalam merekayasa data menjadi pemodelan 3 dimensi kapal berikut beberapa bahan dan peralatan terdiri atas 2 jenis yaitu piranti lunak dan piranti keras. Perangkat keras dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

- 1 set PC Lenovo dengan spesifikasi :
Processor Intel Core i7-4785T CPU @ 2.20 GhZ (8CPU); Memory 4096Mb RAM;
Intel(R) HD Graphics 4600 2110Mb
- 1 set Laptop dengan spesifikasi :
Processor Intel Core i3 CPU M330 @ 2.13 GhZ (4CPUs); 4096Mb RAM; ATI Mobilty
Radeon HD 4500/5100 Series, 2228 Mb.

Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- Microsoft Words sebagai perangkat lunak media penulisan laporan
- Microsoft Excel sebagai perangkat lunak media sortir data, penabelan dan perhitungan untuk jumlah data yang bersifat *massive*, serta dapat digunakan untuk proyeksi perhitungan data ke pemodelan grafik.
- Maxsurf *Structure* sebagai perangkat lunak pemodelan *initial structural design*, untuk merkayasa design *lines plan* untuk diproyeksikan selanjutnya ke bentuk pemodelan 2 dimensi/3 dimensi.
- AutoCAD sebagai perangkat lunak rekayasa bentuk kapal sebelum direkayasa dalam bentuk 3 dimensi.
- CAD sebagai perangkat lunak rekayasa bentuk kapal, untuk membuat bentuk kapal dalam 3 dimensi dari data preliminari yang sudah didapat. Selain membuat, CAD juga dapat menganalisa data yang telah dibuat sesuai dengan jenis material yang sudah ditentukan dari model yang dibuat. Analisa data yang dapat ditentukan piranti lunak ini adalah: massa, volume, massa jenis material, titik berat, dsb.

III.3 Proses Pengerjaan

Berikut adalah tahap tahap dalam pengerjaan tugas akhir

III.3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi yang bertujuan untuk mengetahui dan memahami pokok permasalahan yang dijadikan objek penelitian yaitu estimasi berat baja kapal dengan metode grafis. Pada tahap ini juga ditetapkan tujuan dari penelitian.

III.3.2 Studi Penelitian

Setelah dilakukan penentuan rumusan masalah dan tujuan penelitian kemudian dilakukan studi literatur dan studi lapangan yang terkait dengan penelitian tugas akhir ini. Penggunaan studi literatur dan studi lapangan bertujuan untuk memberikan pemahaman lebih dalam mengenai konsep penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur diarahkan pada kajian terhadap objek penelitian melalui beberapa literatur seperti buku, jurnal, penelitian terdahulu terkait estimasi berat baja kapal pada tahap desain preliminari. Literatur mengenai desain tahap awal, estimasi berat baja kapal, serta pemodelan grafis dengan menggunakan perangkat lunak berbasis rekayasa perancangan.

III.3.3 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap pengumpulan dan pengolahan data ini sangat penting untuk dilakukan karena berkaitan dengan kelanjutan daripada penelitian. Pada tahap ini dilakukannya pengumpulan data yang dibutuhkan untuk mendukung proses penelitian. Untuk data apa saja yang diperlukan dan bagaimana mengolah data yang ada akan dijelaskan di dalam *flow chart* tahap pengumpulan dan pengolahan data.

III.3.4 Tahap Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini adalah dilakukannya analisa dari hasil yang didapatkan pada pengolahan data yaitu penilaian estimasi berat baja kapal dan memberikan suatu rekomendasi estimasi berat baja kapal yang dilakukan agar dapat mendapatkan metode yang optimal dan meningkatkan efektifitas. Penyusunan rekomendasi solusi ini dilakukan dengan diskusi dengan pihak-pihak yang dianggap *expert* dibidangnya.

III.3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan

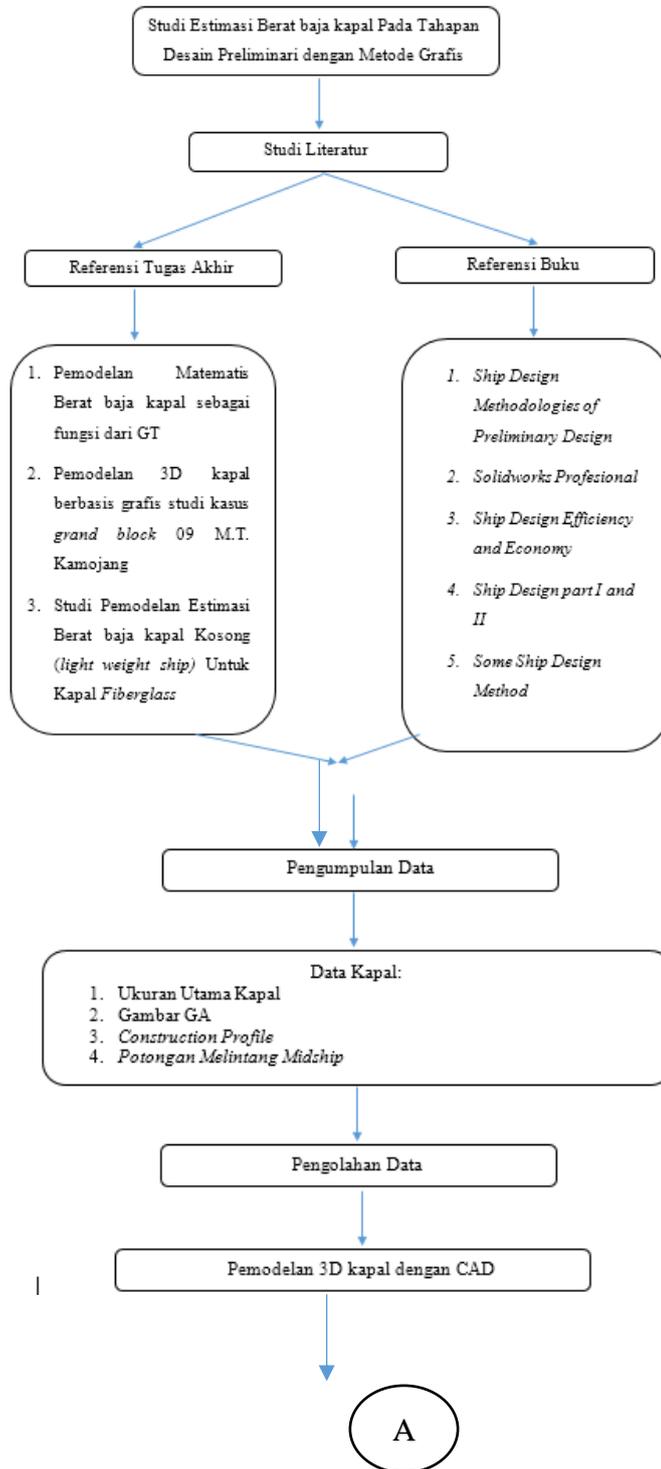
Tahap penarikan kesimpulan dan saran adalah tahapan terakhir dalam penelitian tugas akhir ini. Kesimpulan yang ditarik nantinya dapat menjawab tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Sedangkan saran diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

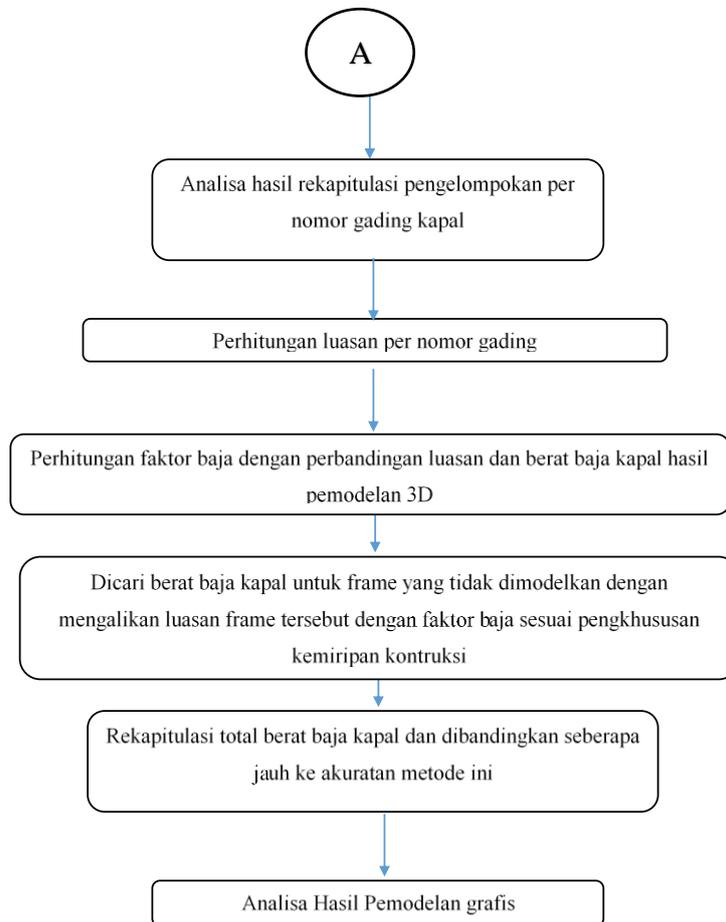
III.4 Lokasi Pengerjaan

Pengerjaan dan penelitian tugas akhir ini dilakukan di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Marina seatech lt 2 dan kediaman sementara penulis yaitu perumahan dosen ITS blok U no 141.

III.5 Bagan Alir

Ada empat tahapan dalam *flow chart*. Pertama adalah tahap persiapan yaitu meliputi perumusan masalah hingga studi penelitian, kedua adalah tahap pengumpulan dan pengolahan data terkait dengan informasi ukuran utama kapal, metode dan perhitungan estimasi berat baja kapal. Ketiga adalah tahap analisa dan pembahasan dimana hasil dari pengolahan data akan dilakukan analisa lebih lanjut. Terakhir adalah tahap penarikan kesimpulan, dimana hasil dari analisa dibuat suatu kesimpulan sehingga dapat menjawab setiap rumusan masalah yang telah ditetapkan pada bab sebelumnya. Untuk lebih memahami empat tahapan tersebut maka perlu dijelaskan sebagai berikut:





Gambar III.1 Bagan Alir pengerjaan Tugas Akhir

III.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal metodologi yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian lebih lanjut. Untuk lebih jelas Gambar III.1 menjelaskan secara detail bagaimana tahap persiapan yang harus dilakukan. *Flow chart* pada tahap persiapan, pada tahap ini telah ditetapkan beberapa rumusan masalah dan tujuan. Kemudian dilakukan studi penelitian yang terdiri dari studi pustaka dan studi lapangan. Studi pustaka merupakan kegiatan untuk mengumpulkan literatur yang terkait penelitian meliputi: pembahasan penelitian terdahulu yang sudah dilakukan yang terkait penelitian tugas akhir ini, metode estimasi perhitungan berat baja kapal, regulasi-regulasi yang mengatur, dan menggunakan metode metode apa saja yang berlaku.

Data yang dibutuhkan meliputi perhitungan estimasi berat baja kapal dengan metode grafis, data hasil perhitungan serta perbandingannya, informasi efektivitas metode, dan bentuk pemodelan baja kapal.

III.5.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Berikut ini adalah *flow chart* daripada tahap pengumpulan dan pengolahan data: dapat dilihat bahwa pada proses pengumpulan data diperoleh beberapa data meliputi: data ukuran utama kapal,

data mengenai metode metode perhitungan berat baja kapal yang dipakai dari dulu hingga sekarang, informasi hasil perhitungan dan perbandingan, pemaparan hasil perhitungan metode grafis. Dalam proses mengumpulkan data dilakukan dengan permintaan ke perusahaan Seatech Indonesia.

Data yang didapat berupa *GA*, *Linesplan*, dan potongan melintang kapal. Setelah data didapatkan, kemudian dilakukan proses pembuatan model 3 dimensi kapal dengan bantuan perangkat lunak yang sudah dideskripsikan di atas.

III.5.3 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahap analisis dan pembahasan ini merupakan lanjutan dari tahap pengolahan data. Berikut gambaran kegiatan dalam tahap analisa dan pembahasan: dapat dilihat tahapan kegiatan pada analisa dan pembahasan antara lain menyusun hasil perhitungan berat baja kapal yang didapatkan dari metode konvensional, dan membuat hasil perhitungan berat dengan model 3 dimensi, lalu menyusun metode baru yang sesuai dan efisien lalu dibandingkan ketepatannya dengan metode konvensional yang sudah ada.

III.5.4 Tahap Penarikan Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan tahap selanjutnya adalah penarikan kesimpulan. Penarikan kesimpulan ini harus sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan awal penelitian. Dimana kesimpulan harus bisa menjawab tujuan yang telah dijelaskan.

Tahap penarikan kesimpulan ini merupakan hasil dari segala proses yang dilakukan. Pada tahap ini disimpulkan apakah metode ini dapat digunakan sesuai dengan hasil yang didapatkan dan dibandingkan dengan metode yang sudah ada. Selain itu juga disisipkan saran yang berkaitan dengan pengembangan dari penelitian ini untuk diteliti lebih lanjut. Setelah semua itu didapatkan dapat dilakukannya pembuatan laporan untuk hasil dari penelitian dan juga sebagai bukti fisik bahwa penelitian ini telah dilakukan.

BAB IV

PEMODELAN DAN PERHITUNGAN BERAT BAJA KAPAL KONTAINER 100TEUs METODE KONVENSIONAL

IV.1 Informasi Data Kapal

Variabel data untuk ukuran utama kapal yang diambil dalam pemodelan ini adalah panjang seluruh (Loa), panjang perpendicular (Lpp), tebar (B). Tinggi (D), sarat m, koefisien blok (Cb) dan kecepatan dinas (Vs). Untuk variabel panjang diambil salah satu untuk panjang keseluruhan (Loa) dan panjang antara garis tegak (Lpp) diambil yang mempunyai hubungan korelasi yang paling besar antara keduanya. Sedangkan sebagian Variabel data untuk ukuran utama kapal yang diambil data pemodelan grafis ini ialah panjang seluruh (Loa), panjang *perpendicular* (Lpp), lebar (B). Tinggi (D), sarat m, koefisien blok (Cb) dan kecepatan dinas (Vs). Untuk variabel panjang diambil salah satu untuk panjang keseluruhan (Loa) dan panjang antara garis tegak (Lpp) diambil yang mempunyai hubungan korelasi yang paling besar antara keduanya. Sedangkan sebagian variabel terikat adalah berat konstruksi kapal (*Hull Construction*). Ukuran utama kapal yang akan dihitung adalah sebagai berikut:

Tabel IV.1 Data ukuran utama kapal

Length Overall (LOA)	74,05 m
Length between perpendiculars (Lpp)	69,22 m
Breadth moulded (B _{mid})	17,20 m
Depth (moulded)	4,90
Design draft	3,50
Service Speed	12,0 Knots
Cb	0,78
Displacement	3327 ton

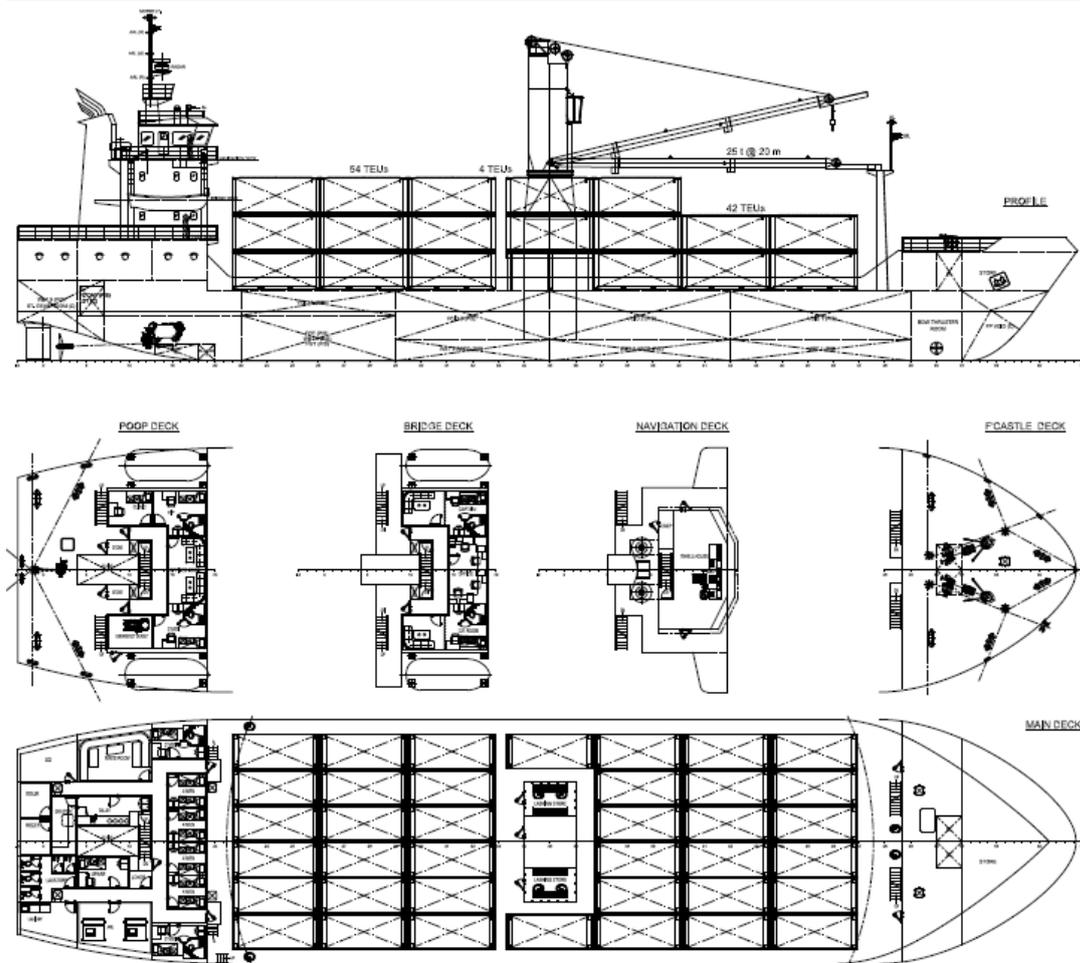
Tabel IV.1 di atas adalah data ukuran utama kapal yang akan dijadikan contoh dalam melakukan estimasi berat baja kapal kontainer 100TEUs. Untuk membuat metode grafis ini, pertama yang dilakukan adalah membuat model 3 dimensi badan kapal dengan solidwork. Data-data yang

didapatkan untuk penelitian ini adalah *General Arrangement*, *Construction Profile*, dan potongan melintang kapal.

IV.1.1 Gambar Konstruksi Kapal Kontainer 100 TEUs

General arrangement

Berikut ini adalah contoh gambar rencana umum daripada kapal *container* yang diteliti :

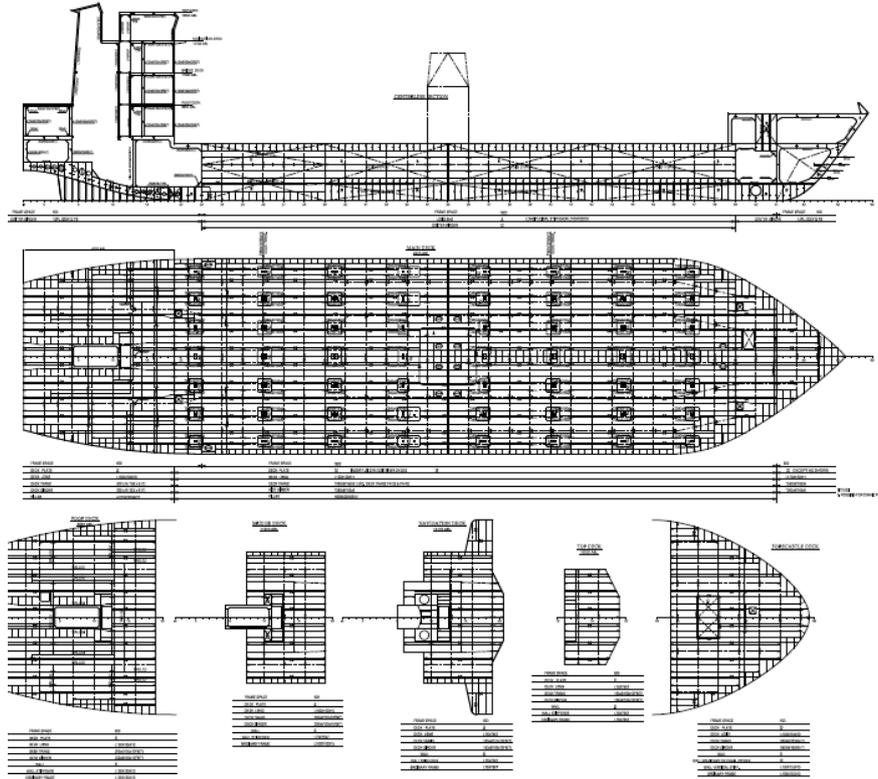


Gambar IV.1 *General arrangement* kontainer 100 TEUs

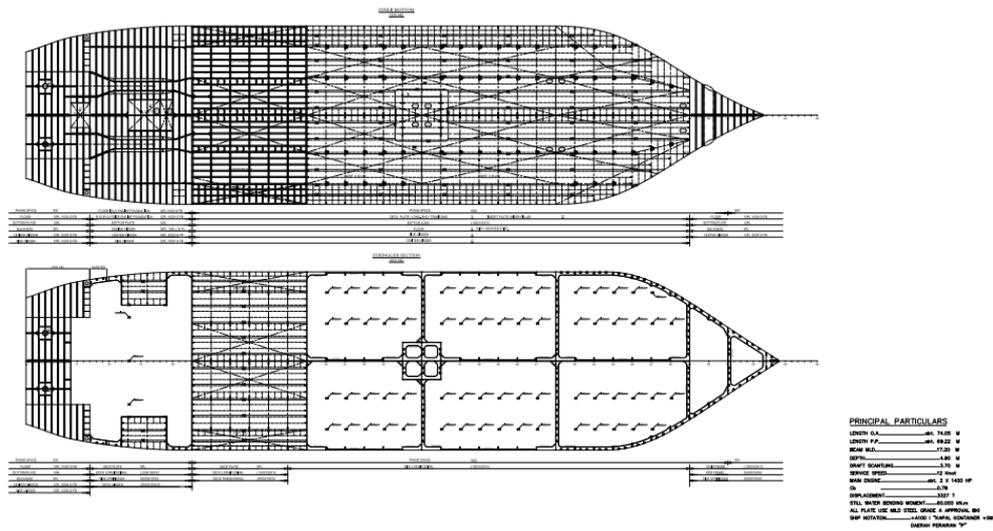
Pada gambar rencana umum dalam gambar IV.1 dijelaskan bahwa kapal memiliki panjang Loa sebesar 74,05 m, Lpp 69,2 m, lebar (B) 17,2 m, tinggi (H) 4,9 m, dan sarat (T) 3,7 m serta kecepatan kapal yang dapat mencapai 12 *knots*. Jika diteliti lebih lanjut kapal ini memiliki bentuk badan yang sangat gemuk dapat dilihat dari hasil B/H atau perbandingan antara lebar kapal dengan tinggi kapal yang mana memiliki harga yang cukup besar. Jika dilihat dari kondisi kapal, kapal ini tergolong kecil untuk kapal kontainer dimana *lashing equipment*-nya tidak lebih dari 5 persen berat total kapal keseluruhan.

Construction profile

Berikut ini adalah gambar kontruksi profil daripada kapal *container* 100 TEUs :



Gambar IV.2 *Construction profile* kapal kontainer 100 TEUs

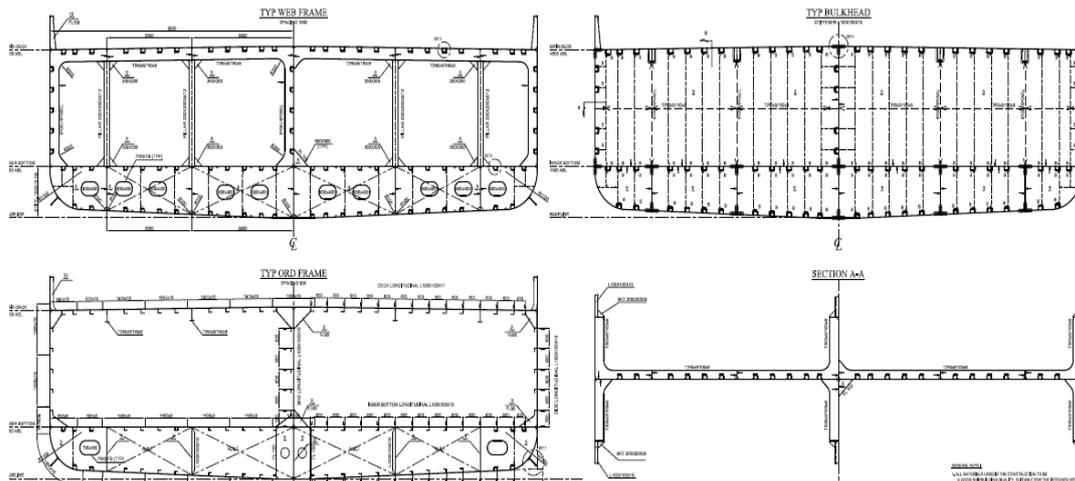


Gambar IV.3 *Construction profile* kapal kontainer 100 TEUs

Dari Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 *construction profile* tersebut penulis mendapatkan data tambahan berupa daya mesin kapal sebesar 2 x 1400 HP, koefisien blok kapal sebesar 0,78, displasemen kapal sebesar 3327 ton dan notasi dari kapal tersebut.

Midship Section

Berikut ini adalah gambar midship section daripada kapal *container* 100 TEUs :



Gambar IV.4 *Midship Section* kapal kontainer 100 TEUs

Dari Gambar IV.4 *midship section* penulis mengetahui detail ukuran pelat-pelat apa saja dan berapa ukurannya yang digunakan dalam pembangunan kapal tersebut. Selain itu gambar dari *midship section* sendiri dapat membantu penulis dalam permodelan bentuk di Maxsurf sehingga ada acuan akan seperti apa model yang dibuat nanti.

IV.1.2 Membuat Model *Linesplan* di Maxsurf

Dalam perhitungan peluncuran kapal dengan metode apapun dibutuhkan data kapal yang sangat vital yaitu besaran luas penampang pada kapal per *station* atau dapat disebut dengan CSA (*Curve Sectional Area*). Mengapa hal tersebut sangat vital, karena tanpa adanya data tersebut tidak dapat ditentukan bagaimana gaya angkat yang dihasilkan oleh kapal tersebut. Karena data CSA pada kapal ini tidak ada penulis harus memodelkan kapal ini di Maxsurf. Hal pertama yang harus dilakukan dalam memodelkan kapal di Maxsurf adalah menentukan pemilihan *sample design* yang sudah ada. Karena kapal ini *container* maka *sample design* yang harus dipilih juga harus *container*. *Sample design* yang dipilih adalah '*Containership.msdl*' yang digunakan sebagai desain awal dari model kapal ini.

_Maxsurf_Restore_1_46 PM.msdf	11/17/2016 14:05	MSD File	32 KB
Containership.hmd	2/12/2003 23:11	HMD File	888 KB
Containership.msdf	2/12/2003 23:11	MSD File	32 KB
Containershipa.msdf	11/24/2016 13:14	MSD File	21 KB
Frigate.msdf	2/4/2003 00:15	MSD File	13 KB
lines plan.msdf	10/16/2009 14:05	MSD File	42 KB
Ship1.msdf	2/4/2003 20:49	MSD File	14 KB
Ship2.msdf	10/16/2009 14:05	MSD File	42 KB
Ship3.msdf	2/4/2003 21:09	MSD File	17 KB
Tanker Bow.msdf	2/4/2003 21:27	MSD File	16 KB
Trawler.msdf	5/6/2007 04:43	MSD File	13 KB
VLCC.msdf	2/4/2003 21:33	MSD File	20 KB

Gambar IV.5 *Sample design* yang dipilih

Pada Gambar IV.5 dapat dilihat bahwa terdapat *sample design* dari beberapa jenis kapal. *Sample design* merupakan salah satu fitur yang dimiliki langsung oleh *container Maxsurf* untuk memudahkan pengguna yang ingin membuat suatu design kapal. Untuk *sample design* yang dipilih oleh penulis tentunya *containership* karena data kapal yang didapatkan merupakan kapal jenis kontainer. Setelah *sample design* dipilih maka spesifikasi yang didapatkan belum pasti sesuai dengan yang diinginkan. Oleh karena itu perlu dilakukannya perubahan spesifikasi dari kapal sesuai dengan yang dibutuhkan.

Mengubah spesifikasi kapal hingga dapat sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dilakukan dengan berbagai cara. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan sarat yang sama dengan kapal yang ingin dihitung. Selanjutnya menyesuaikan panjang, tinggi dan lebar kapal melalui *control point* yang terdapat pada Maxsurf. Setiap tahap perubahan yang dilakukan perlu dilakukan pengecekan pada perintah *calculate of hydrostatic*. Item-item yang perlu diperhatikan kesamaannya adalah koefisien blok kapal (CB), LWL (*length water line*), Lpp (*length between perpendicular*), Loa (*length overall*), sarat, tinggi, lebar, dan volume displasemen kapal.

Dari *sample design* yang telah dipilih didapatkan data yang sangat berbeda dengan data kapal yang dibutuhkan. Berikut ini adalah data dari *sample design*.

Hydrostatics at DWL ×

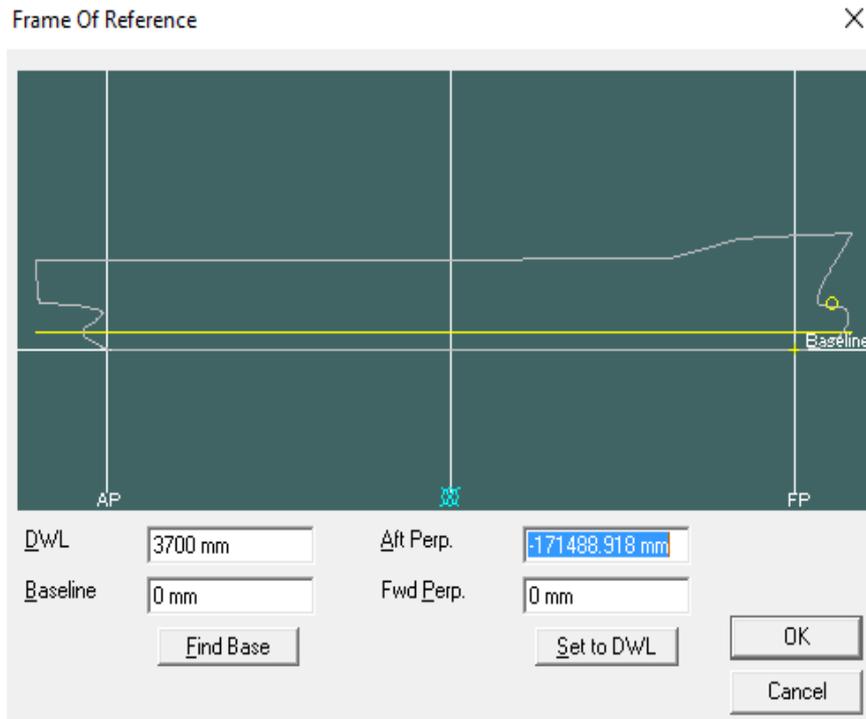
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	34676	tonne
2	Volume	3383026023	mm ³
3	Draft to Baseline	10559.5	mm
4	Immersed depth	10665.9	mm
5	Lwl	192889.7	mm
6	Beam wl	32207.2	mm
7	WSA	7150433390	mm ²
8	Max cross sect area	322264950.	mm ²
9	Waterplane area	4668922315	mm ²
10	Cp	0.544	
11	Cb	0.511	
12	Cm	0.948	
13	Cwp	0.752	
14	LCB from zero pt	-97866.9	mm
15	LCF from zero pt	-105321.1	mm
16	KB	6157.9	mm
17	KG	0	mm
18	BMt	9907.6	mm
19	BMI	270443.8	mm
20	GMt	16065.5	mm
21	GMI	276601.8	mm
22	KMt	16065.5	mm
23	KMI	276601.8	mm
24	Immersion (TPc)	47.856	tonne/cm
25	MTc	503.084	tonne.m
26	RM at 1deg = GMt.Di	9722541.5	tonne.mm
27	Precision	Medium	50 station

Density

VCG

Gambar IV.6 Data kurva hidrostatis *sample design*

Dapat dilihat dari Gambar IV.6 bahwa displasemen kapal dari *sample design* yang dipilih memiliki displasemen kapal sebesar 34676 ton sedangkan displasemen yang dibutuhkan adalah sekitar 3400 ton. Selain itu CB (*Coefisien Block*) pada *sample design* masih 0,511 sedangkan CB yang dibutuhkan adalah sekitar 0,78. Untuk memperbesar besaran CB yang harus dilakukan adalah dengan cara memperbesar luas penampang daripada kapal. Selain itu Lwl, lebar kapal, tinggi dan sarat kapal pada Maxsurf juga masih berbeda. Hal pertama yang harus dilakukan adalah mengubah besaran sarat dengan sarat yang dibutuhkan. Sarat bisa diubah dengan cara mengakses Data, lalu pilih *Frame Of Reference* setelah itu ubah DWL dengan besaran 3700 mm. Berikut ini adalah Gambar IV.17.



Gambar IV.7 Tampilan *window Frame of Reference* Maxsurf

Setelah mengubah sarat menjadi ke sarat yang dibutuhkan pada seperti Gambar IV.7 pilih Set to DWL lalu klik OK. Hal ini dilakukan untuk acuan dalam mengubah model kapal untuk dijadikan model yang dibutuhkan. Setelah sarat diubah maka panjang, lebar dan tinggi kapal serta CB dapat diubah secara *manual* dengan cara menarik *control point* yang ada lalu ditarik sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Setelah itu kurva hidrostatis kapal yang baru dapat dilihat dengan cara mengakses data, lalu ke *calculate hydrostatic* maka akan muncul tampilan data kurva hidrostatis kapal yang baru.

Hydrostatics at DWL ✕

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	3640.5	tonne
2	Volume	3551717785	mm ³
3	Draft to Baseline	3700	mm
4	Immersed depth	3737.9	mm
5	Lwl	70899	mm
6	Beam wl	17165.9	mm
7	WSA	1429852193	mm ²
8	Max cross sect area	60176086.1	mm ²
9	Waterplane area	1124972372	mm ²
10	Cp	0.832	
11	Cb	0.781	
12	Cm	0.944	
13	Cwp	0.924	
14	LCB from zero pt	33201.9	mm
15	LCF from zero pt	32505	mm
16	KB	1998.7	mm
17	KG	0	mm
18	BMt	7193	mm
19	BMI	116293.2	mm
20	GMt	9191.7	mm
21	GMI	118292	mm
22	KMt	9191.7	mm
23	KMI	118292	mm
24	Immersion (TPc)	11.531	tonne/cm
25	MTC	62.214	tonne.m
26	RM at 1deg = GMt.Di	584001.5	tonne.mm
27	Precision	Medium	50 station

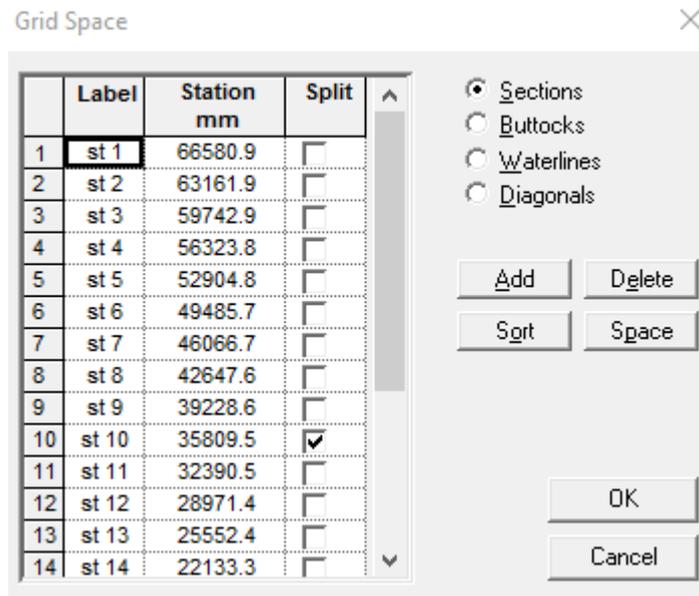
Density

VCG

Gambar IV.8 Tampilan kurva hidrostatik baru

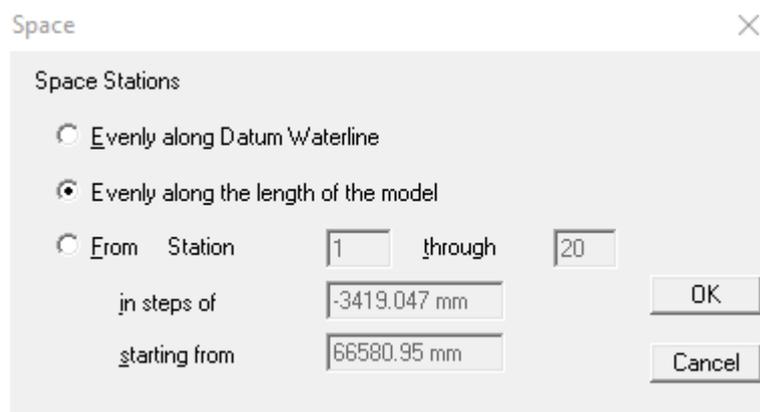
Gambar IV.8 di atas menampilkan tampilan kurva hidrostatik dimana pada permodelan di Maxsurf hal terpenting yang harus diperhatikan adalah besaran CB, dimana sebisa mungkin besaran CB harus setidaknya sama dengan yang ada pada gambar konstruksi. Pada Gambar IV.8 bahwa besaran CB sudah mencapai 0,781 dimana yang dibutuhkan adalah sebesar 0,78. Hal ini sudah dapat dianggap bahwa model kapal yang baru sudah pantas untuk dijadikan acuan di dalam menentukan besaran CSA.

Setelah perubahan model dilakukan maka untuk berapa *station* yang dibutuhkan kapal tersebut dapat ditentukan. Untuk mengubah *station* dapat mengakses data lalu pilih *grid spacing* maka akan muncul tampilan sebagai berikut.



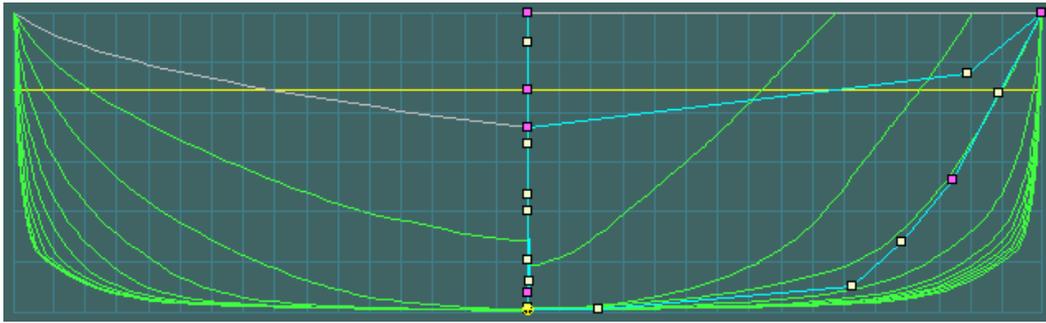
Gambar IV.9 Tampilan *window Grid Space* pada Maxsurf

Gambar IV.9 adalah tampilan *window* dari *grid space* yang terdapat pada Maxsurf. Untuk mengubah berapa *station* yang dibutuhkan pada tampilan diatas dapat dipilih *space*. Setelah itu dapat ditentukan berapa banyak *station* yang ingin digunakan. Berikut ini adalah Gambar IV.10 yaitu contoh tampilan dari *space station*.



Gambar IV.10 Tampilan *Space Stations*

Gambar IV.10 di atas adalah tampilan *space stations* muncul maka dapat dilakukan perubahan jumlah *station* sesuai dengan yang diinginkan. Untuk kasus ini penulis memutuskan untuk membuat 20 *station* lalu dibagi dengan panjang kapal pada model yang baru dengan memilih *evenly along the length of the model*. Setelah itu dapat dihitung langsung CSA per *station* dengan *export* gambar *body plan* dari Maxsurf ke *autoCAD*. Berikut ini adalah tampilan *body plan* dari maksurf setelah dilakukan pembagian *station*.

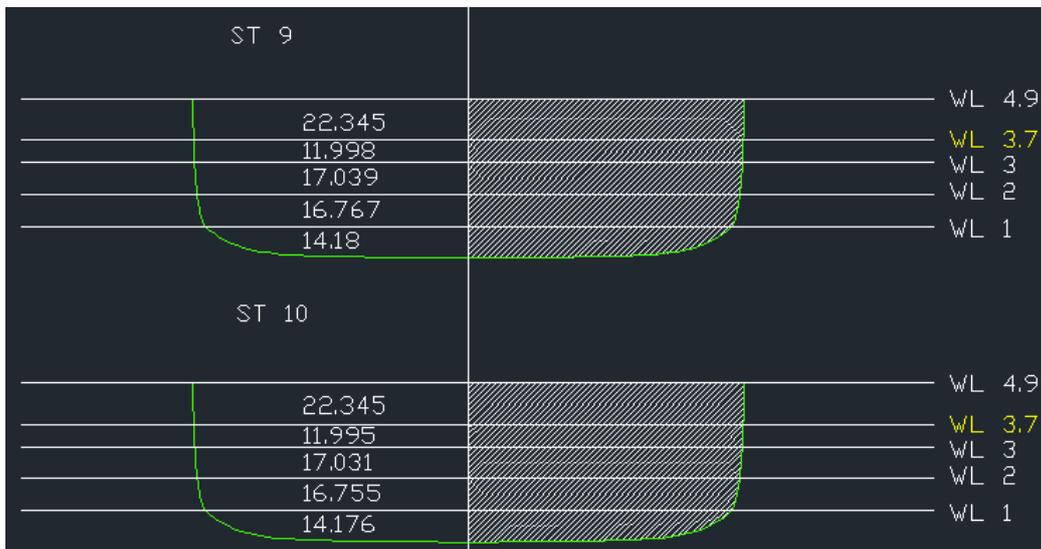


Gambar IV.11 Tampilan *body plan* pada Maxsurf

Pada Gambar IV.11 dapat dilihat bahwa garis yang berwarna kuning adalah garis DWL atau sarat, sedangkan untuk garis yang berwarna hijau muda adalah *station* kapal. Setelah itu gambar dari Maxsurf dapat di *export* ke *autoCAD* untuk dicari luasan penampang tiap *station*nya.

IV.1.3 Menghitung Luas CSA Kapal Kontainer 100 TEUs

Setelah permodelan pada Maxsurf selesai maka proses perhitungan CSA sudah dapat dilakukan. *Body plan* yang telah di *export* ke *autoCAD* di pecah setiap *station*nya agar lebih mudah dan akurat di dalam menghitung luas. Berikut ini adalah contoh gambar untuk perhitungan luas penampang pada masing-masing *station*.



Gambar IV.12 Tampilan *window* luas *station* 9 dan 10 pada *autoCAD*

Gambar IV.12 merupakan contoh dalam melakukan perhitungan luas penampang (CSA) pada *station* 9 dan 10. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pemisahan masing-masing *station* agar lebih mudah dalam menentukan luasannya. Setelah masing-masing *station* dipisah menjadi satu bagian penulis membagi WL menjadi WL 1, WL 2, WL 3, WL 3,7 (sarat) dan WL 4,9 (*Main Deck*). Agar luas penampang dapat ditentukan hal pertama yang harus dilakukan adalah memberikan *hatch* pada luasan yang ingin di

cari yaitu dengan cara memberikan *command hatch* pada masing-masing luasan yang ingin diketahui. Setelah pada luasan diberikan *hatch* maka luasan dapat dilihat dengan menggunakan *command list* dengan cara klik *hatch* pada luasan yang ingin diketahui lalu akan muncul tampilan yang menjelaskan bahwa berapa luasan yang telah diberikan *hatch*/blok. Contoh pada *station 10 WL 1* didapatkan besaran luas $7,088 \text{ m}^2$, harga tersebut dikalikan dua karena yang di *hatch* hanya bagian setengah kapal sehingga didapatkan luas pada *station 14,176 \text{ m}^2.*

Setelah masing luas penampang pada tiap *station* diketahui penulis dapat membuat kurva bonjean yang mana diperlukan untuk proses perhitungan volume kapal sehingga gaya angkat kapal pada masing-masing *station* dapat diketahui. Untuk membuat kurva bonjean luas penampang tiap *station* yang telah diketahui di *input* nilai dan dihitung dengan menggunakan *container Microsoft Excel*. Luasan masing-masing *station* di skala dengan tujuan agar pas pada bidang gambar kertas. Untuk kasus kali ini diberi skala 1:2 pada masing-masing luas *station* dan 1:40 pada tinggi WL. Setelah itu maka koordinat gambar bisa dibuat dengan dengan menentukan (x,y), untuk x adalah luasan *station* sedangkan untuk sumbu y adalah untuk WL. Setelah koordinat selesai harus ditentukan langkah peluncuran, dalam kasus ini penulis membagi langkah peluncur hingga 10 langkah peluncuran. Langkah peluncuran ini dibagi atas panjang kapal atau LWL. Setelah proses perhitungan selesai maka gambar dapat di plot ke *autoCAD*. Berikut ini adalah gambar kurva bonjean daripada kapal *container 100 TEUs*.

Cara menghitung besaran luas untuk tiap *wl (water line)* yang ingin diketahui dapat dengan mengukur jarak dari garis *station* yang lurus dengan yang melengkung (biru) dan dikalikan skala yang dapat dilihat pada Gambar IV.16. Hal ini diperlukan untuk selanjutnya dihitung volumenya untuk kebutuhan perhitungan gaya angkat pada kapal di tiap masing-masing *station*. Untuk garis miring bidang gambar merupakan garis daripada langkah-langkah peluncuran.

IV.1.4 Pemodelan 3 dimensi Kontainer 100 TEUs

Pemodelan 3 dimensi kapal dilakukan secara bertahap, sebelum langsung dibentuk modelnya secara 3 dimensi badan kapal dipecah menjadi beberap bagian blok yang spesifik agar mempermudah proses pemodelan kapal, untuk hal ini kapal dipecah menjadi 6 bagian utama kapal yaitu:

- Blok 1 Buritan (*frame 0-10*)
- Blok 2 Kamar Mesin (*frame 11-24*)
- Blok 3 Ruang muat 1 (*frame 25-31*)
- Blok 4 Ruang muat 2 (*frame 32-45*)
- Blok 5 Ruang muat 3 (*frame 46-52*)

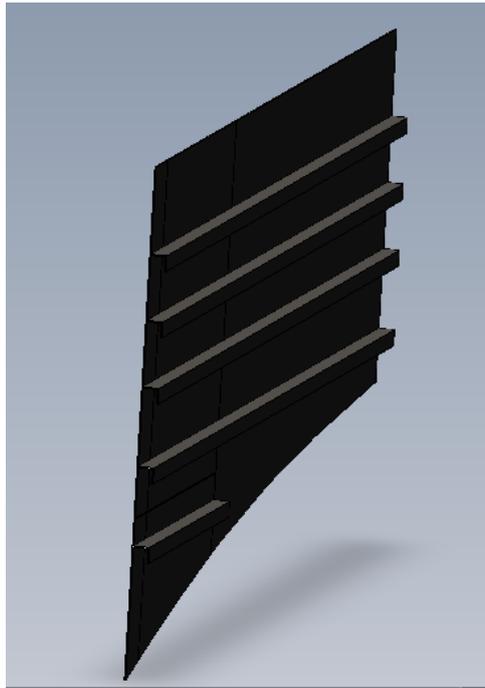
Gambar IV.14 di atas adalah salah satu contoh pembuatan 2 dimensi kapal yang terletak pada *frame 2* yang nantinya akan di import ke autoCAD untuk dipertebal sedemikian rupa. Proses selanjutnya adalah pemodelan 3 dimensi kapal, bentuk 2 dimensi yang telah dibangun kemudian di *import* ke dalam CAD untuk direkayasa. Proses pembuatan 2 dimensi model menjadi 3 dimensi model dalam CAD dapat dikerjakan dengan *tool extrude*.

Setelah model 2 dimensi, dibentuk 3 dimensi dengan *tool extrude*, maka model 2 dimensi tadi menjadi *part fabrication* yang bisa digabung satu-persatu menjadi satu kesatuan blok kapal. File 3 dimensi *part fabrication* yang telah direkayasa melalui aplikasi CAD akan berformat SLDPRT. Penggabungan *part-part* 3 dimensi kapal akan digabung dengan *command “assembly”* pada CAD.

0.SLDPRT	1/19/2016 11:07 AM	SOLIDWORKS Part...	353 KB
1 BR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	275 KB
1 FR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	229 KB
1 FR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	229 KB
1 WR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	264 KB
1 WR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	373 KB
2 BR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	252 KB
2 FR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	210 KB
2 FR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	211 KB
2 WR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	246 KB
2 WR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	368 KB
3 BR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	200 KB
3 FR 1.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	204 KB
3 FR FP 1.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	180 KB
3 WR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	241 KB
3 WR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	458 KB
4 BR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	263 KB
4 FR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	221 KB
4 FR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	221 KB
4 WR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	258 KB
4 WR.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	392 KB
5 BR.SLDPRT	1/18/2016 3:31 PM	SOLIDWORKS Part...	310 KB
5 FR FP.SLDPRT	1/18/2016 3:32 PM	SOLIDWORKS Part...	269 KB

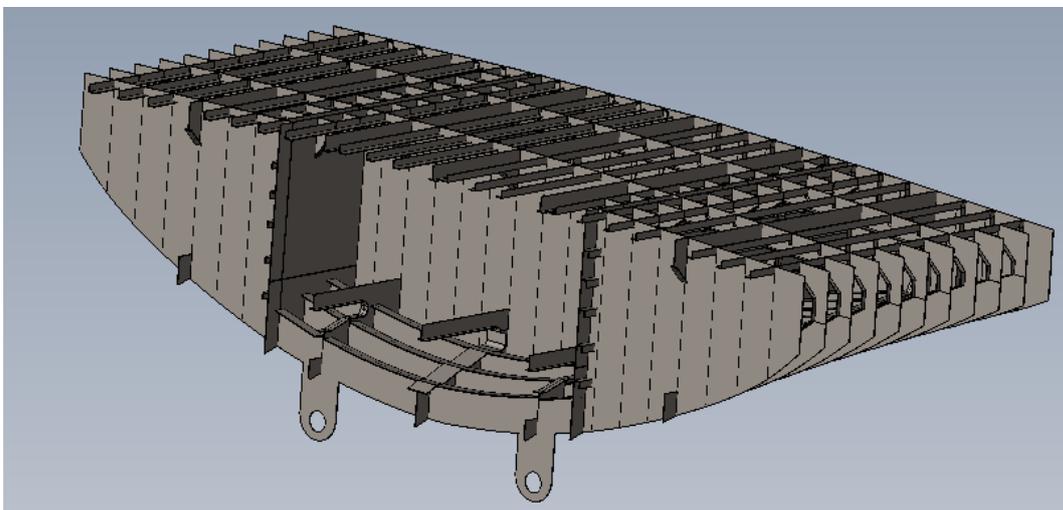
Gambar IV.15 List pekerjaan *part fabrication* pada fram 0-10 buritan

Gambar IV.15 di atas adalah *Part-part* yang digabungkan dengan perintah dengan fitur *assembly* akan membuat *directory* baru pada CAD. Gambar berikut adalah contoh gambar *part fabrication*:



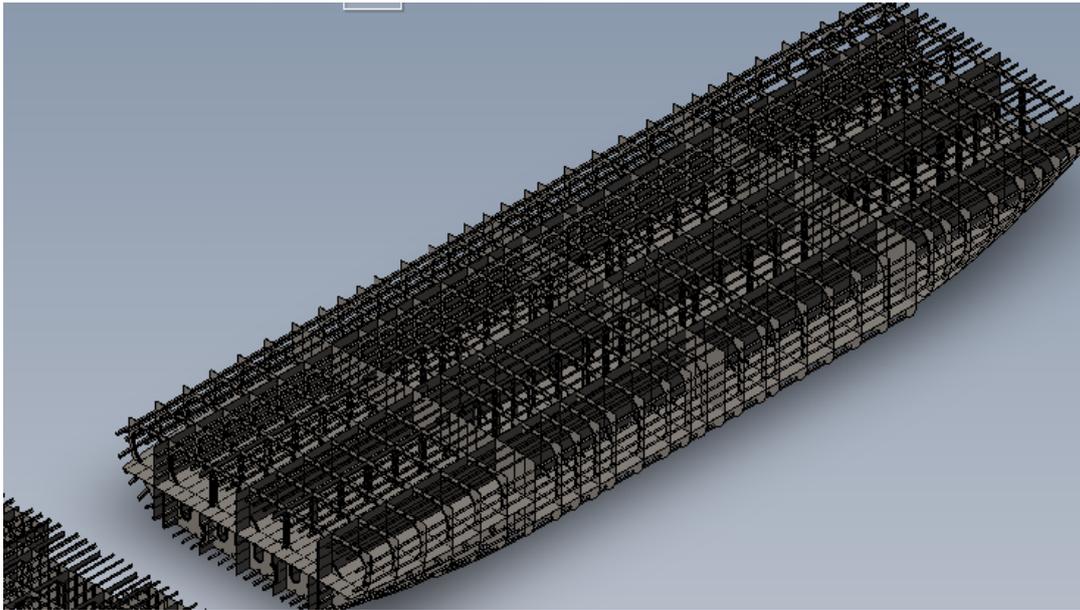
Gambar IV.16 Gambar hasil *extrude bulkhead* dengan penegar

Gambar IV.16 di atas adalah gambar hasil *tool extrude* untuk komponen *bulkhead* dimana didalamnya terdapa pelat baja dengan ketebalan 9mm dan penegar sekat yang sudah dimodelkan 3D.



Gambar IV.17 blok 1 buritan *frame 0-10*

Gambar IV.17 di atas adalah hasil penggabungan *part-part fabrication* menjadi satu kesatuan blok. Setelah Semua model diselesaikan maka dibentuklah *grand assembly* yang membentuk *grand block* kapal keseluruhan. Proses ini hampir sama dengan proses *assembly* biasa.



Gambar IV.18 *Grand Block*

Gambar IV.18 di atas adalah gambar *grand block* dari kapal yang telah di *assembly* pada *CAD* yang merupakan satu kesatuan dari bagian *assembly*.

IV.1.5 Perhitungan Berat baja kapal

Setelah ukuran utama diketahui dilakukannya perhitungan berat kapal kosong atau LWT untuk mengetahui besar berat peluncuran. Untuk kasus kali ini berat yang dihitung adalah 1 komponen saja yaitu *hull*/badan kapal. Perhitungan berat baja kapal kasus ini akan menggunakan 4 metode yaitu : pemodelan 3 dimensi kapal dengan *CAD*, Watson-Gilfillan, Scheneekluth, dan LR 64.

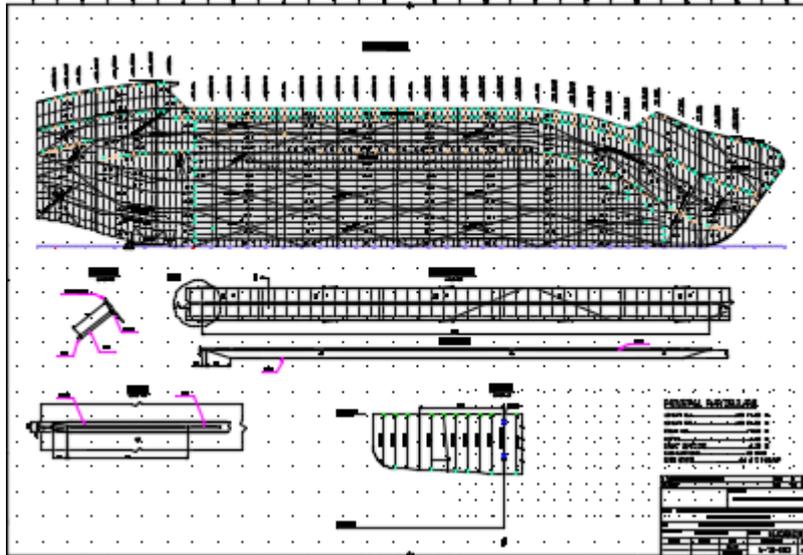
Hasil Berat baja kapal Dengan Pemodelan 3 dimensi Kapal

Perhitungan 3 dimensi kapal dengan menggunakan metode ini mempunyai sisi negative dan positif yang cukup kontras. Metode ini terbilang sangat presisi dalam kalkulasi informasi berat massa maupun titik berat, karena metode ini menghitung langsung dari model kapal 3 dimensi yang telah dibuat, hanya saja sayangnya sangat memakan waktu karena untuk membuat badan kapal utuh secara keseluruhan akan memakan waktu yang tidak sebentar karena pada dasarnya bagian kapal sangat banyak. Berikut adalah rekap hasil kalkulasi massa dan titik pusat massa dari aplikasi *CAD* dengan perintah *mass properties*.

Tabel IV.2 Rekap Hasil perhitungan berat baja kapal hasil pemodelan 3 dimensi kapal

No	Bagian Blok	W (ton)	W/unit (ton)	LCG (m)	VCG (m)	W.LCG (ton.m)	W.VCG (ton.m)
1	BLOK 1 [BURITAN] <i>Frame 0 - 10</i>	28,405	28,405	0,091	4,190	2,590	119,024
2	BLOK 2 [KAMAR MESIN] <i>Frame 11 - 24</i>	962631	30,455	6,802	1,850	229,350	62,378
3	BLOK 3 [RUANG MUAT 1] <i>Frame 25 - 31</i>	83,788	83,788	18,663	2,166	1563,757	181,453
4	BLOK 4 [RUANG MUAT 2] <i>Frame 32-45</i>	159,856	159,856	37,263	2,008	5956,702	321,065
5	BLOK 6 [RUANG MUAT 3] <i>Frame 46-52</i>	64,479	64,479	55,687	2,236	3590,695	144,178
6	BLOK 6 [HALUAN] <i>Frame 53-</i>	27,245	27,245	67,713	2,500	1844,841	68,113
7	BLOK 7 [BANGUNAN ATAS] <i>Frame -3-20-</i>	117,596	27,245	51,713	3,500	1645,841	51,113

Tabel IV.2 Di atas merupakan hasil perhitungan berat baja kapal melalui pemodelan 3D secara keseluruhan oleh, angka di atas belum termasuk berat kulit. Hanya untuk perbandingan, sengaja tidak memodelkan kapal bersama dengan kulit agar mempermudah dan menambah keakuratan metode yang akan dibuat. Berat kulit baja didapat dengan menghitung manual bukaan kulit kapal 100 TEUs dan menghitung secara manual luasan daerah kulit lalu dikalikan dengan masa jenis baja. Hasil rekap total berat baja kapal dengan pemodelan 3 dimensi melalui *CAD* adalah: 593,67 ton.



Gambar IV.19 Bukaank kulit kontainer 100 TEUs

Gambar IV.19 di atas adalah bukaan kulit kontainer 100TEUs. Luas kulit kapal kontainer yang didapatkan adalah 3241,603 m², dengan tebal kulit diestimasikan sebesar 0.01 m. didapatkan volume kulit kapal adalah 32,41603 m³. Jika dikalikan dengan massa jenis baja yaitu 7,85 gr/m³ akan menghasilkan berat kulit sebesar 254,4658 ton. Sehingga berat baja kapal total yang didapat adalah **848,1358 ton**.

Metode Watson-Gillian

Proses perhitungan dilakukan dengan cara pendekatan yang terdapat pada *Practical Ship Design* ataupun *Parametric Design* (lampiran B-3). Setelah proses perhitungan selesai didapatkan besaran berat dan titik berat pada masing-masing item.

Tabel IV.3 Berat baja kapal metode Watson

No.	Bagian Kapal	Berat (ton)	LCG	Hasil
1	Hull	891.64	-1.56	-1390.97
2	Deckhouse	39.03	-27.66	-1079.52
3	Machinery	150.58	-25.91	-3901.50
	$S_1 =$	1081.25	$S_2 =$	-6371.99

Tabel IV-3 di atas adalah hasil perhitungan dengan metode watson dimana berat baja kapal yang dihasilkan adalah 1081,25 ton.

IV.1.6 Perhitungan Berat baja kapal dengan metode blok per blok

Perhitungan secara manual ini dilakukan dengan cara menghitung secara detail sampai kepada komponen komponen kapal terkecilnya dengan cara kapal dipecah menjadi *part part* kecil dan di *list*, setelah itu dicari pengukuran luas, volume, lalu dikalikan dengan massa jenis material

yang dipakai pada kapal (dalam hal ini baja). Dalam tugas ini, perhitungan manual ini dilakukan untuk menghitung berat keseluruhan kapal untuk dipakai sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan.

MAIN HULL STEEL WEIGHT																	
KONTAINER 100 TEUS																	
BLOCK FR 25 - 31																	
NO.	COMPONENT CONSTRUCTION	SPECIFICATION [PL/Profil/Other]	H [mm]	B [mm]	T [mm]	AREA [m ²]	VOLUME [m ³]	DENSITY [ton/m ³]	W/UNIT [ton]	QTY	W [ton]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]	W.LCG [ton.m]	W.TCG [ton.m]	W.VCG [ton.m]
1	WRANG Fr 25	9 mm	-	-	9	-	-	-	1,760	1	1,760	13,200	0,000	1,311	23,227	0,000	2,306
2	FP MANHOLE WRANG 25	FP 100x9	-	-	9	-	-	-	0,198	1	0,198	13,200	0,000	1,200	2,613	0,000	0,238
3	PENEGAR WRANG 25 (1800 FROM BL)		-	-		56,000	0,000	7,85	0,000	1	0,000	19,000	0,000	5,150	0,000	0,000	0,000
4	BRACKET Fr 25	9 mm	-	-	9	-	-	-	0,101	1	0,101	13,200	0,173	3,305	1,331	0,017	0,333
6	WRANG Fr 26	9 mm	-	-	8	81,000	0,648	7,85	5,087	1	5,087	19,950	0,000	6,000	101,482	0,000	30,521
7	FP MANHOLE WRANG 26	FP 100x9	4950	3700	8	18,315	0,147	7,85	1,150	1	1,150	13,000	0,000	1,500	14,952	0,000	1,725
8																	
9	TANK TOP 2.4M	8 MM	7500	5535	8	41,513	0,332	7,85	2,607	1	2,607	26,200	0,000	2,400	68,303	0,000	6,257
10	TANK TOP 3.0M	8 MM	8750	1500	8	4,125	0,033	7,85	0,259	2	0,518	12,900	0,000	3,000	6,683	0,000	1,554
11	STRINGER 3.0 M	250X8	25000	250	8	7,250	0,058	7,85	0,455	2	0,911	19,850	0,000	3,000	18,075	0,000	2,732
		100X12FF	29000	100	12	2,900	0,035	7,85	0,273	2	0,546	19,800	0,000	3,000	10,818	0,000	1,639
12	STRINGER 4.2 M	350X8	13000	350	8	4,550	0,036	7,85	0,286	2	0,571	27,400	0,000	4,200	15,659	0,000	2,400
		100X12FF	13000	100	12	0,130	0,002	7,85	0,012	2	0,024	30,300	0,000	4,200	0,742	0,000	0,103
13	BREASTHOOK	100X12FF	6350	450	8	2,858	0,023	7,85	0,179	3	0,538	30,300	0,000	5,000	16,312	0,000	2,692
		100X12FF	6350	100	12	0,635	0,008	7,85	0,060	3	0,179	27,450	0,000	5,000	4,926	0,000	0,897
14	CL BHD	8 MM	4950	1500	8	7,425	0,059	7,85	0,466	1	0,466	12,900	0,000	0,900	6,015	0,000	0,420
15	CL BHD	8 MM	6600	1500	8	9,900	0,079	7,85	0,622	1	0,622	19,800	0,000	0,900	12,310	0,000	0,560
16	CL BHD	8 MM	5500	2400	8	13,200	0,106	7,85	0,829	1	0,829	28,500	0,000	3,000	23,625	0,000	2,487
16	CL BHD	8 MM	5600	3400	8	19,040	0,152	7,85	1,196	1	1,196	28,500	0,000	3,000	34,078	0,000	3,587
17	LONGI BHD (1.65M OFF CL)	8 MM	4950	1500	8	7,425	0,059	7,85	0,466	2	0,933	13,000	1,650	0,800	12,124	1,539	0,746
18	LONGI BHD (1.65M OFF CL)	8 MM	6600	1500	8	9,900	0,079	7,85	0,622	2	1,243	20,000	-1,650	0,800	24,869	-2,052	0,995
19	LONGI BHD (1.65M OFF CL)	8 MM	3400	2750	8	9,350	0,075	7,85	0,587	2	1,174	21,800	1,650	3,300	25,601	1,938	3,875
20	LONGI BHD (1.65M OFF CL)	8 MM	4950	1500	8	7,425	0,059	7,85	0,466	2	0,933	26,500	-1,650	3,300	24,713	-1,539	3,078
21	LONGI BHD (1.65M OFF CL)	8 MM	1100	2300	8	2,530	0,020	7,85	0,159	2	0,318	26,500	1,650	3,300	8,421	0,524	1,049

Gambar IV.20 salah contoh perhitungan blok perblok untuk *frame* 25-31

(Sumber: PT Industri Kapal Indonesia Makassar, 2017)

Gambar IV.22 di atas adalah hasil *screenshot file* berformat *excel* yang diperoleh dari IKI Makassar dalam perhitungan blok perblok sebagai acuan kalibrasi penelitian.

BAB V

ANALISA PERHITUNGAN BERAT BAJA KAPAL KOSONG DENGAN METODE KONVENSIONAL DAN METODE GRAFIS

V.1 Analisa Perbandingan Estimasi Berat baja kapal.

Dari hasil estimasi berat baja kapal dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode konvensional maupun pemodelan 3 dimensi terlihat bahwa hasil perhitungan berbeda-beda karena adanya banyak faktor yang meliputi proses perhitungan, sebagai contoh untuk metode Watson-Gilfillan tidak adanya koefisien pendekatan yang sesuai dengan jenis kapal seperti pada metode schneekluth. Hasil perhitungan berat kapal pada pemodelan 3 dimensi akan dipakai sebagai acuan karena pemodelan 3 dimensi dianggap paling presisi karena bentuk kapal yang sudah dimodelkan lengkap ke bagian detailnya seperti wrang, *bracket*, pelat, gading, dan lain lain. Berikut adalah hasil rekap perhitungan berat baja kapal dengan 4 metode yang sudah dikerjakan:

Tabel V.1 Hasil perhitungan berat 4 metode

	Metode	Berat Kapal Kosong
1	Watson-gilfilan	1081,25
2	Pos perpos	893,709

Tabel IV.1 menginformasikan hasil perhitungan berat baja kapal dengan metode konvensional (Watson-Gilfillan) dan pos perpos. Dalam perhitungan ini, pemodelan berat baja kapal 3 dimensi dengan *CAD* dianggap paling mendekati sebenarnya (pos-perpos) karena sudah dimodelkan sedemikian rupa berikut dengan *part-part* kecil seperti wrang dan *bracket* dan juga gading yang sudah dihitung berdasarkan masa jenis material. Namun terlepas dari segala pendekatan, perhitungan secara pos-perpos tidak efektif bila dipakai, pada dasarnya perhitungan pos-perpos digunakan untuk perhitungan estimasi baja paling presisi, namun kelemahannya adalah memakan waktu yang lebih lama daripada metode pendekatan lainnya. Perhitungan pos-perpos tetap dilakukan untuk penelitian ini sebagai hasil paling presisi untuk digunakan sebagai standar kalibrasi dari perhitungan-perhitungan lainnya. Dari hasil perhitungan diatas terlihat bahwa hasil perhitungan dengan metode watson secara keseluruhan melebihi hasil berat baja kapal secara real (metode estimasi pos-perpos). Persentase perbedaan berat baja kapal ini sebagai berikut:

Tabel V.2 Persentase hasil perhitungan metode konvensional dengan pemodelan 3 dimensi.

	Metode	Perbedaan	Persentase perbedaan
1	Watson-gilfilan	239,6832	20,98 %

Tabel V.2 diatas terlihat bahwa pemodelan dengan metode Watson memiliki selisih perbedaan sebanyak 20,98%. Metode berikut adalah penelitian penulis dimana perhitungan dengan pemodelan 3D kapal tidak dilakukan secara keseluruhan, tetapi hanya mengambil part-part penting saja kemudian mengkombinasikannya dengan perhitungan *half girth/CSA* karena apabila dilihat pada model grafik, grafik CSA dan berat baja kapal memiliki bentuk yang sama.

V.2 Pemodelan Metode Grafis

Pemodelan hampir mirip dengan konsep seperti pada metode *strohbusch* 1928. Dimana metode generalisasi data dengan akurasi hasil yang tinggi. Dalam metode ini konsep grafik dipakai sebagai representasi berat baja kapal itu sendiri. Pada estimasi pemodelan yang akan dibuat, grafik berat baja kapal akan dihitung *perframe*. Hasil dari rekapitulasi perhitungan berat baja kapal *perframe* tersebut akan di tampilkan dalam mode grafik, berikut dengan GA maupun gambar konstruksinya.

V.2.1 Konsep

Estimasi berat baja kapal yang dibuat penulis menggunakan konsep kombinasi antara pemodelan 3 dimensi kapal dan *graphical analysis*, dimana pemodelan berat baja kapal yang dilakukan tidak dikerjakan semuanya, melainkan dengan membuat model 3 dimensi hanya pada bagian-bagian tertentu saja. Dimana bagian kapal yang dibuat pemodelan 3D nya adalah *frame* yang dapat mewakili *frame* lainnya (*frame* disekitarnya) untuk diestimasi berat baja kapalnya. Bagian bagian yang dimaksud berupa salah satu *frame* pada *midship*, buritan dan haluan.

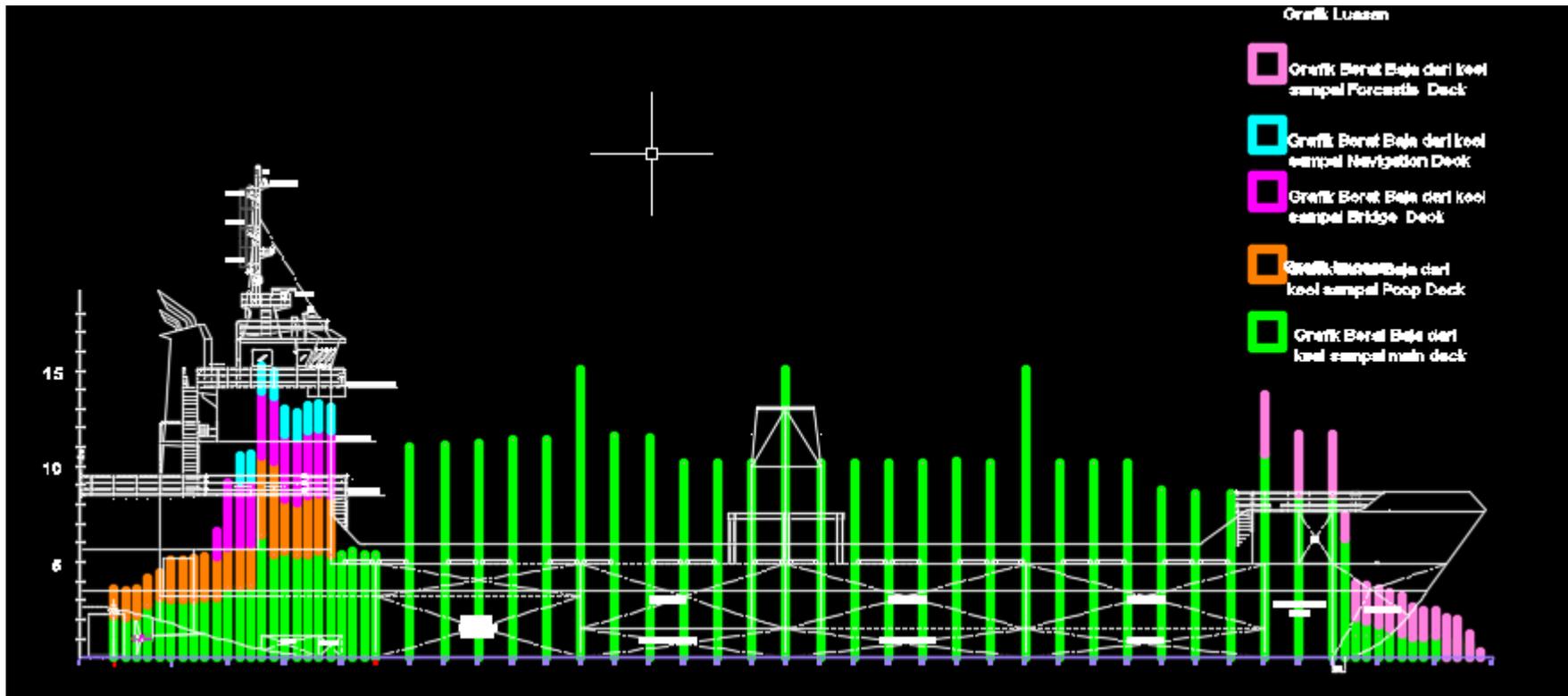
Estimasi berat baja kapal ini didasarkan perhitungan perbandingan antara luasan gading kapal dengan berat *perframe* kapal, seperti halnya kurva CSA yang merepresentasikan luasan station, bentuk kurva berat baja kapal yang terbentuk juga merepresentasikan berat baja kapal. Dengan menggunakan *graphical analysis*, berat baja kapal dapat diprediksi sesuai dengan bentuk yang grafik yang mendekati dan menyerupai.

Didalam konstruksi kapal, antara AP sampai FP pasti terdapat bentuk konstruksi yang tidak beragam dikarenakan ada beberapa penguat yang dipasang di beberapa *frame number* seperti *deck transversal*, *bulkhead*, dan lain-lain, bagian yang tidak sama dengan gading di sekitarnya ini yang

akan di modelkan sendiri karena tidak mungkin dipakai sebagai acuan untuk perbandingan, kecuali untuk nomor *frame* yang komposisi gadingnya sama.

V.2.2 Langkah Awal Pengerjaan Estimasi berat Baja Kapal Dengan Metode Grafis

Sebelumnya metode ini dilakukan, terlebih dahulu dilakukan analisa terhadap *similarities* atau kesamaan bentuk konstruksi per nomor *frame* (*frame number*). Contohnya untuk bagian buritan, *frame* 1 dengan *frame* lainnya pasti memiliki *similarities* yang sama, untuk menganalisa konstruksi antar gading dengan *similarities* yang sama dapat dilakukan dengan menganalisa gambar konstruksi yang ada, gambar konstruksi dapat berupa *construction profile* atau detil potongan melintang kapal. Dalam pengelompokan, terlebih dahulu didahulukan posisi antar *framenya*. Misalkan, pengelompokan pertama di bagian buritan dengan *frame* bertipe *webframe*, pengelompokan kedua di bagian buritan dengan *frame* bertipe *ordinary frame*, dan seterusnya. Berikut adalah grafik untuk menganalisa *similarities* per *frame* kapal dengan melihat grafik berat baja yang dibuat dengan pemodelan 3D kapal.



Gambar V.1 Grafik penyebaran berat baja kapal dengan metode pemodelan 3 dimensi dan general arrangement kapal tampak samping (sebagai perbandingan)

Gambar V.1 di atas adalah gambar grafik penyebaran berat baja kapal dari *fr-3* sampai dengan *fr 64*. Dari gambar tersebut dapat dianalisa berat yang tidak terlalu jauh bedanya, sehingga mengindikasikan adanya persamaan bentuk konstruksi. Tahap analisa juga dilakukan dengan memeriksa kesamaan similaritas dengan membandingkan grafik penyebaran berat dan grafik luasan *perframe* (lampiran D-6). Dari pengerjaan tugas akhir ini, berat yang akan dipakai sebagai kalibrasi perhitungan adalah berat yang didapatkan dari perhitungan pos-perpos kapal kontainer 100 TEUs yang dilakukan oleh PT Industri Kapal Indonesia Makassar. Berikut adalah salah satu data yang didapatkan untuk perhitungan pos perpos kapal kontainer 100TEUs.

Tabel V.3 Pengelompokan *similarities* konstruksi kapal (*web frame*) pada buritan

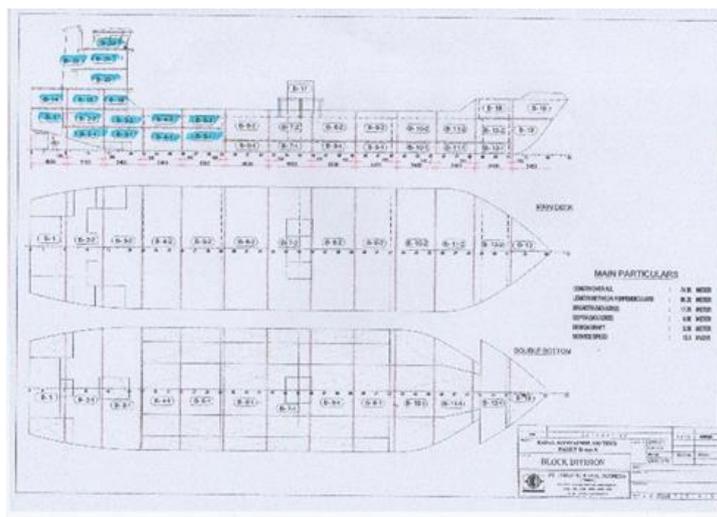
Buritan group 1 (<i>web frame</i>)
<i>fn 0</i>
<i>fn 2</i>

Tabel V.3 adalah tabel pengelompokan pada bagian buritan, dimana jenis konstruksi yang *similar* dalam kelompok ini adalah *web frame*. Buritan pada kapal kontainer 100TEUs memiliki jumlah *frame* sebanyak 6 *frames*. Konstruksi buritan kapal kontainer 100TEUs hanya memiliki 2 *web frame* yang terletak pada *fn 2* dan *fn 0*.

Tabel V.4 Pengelompokan *similarities* konstruksi kapal (*ordinary frame*)

Buritan group 2 (<i>ordinary frame</i>) dengan referensi <i>fn -2</i>
-2
-1
1
2

Tabel V.4 merupakan tabel pengelompokan pada bagian buritan dimana jenis similaritas kelompok ini adalah *ordinary frame*. Buritan grup 2 memiliki 4 *ordinary frame* didalamnya, yaitu *fn -2, fn -1, fn 1, dan fn 2*. Pengelompokan dengan teknik yang sama dilakukan pada seluruh badan kapal (lampiran D.10).



Gambar V.2 Gambar pembagian blok
(Sumber: PT Industri Kapal Indonesia Makassar, 2017)

Gambar V.2 adalah gambar yang menginformasikan pembagian blok kapal kontainer 100 TEUs yang juga menjadi acuan dalam perhitungan pos-perpos. Berikut adalah rekapitulasi perhitungan pos-perpos yang dilakukan oleh PT Industri Kapal Indonesia Makassar.

Tabel V.5 Informasi berat baja Kapal Kontainer 100 TEUs dengan pos-perpos

No	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	
		JML.	SAT.
1		3	4
1	BLOCK B-1	38.715,63	Kg
2	BLOCK B-2-1	24.706,18	Kg
3	BLOCK B-2-2	15.259,61	Kg
4	BLOCK B-3-1	37.050,20	Kg
5	BLOCK B-3-2	19.245,38	Kg
6	BLOCK B-4-1	52.716,60	Kg
7	BLOCK B-4-2	24.786,18	Kg
8	BLOCK B-5-1	56.907,12	Kg
9	BLOCK B-5-2	26.750,17	Kg
10	BLOCK B-6-1	32.751,40	Kg
11	BLOCK B-6-2	29.182,86	Kg
12	BLOCK B-7-1	30.710,91	Kg
13	BLOCK B-7-2	43.364,49	Kg
14	BLOCK B-8-1	30.449,90	Kg
15	BLOCK B-8-2	30.832,24	Kg
16	BLOCK B-9-1	29.328,27	Kg
17	BLOCK B-9-2	32.926,43	Kg
18	BLOCK B-10-1	27.133,10	Kg
19	BLOCK B-10-2	26.883,49	Kg
20	BLOCK B-11-1	21.881,28	Kg
21	BLOCK B-11-2	30.078,85	Kg
22	BLOCK B-12-1	7.422,94	Kg
23	BLOCK B-12-2	25.596,88	Kg

No	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	
		JML.	SAT.
24	BLOCK B-13	10.225,36	Kg
25	BLOCK B-14	19.146,22	Kg
26	BLOCK B-15	21.081,93	Kg
27	BLOCK B-16	16.571,56	Kg
28	BLOCK B-17	28.082,45	Kg
29	BLOCK B-18	23.507,79	Kg
30	BLOCK B-19	17.012,21	Kg
31	BLOCK B-20	24.914,66	Kg
32	BLOCK B-21	16.195,31	Kg
33	BLOCK B-22	11.660,05	Kg
34	BLOCK B-23	8.025,70	Kg
		891.709,64	Kg

Sumber: PT Industri Kapal Indonesia Makassar, 2017

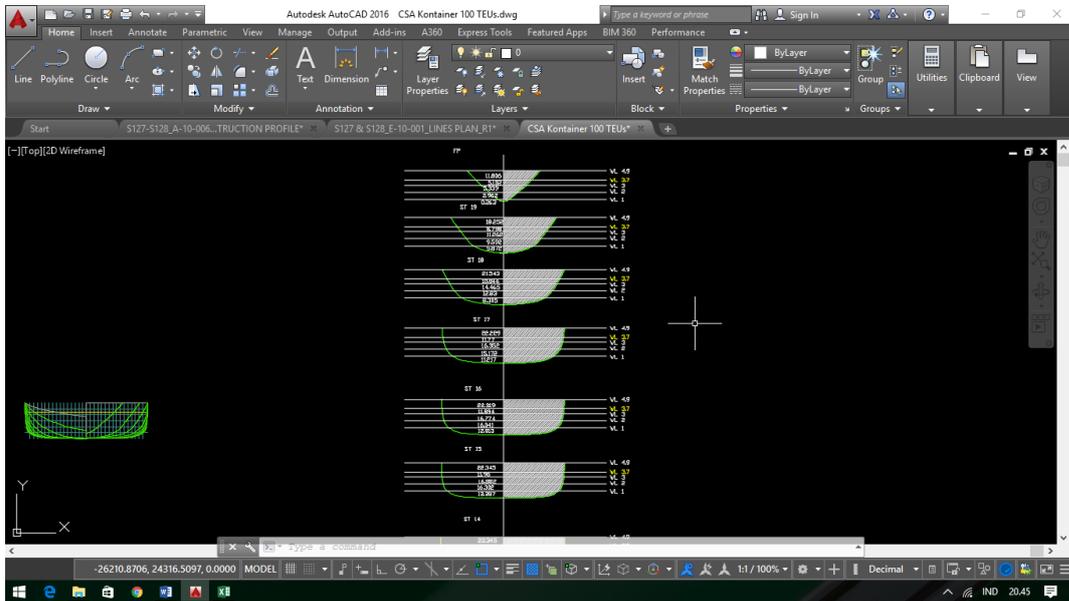
Tabel V.5 di atas adalah berat baja kapal kontainer 100 TEUs yang dikerjakan dengan metode pos-perpos oleh PT Industri Kapal Indonesia Makassar. Berat perhitungan pos-perpos digunakan sebagai perbandingan untuk pengerjaan tugas akhir ini. Langkah selanjutnya adalah menghitung luasan *perframe* kapal. Perhitungan luasan kapal dilakukan dengan menghitung luasan *perframe* dari data gambar *linesplan* yang telah didapatkan:

Tabel V.6 Informasi pembagian *frame* Kapal Kontainer 100TEUs

<i>Frame number (fn)</i>	Posisi	<i>Spacing</i>
-3 ^s / _d 28	Bagian buritan, kamar mesin, dan bangunan atas	600mm pernomor gading
28 ^s / _d 50	Ruang Muat	1800mm pernomor gading dengan setiap 1800mm jarak nomor gading memiliki 2 <i>ordinary frame</i> .

Tabel V.6 menginformasikan pembagian jarak dan letak per *frame* pada kapal kontainer 100TEUs. Untuk posisi ruang muat, penomoran gading kapal berjarak 1800 mm. Di setiap jarak 1800 mm terdapat 2 *ordinary frame* yang berjarak 600mm. Sebagai contoh untuk *fn* 30 sampai *fn* 31 terdapat *fn* 30+600mm dan *fn* 31-600mm sebagai representasi dari 2 *ordinary frame* yang memperkuat konstruksi. Setelah diketahui semua jarak gading dan jenis jenis gading yang

dibuat, selanjutnya dihitung luasan *perframe* kapal dengan menggunakan *linesplan* yang telah dibagi menjadi 64 *frame*.



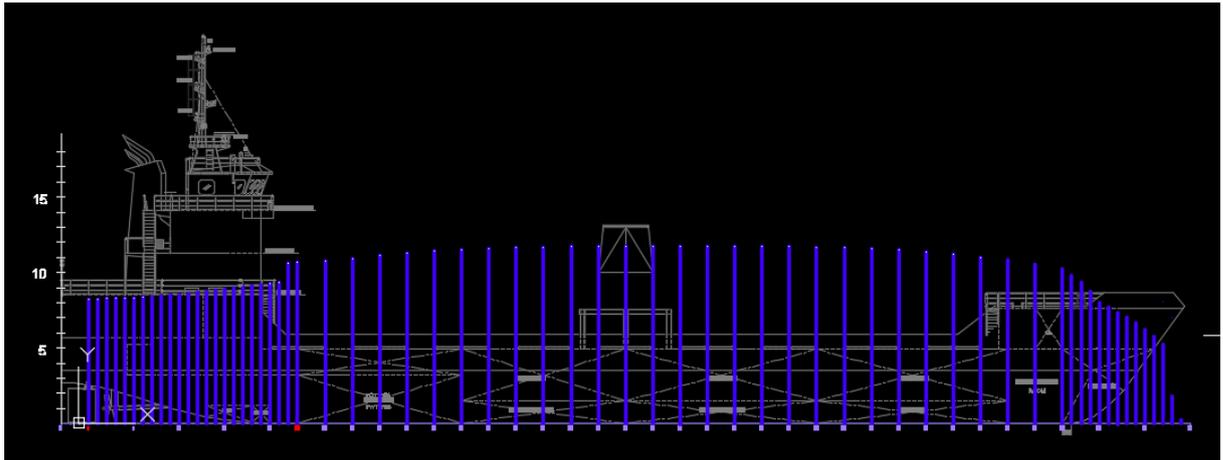
Gambar V.3 Proses perhitungan luasan *perframe* kontainer 100 TEUs

Gambar V.3 adalah proses perhitungan luasan *perframe* kapal. Luasan *perframe* yang sudah dihitung di rekapitulasi untuk perhitungan estimasi berat baja kapal selanjutnya.

Tabel V.7 Luasan per *fn* kapal kontainer 100 TEUs ($fn -3 \text{ s/d } 3$)

<i>fn</i>	Luasan Per nomor gading (m2)
-3	37,356
-2	38,0241
-1	38,87
0	41,7274
1	41,7873
2	41,858
3	41,9421

Tabel V.7 adalah tabel rekapitulasi luasan per nomor gading -3 sampai dengan 3, untuk luasan keseluruhan kapal dari *fn* -3 sampai *fn* 64 dapat dilihat pada lampiran (lampiran D-7). Setelah luasan didapat, berikutnya merekapitulasi luasan kapal *perframe* pada bentuk grafik seperti pada gambar berikut.



Gambar V.4 Penyebaran luasan perframe kapal kontainer 100TEUs

Gambar V.4 adalah grafik luasan untuk setiap nomor gading pada kapal kontainer 100TEUs, grafik tersebut dapat membantu untuk analisa *similarities* konstruksi kapal bila dibandingkan dengan gambar grafik penyebaran berat kapal. Untuk gambar perbandingan grafik luasan dengan grafik penyebaran berat kapal kontainer 100 TEUs dapat dilihat pada lampiran (lampiran D-6)

V.2.3 Pemodelan 3D pada estimasi berat baja kapal metode Grafis

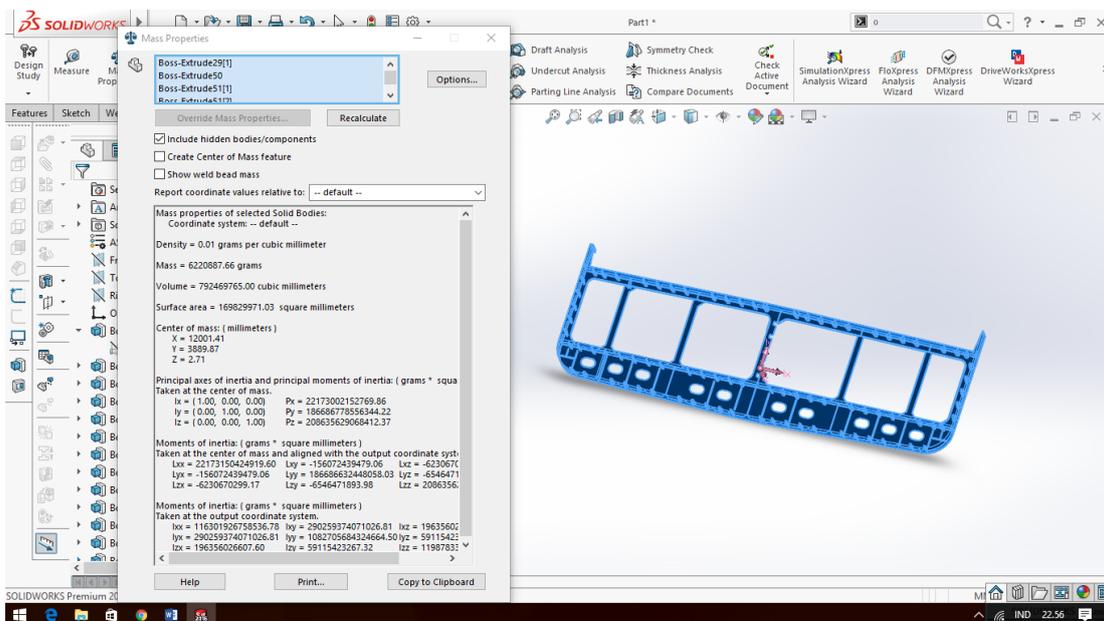
Langkah selanjutnya adalah memilih salah satu *fn* dari kelompok *similarities* tersebut untuk dibuat pemodelan 3D nya menggunakan *Computer Aided Design software*. Contoh pada kasus kapal kontainer 100TEUs kelompok “*midship group 1*”.

Tabel V.8 *midship group 1* dan luasan perframennya

Midship Constr. group 1 (web frame) referensi fn 30	
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)
30	58,75760502
31	59,02269955
32	59,16009861
33	59,21095467
34	59,21095467
36	59,21095467
37	59,21095467
38	59,21095467
39	59,21095467
40	59,22127202
41	59,21151
43	58,97552617
44	58,64741688
45	58,13999612

Midship Constr. group 1 (web frame) referensi fn 30	
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)
46	57,44981504
47	56,65345001
48	55,75774028

Tabel V.8 di atas menginformasikan pengelompokan *similarities* konstruksi *webframe* pada bagian ruang muat dengan luasan *perframe* yang sudah diperoleh. Selanjutnya akan dipilih salah satu nomor gading untuk di buat model 3Dnya, sebagai contoh kasus dalam kapal kontainer 100TEUS dipilih *frame 30* sebagai referensi, maka *frame 30* dibuat model 3D nya pada *aplikasi rekayasa perancangan* (lampiran C-1 s/d C-20)



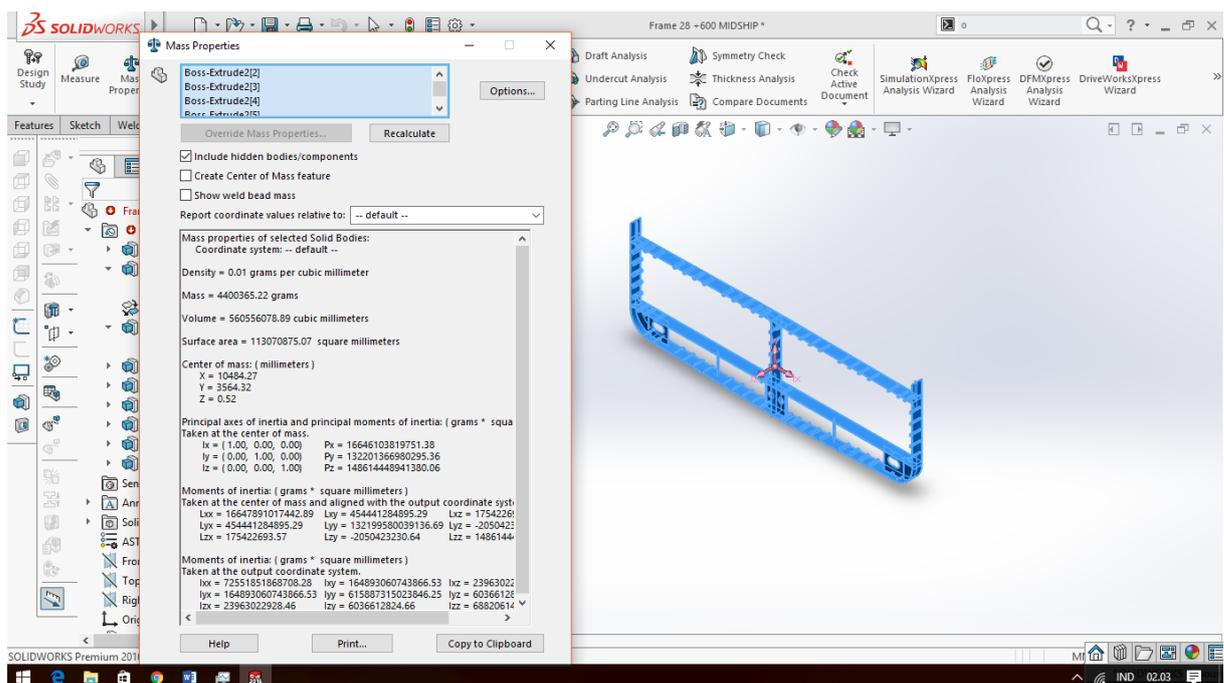
Gambar V.5 *frame 30* yang sudah dibuat model 3Dnya.

Gambar V.5 adalah gambar konstruksi yang terdapat di *fn 30* yang telah dimodelkan 3D. Pemodelan 3D *perframe* kapal dilakukan dengan memodelkan 1 *frame* kapal berikut isi konstruksi yang ada di dalamnya seperti: penegar, *web frame*, *ordinary frame*, wrang, pelat geladak, kulit, pembujur, dan lain lain. Untuk konstruksi memanjang, pemodelan dilakukan dengan membuat pemodelan 3D konstruksi memanjang tersebut dengan ukuran setengah jarak gading ke arah AP dan ke arah FP, contohnya untuk kulit kapal. Kulit kapal pada Gambar V.5 dibuat dengan panjang 300mm ke arah AP dan 300mm ke arah FP dengan titik 0 adalah *web*

frame 30, cara yang sama juga dilakukan untuk konstruksi memanjang lainnya untuk setiap model 3D kapal yang dibuat. Pemodelan 3D dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan berat yang baja yang mendekati *real*. Pada pengerjaan pemodelan 3D, *material* juga dapat di pilih untuk mendapatkan massa jenis yang sesuai dengan model 3D yang dirancang. Untuk contoh kasus kapal kontainer 100TEUS, digunakan jenis material baja ASTM A36 *STEEL*.

Setelah model 3D *fn* 30 selesai dibuat, berikutnya menghitung berat bajanya, berat baja model 3D dapat dihitung secara otomatis sesuai dengan jenis material yang sudah di pilih pada aplikasi perancangan dengan *tools mass properties*. *Mass properties* akan menampilkan informasi lengkap mengenai berat baja, volume, bahkan titik berat dari model 3D yang dibuat. Dari gambar V.3 di atas didapatkan berat baja untuk *fn* 30 sebesar 6,23 ton.

Cara yang sama dilakukan untuk setiap *fn* yang menjadi referensi perkelompok *similarities* kapal. Seperti pada contoh berikutnya untuk kapal kontainer 100 TEUs bagian ruang muat dengan jenis *similarities ordinary frame*.



Gambar V.6 Pemodelan 3D *fn* 28+600mm yang merupakan konstruksi *ordinary frame* pada komponen ruang muat.

Gambar V.6 di atas adalah pemodelan 3D untuk *fn* 28+600mm pada kapal kontainer 100TEUs. Pada bagian *midship* kapal kontainer 100TEUs, setiap nomor gading terdapat 2 *ordinary frame*, penamaan *frame* ini diberikan dengan menambahkan keterangan jarak dari posisi *frame* tersebut dengan nomor gading di dekatnya. Misalnya untuk *ordinary frame* antara

fn 28 dan *fn* 29. *Ordinary frame* pertama yang berjarak 600mm dari *fn* 28 dinamakan *fn* 28+600mm dan *frame* kedua yang berjarak 1200mm dari *fn* 28 dinamakan *fn* 29-600mm. Hasil berat baja kapal untuk *fn* 28+600mm dari *tools mass properties* memiliki berat sebesar 4,41 ton. Berat baja *fn* 28+600mm ini akan menjadi referensi untuk perhitungan berat baja sepanjang kapal dengan *similarities* yang sama dengan *fn* 28+600mm.

V.2.4 Perhitungan Berat Baja Perkelompok *Similarities* konstruksi

Berat baja kapal *frame* referensi yang didapatkan akan digunakan sebagai acuan perhitungan. Berat acuan tersebut akan dipakai sebagai faktor pengali untuk estimasi berat baja dari *fn* yang belum diketahui berat baja. Berat baja akan didapatkan dengan cara membagi luasan *fn* yang akan dicari beratnya dengan luasan *fn* acuan lalu dikalikan dengan berat *fn* acuan. Berikut adalah contoh perhitungan berat baja untuk konstruksi pada buritan.

Tabel V.9 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen buritan *group 1*

Buritan <i>group 1</i> (<i>web frame</i>) referensi <i>fn 0</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
0	41,7274	4,40
2	41,7872874	4,41
	total	8,80

Tabel V.9 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Buritan *group 1*, *fn 0* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 2*. Berat baja *fn 2* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn 2* dengan luasan *fn 0* lalu mengkalikan hasilnya dengan berat baja *fn 0*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 2* yaitu 2,403 ton. Sehingga total berat baja untuk buritan *group 1* adalah 4,9 ton.

Tabel V.10 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen buritan *group 1*

Buritan <i>group 2</i> (<i>ordinary frame</i>) referensi <i>fn -2</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
-2	38,02405199	3,40
-1	38,87	3,47
1	41,7872874	3,74

Buritan group 2 (ordinary frame) referensi fn -2		
2	41,85795979	3,74
3	41,94210612	3,75
total		18,10

Tabel V.10 adalah tabel yang menginformasikan luasan per nomor gading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Buritan group 2, fn -2 digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja fn lainnya yaitu fn -1, fn 1, fn 2, dan fn 3. Berat baja fn -1 yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan fn -1 dengan luasan fn -2 lalu mengkalikan hasilnya dengan berat baja fn -2. Sehingga didapatkan berat baja fn -1 yaitu 2,46 ton. Sehingga total berat baja untuk buritan group 2 adalah 12,774 ton.

Tabel V.11 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen kamar mesin group 1

Kamar Mesin group 1 (web frame) referensi fn 7		
Nomor Gading (fn)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
7	42,50476708	6,17
10	43,26614665	6,29
13	44,34470438	6,43
16	45,53982187	6,611
21	47,25007621	6,85
total		32,36

Tabel V.11 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi kamar mesin group 1, fn 7 digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja fn lainnya yaitu fn 7, fn 10, fn 13, fn 16, dan fn 21. Berat baja fn 10 yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan fn 10 dengan luasan fn 7 lalu mengkalikan hasilnya dengan berat baja fn 7. Sehingga didapatkan berat baja fn 10 yaitu 6,29 ton. Sehingga total berat baja untuk kamar mesin group 1 adalah 32,36 ton.

Tabel V.12 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen kamar mesin *group 2*

Kamar Mesin <i>group 2</i> (<i>Ordinary frame</i>) referensi <i>fn 22</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
22	53,85	4,50
5	42,17	3,53
6	42,32	3,54
8	42,72	3,57
9	42,97	3,59
11	43,60	3,65
12	43,96	3,68
14	44,75	3,74
15	45,15	3,78
17	45,91	3,84
18	46,26	3,87
19	46,60	3,90
20	46,93	3,92
22	53,85	4,50
	total	53,61

Tabel V.12 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi kamar mesin *group 2*, *fn 22* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 5*, *fn 6*, *fn 8*, *fn 9*, *fn 11* dan seterusnya. Berat baja *fn 5* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn 5* dengan luasan *fn 22* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 22*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 22* yaitu 4,65 ton. Sehingga total berat baja untuk kamar mesin *group 2* adalah 55,36 ton.

Tabel V.13 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen middle construction *group 1*

<i>Middle Constr. group 1</i> (<i>web frame</i>) referensi <i>fn 24</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
24	53,85	8,65
25	55,37	8,90
26	56,26	9,04
27	57,08	9,17
28	57,78	9,28
	total	45,03

Tabel V.13 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi *void tank/middle construction group*, *fn 24* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 24*, *fn 25*, *fn 26*, *fn 27*, *fn 28* dan seterusnya. Berat baja *fn 25* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn 25* dengan luasan *fn 24* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 24*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 25* yaitu 4,78 ton. Sehingga total berat baja untuk *middle construction group 1* adalah 27,47 ton.

Tabel V.14 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *middle construction group 2*

<i>Middle Constr. group 2 (ordinary frame) referensi fn 24 +600mm</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
24 -1200 mm	54,15	6,02
24 -600 mm	54,46	6,06
24 +600 mm	57,08	6,35
25 -600 mm	57,78	6,42
25 +600 mm	58,75	6,53
26 -600 mm	59,02	6,56
26 +600 mm	59,21	6,58
27 -600 mm	59,21	6,58
27 +600 mm	59,21095467	6,58
28 -600 mm	59,2	6,58
	total	64,28

Tabel V.14 Tabel V.10 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi *void tank/middle construction group 2*, *fn 24 +600 mm* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 24 -1200 mm*, *fn 24 -600 mm*, *fn 25 -600 mm*, *fn 25 +600 mm*, *fn 26 -600 mm* dan seterusnya. Berat baja *fn 24 -1200* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn 24 -1200* dengan luasan *fn 24 +600 mm* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 24 +600 mm*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 24 -1200 mm* yaitu 4,78 ton. Sehingga total berat baja untuk *middle construction group 2* adalah 54,14 ton.

Tabel V.15 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *midship construction group 1*

Midship Constr. group 1 (web frame) referensi fn 30		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
30	58,76	8,82
31	59,02	8,86
32	59,16	8,88
33	59,21	8,89
34	59,21	8,89
36	59,21	8,89
37	59,21	8,89
38	59,21	8,89
39	59,21	8,89
40	59,22	8,89
41	59,21	8,89
43	58,98	8,85
44	58,65	8,80
45	58,14	8,73
46	57,45	8,62
47	56,65	8,51
48	55,76	8,37
	total	149,56

Tabel V.15 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi ruang muat/*midship construction group 1*, *fn 30* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 31*, *fn 32*, *fn 33*, *fn 34*, *fn 36* dan seterusnya. Berat baja *fn 31* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn 31* dengan luasan *fn 30* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 30*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 31* yaitu 6,22 ton. Sehingga total berat baja untuk *midship construction group 1* adalah 105,48 ton.

Tabel V.16 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *midship construction group 2*

Midship Constr. group 2 (Ordinary Frame) referensi fn 28+600mm		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
28+600mm	59,21	5,4004
28+1200mm	59,22	5,4013
29+600mm	59,15	5,3947
30-600mm	58,98	5,38
30+600mm	58,14	5,30

Midship Constr. group 2 (Ordinary Frame) referensi fn 28+600mm		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
31-600mm	57,45	5,24
31+600mm	55,76	5,09
32-600mm	54,71	4,99
32+600mm	51,71	4,72
33-600mm	59,21	5,40
33+600mm	59,21	5,40
34-600mm	59,21	5,40
34+600mm	59,21	5,40
35-600mm	59,21	5,40
35+600mm	59,21	5,40
36-600mm	59,21	5,40
36+600mm	59,21	5,40
37-600mm	59,21	5,40
37+600mm	59,21	5,40
38-600mm	59,21	5,40
38+600mm	59,21	5,40
39-600mm	59,21	5,40
39+600mm	59,21	5,40
40-600mm	59,22	5,40
40+600mm	59,22	5,40
41-600mm	59,21	5,40
41+600mm	59,21	5,40
42-600mm	59,15	5,39
42+600mm	59,15	5,39
43-600mm	58,98	5,38
43+600mm	58,98	5,38
44-600mm	58,65	5,35
44+600mm	58,65	5,35
45-600mm	58,14	5,30
45+600mm	58,14	5,30
46-600mm	57,45	5,24
46+600mm	57,45	5,24
47-600mm	56,65	5,17
47+600mm	56,65	5,17
48-600mm	55,76	5,09
48+600mm	55,76	5,09
49-600mm	54,71	4,99
	Total	222,94

Tabel V.16 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada Konstruksi ruang muat/*midship construction group 2*, *fn 28+600mm* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn*

28+1200mm, *fn* 29+600mm, *fn* 30-600mm, *fn* 30+600mm, *fn* 31-600mm dan seterusnya. Berat baja *fn* 28+1200mm yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan *fn* 28+1200mm dengan luasan *fn* 28+600mm lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn* 28+600mm Sehingga didapatkan berat baja *fn* 28+1200mm yaitu 4,40 ton. Sehingga total berat baja untuk *midship construction group 2* adalah 181,66 ton.

Tabel V.17 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *forepeak tank construction*

ForePeak Tank Constr. referensi <i>fn</i> 50		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
50	53,50	10,15
49+600mm	54,71	10,38
50-600mm	53,50	10,15
50+600mm	53,50	10,15
51-600mm	51,71	9,81
	total	50,63

Tabel V.17 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada *forepeak tank construction*, *fn* 50 digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn* 49+600mm, *fn* 50-600mm, *fn* 50+600mm, *fn* 51-600mm, dan seterusnya. Berat baja *fn* 49+600mm yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan 49+600mm dengan luasan *fn* 50 lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn* 50. Sehingga didapatkan berat baja *fn* 49+600mm yaitu 10,38 ton. Sehingga total berat baja untuk *forepeak tank construction* adalah 50,63 ton.

Tabel V.18 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *forepeak construction group 1*

ForePeak Constr. Group 1 referensi <i>fn</i> 57		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
57	37,25	2,61
51	51,71	3,62
52	49,54	3,47
53	47,21	3,31
54	44,14	3,09
55	40,39	2,83
56	38,90	2,73
58	35,47	2,49
59	33,57	2,35

ForePeak Constr. Group 1 referensi <i>fn 57</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
60	31,53	2,21
	Total	28,71

Tabel V.18 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada *forepeak construction group 1*, *fn 57* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 51*, *fn 52*, *fn 53*, *fn 54*, dan seterusnya. Berat baja *fn 51* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan 51 dengan luasan *fn 57* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 57*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 51* yaitu 2,61 ton. Sehingga total berat baja untuk *forepeak construction group 1* adalah 28.71 ton.

Tabel V.19 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen *forepeak construction group 2*

ForePeak Constr. Group 2 (di atas Main Deck) referensi <i>fn 63</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
63	23,08	0,58
61	29,24	0,73
62	26,45	0,66
64	18,00	0,45
	Total	2,43

Tabel V.19 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada *forepeak construction group 2*, *fn 63* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 61*, *fn 62*, *fn 64*, dan seterusnya. Berat baja *fn 61* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan 61 dengan luasan *fn 63* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 63*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 61* yaitu 0,73 ton. Sehingga total berat baja untuk *forepeak construction group 1* adalah 2,43 ton.

Tabel V.20 Pengelompokan similaritas konstruksi dan perhitungan estimasi berat baja untuk komponen sekat ruang muat

Sekat Ruang Muat. referensi <i>fn 23</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
23	54,16	9,33
29	58,34	10,06
35	59,21	10,21
42	59,15	10,19
49	54,71	9,43
	Total	49,22

Tabel V.20 adalah tabel yang menginformasikan luasan pergading serta berat per nomor gading dalam 1 kelompok similaritas. Pada sekat ruang muat, *fn 23* digunakan sebagai referensi untuk perhitungan berat baja *fn* lainnya yaitu *fn 29*, *fn 35*, *fn 42*, dan seterusnya. Berat baja *fn 29* yang sebelumnya belum diketahui diperoleh dengan cara membagi luasan 29 dengan luasan *fn 23* lalu mengalikan hasilnya dengan berat baja *fn 23*. Sehingga didapatkan berat baja *fn 29* yaitu 10,06 ton. Sehingga total berat baja untuk sekat ruang muat adalah 49,22 ton.

Tabel V.21 pengkhususan konstruksi tertentu

Transom, Sekat Kamar mesin, Ceruk Haluan.		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
-3	20,16	5,33
4	45,34	7,33
51	34,21	4,65
	Total	17,31

Tabel V.21 adalah tabel pengkhususan konstruksi tertentu pada kapal kontainer 100 TEUs. *Fn* Konstruksi ini tidak memiliki *similarity* dengan *fn* lainnya sepanjang kapal, karena itu berat baja kapal dihitung secara manual. Total berat yang didapat adalah 17,31 ton. Total berat baja pada yang dihitung dari keel sampai dengan *Main Deck* adalah sebagai berikut:

Tabel V.22 Rekapitulasi hasil berat baja kapal dari *keel* sampai *Main Deck*

Berat Baja total dari Keel sampai <i>Main Deck</i>	
Kelompok <i>similarity</i> konstruksi	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
Buritan <i>group 1 (web frame)</i> referensi <i>fn 0</i>	8,80
Buritan <i>group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn -2</i>	18,10

Berat Baja total dari Keel sampai Main Deck	
Kamar Mesin <i>group 1 (web frame)</i> referensi <i>fn 7</i>	32,36
Kamar Mesin <i>group 2 (Ordinary frame)</i> referensi <i>fn 22</i>	53,61
Middle Constr. <i>group 1 (web frame)</i> referensi <i>fn 24</i>	45,03
Middle Constr. <i>group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn 24</i> +600mm	64,28
Midship Constr. <i>group 1 (web frame)</i> referensi <i>fn 30</i>	149,56
Midship Constr. <i>group 2 (Ordinary Frame)</i> referensi <i>fn 28</i> +600mm	222,94
ForePeak Tank Constr. referensi <i>fn 50</i>	50,63
ForePeak Constr. <i>Group 1</i> referensi <i>fn 57</i>	28,71
ForePeak Constr. <i>Group 2</i> (di atas <i>Main Deck</i>) referensi <i>fn 63</i>	2,43
Sekat Ruang Tengah. referensi <i>fn 23</i>	49,22
Transom, Sekat Kamar mesin, Ceruk Haluan.	17,31
Total	742,99

Tabel V.22 adalah hasil berat baja kapal dengan metode grafis untuk perhitungan konstruksi dari keel sampai Main Deck. Didapatkan berat baja kapal sebesar 742,99 ton. Untuk *superstructure*. Berikut tabel perhitungannya:

Tabel V.23 Perhitungan berat baja metode grafis pada *superstructure*

Superstructure Main Deck. Group 1 (Web frame) referensi fn 16		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	35,46	4,02
13	35,46	4,02
10	35,46	4,02
7	35,46	4,02
2	35,46	4,02
0	35,46	4,02
Total		24,09

Superstructure Main Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi fn 15		
15	47,65	1,62
18	50,14	1,71
17	49,85	1,70
14	46,85	1,59
12	44,56	1,52
11	43,56	1,48
9	41,98	1,43
8	41,56	1,41
6	39,65	1,35
5	39,45	1,34
3	38,45	1,31
1	38,01	1,29
-1	37,45	1,27
-2	37,10	1,26
	total	20,30
Superstructure Poop Deck. Group 1 (Web frame) referensi fn 16		
Nomor Gading (fn)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	32,234	4,016
13	32,234	4,016
10	32,234	4,016
7	32,234	4,016
	Total	16,063024
Superstructure Poop Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi fn 15		
15	32,23	1,62
18	32,23	1,62
17	32,23	1,62
14	32,23	1,62
12	32,23	1,62
11	32,23	1,62
9	32,23	1,62
8	32,23	1,62
	total	12,98

Superstructure Boat Deck. Group 1 (Web frame) referensi fn 16		
Nomor Gading (fn)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	32,23	4,02
13	32,23	4,02
10	32,23	4,02
	Total	12,05
Superstructure Boat Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi fn 15		
15	32,23	1,62
18	32,23	1,62
17	32,23	1,62
14	32,23	1,62
12	32,23	1,62
11	32,23	1,62
9	32,23	1,62
	Total	11,36
Superstructure Nav Deck. Group 1 (Web frame) referensi fn 16		
Nomor Gading (fn)	Luasan Per nomor Gading (m ²)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	20,65	4,02
13	20,65	4,02
10	20,65	4,02
7	20,65	4,02
2	20,65	4,02
0	20,65	4,02
	Total	24,09
Superstructure Nav Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi fn 15		
15	20,65	1,02
18	20,65	1,02
17	20,65	1,02
14	20,65	1,02
12	20,65	1,02
11	20,65	1,02
	total	6,13

Tabel V.23 di atas menginformasikan berat baja pada *superstructure* yang terdiri atas *Main Deck*, *Poop Deck*, *Boat Deck*, dan *navigation deck*. Total berat baja kapal pada *superstructure* diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

Tabel V.24 Berat baja *superstructure* dengan metode grafis

Berat Baja total Superstructure	
Kelompok <i>similarity</i> konstruksi	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
<i>Superstructure Main Deck. Group 1 (Web frame)</i> referensi <i>fn 16</i>	24,09
<i>Superstructure Main Deck. Group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn 15</i>	20,30
<i>Superstructure Poop Deck. Group 1 (Web frame)</i> referensi <i>fn 16</i>	16,06
<i>Superstructure Poop Deck. Group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn 15</i>	12,98
<i>Superstructure Boat Deck. Group 1 (Web frame)</i> referensi <i>fn 16</i>	12,05
<i>Superstructure Boat Deck. Group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn 15</i>	11,36
<i>Superstructure Nav Deck. Group 1 (Web frame)</i> referensi <i>fn 16</i>	24,09
<i>Superstructure Nav Deck. Group 2 (ordinary frame)</i> referensi <i>fn 15</i>	6,13
Total	127,07

Tabel V.24 di atas menginformasikan rekapitulasi berat baja kapal untuk bagian *superstructure*. Sehingga berat Baja total hasil estimasi dengan metode grafis adalah sebagai berikut:

Tabel V.25 Berat baja kapal total menggunakan metode grafis.

Berat Baja Total Kontainer 100 Teus		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Bagian Kapal	Berat Baja (ton)
	Berat Baja total dari Keel sampai <i>Main Deck</i>	742,99
	Berat Baja total <i>Superstructure</i>	127,07
	Total	870,06

Tabel V.25 di atas adalah hasil berat baja kapal kontainer 100 TEUs dengan menggunakan metode grafis, didapati berat sebesar 870,06 ton. Bila dibandingkan dengan berat baja kapal real sebesar 893 ton menghasilkan selisih sebesar 23,7 ton atau -2,6 % dari berat *real* kapal.

V.2.5 Analisa kelebihan dan kekurangan estimasi berat baja metode grafis

Dalam setiap metode, pasti ada kelebihan dan kekurangan, tidak terkecuali studi estimasi berat baja kapal kontainer 100 TEUs yang dilakukan. Kelebihan metode ini adalah:

1. Cepat. Untuk menghitung estimasi berat baja kapal dengan hasil persentase yang tidak terlalu jauh, metode ini cukup bisa diandalkan, untuk pemodelan *perframe* kapal tidak diperlukan waktu yang banyak. Sehingga efektifitas waktu dapat meningkat
2. Sederhana. Estimasi berat baja kapal dengan metode grafis cukup sederhana bila dibandingkan dengan metode konvensional lainnya, karena secara umum metode ini hanya perlu menganalisa, memodelkan dan merekap. Dibandingkan dengan metode lain yang memerlukan perhitungan dan formula khusus dalam pengerjaannya

Adapun kekurangan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Akurasi. Walaupun selisih berat baja kapal yang dihasilkan dari contoh kasus kapal kontainer 100 TEUs hanya berkisar 2,6%, namun harga 23,7 ton masih terbilang cukup besar bila diaplikasikan di lapangan karenanya ada beberapa faktor yang harus diperhatikan untuk memperkecil selisih hasil estimasi dengan hasil berat baja kapal real. Faktor tersebut dapat berupa: a) *Skill* dan ketelitian dalam pengoperasian aplikasi berbasis rekayasa perancangan, karena pada saat pemodelan 3D ada beberapa komponen kapal yang tidak bisa di *extrude* yang menyebabkan berat kapal yang dihasilkan akan berkurang dan memperbesar selisih berat baja kapal dengan berat *realnya*. b) Kelengkapan data gambar. Untuk membuat model 3D kapal dibutuhkan kelengkapan gambar yang cukup, semakin detail gambar, semakin kecil selisih angka yang dihasilkan.
2. Diversitas jenis kapal. Jika dilihat dari tahap dan langkah yang dilakukan, metode estimasi berat baja kapal dengan metode grafis dapat dilakukan untuk semua jenis kapal. Adanya perbedaan bentuk konstruksi menyebabkan tahap pengelompokan yang berbeda-beda antar kapal satu dengan kapal lainnya. Dibutuhkan ketelitian untuk menganalisa *similarities* bentuk konstruksi *perframe* dan pemilihan *frame* yang akan dijadikan referensi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Estimasi berat baja kapal yang dilakukan dengan metode *Watson* yang diambil sebagai perhitungan dengan metode konvensional, dipakai untuk perbandingan akurasi perhitungan dengan berat baja kapal sebenarnya. Metode ini menghasilkan tingkat akurasi yang cukup rendah, dengan berat baja kapal *real* sebesar 893,709 ton dan hasil perhitungan dengan metode *Watson* sebesar 1081,25 ton, persentase selisih berat yang dihasilkan adalah sebesar 20,98% atau tingkat akurasi hanya sebesar 79,02%
2. Metode grafis yang diusulkan untuk estimasi berat baja kapal adalah sebagai berikut:
 - 1) Dilakukan **analisa similarities konstruksi kapal antar frame** dengan menganalisa gambar potongan melintang kapal dan gambar *construction profile*. *Frame number (fn)* yang memiliki *similarities* yang sama akan dikelompokkan dalam 1 kelompok. Pada umumnya, *frame* dengan *similarities* yang sama berada pada 1 komponen blok kapal. Sebagai contoh, dalam uji coba dengan kapal kontainer 100TEUs terdapat beberapa *frame* dengan *similarities* yang sama di bagian buritan, yang terdiri dari *fn* 0 sampai *fn* 3. Kelompok selanjutnya pada bagian kamar mesin yang terdiri *fn* 5 sampai *fn* 12. Begitu juga dengan *midship*, terdapat *similarities* pada *fn* 37- *fn* 41 dan *fn* 43-*fn* 48. Untuk *frame* dengan konstruksi khusus karena ada penguat tambahan seperti *fn* 42 dikelompokkan dengan *fn* 35 dan *fn* 29 karena memiliki *similarities* konstruksi sekat yang sama. Selanjutnya pengelompokkan dilakukan pada bangunan atas, haluan, dan pengelompokkan konstruksi khusus seperti sekat, pondasi mesin, *funnel*, dll.
 - 2) Salah satu *fn* dari satu kelompok *frame* dengan *similarities* yang sama dibentuk pemodelan 3D-nya untuk mencari berat aktual dari *fn* tersebut. Sebagai contoh dalam uji coba dengan kapal kontainer 100TEUs, terdapat kelompok konstruksi sama yang terdiri dari *fn* 37- *fn* 48, *fn* 37 diambil untuk dibuat pemodelan 3D nya, dan didapatkan beratnya dari fitur *mass properties* pada *software* perancangan.

- 3) Kedua, menghitung *curve sectional area*/luasan kapal perframenya. Data *linesplan real* tidak bisa didapatkan, maka *linesplan* dibuat sendiri untuk mempermudah pembuktian estimasi berat baja kapal metode grafis ini.
 - 4) Setelah luasan *frame* didapat, langkah berikutnya adalah mencari berat untuk *fn* yang belum diketahui beratnya, dengan cara membagi luasan *fn* yang belum diketahui beratnya dengan *fn* referensi lalu dikalikan dengan berat *fn* referensi..Berat baja per *fn* yang sudah didapat berkelompok *similarities*, kemudian dijumlahkan dari *fn* 0 sampai *fn* 64. Berat baja per *fn* yang sudah didapat berkelompok *similarities*, kemudian dijumlahkan dari *fn* 0 sampai *fn* 64.
3. Dalam uji coba metode grafis terhadap kapal kontainer 100 TEUs, dilakukan kalibrasi dengan membandingkan hasil estimasi metode grafis dengan hasil berat yang dihitung dengan 3D:

Tabel VI.1 hasil perhitungan beserta persentase akurasi perhitungan berat baja kapal dengan metode grafis dan metode pemodelan *full 3D fn -2 dan fn 0*

<i>fn</i>	Hasil perhitungan estimasi berat baja kapal dengan metode grafis (ton)	Hasil perhitungan estimasi berat baja kapal dengan pemodelan <i>full 3D</i> (ton)	Akurasi %
-2	1,428	1,424	98,7
0	2,395	2,39	98,8

Tabel VI.1 menampilkan hasil perhitungan beserta persentase akurasi perhitungan berat baja dengan metode grafis dan metode pemodelan 3D yang diambil dari *fn -2* dan *fn 0*.

Tabel VI.2 Hasil Perhitungan metode grafis dengan berat real kapal

	Berat Kapal (ton)	Selisih
Hasil Metode Grafis	870,06	- 2,6%
Berat Real Kapal	893,7	

Tabel IV.2 di atas memaparkan hasil Perhitungan metode grafis dengan berat real. Kapal Untuk hasil perhitungan berat baja kapal total dari metode grafis mendapatkan hasil sebesar 870,06 ton sedangkan hasil perhitungan berat baja kapal *real* dari adalah

sebesar 893,7 ton. Sehingga menghasilkan selisih sebesar 23,7 ton. Sehingga dari hasil metode ini didapati bahwa estimasi berat baja kapal metode grafis yang dilakukan cukup mendekati dengan keakuratan sebesar 97,4%. Ada beberapa faktor penyebab mengapa estimasi berat yang didapat bisa berkurang dari berat real, salah satunya seperti berikut:

- 1) Ada beberapa konstruksi khusus yang tidak dilakukan pemodelan sehingga berat baja kapal berkurang. Contoh konstruksi khusus tersebut meliputi: SKEG, Pondasi *crane*, potongan melintang bangunan atas dengan *funnel*, dan beberapa konstruksi di kamar mesin yang memiliki bentuk konstruksi khusus.
- 2) Adanya ketidakteelitian dalam melakukan pemodelan 3D kapal, seperti contoh adanya kemungkinan beberapa gading yang tidak dimodelkan sehingga berat baja juga tidak sama dengan berat baja *real*.

VI.2 Saran

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, didapatkan saran-saran yang diberikan kepada penulis sebagai penunjang estimasi berat baja kapal pada tahapan desain preliminari dengan metode grafis antara lain:

1. Dibutuhkan ketelitian dalam melakukan pemodelan 3D agar hasil estimasi berat baja total yang dilakukan dapat mendekati berat *real* baja kapal.
2. Sebagai bahan referensi untuk pihak akademik dan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, & Jensen, J. (2002). *Ship Design part (I and II)*. Copenhagen: Friis AM.
- Hekkenberg, R., & Hopman, H. (2015). *New Estimation Methods for the steel weight of European Inland Dry Bulk Ships*. London.
- Munawar. (2008). *Estimasi Kebutuhan Material Utama untuk menunjang Industri Perkapalan di Indonesia*. Surabaya.
- Myrabakken Naeringscenter. (2017, 06 12). *Shipweight*. Retrieved from Offshore Technology: <http://www.offshore-technology.com/contractors/computer/shipweight/>
- Nurholi, S. (2007). *Pemodelan 3D Konstruksi kapal berbasis Solidworks studi kasus Grand Block 09 M.T. Kamojang*. Surabaya: ITS.
- Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Indigo, Canada: Springer.
- Prihastha, N. (2012). *Pemodelan Matematis Berat Baja Badan Kapal Sebagai Fungsi dari GT*. Surabaya: ITS.
- Santosa, I. (n.d.). *Diktat Kuliah Perancangan Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Schneekluth, & Hand, B. V. (1998). *Ship Design Efficiency and economy*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Storch, R. L. (1995). *Ship Production*. united states of america: Cornell Maritime Press, inc.
- Wahidin, A. (2005). *Studi pemodelan estimasi berat kapal kosong (light weight ship)*. Surabaya.
- Watson, & G.M., D. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Watson, D., & Gilfillan, A. (1976). *Some Ship Design Method*. London: Royal Institution of Naval Architects.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Data Kapal Kontainer 100 TEUs

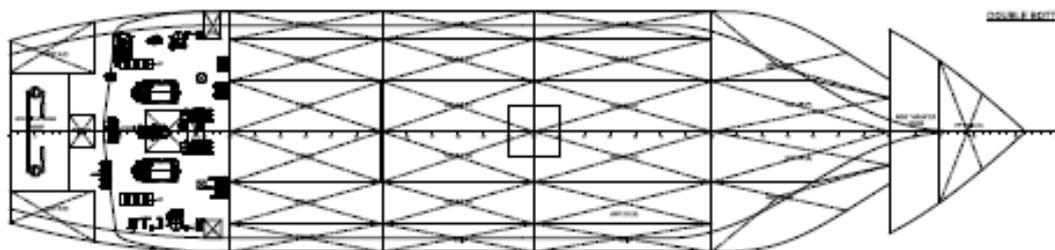
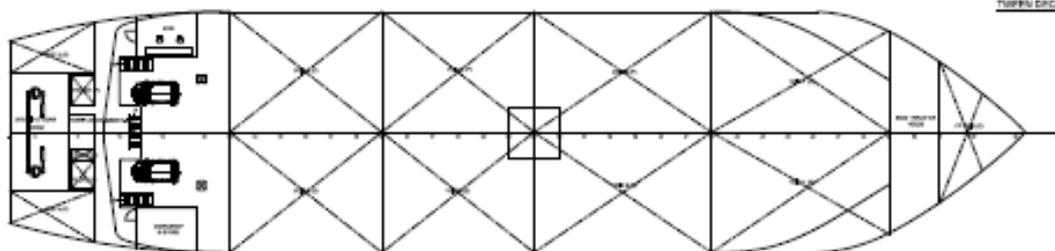
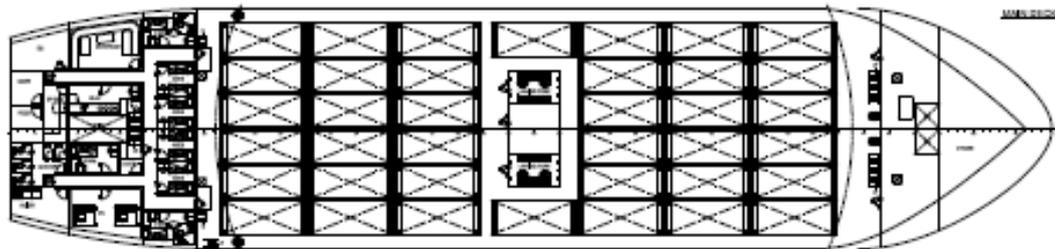
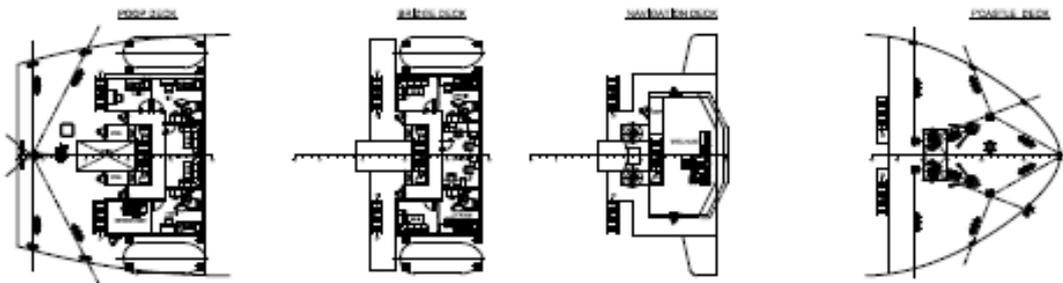
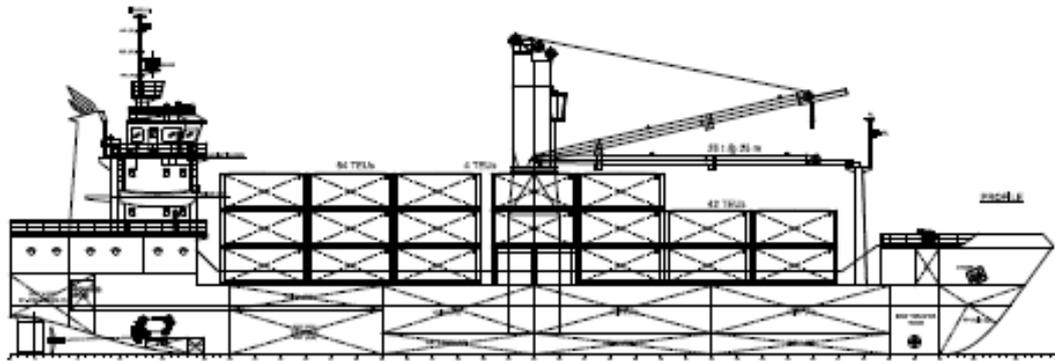
LAMPIRAN B : Perhitungan Estimasi Berat baja kapal Metode Konvensional

LAMPIRAN C : Gambar pemodelan 3 dimensi kapal

LAMPIRAN D : Perhitungan Estimasi Berat baja kapal Metode Grafis

LAMPIRAN A
DATA KAPAL KONTAINER 100 TEUs

General Arrangement Kontainer 100 TEUs

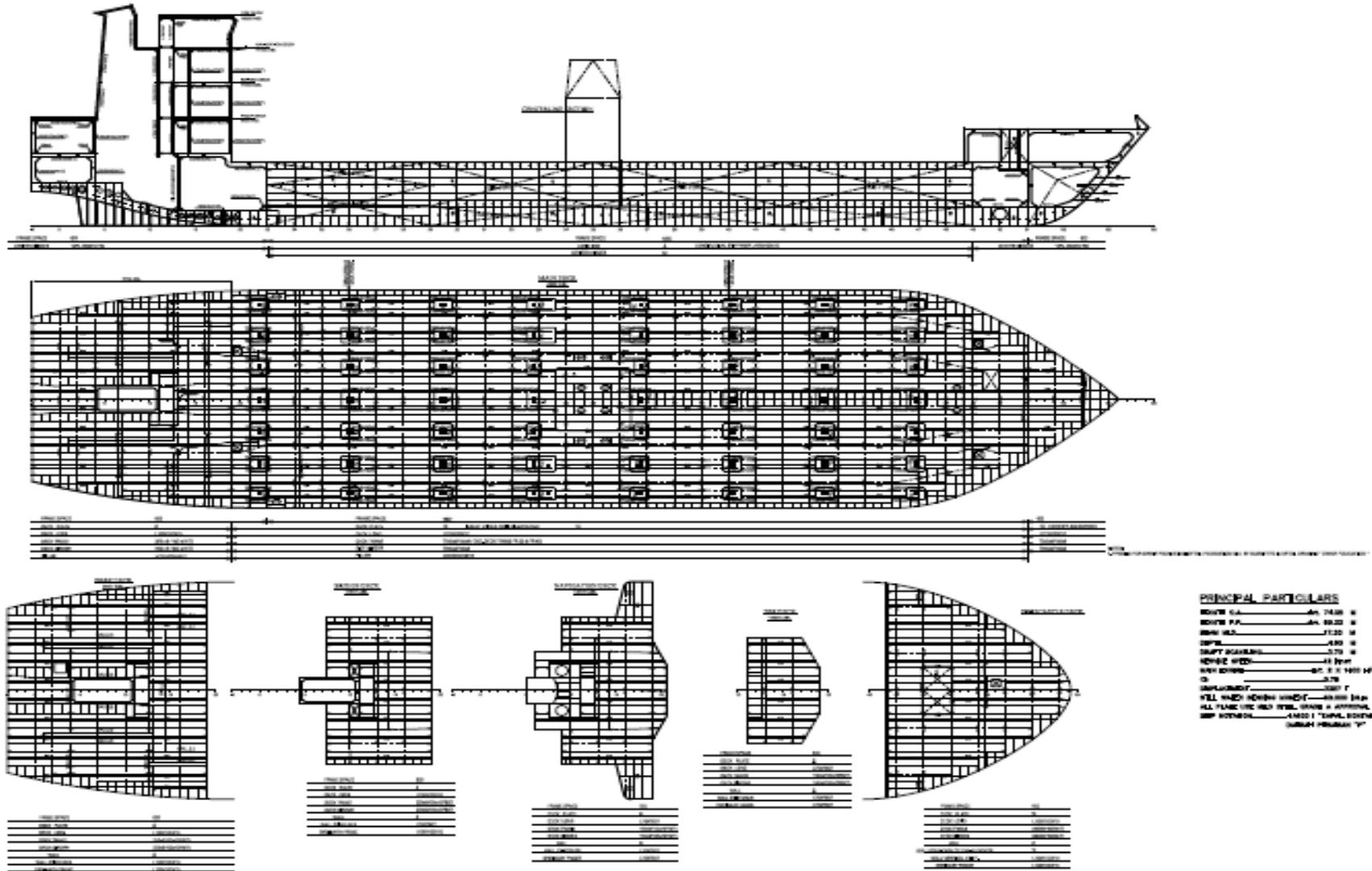


Hatch cover
 Hatch cover
 Hatch cover

MAIN DECK TOWERS

MAIN DECK TOWER	1	100 1000
MAIN DECK TOWER	1	100 1000
MAIN DECK TOWER	1	100 1000
MAIN DECK TOWER	1	100 1000
MAIN DECK TOWER	1	100 1000

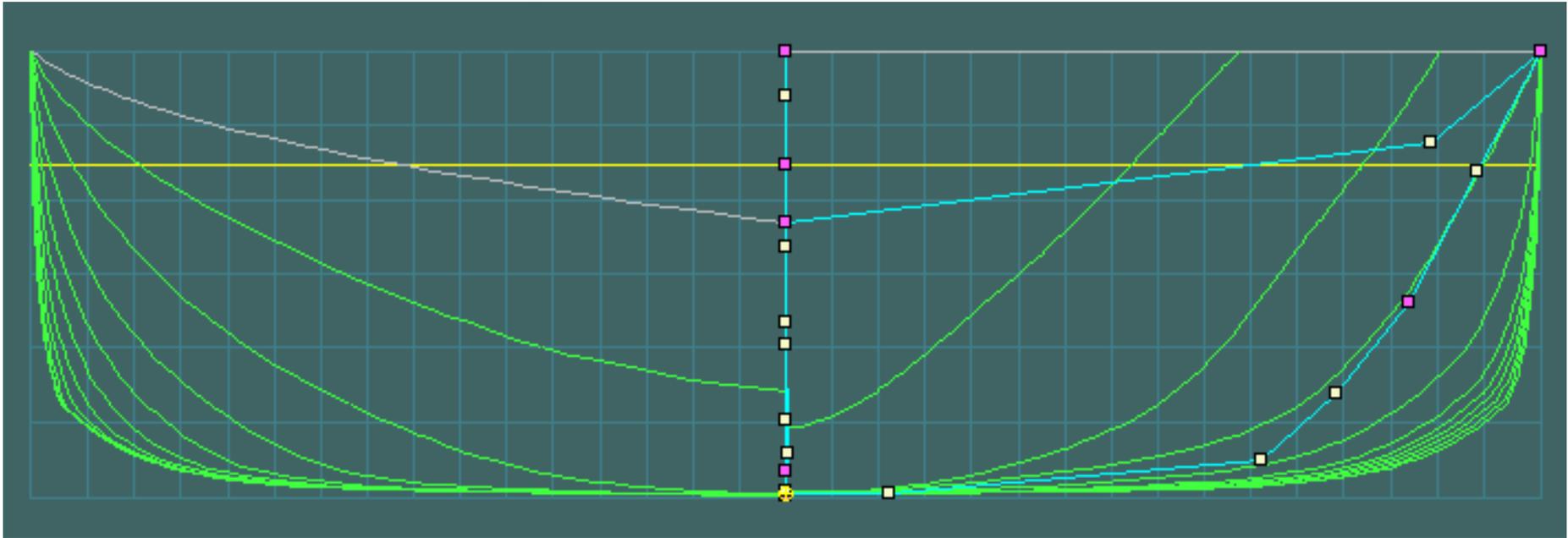
Contruccion Profile Kontainer 100 TEUs Deck



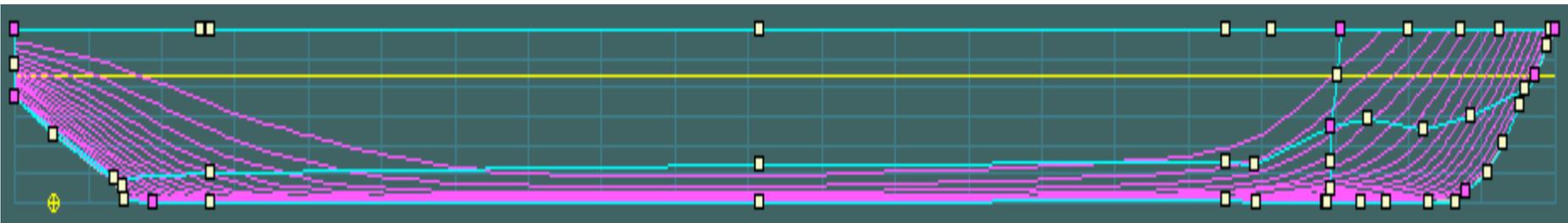
PRINCIPAL PARTICULARS

LENGTH O.A.	145.00 m
LENGTH P.P.	135.00 m
BEAM O.A.	24.00 m
DEPTH	10.00 m
DECK BEARING	0.5%
DECK WELD	Welding
DECK THICK	12 mm
DECK	SM40C
DISPLACEMENT	10000 T
TALL WIND WINDING	10000 T
ALL FLAME RES. STEEL GRADE A APPROVAL BY	
DECK BEARING	0.5%

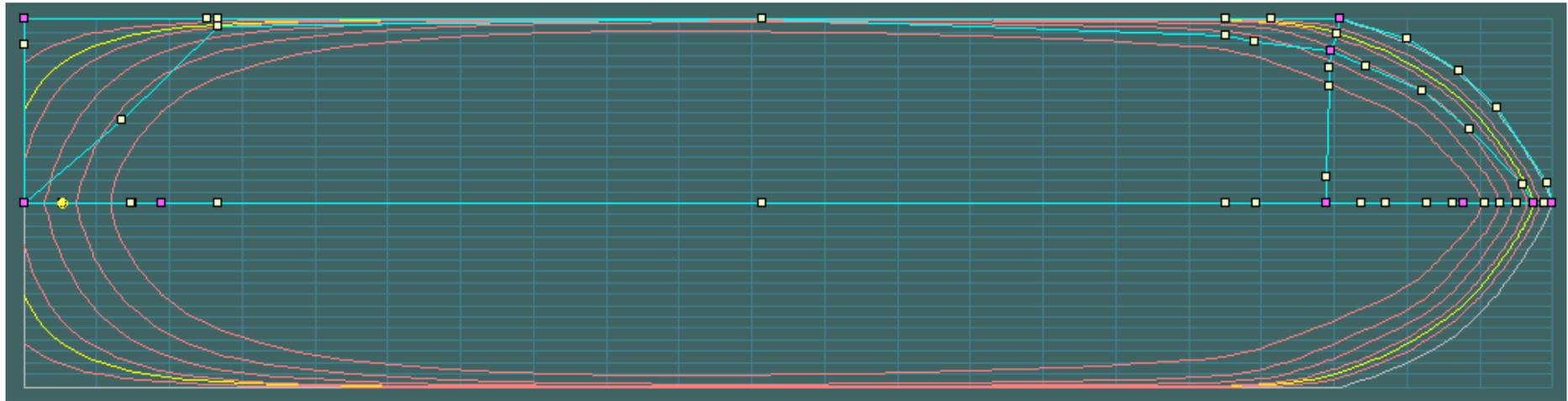
Data Body Plan Kapal Kontainer 100 TEUs di MAXSURF



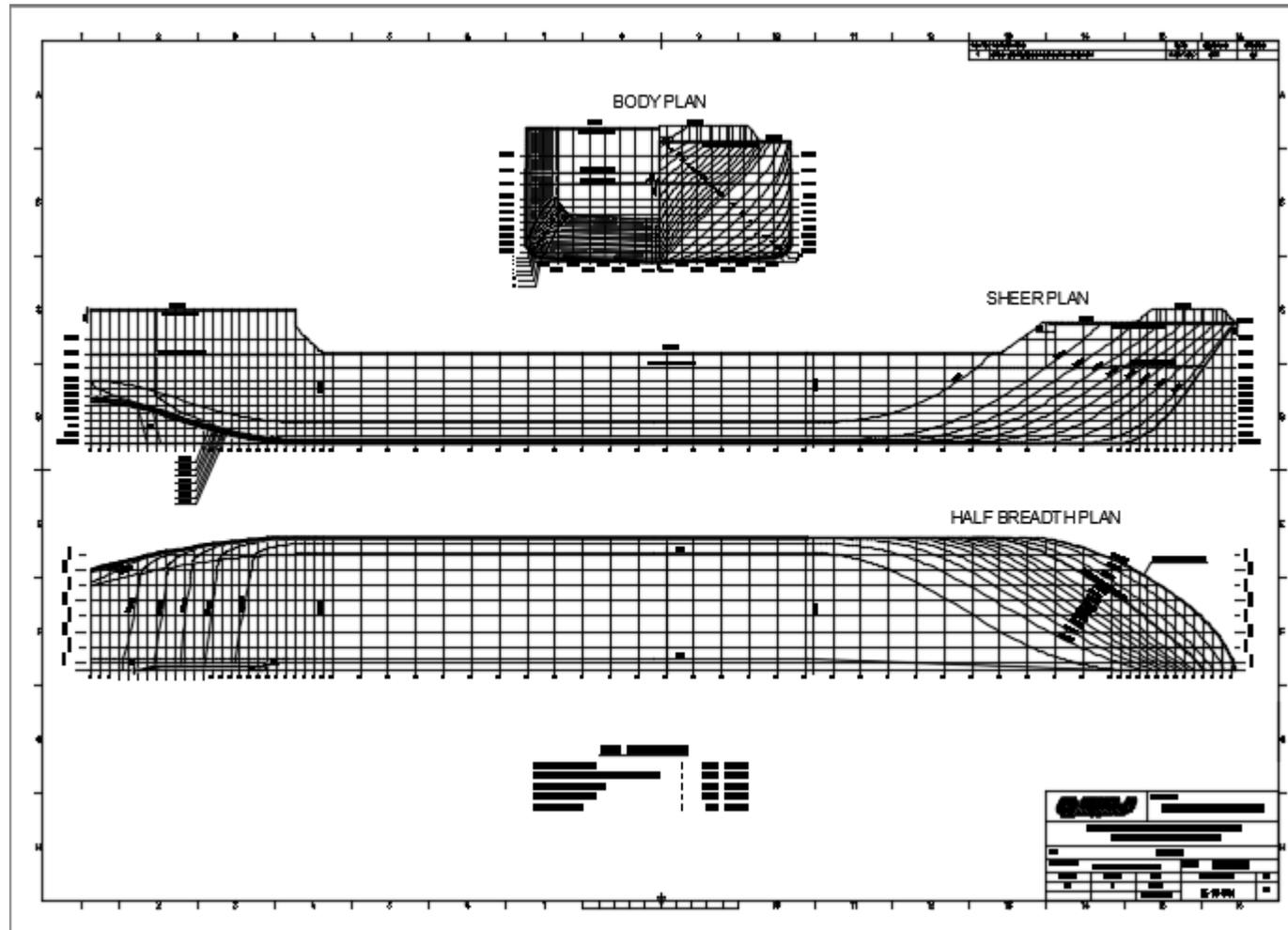
Data Sheer Plan di MAXSURF



Data Breadth Plan di MAXSURF



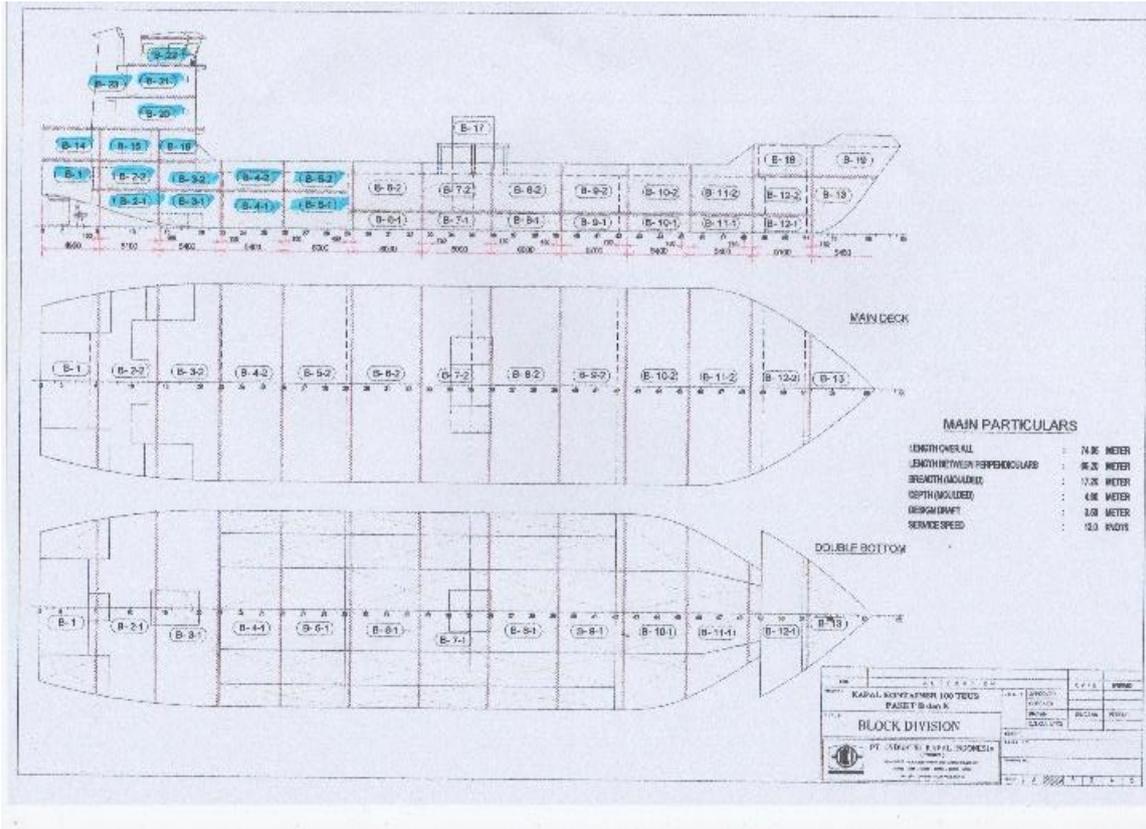
Data Gambar Linesplan



Data Perhitungan Pos perpos Kapal Kontainer 100TEUs

BLOCK KONTAINER 100 TEUS						
No	URAIAN BLOK				VOLUME	
					JML.	SAT.
1					3	4
1	BLOCK B-1				38715,63	Kg
2	BLOCK B-2-1				24706,18	Kg
3	BLOCK B-2-2				15259,61	Kg
4	BLOCK B-3-1				37050,20	Kg
5	BLOCK B-3-2				19245,38	Kg
6	BLOCK B-4-1				52716,60	Kg
7	BLOCK B-4-2				24786,18	Kg
8	BLOCK B-5-1				56907,12	Kg
9	BLOCK B-5-2				26750,17	Kg
10	BLOCK B-6-1				32751,40	Kg
11	BLOCK B-6-2				29182,86	Kg
12	BLOCK B-7-1				30710,91	Kg
13	BLOCK B-7-2				43364,49	Kg
14	BLOCK B-8-1				30449,90	Kg
15	BLOCK B-8-2				30832,24	Kg
16	BLOCK B-9-1				29328,27	Kg
17	BLOCK B-9-2				32926,43	Kg
18	BLOCK B-10-1				27133,10	Kg
19	BLOCK B-10-2				26883,49	Kg
20	BLOCK B-11-1				21881,28	Kg
21	BLOCK B-11-2				30078,85	Kg
22	BLOCK B-12-1				7422,94	Kg
23	BLOCK B-12-2				25596,88	Kg
24	BLOCK B-13				10225,36	Kg
25	BLOCK B-14				19146,22	Kg
26	BLOCK B-15				21081,93	Kg
27	BLOCK B-16				16571,56	Kg
28	BLOCK B-17				28082,45	Kg
29	BLOCK B-18				23507,79	Kg
30	BLOCK B-19				17012,21	Kg
31	BLOCK B-20				24914,66	Kg
32	BLOCK B-21				16195,31	Kg
33	BLOCK B-22				11660,05	Kg
34	BLOCK B-23				8025,70	Kg
35	SKEG				2606,31	Kg
					893709,64	Kg
					893,70964	ton

Gambar Pembagian Blok Kapal



LAMPIRAN B

**PERHITUNGAN ESTIMASI BERAT BAJA KAPAL METODE
KONVENSIONAL**

Ukuran Utama Kapal

Berikut ini adalah data ukuran utama kapal yang didapatkan dari optimasi *container* Maxsurf :

No	Item	Value	Satuan
1	Type kapal	Container	
2	Lpp	69.220	m
3	Lwl	72.000	m
4	B _{mid}	17.200	m
5	H _{mid}	4.900	m
6	T _{mid}	3.700	m
7	Cb	0.780	
8	Vs	12.000	knots
9	Displacement	3,574.022	m ³
10	LCB	-1.410	m
11	h _{db}	1.200	m
12	MTC	211.504	Ton / cm ²
13	LCF dari Midship	-2.110	m

Lpp =	69.22	m
LCB from AP =	33.2	m
LCF from AP =	32.5	m
Maka,		
LCB from midship =	-1.41	(Didepan midship)
LCF from midship =	-2.11	(Didepan midship)
=	2.11	(Dibelakang midship)

Metode Watson

PERHITUNGAN BERAT KAPAL KOSONG			
Ukuran utama kapal sebagai berikut :			
Type =	Container		
Lpp =	69.220	m	
Lwl =	72.000	m	
B =	17.200	m	
H =	4.900	m	
T =	3.700	m	
Cb =	0.780		
$D = \bar{N} \times r =$	3663.373	ton	
Merk Mesin Kapal :			
YANMAR - Engine Model 6EY22AW			
BHP =	1604.328	Hp	
$W_{me} =$	1180	KW	
Berat kapal kosong (light weight tonnage) meliputi :			
- Berat baja kapal kosong			
- Berat poros baling-baling di luar kamar mesin			
- Berat kamar mesin			
A. PERHITUNGAN BAJA KAPAL KOSONG			
1. Perhitungan Berat Kapal			
Berat baja kapal kosong dapat dihitung dengan menggunakan rumus :			
$W_{st} = W_{st}' \{ 1 + 0,5 (C_b' - 0,7) \}$		<i>(Practical Ship Design(Watson) ; Hal 83)</i>	
Keterangan :			
$W_{st}' =$	$K \cdot E^{1,36}$ (ton)		
Dimana, $E = L (B + T) + 0,85 L (H - T) + 0,85 \sum 1h$			
K = Lihat tabel 4.1 (Practical Ship Design hal 85)			
$C_b' =$	C_b pada $0,8 \cdot H$		
Perhitungan elemen-elemen W_{st} dan C_b' :			
$E = L (B + T) + 0,85 L (H - T) + 0,85 \sum 1h$			
dimana :			
$E =$ Parameter steel weight (Watson, Rina 1977 (Lectures on Ship Ship Design And Ship Theory, Herald Poehls; page : 70)			
$\sum 1h = (l_1 \times h_1) + (l_2 \times h_2)$			
dimana :			
$l_1 =$	Panjang forecastle deck [(7% - 10%) x lpp dari FP]	faktor % =	10%
=	6.92 m		
$h_1 =$	Tinggi forecastle [2,2 - 2,4 meter]	diambil =	2.2 m
=	2.2 m		
$l_2 =$	Panjang poop deck [(15% - 20%) x LPP dari AP]	faktor % =	20%
=	13.84 m		
$h_2 =$	Tinggi poop deck [2,2 - 2,4 meter]	diambil =	2.2 m
=	2.2 m		
$\sum 1h = (l_1 \times h_1) + (l_2 \times h_2)$			
$\sum 1h = (6.92 \times 2.20) + (13.84 \times 2.20)$			
=	45.685	m^2	
maka :			
$E = 69.22 \times (17.20 + 3.70) + 0.85 \times 69.22 \times (4.90 - 3.70) + 0.85 \times 45.685$			
=	1556.135		
*) $W_{st}' = K \cdot E^{1,36}$ (ton) Nilai K : lihat di tabel 4.1 (Practical Ship Design (Watson) hal 85)			
Untuk container, yaitu :			
		$K = K_{mean} \pm K_{range}$	dimana, $K_{mean} = 0.036$
			dimana, $K_{range} = \pm 0.003$
		$K = 0.039$	
$W_{st}' = 0.039 \times 1556.135^{1.36}$		Tabel nilai K untuk Tanker :	
=	855.557	ton	
*) Untuk $C_b > 0.7$ maka diadakan koreksi sebesar			
$C_{b'0.8H} = C_b + (1 - C_b) \{ (0.8D - T) / 3T \}$			
=	0.784		

Untuk $C_b < 0,7$ maka tidak perlu diadakan koreksi									
maka C_b' yang digunakan =	0.784								
Sehingga didapat :									
$W_{st} = 855.557 \times [1 + 0.5 \times (0.784 - 0.7)]$									
=	891.64	ton							
2. Perhitungan Titik Berat Kapal Kosong									
(Parametrik design Chapter 11 hal 11-25)									
# Vertical center of the various weight dari basic hull :									
$VCG_{hull} = 0.01 D (46.6 + 0.135 (0.81 - C_B)(L/D)^2) + 0.008 D (L/B - 6.5)$								for $L \leq 120$ m	
= $0.01 D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2)$								for $L > 120$ m	
Maka untuk $L < 120$ m ($L=69.22$ m)									
$VCG_{hull} = 0.01 \times 4.90 \times (46.6 + (0.135 \times (0.81 - 0.784) \times ((69.22/4.90)^2) + 0.008 \times 4.90 \times ((69.22/17.20) - 6.5)))$									
=	2.318	m							
# The longitudinal position of the basic hull weight :									
$LCG_{hull} = -0.15 + LCB$									
$LCG_{hull} = -0.15 + 0.731$									
=	-1.560	m							
B. PERHITUNGAN DECK HOUSE									
1. Perhitungan Berat Deckhouse									
Berat deck house dapat dihitung dengan rumus :									
$W_{dh} = \text{Berat deck house} + W_{rd}$									
= $k \cdot E \cdot 1,36 (1 + 0.5 (C_B' - 0.7)) + W_{rd}$									
Perhitungan elemen-elemen W_{dh}									
$E = 0.85 L (D' - H)$									
dimana :									
$D' =$ Tinggi seluruh kapal sampai bangunan atas									
$D' = H_t + H$									
$H_t =$ Tinggi seluruh kapal sampai bangunan atas dikurangi H									
= tergantung pada perancangan kapal untuk dibuat rencana umum									
= tetapi sebagai patokan tinggi tiap deck antara 1.9 ~ 2.4 m									
$D' = 16.90$ m									
$L_{dh} = 13.9$ m (Layer 2)									
didapat $E = 0.85 \times 69.22 \times (16.90 - 4.90)$									
=	706.04								
(catatan : jika Type Kapal Roro ada tambahan W_{rd})									
$W_{rd} =$ berat ramdoor atau pintu pada kapal ro-ro yang mana berat ini disesuaikan dengan GT maupun dengan jumlah dan besar truk									
Untuk :	GT < 400	maka dengan berat 3 ~ 4 ton				diambil =	0	ton	
	400 < GT < 800	maka dengan berat 5 ~ 7 ton							
	GT > 800	maka dengan berat lebih dari 7 ton							
[catatan : jika Type Kapal Roro ada tambahan W_{rd}]									
Karena type kapal adalah Bulk Carrier									
maka $W_{rd} = 0$ ton									
sehingga didapat :									
$W_{dh} = 0.039 \times 706.04 \times 1.36(1 + 0.5 \times (0.784 - 0.7)) + 0.000$									
=	39.028	ton							
2. Perhitungan Titik Berat Deckhouse									
(Parametrik design Chapter 11 hal 11-25)									
# Vertical center of the various weight dari deckhouse :									
$VCG_{dh} = 0.01 D' (46.6 + 0.135 (0.81 - C_B')(L_{dh}/D')^2) + 0.008 D'(L_{dh}/B - 6.5) + H$								for $L_{dh} \leq 120$ m	
= $0.01 D' (46.6 + 0.135 (0.81 - C_B')(L_{dh}/D')^2) + H$								for $L_{dh} > 120$ m	
Maka untuk $L < 120$ m ($L=86.75$ m)									
$VCG_{dh} = 0.01 \times 16.90 \times (46.6 + 0.135 (0.81 - 0.784)(13.90/16.90)^2) + 4.90 + 0.008 \times 16.90 (13.90/17.20 - 6.5) + 4.90$									
=	24.306	m							
# The longitudinal position of the deckhouse :									
$LCG_{dh} = (13.90/2 - 69.22/2)$									
=	-27.660	m							

C. PERHITUNGAN KAMAR MESIN DAN INSTALASI :

1. Perhitungan Berat Kamar Mesin dan Instalasi

$W = W_m + (0.044 \times L + 0.73) \times l_c$ ton				
dimana,				
$l_c =$ panjang kamar mesin				
$= 11.40$ m [dari GA]				
$W_m =$ berat permesinan (Parametic Design Chapter 11 Hal 11-23)				
$= W_{me} + W_{rem}$				
dimana :				
*) $W_{rem} = C_m (MCR)^{0.7}$			Berat Mesin kapal :	
$MCR =$ BHP mesin (KW)			W 1 mesin =	10000 kg
$= 1180$ KW			$=$	10 ton
$C_m = 0.69$ for bulk carriers, cargo vessels, and container ships				
$W_{rem} = 97.536$ ton				
*) $W_{me} =$ Berat mesin kapal				
$= 10.000$ ton				
Berat mesin didapat :				
$W_m = 107.5$ ton				
Maka berat mesin dan instalasi :				
$W = 150.579$ ton				

2. Perhitungan Titik Berat Kamar Mesin dan Instalasi

# Vertical center of machinery weight :				
$VCG_M = h_{db} + 0.35(H' - h_{db})$ (m) (Parametic Design Chapter 11 Hal 11-25)				
$H' =$ tinggi overhead kamar mesin				
$= 4.90$				
$h_{db} = 1.20$ m [TDK I]				
$VCG_M = 1.20 + 0.35(4.90 - 1.20)$				
$= 2.50$ m				
# The longitudinal position of the deckhouse :				
$LCG = -25.910$ m (dibelakang midship)			$3 + (1/2 * l_e) - (L_{pp}/2)$	

F. PERHITUNGAN BERAT CADANGAN

$W_{res} = (2 - 3) \% \cdot (W_{st} + W_{oa} + W_m)$				
maka :				
$W_{res} = 19.9836$ ton (diambil 2%)				

Rekapitulasi perhitungan berat :

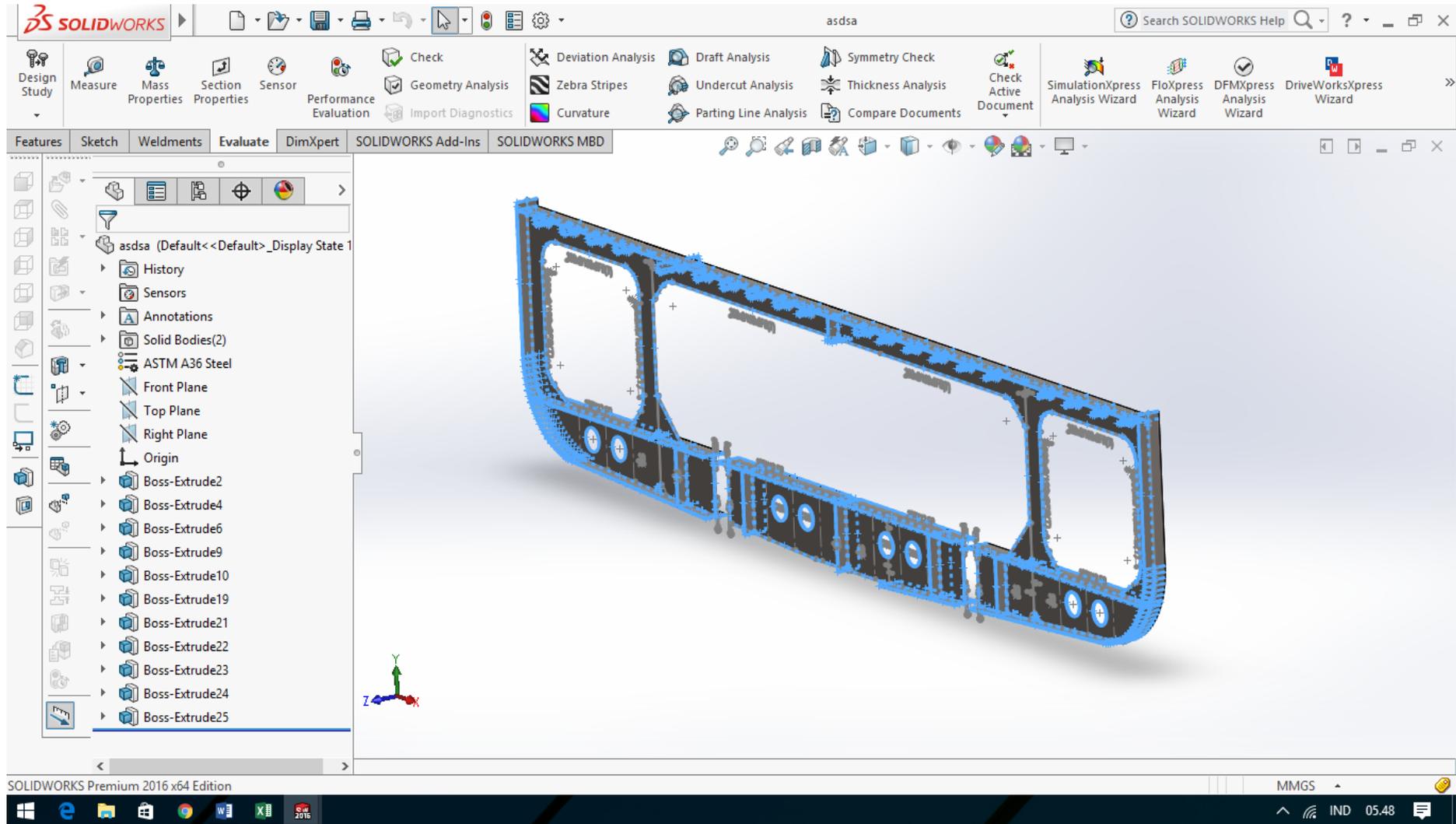
Berat total baja kosong :	$W_{st} =$	891.64 ton		
Berat deckhouse :	$W_{dh} =$	39.028 ton		
Berat KM dan instalasi :	$W_{m\&i} =$	150.579 ton		

Perhitungan Berat LWT Kapal :

$LWT =$ Light Weigth Tonnage (Ton)				
$LWT = W_{st} + W_{dh} + W_m$				
$LWT = 1081.25$ ton				

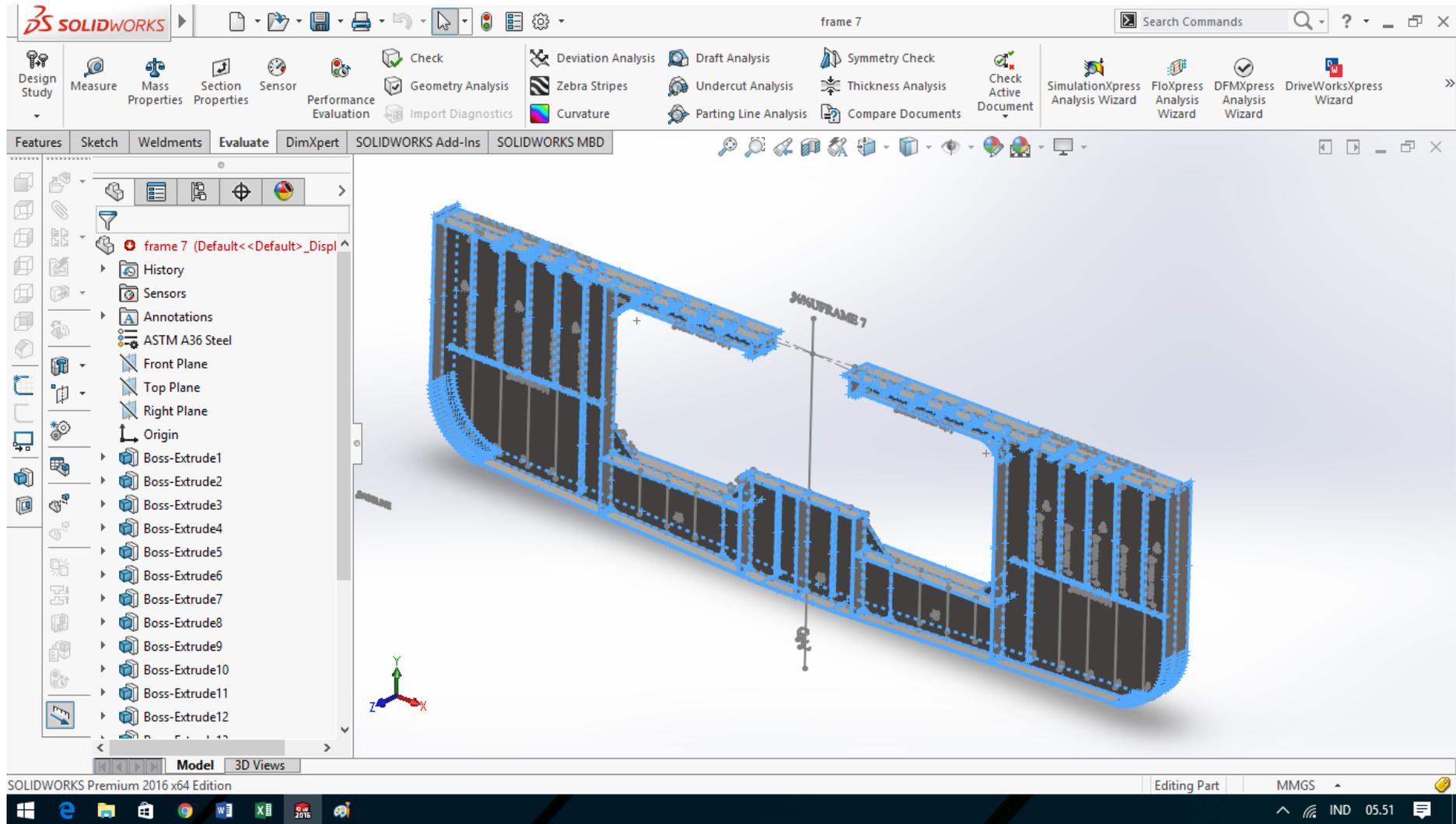
LAMPIRAN C
GAMBAR PEMODELAN 3 DIMENSI KAPAL

Pemodelan 3D *fn 0*

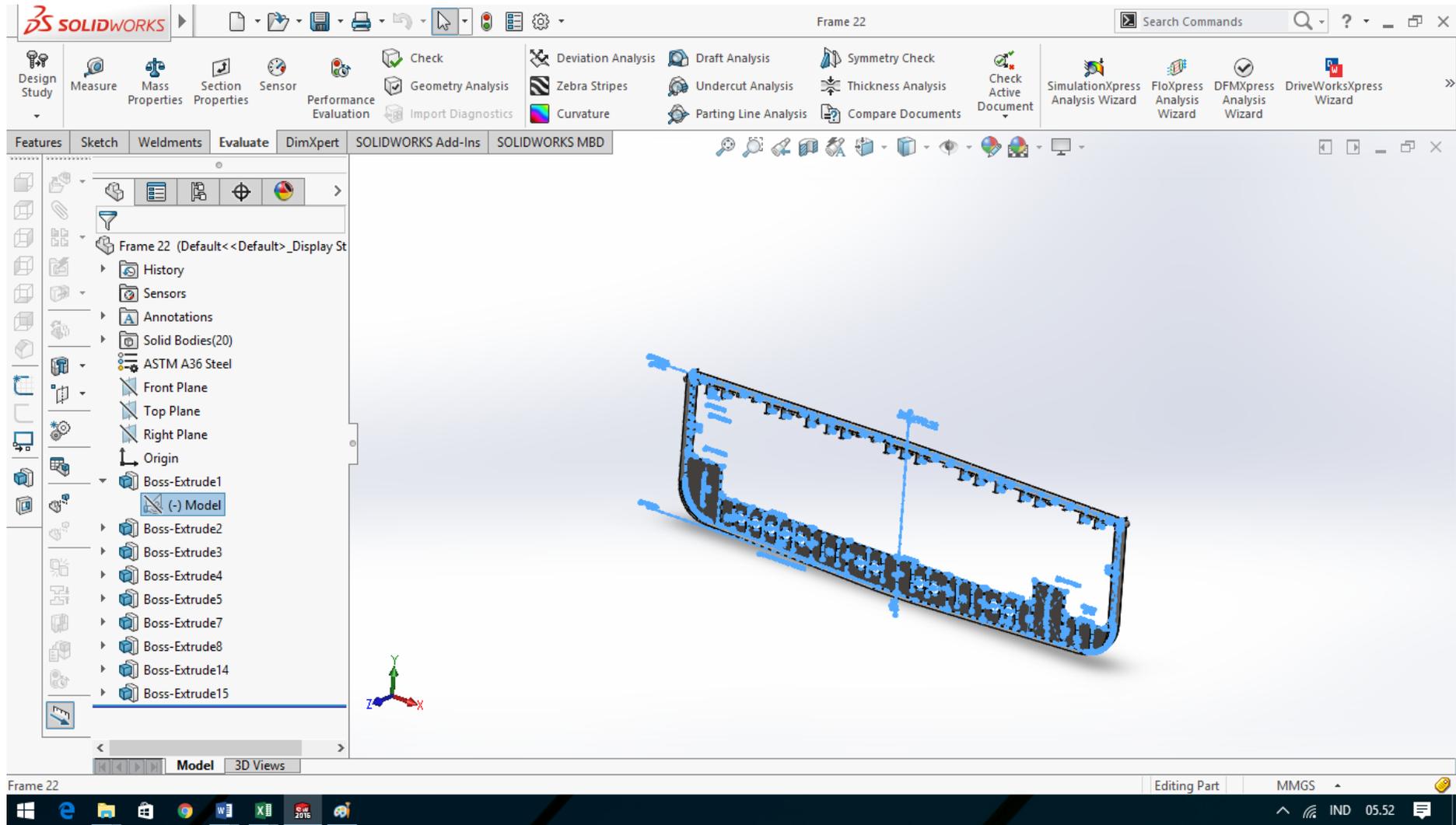


Pemodelan 3D *fn 0*

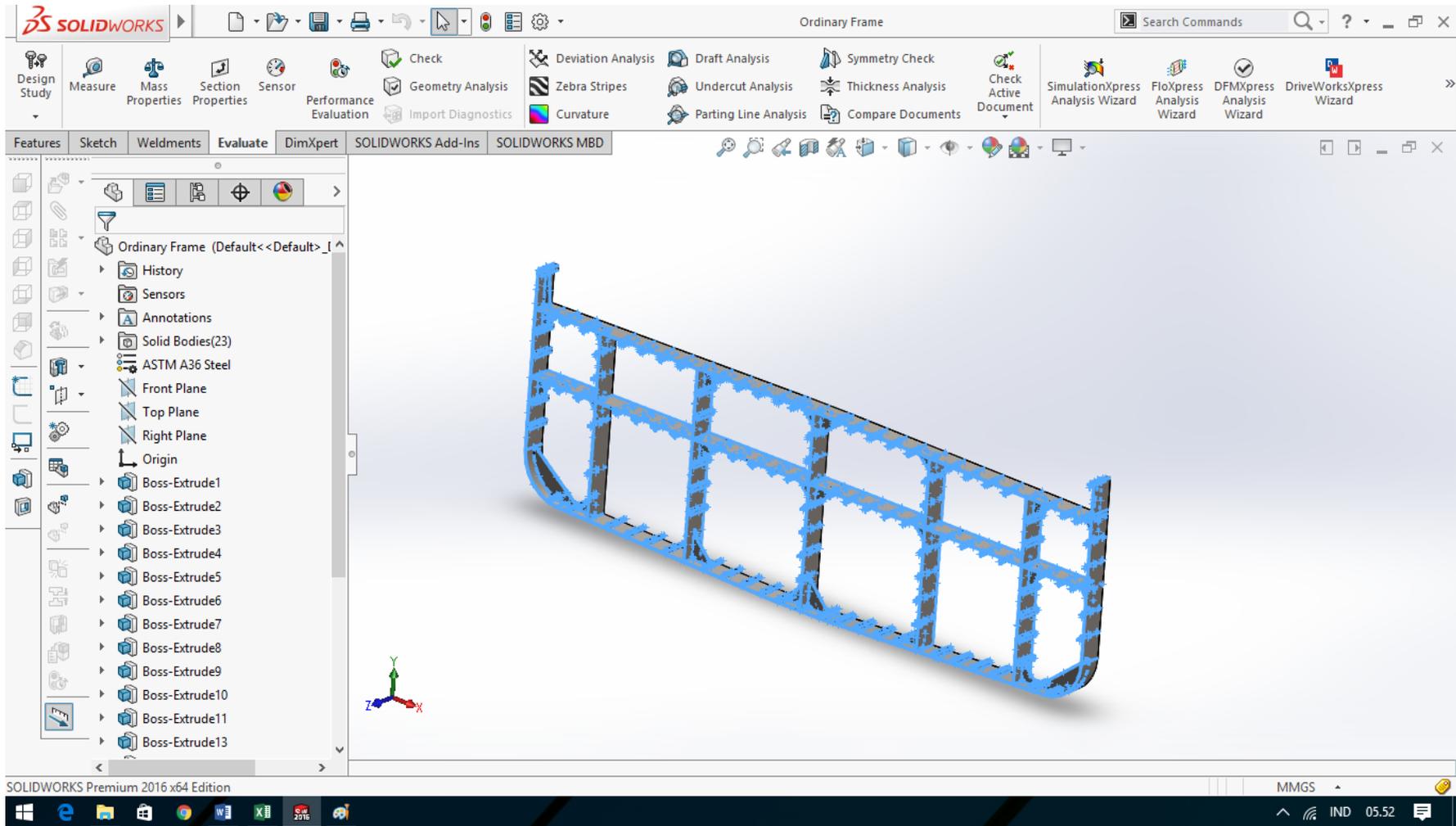
Pemodelan 3D fn 7



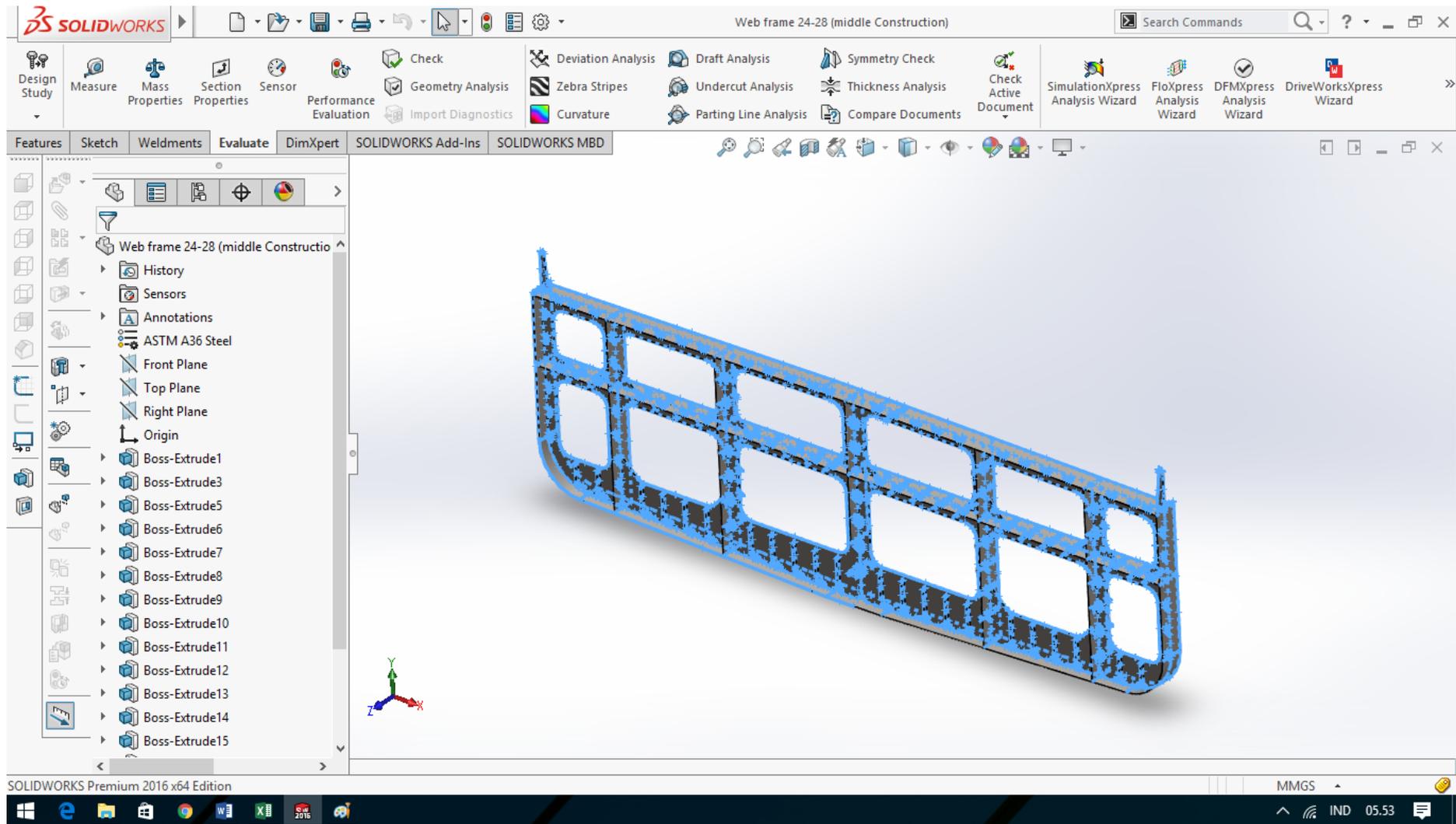
Pemodelan 3D fn 22



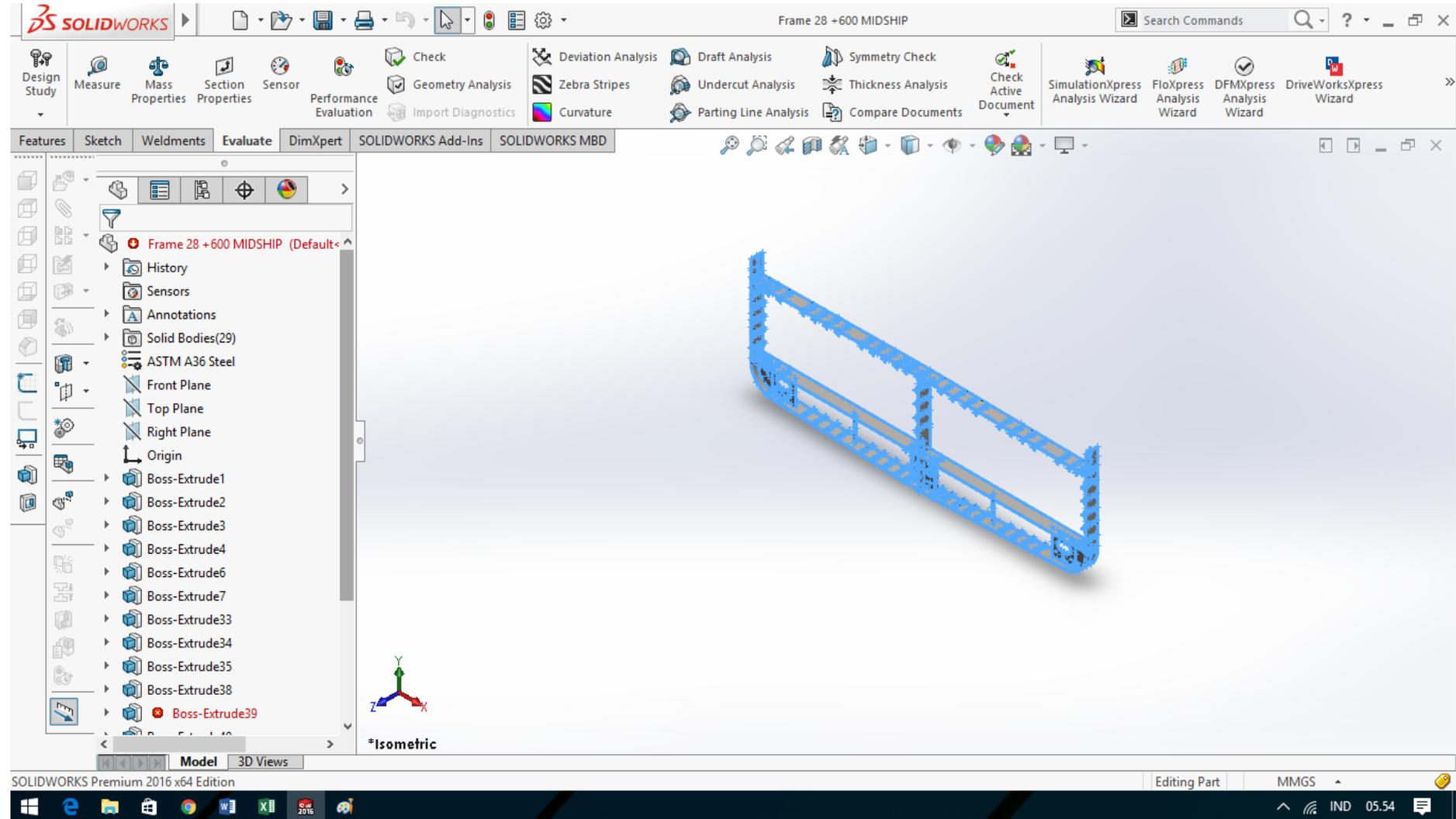
Pemodelan 3D fr 24+600mm



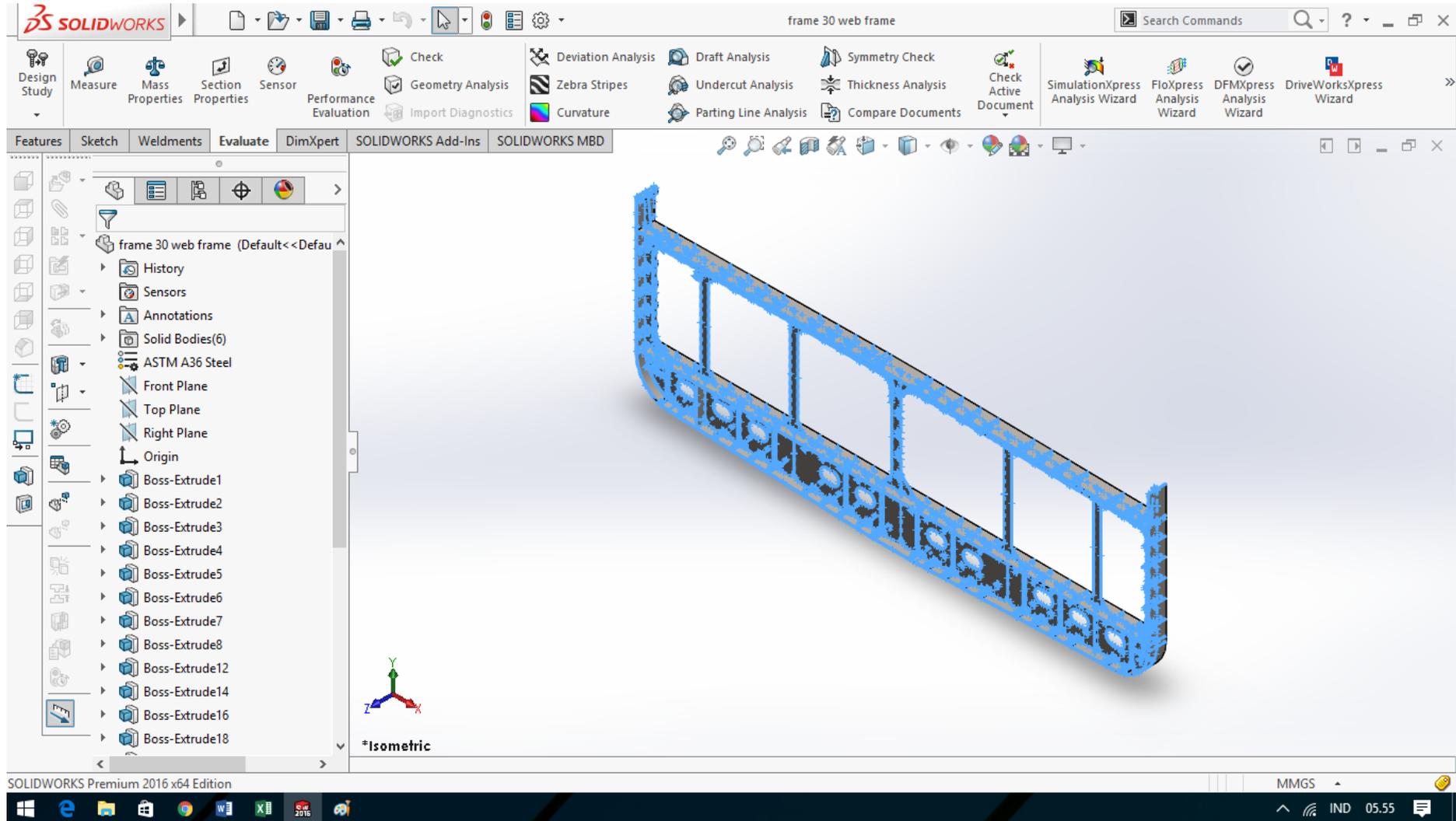
C6 Pemodelan 3D *fn 24*



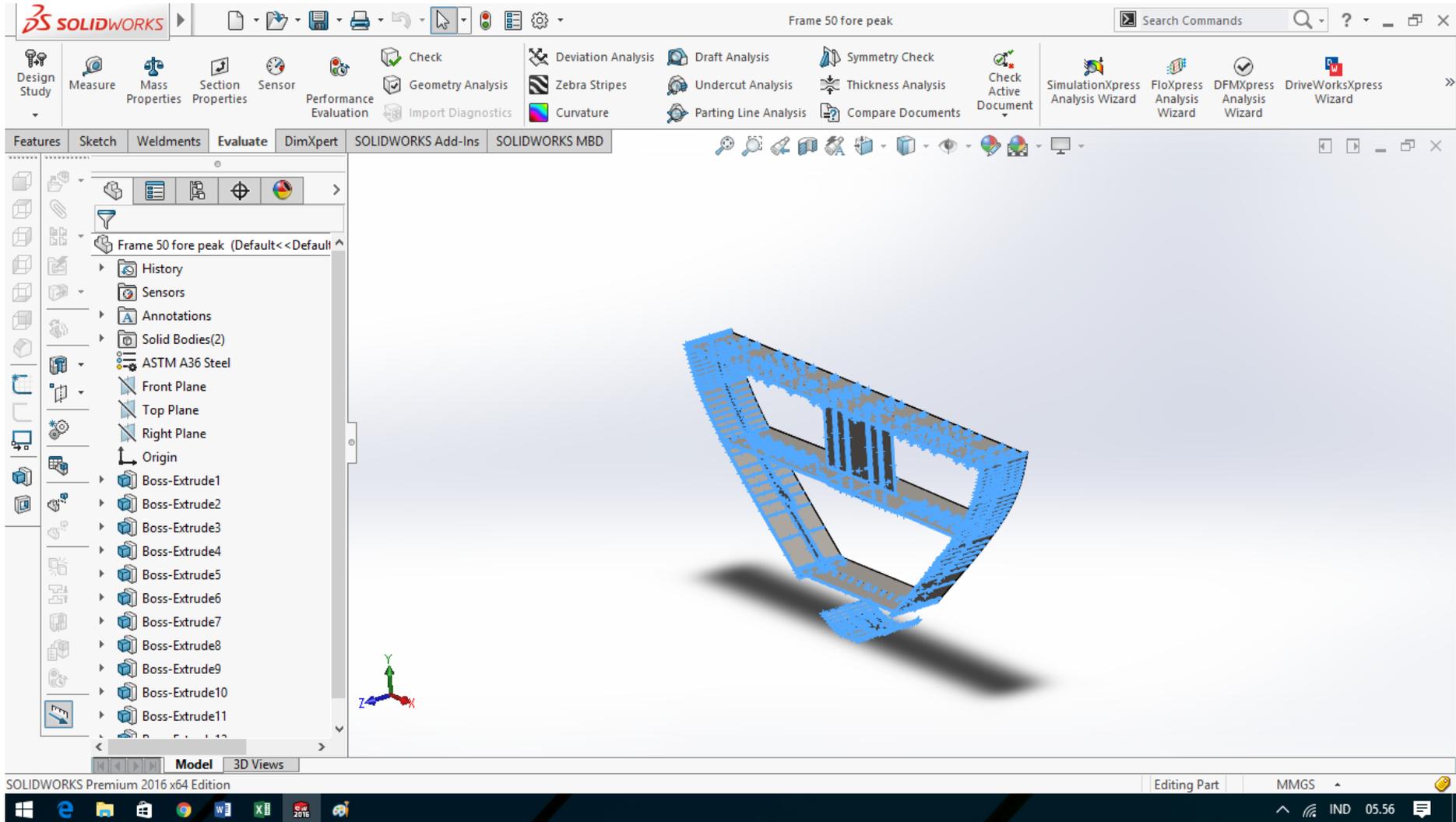
Pemodelan 3D fr 28+600mm



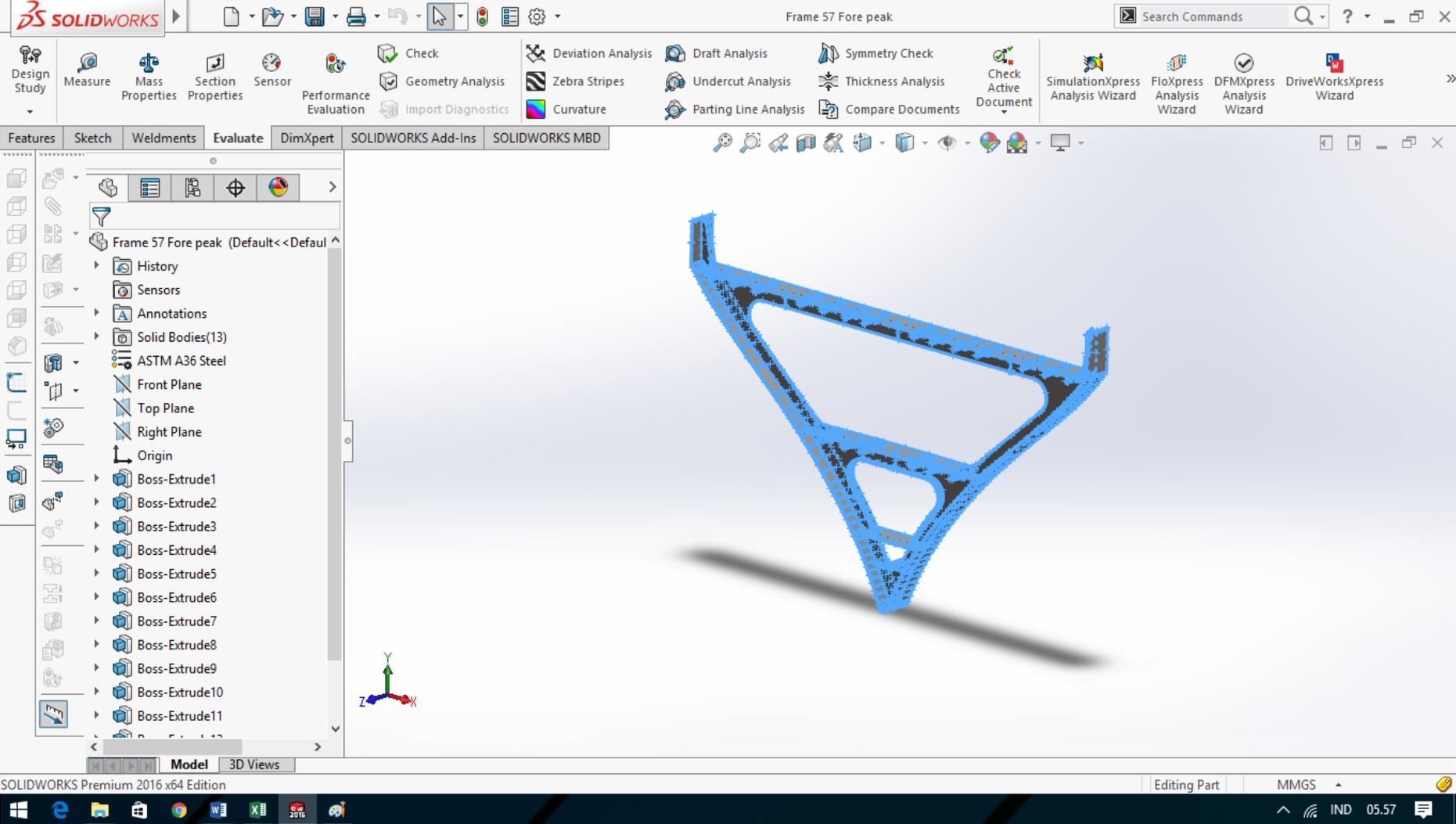
Pemodelan 3D fr 30



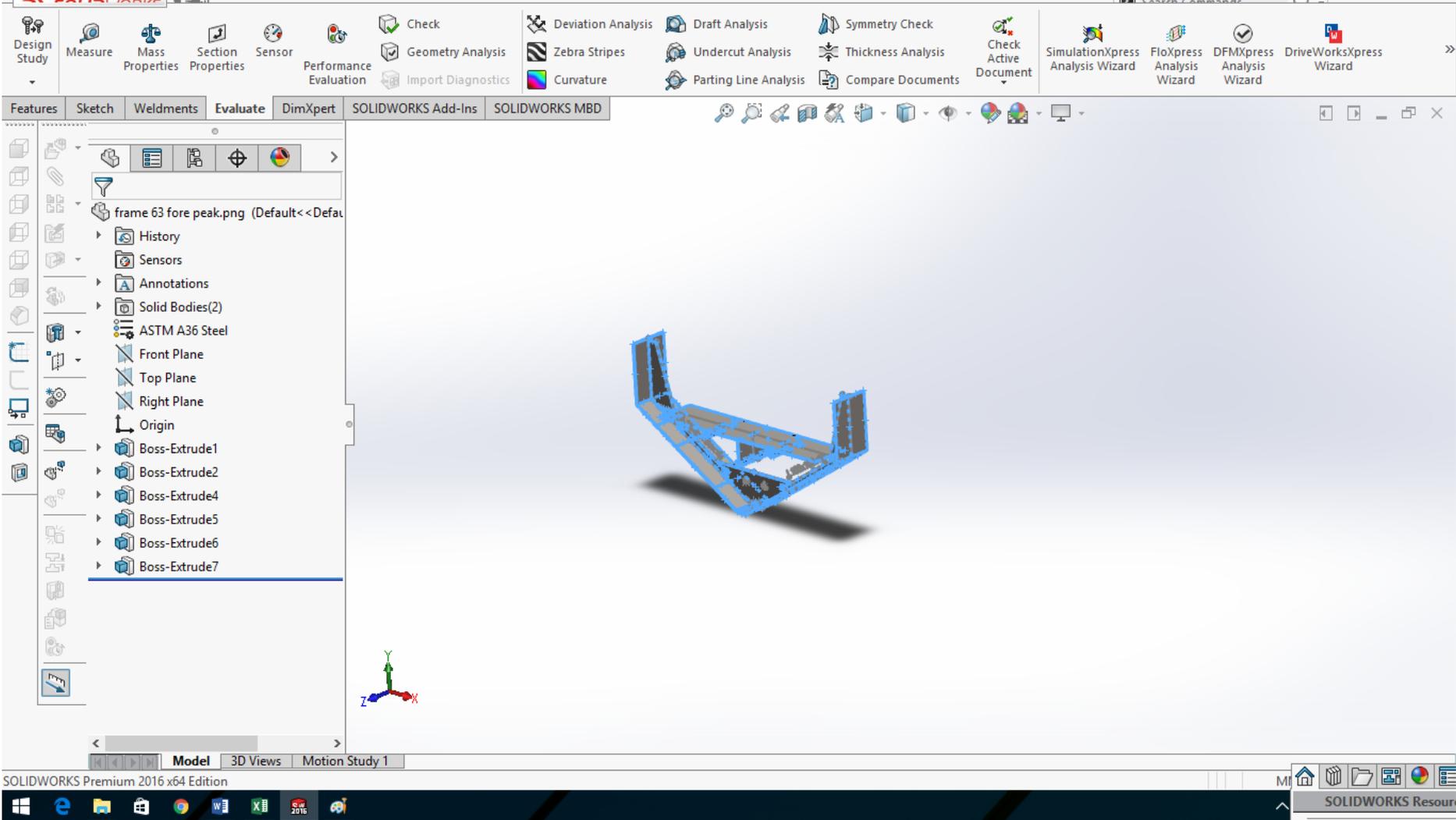
C 8 Pemodelan 3D fn 50



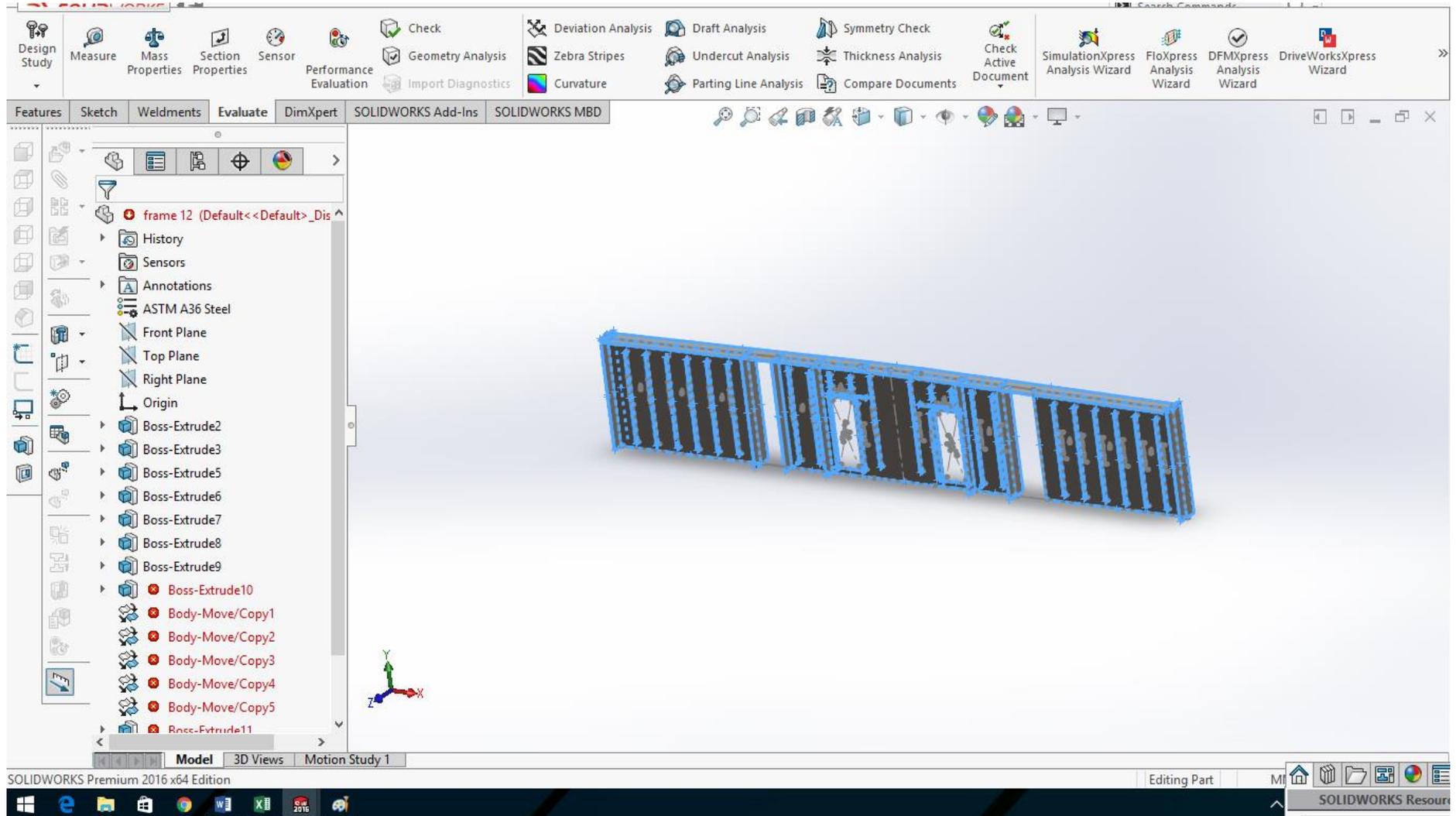
C 9 Pemodelan 3D fn 57



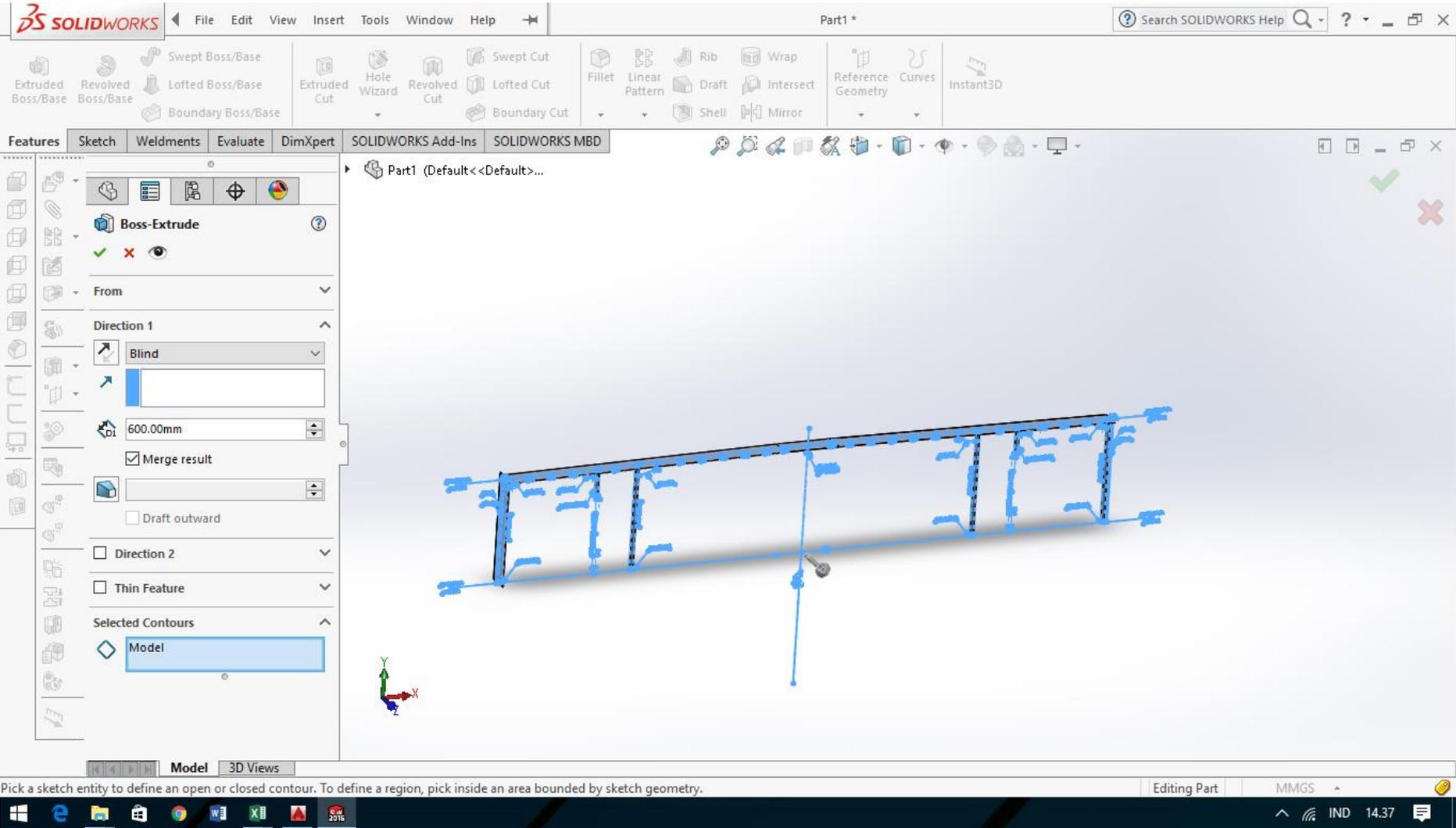
C 10 Pemodelan 3D fn 63



C.11 Pemodelan 3D fn 12



Pemodelan 3D fn 15



Pemodelan 3D fn16

Mass Properties

Options...

Override Mass Properties... Recalculate

Include hidden bodies/components
 Create Center of Mass feature
 Show weld bead mass
 Report coordinate values relative to: -- default --

Mass properties of selected Solid Bodies:
 Coordinate system: -- default --

Density = 0.01 grams per cubic millimeter
 Mass = 1357560.12 grams
 Volume = 172937595.48 cubic millimeters
 Surface area = 40812458.48 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
 X = 10488.84
 Y = 4197.12
 Z = 1.84

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the center of mass.
 lx = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 969232284275.31
 ly = (0.00, 1.00, 0.00) Py = 47745223986895.71
 lz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 48662974934970.00

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system
 Lxx = 969232284275.31 Lxy = 55.44 Lxz = 1.60
 Lyx = 55.44 Lyy = 47745224580363.33 Lyz = -7380080.04
 Lzx = 1.60 Lzy = -738008047.04 Lzz = 48662974934970.00

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the output coordinate system.
 lxx = 2488377725664.14 lxy = 59763769012688.63 lxz = 26217908.04
 lyx = 59763769012688.63 lyy = 197098215327839.59 lyz = 97531181.18
 lzx = 26217908435.78 lzy = 9753118137.29 lzz = 22193050.04

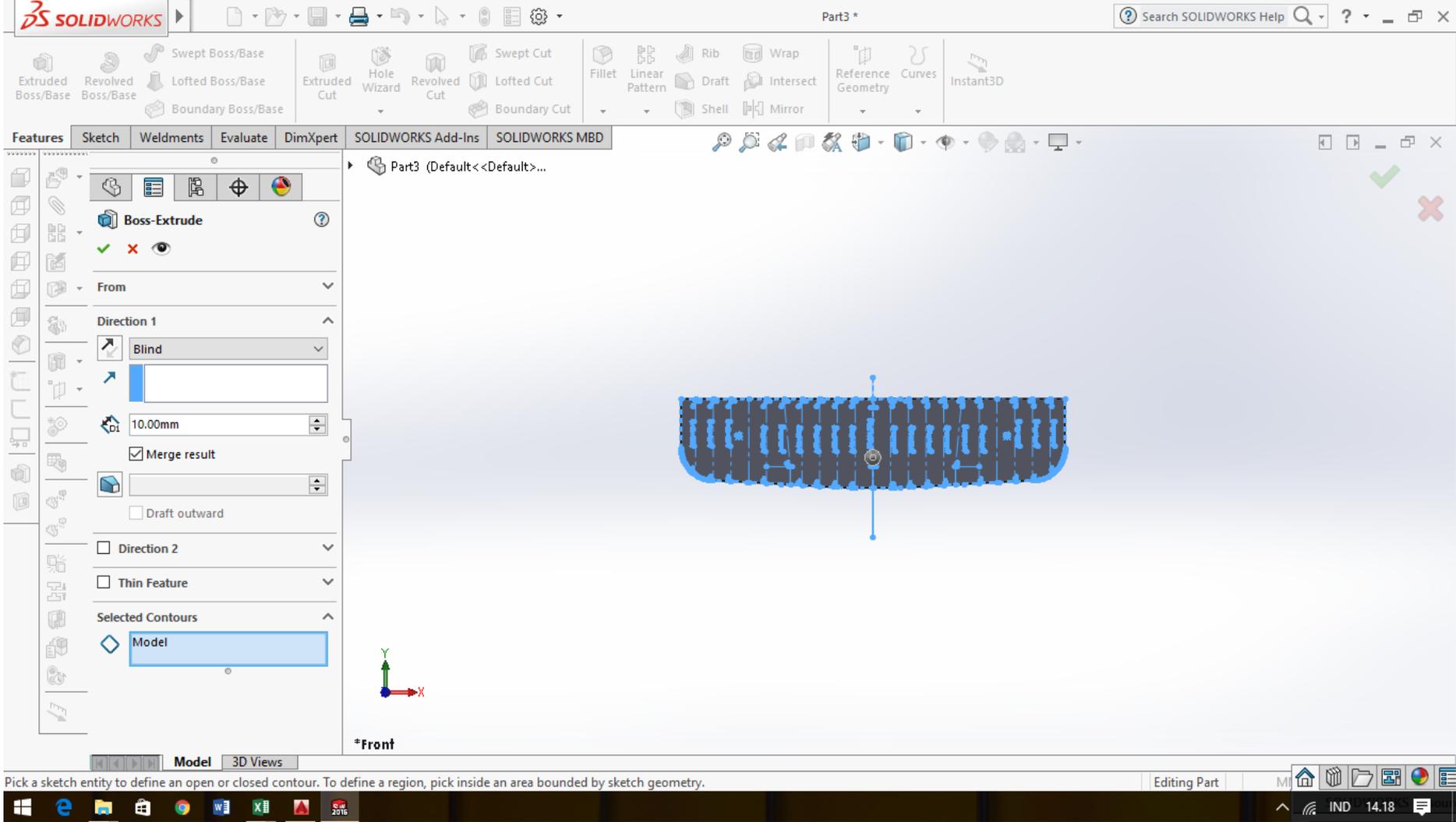
Help Print... Copy to Clipboard

SOLIDWORKS MBD

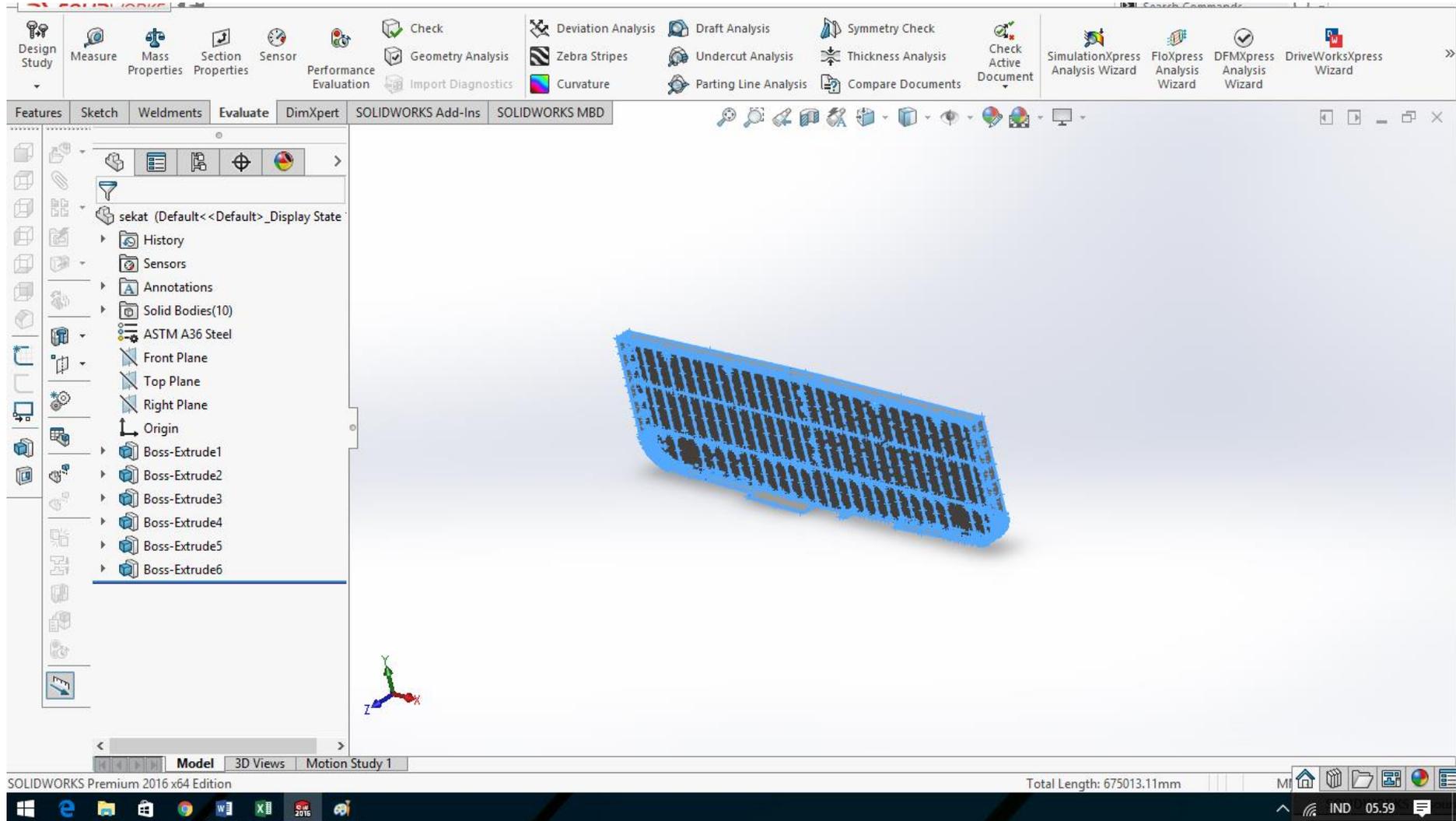
Part2 * Search SOLIDWORKS Help

Editing Part MMGS 12.54

Pemodelan 3D Transom



Pemodelan 3D Konstruksi Sekat



Pemodelan 3D Buritan

The screenshot displays the SolidWorks interface for a 3D model of a ship's hull. The main window shows the model in a perspective view, with a yellow bounding box around it. The left-hand side contains the Feature Tree, listing various components like 'FP CL<1>', 'GR 1 CL<1>', and 'BR<1>'. The top menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Insert', 'Tools', 'Window', and 'Help'. The ribbon contains various toolbars for design, simulation, and analysis.

The 'Mass Properties' dialog box is open on the right, showing the following data:

Mass Properties
 Assembly Buritan.SLDASM

Options...
 Override Mass Properties... Recalculate

Include hidden bodies/components
 Create Center of Mass feature
 Show weld bead mass

Report coordinate values relative to: -- default --

Mass properties of Assembly Buritan
 Configuration: Default
 Coordinate system: -- default --

Mass = 28404557.14 grams
 Volume = 3618414922.38 cubic millimeters
 Surface area = 790807406.66 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
 X = 17.63
 Y = 4190.31
 Z = -91.17

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square mm
 Taken at the center of mass.
 Ix = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 150941565300956.91
 Iy = (0.00, -0.14, -0.99) Py = 554779237118393.62
 Iz = (0.00, 0.99, -0.14) Pz = 638821347657012.25

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.
 Lxx = 150942395013850.84 Lyy = 581563653585.54 Lzz = 2196686099
 Lyx = 581563653585.54 Lyy = 637264071524882.37 Lyz = 1133144095
 Lzx = 219668609922.80 Lzy = 11331440951146.09 Lzz = 5563356835

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 Taken at the output coordinate system.
 Ixx = 649925345653598.37 Ixy = 2680069667546.60 Ixz = 1740106574:
 Iyx = 2680069667546.60 Iyy = 637508999265536.00 Iyz = 4800257325:
 Izx = 174010657430.85 Izy = 480025732553.88 Izz = 1055091365:

Help Print... Copy to Clipboard

Fully Defined | Editing Assembly | Custom

Pemodelan 3D Midship

The screenshot displays the SolidWorks CAD environment. The main window shows a 3D model of a ship's hull structure, rendered in a semi-transparent grey style. The left-hand side contains the Feature Tree, listing various components such as BR 32<1>, BR 33<1>, BR 33a<1>, BR 34<1>, BR 35<1>, BR 36<1>, BR 37<1>, BR 37a<1>, BR 39<1>, BR 39a<1>, BR 40<1>, BR 41<1>, BR 42<1>, BR 43<1>, BR 44<1>, FP 32<1>, FP 33<1>, FP 33a<1>, FP 34<1>, FP 35<1>, FP 36<1>, FP 37<1>, FP 37a<1>, FP 39<1>, FP 40<1>, and FP 39a<1>. The top menu bar includes File, Edit, View, Insert, Tools, Window, and Help. The ribbon contains various toolsets like Design Study, Interference Detection, Clearance Verification, Hole Alignment, Measure, Mass Properties, Section Properties, Sensor, Assembly Visualization, Performance Evaluation, Curvature, Symmetry Check, Compare Documents, Check Active Document, SimulationXpress Analysis Wizard, FloXpress Analysis Wizard, DriveWorksXpress Wizard, Costing, and Sustainability. The bottom status bar indicates 'Fully Defined | Editing Assembly | Custom'.

The 'Mass Properties' dialog box is open on the right side of the screen, displaying the following data for 'Assembly 32-45.SLDASM':

- Override Mass Properties... Recalculate
- Include hidden bodies/components
- Create Center of Mass feature
- Show weld bead mass
- Report coordinate values relative to: -- default --
- Mass properties of Assembly 32-45
 - Configuration: Default
 - Coordinate system: -- default --
 - Mass = 159855489.83 grams
 - Volume = 20363756666.05 cubic millimeters
 - Surface area = 4436349962.15 square millimeters
 - Center of mass: (millimeters)
 - X = -8.27
 - Y = 2008.47
 - Z = -37263.04
 - Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square m
 - Taken at the center of mass.
 - Ix = (0.00, 0.00, 1.00) Px = 3716418091041734.00
 - Iy = (1.00, 0.00, 0.00) Py = 9099008725097002.00
 - Iz = (0.00, 1.00, 0.00) Pz = 12069350069782830.00
 - Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 - Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.
 - Lxx = 9099010037215970.00 Ly = 1996327616
 - Lyy = 1996327616032.99 Lzz = 12069180218050450.00 Lyz = -375
 - Lxz = -374377847499.49 Lxy = -37517239460241.83 Lzz = 3716586630
 - Moments of inertia: (grams * square millimeters)
 - Taken at the output coordinate system.
 - Ixx = 231708695079607900.00 Iyy = -6583071774
 - Iyy = -658307177429.84 Izz = 234034029135665890.00 Iyz = -1200
 - Ixz = 48877014615653.81 Ixy = -12001353232373332.00 Izz = 43614
- Help Print... Copy to Clipboard

Pemodelan 3D Midship 2

The image shows a SolidWorks 3D model of a midship structure, which is a complex, multi-layered rectangular frame. The model is displayed in a perspective view, showing its internal structure and external surfaces. The software interface includes a top menu bar, a ribbon with various toolbars, and a left-hand tree view listing the assembly components. A 'Mass Properties' dialog box is open on the right side of the screen, displaying the following data:

Mass Properties

Cek Assembly.SLDASM

Options...

Override Mass Properties... Recalculate

Include hidden bodies/components

Create Center of Mass feature

Show weld bead mass

Report coordinate values relative to: -- default --

Mass properties of Cek Assembly
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Mass = 83788111.21 grams

Volume = 10673644740.55 cubic millimeters

Surface area = 2280634966.67 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
X = 8.39
Y = 2165.62
Z = -18662.23

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square m
Taken at the center of mass.
I_x = (1.00, 0.00, 0.00) P_x = 1222844956611307.00
I_y = (0.00, 0.01, -1.00) P_y = 1806347780336139.50
I_z = (0.00, 1.00, 0.01) P_z = 2736646109287137.00

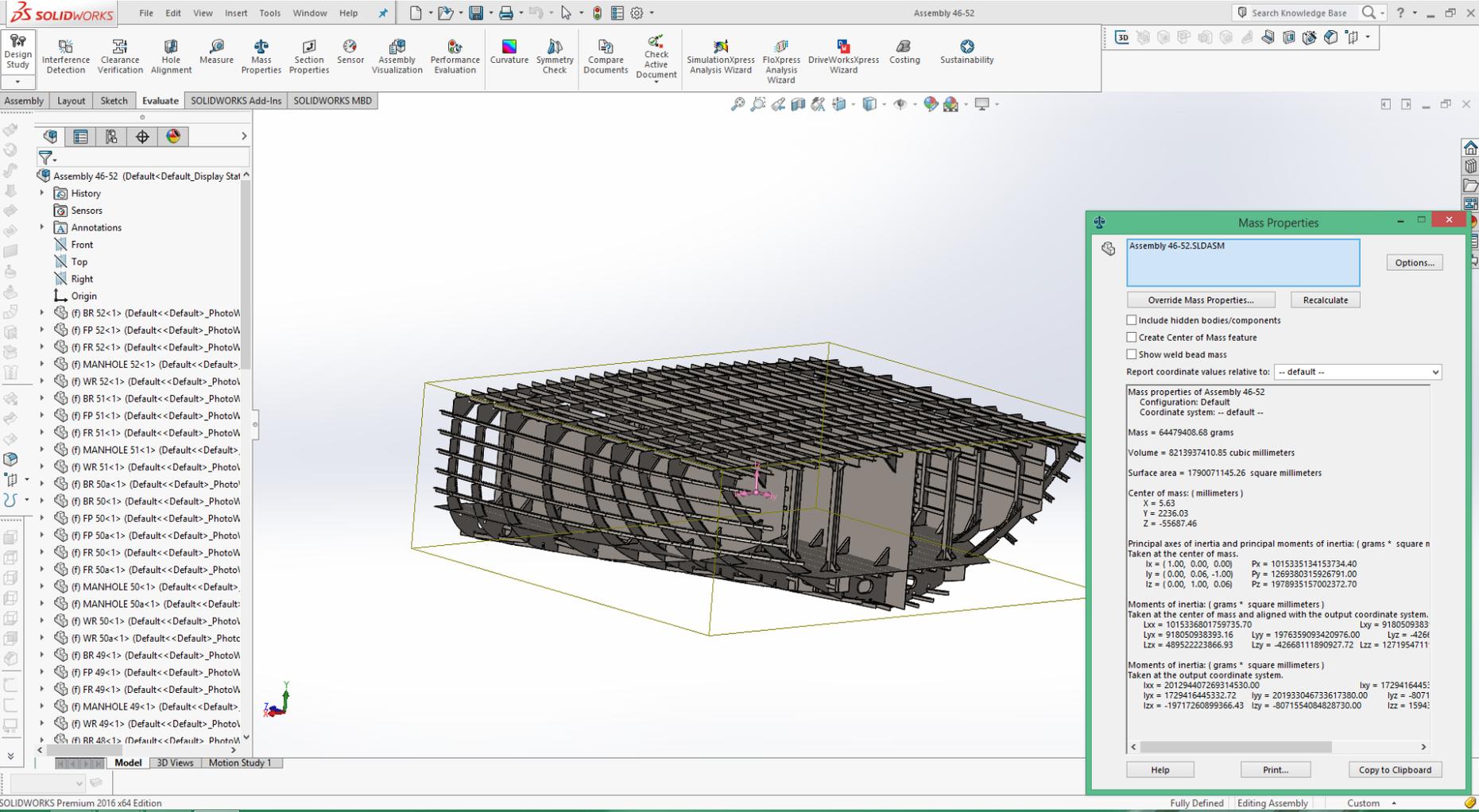
Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.
I_{xx} = 122284632391038.50 I_{yy} = 1434192695
I_{xy} = 1434192695147.36 I_{yy} = 2736590541871750.00 I_{yz} = -7101
I_{zx} = -61421324239.39 I_{zy} = -7101274433801.11 I_{zz} = 1806401980

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the output coordinate system.
I_{xx} = 30797419287621828.00 I_{yy} = 2956916655
I_{xy} = 2956916655193.31 I_{yy} = 31918209355672788.00 I_{yz} = -3393
I_{zx} = -13183469468760.72 I_{zy} = -3393427912346338.00 I_{zz} = 21993

Help Print... Copy to Clipboard

SOLIDWORKS Premium 2016 x64 Edition Fully Defined Editing Assembly Custom

Pemodelan 3D midship 3



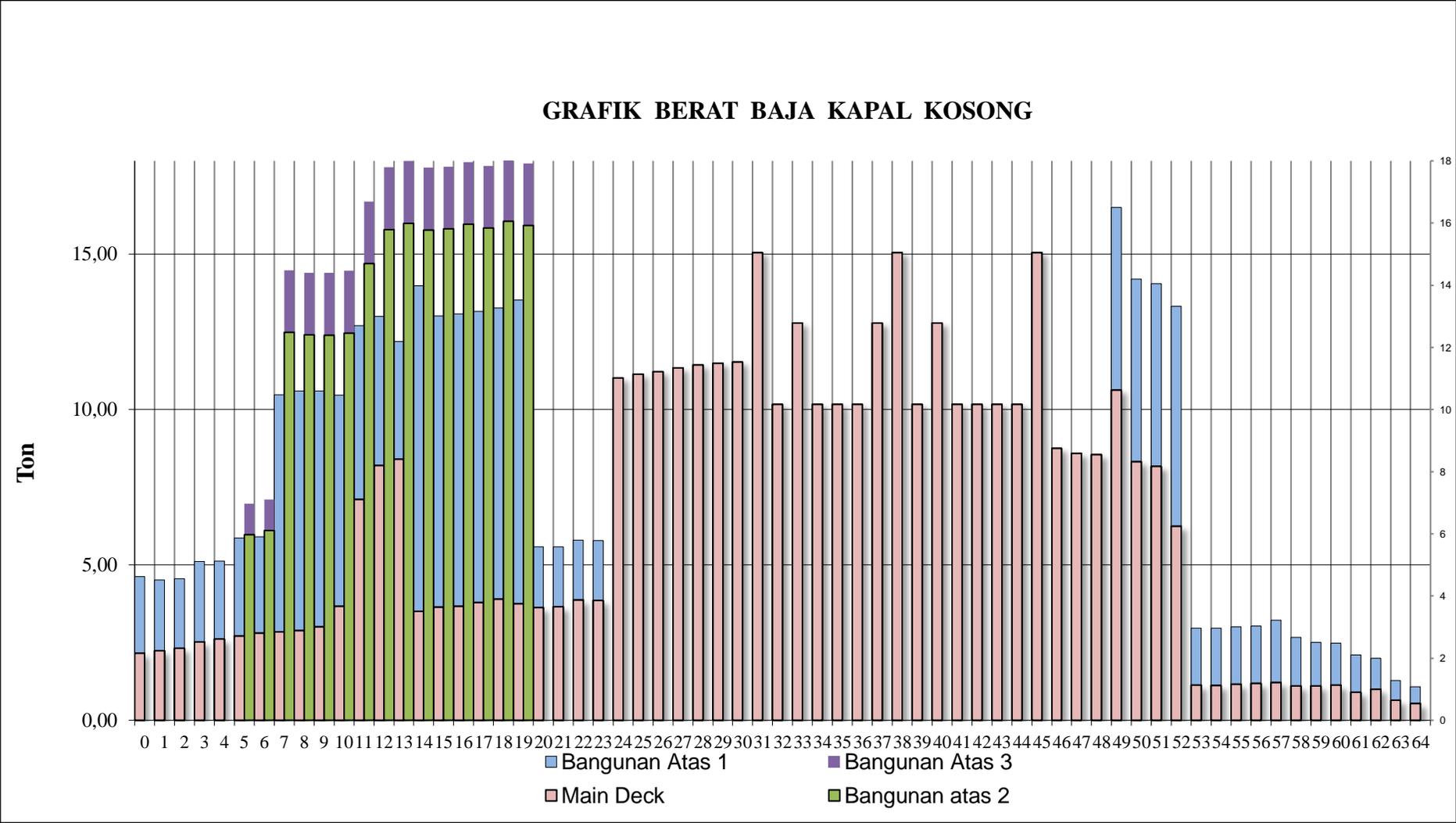
Tabel Perhitungan Berat Baja Hasil Pemodelan 3D

No	Bagian Blok	W (ton)	W/unit (ton)	LCG (m)	VCG (m)	W.LCG (ton.m)	W.VCG (ton.m)
1	BLOK 1 [BURITAN] Frame 0 - 10	28,405	28,405	0,091	4,190	2,590	119,024
2	BLOK 2 [KAMAR MESIN] Frame 11 - 24	962631	30,455	6,802	1,850	229,350	62,378
3	BLOK 3 [RUANG MUAT 1] Frame 25 - 31	83,788	83,788	18,663	2,166	1563,757	181,453
4	BLOK 4 [RUANG MUAT 2] Frame 32-45	159,856	159,856	37,263	2,008	5956,702	321,065
5	BLOK 6 [RUANG MUAT 3] Frame 46-52	64,479	64,479	55,687	2,236	3590,695	144,178
6	BLOK 6 [HALUAN] Frame 53-	27,245	27,245	67,713	2,500	1844,841	68,113
7	BLOK 7 [BANGUNAN ATAS] Frame -3-20-	117,596	27,245	51,713	3,500	1645,841	51,113

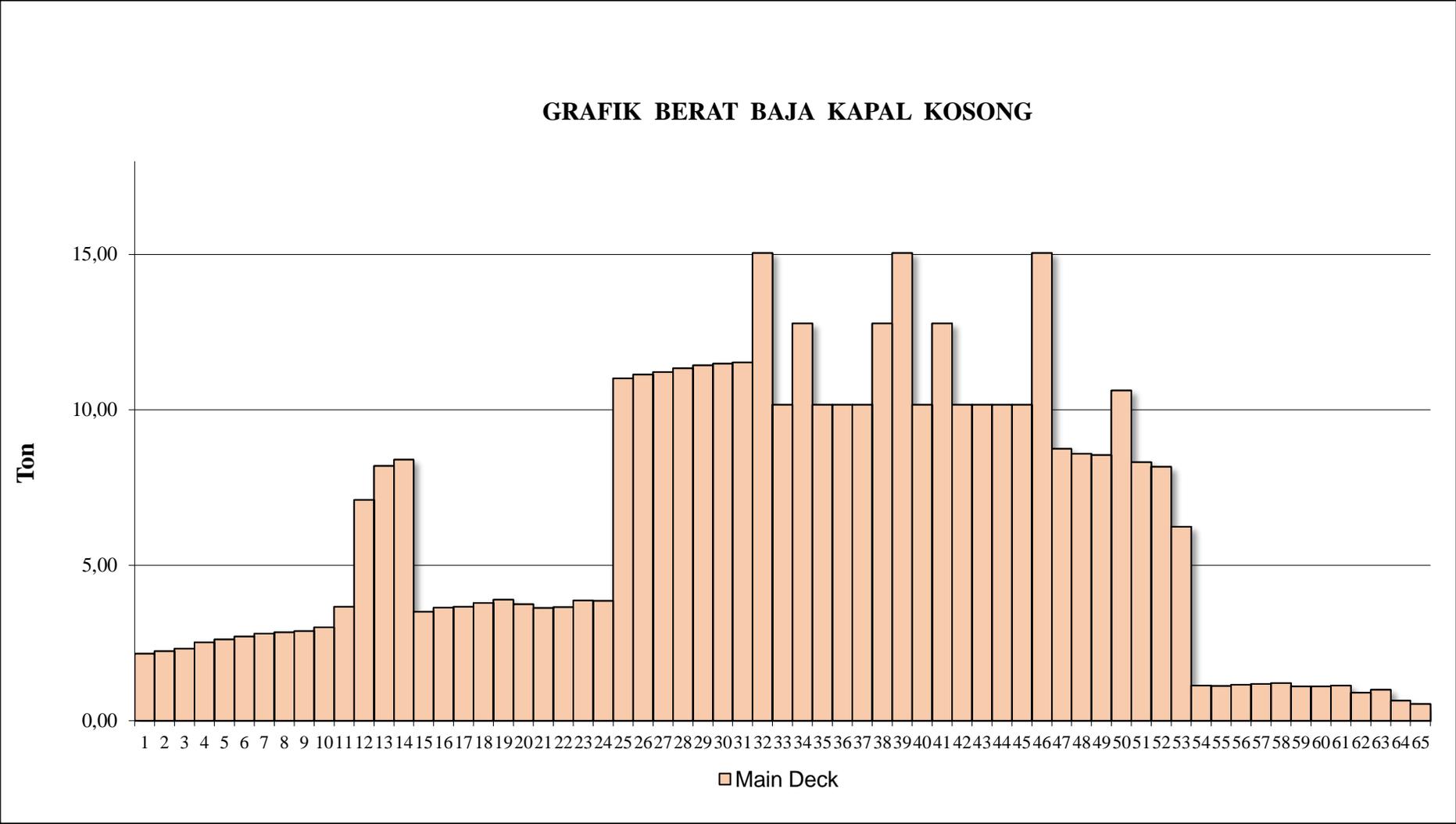
LAMPIRAN D

Perhitungan Estimasi Berat Baja Kapal Metode Grafis

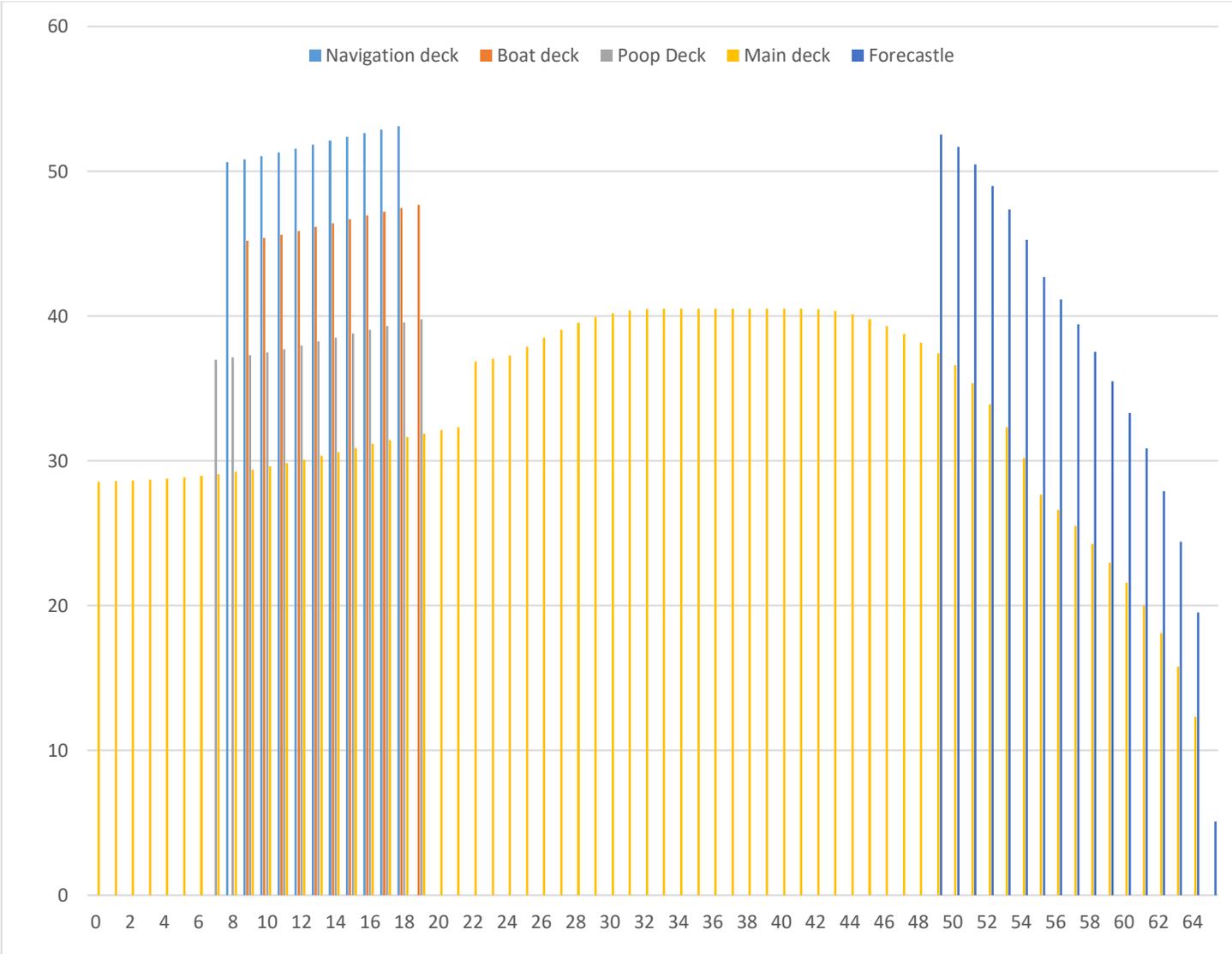
Grafik Penyebaran Berat Baja Kapal Kosong Main Deck + Superstructure



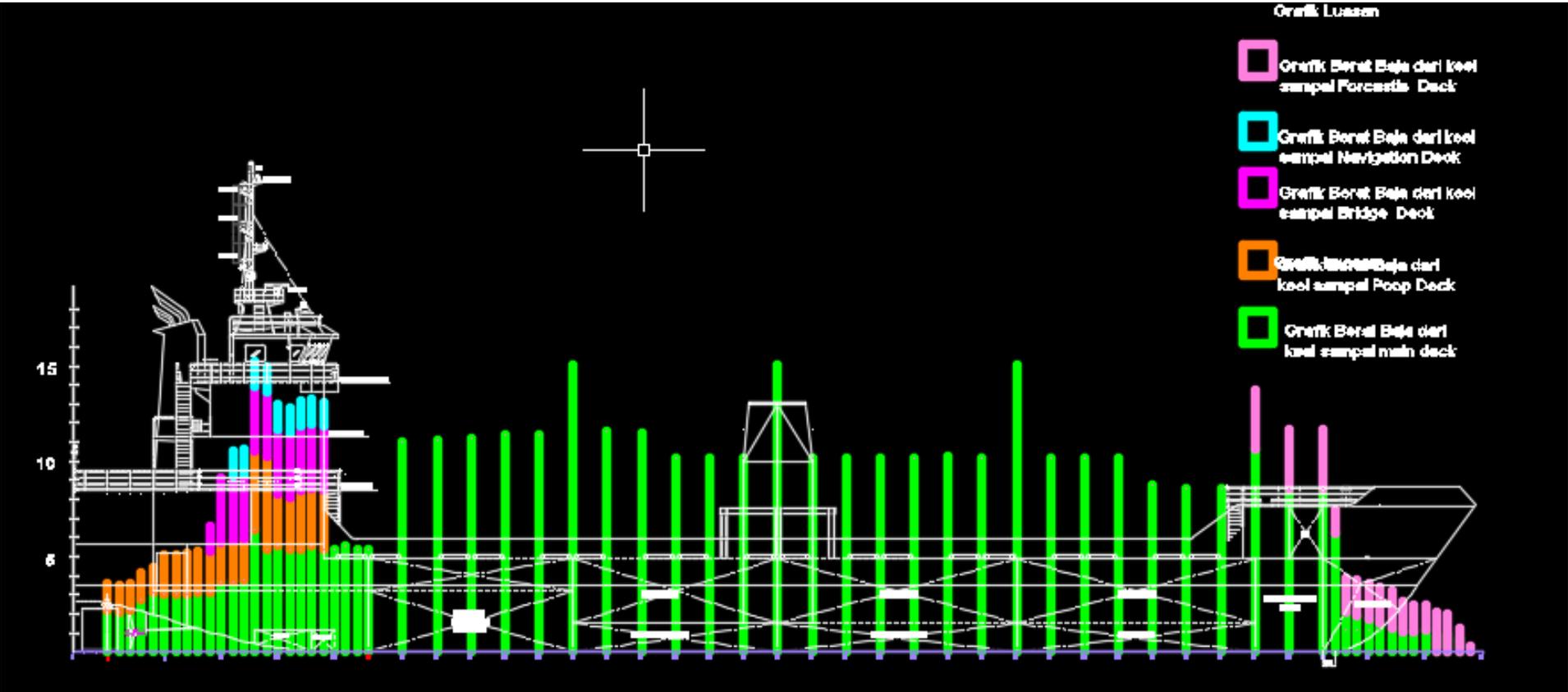
Grafik Penyebaran Berat Baja Kapal Kosong *Main Deck*



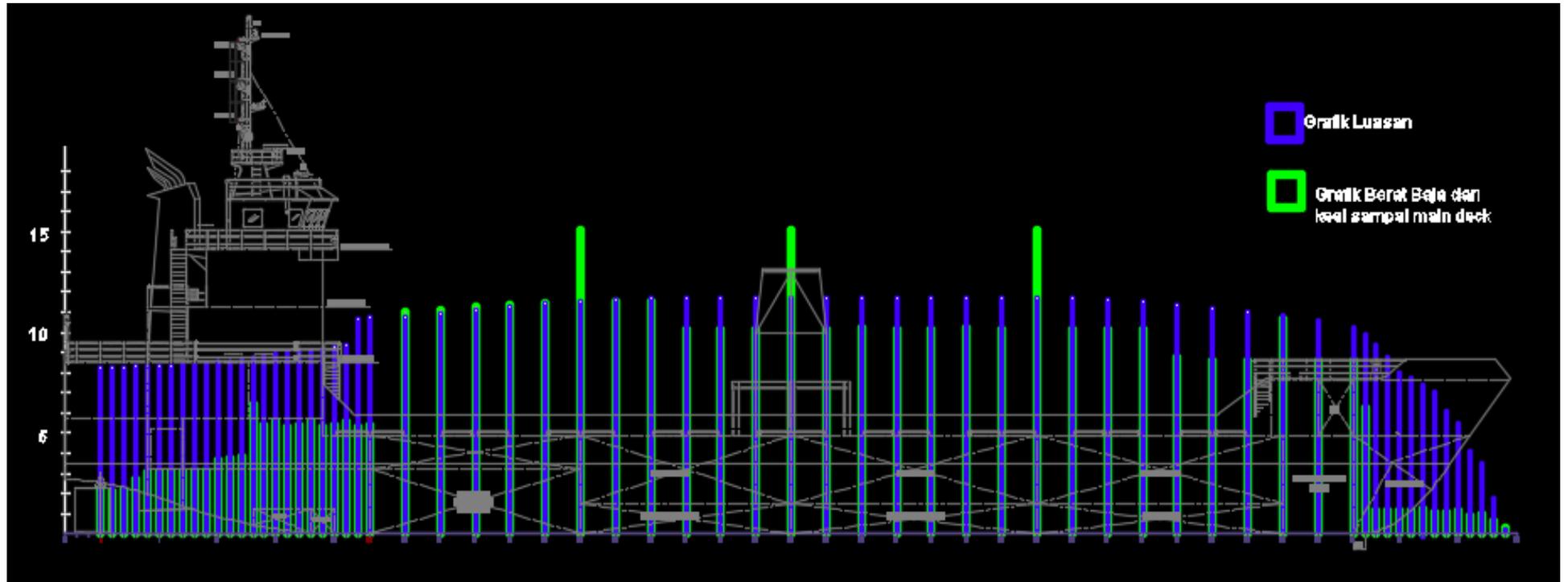
Grafik Luasan Kapal Perframe



Grafik penyebaran berat baja kapal dengan metode pemodelan 3 dimensi dan general arrangement kapal tampak samping (sebagai perbandingan)



Gambar kurva penyebaran berat dengan penyebaran luas per nomor gading



Luasan Per fn

fn	Luasan Per nomor gading (m ²)
-3	37,356
-2	38,0241
-1	38,87
0	41,7274
1	41,7873
2	41,858
3	41,9421
4	42,0437
5	42,1679
6	42,3205
7	42,5048
8	42,7215
9	42,9746
10	43,2661
11	43,5952
12	43,9577
13	44,3447
14	44,7452
15	45,1476
16	45,5398
17	45,912
18	46,265
19	46,6032
20	46,9304

<i>fn</i>	Luasan Per nomor gading (m2)
21	47,2501
22	53,8485
23	54,1588
24	54,465762
25	55,37252
26	56,260163
27	57,081372
28	57,780321
29	58,343187
30	58,757605
31	59,0227
32	59,160099
33	59,210955
34	59,210955
35	59,210955
36	59,210955
37	59,210955
38	59,210955
39	59,210955
40	59,221272
41	59,21151
42	59,149167
43	58,975526
44	58,647417
45	58,139996
46	57,449815

<i>fn</i>	Luasan Per nomor gading (m2)
47	56,65345
48	55,75774
49	54,711713
50	53,498124
51	51,705097
52	49,540557
53	47,209099
54	44,141952
55	40,392779
56	38,903018
57	37,253323
58	35,469006
59	33,565791
60	31,533127
61	29,243815
62	26,451875
63	23,075354
64	18,001147

Hasil Perhitungan estimasi berat baja kapal beserta pengelompokan

Buritan group 1 (web frame) referensi <i>fn 0</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
0	41,73	4,40
2	41,79	4,41
	total	8,80
Buritan group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn -2</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
-2	38,02	3,40
-1	38,87	3,47
1	41,79	3,74
2	41,86	3,74
3	41,94	3,75
	total	18,10

Kamar Mesin group 1 (web frame) referensi <i>fn 7</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
7	42,50476708	6,17060333
10	43,26614665	6,281136139
13	44,34470438	6,437715092
16	45,53982187	6,611215536
21	47,25007621	6,859500654
	total	32,36017075

Kamar Mesin group 2 (Ordinary frame) referensi *fn 22*

Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
22	53,85	4,50
5	42,17	3,53
6	42,32	3,54
8	42,72	3,57
9	42,97	3,59
11	43,60	3,65
12	43,96	3,68
14	44,75	3,74
15	45,15	3,78
17	45,91	3,84
18	46,26	3,87
19	46,60	3,90
20	46,93	3,92
22	53,85	4,50
	total	53,61

Middle Constr. group 1 (web frame) referensi *fn 24*

Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
24	53,85	8,65
25	55,37	8,90
26	56,26	9,04
27	57,08	9,17
28	57,78	9,28
	total	45,03

Middle Constr. group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn 24 +600mm</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
24 -1200 mm	54,16	6,02
24 -600 mm	54,47	6,06
24 +600 mm	57,08	6,35
25 -600 mm	57,78	6,42
25 +600 mm	58,76	6,53
26 -600 mm	59,02	6,56
26 +600 mm	59,21	6,58
27 -600 mm	59,21	6,58
27 +600 mm	59,21	6,58
28 -600 mm	59,21	6,58
	total	64,28

Midship Constr. group 1 (web frame) referensi <i>fn 30</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
30	58,76	8,82
31	59,02	8,86
32	59,16	8,88
33	59,21	8,89
34	59,21	8,89
36	59,21	8,89
37	59,21	8,89
38	59,21	8,89
39	59,21	8,89
40	59,22	8,89
41	59,21	8,89

43	58,98	8,85
44	58,65	8,80
45	58,14	8,73
46	57,45	8,62
47	56,65	8,51
48	55,76	8,37
	total	149,56
Midship Constr. group 2 (Ordinary Frame) referensi <i>fn 28+600mm</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
28+600mm	59,21	5,4004
28+1200mm	59,22	5,4013
29+600mm	59,15	5,3947
30-600mm	58,98	5,38
30+600mm	58,14	5,30
31-600mm	57,45	5,24
31+600mm	55,76	5,09
32-600mm	54,71	4,99
32+600mm	51,71	4,72
33-600mm	59,21	5,40
33+600mm	59,21	5,40
34-600mm	59,21	5,40
34+600mm	59,21	5,40
35-600mm	59,21	5,40
35+600mm	59,21	5,40
36-600mm	59,21	5,40
36+600mm	59,21	5,40
37-600mm	59,21	5,40
37+600mm	59,21	5,40

38-600mm	59,21	5,40
38+600mm	59,21	5,40
39-600mm	59,21	5,40
39+600mm	59,21	5,40
40-600mm	59,22	5,40
40+600mm	59,22	5,40
41-600mm	59,21	5,40
41+600mm	59,21	5,40
42-600mm	59,15	5,39
42+600mm	59,15	5,39
43-600mm	58,98	5,38
43+600mm	58,98	5,38
44-600mm	58,65	5,35
44+600mm	58,65	5,35
45-600mm	58,14	5,30
45+600mm	58,14	5,30
46-600mm	57,45	5,24
46+600mm	57,45	5,24
47-600mm	56,65	5,17
47+600mm	56,65	5,17
48-600mm	55,76	5,09
48+600mm	55,76	5,09
49-600mm	54,71	4,99
	Total	222,94

ForePeak Tank Constr. referensi <i>fn 50</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
50	53,50	10,15
49+600mm	54,71	10,38
50-600mm	53,50	10,15
50+600mm	53,50	10,15
51-600mm	51,71	9,81
	total	50,63
ForePeak Constr. Group 1 referensi <i>fn 57</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
57	37,25	2,61
51	51,71	3,62
52	49,54	3,47
53	47,21	3,31
54	44,14	3,09
55	40,39	2,83
56	38,90	2,73
58	35,47	2,49
59	33,57	2,35
60	31,53	2,21
	Total	28,71
ForePeak Constr. Group 2 (di atas main deck) referensi <i>fn 63</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
63	23,08	0,58

61	29,24	0,73
62	26,45	0,66
64	18,00	0,45
	Total	2,43

Sekat Ruang Tengah. referensi <i>fn 23</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
23	54,16	9,33
29	58,34	10,06
35	59,21	10,21
42	59,15	10,19
49	54,71	9,43
	Total	49,22

Transom, Sekat Kamar mesin, Ceruk Haluan.		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
-3	20,16	5,33
4	45,34	7,33
51	34,21	4,65
	Total	17,31

Superstructure Main Deck. Group 1 (Web Frame) referensi <i>fn 16</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	35,46	4,02
13	35,46	4,02
10	35,46	4,02
7	35,46	4,02
2	35,46	4,02
0	35,46	4,02
	Total	24,09
Superstructure Main Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn 15</i>		
15	47,65	1,62
18	50,14	1,71
17	49,85	1,70
14	46,85	1,59
12	44,56	1,52
11	43,56	1,48
9	41,98	1,43
8	41,56	1,41
6	39,65	1,35
5	39,45	1,34
3	38,45	1,31
1	38,01	1,29
-1	37,45	1,27
-2	37,10	1,26
	total	20,30

Superstructure Poop Deck. Group 1 (Web Frame) referensi <i>fn 16</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	32,234	4,016
13	32,234	4,016
10	32,234	4,016
7	32,234	4,016
	Total	16,063024
Superstructure Poop Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn 15</i>		
15	32,23	1,62
18	32,23	1,62
17	32,23	1,62
14	32,23	1,62
12	32,23	1,62
11	32,23	1,62
9	32,23	1,62
8	32,23	1,62
	total	12,98
Superstructure Boat Deck. Group 1 (Web Frame) referensi <i>fn 16</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	32,23	4,02
13	32,23	4,02
10	32,23	4,02
	Total	12,05
Superstructure Boat Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn 15</i>		
15	32,23	1,62
18	32,23	1,62

17	32,23	1,62
14	32,23	1,62
12	32,23	1,62
11	32,23	1,62
9	32,23	1,62
	total	11,36
Superstructure Nav Deck. Group 1 (Web Frame) referensi <i>fn 16</i>		
Nomor Gading (<i>fn</i>)	Luasan Per nomor Gading (m2)	Berat Baja lambung Per nomor Gading (ton)
16	20,65	4,02
13	20,65	4,02
10	20,65	4,02
7	20,65	4,02
2	20,65	4,02
0	20,65	4,02
	Total	24,09
Superstructure Nav Deck. Group 2 (ordinary frame) referensi <i>fn 15</i>		
15	20,65	1,02
18	20,65	1,02
17	20,65	1,02
14	20,65	1,02
12	20,65	1,02
11	20,65	1,02
	total	6,13

BIODATA PENULIS



Aditya Priyawardhana. Penulis lahir di Bengkulu pada tanggal 03 Maret 1994. Penulis yang akrab dipanggil Adit ini merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dan merupakan anak dari Ibu Suparmi dan Bapak Slamet Haryanto. Penulis memulai studi pendidikan di TK Kalam Kudus Padang, lalu melanjutkan pendidikan di SD Kalam Kudus Padang (2000-2006). Kemudian penulis melanjutkan studi di SMP Maria Padang (2006-2009) dan SMA di SMAN 1 Padang (2009-2012). Setelah itu penulis melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2012 di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK).

Selama menjalani perkuliahan penulis pernah melakukan kerja praktek (*on job training*) di perusahaan galangan kapal PT. LMI (Lamongan Marine Industry) dan Lloyd Register Surabaya. Selain aktif dalam dunia perkuliahan, penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan organisasi dan kepanitiaan khususnya di bidang UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) yaitu PSM ITS (Paduan Suara Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

Dari serangkaian kegiatan UKM yang diikuti penulis mengikuti lomba baik di tingkat nasional ataupun Internasional. Di tingkat nasional penulis meraih juara 3 pada kompetisi yang diadakan di UB (Universitas Brawijaya) Malang yaitu Festival Paduan Suara UB 2014 pada kategori *mixed choir* dan menjadi finalis pada kategori lagu daerah tahun 2015. Sedangkan di kegiatan komunitas ITS jazz, penulis cukup aktif hingga dapat berpartisipasi mengisi acara pada event tahunan nasional *JAZZ Traffic* Surabaya.

Pada perkuliahan penulis juga mengikuti berbagai pelatihan yang menunjang kebutuhan akademik antara lain training kepribadian, latihan alam 2014, MAXSURF *training*, *marine coating system* dan pelatihan dasar manajemen proyek yang diikuti pada tahun 2016. Selain itu penulis juga mengikuti pelatihan untuk pembentukan *soft skill* seperti LKKM Pra-TD yang diadakan oleh FTK ITS.

Email : Aditya.priyawardhana@gmail.com

Telp. : +62 811 3111 118