



TUGAS AKHIR - MN141581

**PERHITUNGAN KONSTRUKSI PADA ENGINE ROOM
KAPAL TANKER MENGGUNAKAN BAHASA
PEMROGRAMAN SESUAI PERATURAN BIRO KLASIFIKASI
INDONESIA**

JUWITA KARUNIA DEWANTI
NRP. 4111100031

Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - MN141581

**CALCULATION OF CONSTRUCTION ON THE ENGINE
ROOM'S TANKER USING PROGRAMMING ACCORDANCE
RULES OF BIRO KLASIFIKASI INDONESIA**

JUWITA KARUNIA DEWANTI
NRP. 4111100031

Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERHITUNGAN KONSTRUKSI PADA ENGINE ROOM KAPAL TANKER MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN SESUAI PERATURAN BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

JUWITA KARUNIA DEWANTI
NRP. 4111 100 031

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Dony Setyawan, S.T., M.Eng.
NIP. 19750320 199903 1 001

SURABAYA, 27 JANUARI 2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS;
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dan Dosen atas bimbingan maupun motivasi selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Ir. Asjhar Imron, M.Sc., MSE., PED., Digul Siswanto, M.Sc. dan Ir. Budie Santosa, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak, Ibu dan adik selaku kedua orang tua dan saudara penulis yang telah memberikan doa dan motivasi selama penyusunan Tugas Akhir ini dan menyelesaikan perkuliahan;
5. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. dan Ir. Budie Santosa M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan motivasi dan bimbingan dalam perkuliahan;
6. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS selaku pihak-pihak yang mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir;
7. Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Pusat Bisnis Maritim Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS atas dukungan administrasi berkas-berkas Tugas Akhir;
8. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi selaku Kepala Laboratorium Pusat Bisnis Maritim Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
9. Dyan Pratama P., S.ST., M. Alwi Fachrudin dan Septian selaku teman dekat yang telah memberikan waktu, ide dan pikiran pada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir;
10. Ahmad Syauqi Ahsan, S.Kom. selaku dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) dan Robyarta Haruli Ruci selaku teman yang telah memberikan waktu, ilmu dan pikiran dalam mengerjakan Tugas Akhir khususnya dalam pemrograman komputer;

11. Hesti Mari'atul Fitri, M. Riadi Fitra dan M. Ulul Fikri selaku teman seperjuangan Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu dalam berdiskusi untuk mengerjakan Tugas Akhir ini;
12. Lia Mertayukti, Sekar Purtiantari, Intan Pratiwi, Sholihah Widyastuti, Nidia Amalia, Umaira Salsabila, Rani Nurwanti, Vinesia Annisa dan Kanthi Wening selaku teman yang memberikan semangat, waktu dan pendapat mengenai hal-hal dalam menyelesaikan Tugas Akhir;
13. Eva Arum Setyarini, Dhini Wafiroh, Mike A. Antika, Ruliana Puspitasari, Fitria Dwi Indah, Teky Budi, Fuji Ridha K., Naksa Garnidha A., Farinda Cezariska R. selaku teman-teman yang selalu memberikan semangat dan keyakinan dalam berusaha dan berdoa untuk menyelesaikan Tugas Akhir;
14. Muhammad Aulia, Brilian T. Nugraha, Eky Setiahari, Arya Javendra, Fahrizal Eka, Ikhwanu Hadi, Riski Nanda Mega, Alfi Hidayat, Rizki Yanuar, Ahmad Muhtadi, Syahadi Saputra, Bintang Jiwa, Satrio Mahardani, Sultan Haidir, Aris Munandar, Rengga Eka, Miftakhul Riza, Gilang Rizal, Luqman Hakim dan teman-teman yang telah memberikan ide, sebagai teman diskusi serta teman dalam mengerjakan Tugas Akhir dalam laboratorium Pusat Studi Bisnis Maritim;
15. M. Fyan Dinggi sebagai komting angkatan 2011 dan seluruh teman satu angkatan yang tidak bisa disebutkan satu per satu selaku teman-teman terdekat yang telah memberikan dukungan, waktu dan pikiran dalam berdiskusi serta mengerjakan Tugas Akhir ini;
16. Seluruh kakak tingkat angkatan atas selaku kakak yang telah memberikan berbagai pengalaman, ilmu, doa dan pikiran dalam berdiskusi serta mengerjakan Tugas Akhir ini;
17. Seluruh adik tingkat angkatan selaku adik yang telah memberikan berbagai dukungan, doa dan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini;

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 11 Desember 2015

Juwita Karunia Dewanti

PERHITUNGAN KONSTRUKSI PADA ENGINE ROOM KAPAL TANKER MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN SESUAI PERATURAN BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Juwita Karunia Dewanti
NRP : 4111100031
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Abstrak—Tugas akhir ini merancang sebuah program komputer mengenai perhitungan konstruksi pada kamar mesin kapal *tanker*. Tidak hanya perhitungan namun program ini menghasilkan tampilan berupa gambar penampang melintang dalam 2 dimensi. Penggambaran penampang melintang hanya untuk keseluruhan gading kecil. Perancangan dimulai dengan metode penggambaran *line section*, pembagian lajur pelat, perhitungan beban, tebal pelat, modulus, pemilihan dan perancangan profil, dan penggambaran konstruksi. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Pascal*. Program menyediakan segala kondisi persyaratan yang dapat dipilih sesuai keputusan *user*. Hasil perhitungan program secara otomatis ditampilkan dalam tabel rekapitulasi sebagai ukuran penggambaran profil. Pengecekan terhadap program dilakukan dengan perbandingan terhadap cara manual. Hasil penggambaran penampang melintang terdiri dari balok geladak, gading utama, penumpu tengah dan penumpu samping geladak (tergantung kondisi *engine casing*), *docking profile* dan senta sisi.

Kata kunci: Konstruksi Kamar Mesin, Program, *Software*, *Tanker*

**CALCULATION OF CONSTRUCTION ON THE ENGINE ROOM'S
TANKER USING PROGRAMMING ACCORDANCE
RULES OF BIRO KLASIFIKASI INDONESIA**

*Author : Juwita Karunia Dewanti
ID No. : 4111100031
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisors : Dony Setyawan, S.T., M.Eng.*

ABSTRACT

Abstract—This final project design a computer program about construction calculation in machinery space of oil tankers. Not only the calculation but this program resulted in the midship section of machinery space in 2 dimensions. Drawing the section only for secondary stiffening. Design the program begins with line section's drawing of secondary stiffening in machinery space, plating arrangement, load calculations, thickness calculations, modulus calculations, profile selection and profile design, the last step is construction drawing. Programming language uses Pascal. Program provides overall conditions that can be selected according to the requirements of the user's decision. The results of program calculation are displayed automatically in recapitulation table as dimensions of profile for drawing. Program can be checked by comaparison manually calculation result. The results of midship section of machinery space are deck beam, main frame, deck center girder, deck side girder (depending on engine casing condition), docking profile and side stringer.

Keywords: Construction Of Engine Room, Program, Software, Tanker

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis	3
1.7. Sistematika Laporan.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
2.1. Kapal Tanker.....	5
2.1.1. Machinery Space pada Kapal Tanker.....	6
2.2. Peraturan Klasifikasi	8
2.2.1. Biro Klasifikasi Indonesia	9
2.3. Perhitungan Fungsi dan Trigonometri	9
2.3.1. Persamaan Linear	9
2.3.2. Fungsi Polinomial Derajat Banyak.....	10
2.3.3. Panjang Busur Fungsi Polinomial Derajat Banyak	12
2.3.4. Radian.....	13
2.4. Perhitungan Konstruksi.....	13
2.4.1. Perhitungan Lajur Pelat	15
2.4.2. Perhitungan Beban.....	15
2.4.3. Perhitungan Tebal.....	17
2.4.4. Perhitungan Modulus dan Luasan Konstruksi.....	18
2.5. Pemrograman Bahasa Pascal	20
2.5.1. Borland Delphi	20
2.5.2. Integrated Development Environment (IDE)	21
2.5.3. Procedure dan Fungsi	22
2.5.4. Format Data Internal.....	23
2.5.5. Program dan Unit.....	23

Bab III METODOLOGI	25
3.1. Diagram Alir Pengerjaan	25
3.1.1. Koordinat Line section	26
3.1.2. Perhitungan Konstruksi	27
3.1.3. Pemilihan Profil dan Perancangan Profil	29
3.1.4. Proses Penggambaran	29
3.1.5. Running Program	30
3.1.6. Pembuatan Laporan	31
3.2. Diagram Alir Program	32
3.2.1. Interface Program	33
3.2.2. Penggambaran Awal	35
3.2.3. Perhitungan	36
3.2.4. Penentuan Pemilihan dan Perancangan Profil	36
3.2.5. Rekapitulasi	37
3.2.6. Penggambaran Konstruksi	37
Bab IV PERANCANGAN PROGRAM DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Input Data Koordinat Line section	39
4.2. Penggambaran Awal	40
4.2.1. Penggambaran Line section	41
4.2.2. Penggambaran Bagian Pelengkap Line section	41
4.2.3. Penggambaran Lajur Pelat	43
4.3. Perhitungan	45
4.3.1. Perhitungan Penentuan Lajur Pelat	45
4.3.2. Perhitungan Beban	46
4.3.3. Perhitungan Tebal	48
4.3.4. Perhitungan Modulus	48
4.4. Perancangan dan Pemilihan Profil	50
4.4.1. Profil L	50
4.4.2. Profil T	50
4.5. Rekapitulasi	53
4.6. Penggambaran Konstruksi	54
4.6.1. Penggambaran Manhole	54
4.6.2. Penggambaran Lightening Hole	55
4.6.3. Penggambaran Docking Profile	55
4.6.4. Penggambaran Penumpu Geladak	56
4.6.5. Penggambaran Balok Geladak	58
4.6.6. Penggambaran Senta Sisi	58
4.6.7. Penggambaran Gading Utama	59
Bab V HASIL DAN PEMBAHASAN	61
5.1. Section	61
5.1.1. Hasil Pembacaan Data	61
5.1.2. Hasil Penggambaran Awal	62
5.2. Plating Arrangement	65

5.3. Load Calculations	67
5.4. Thickness Calculations	69
5.5. Modulus Calculations	70
5.6. Profile Selection.....	72
5.7. Profile Design	73
5.8. Recapitulation	76
5.9. Construction Drawing.....	76
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
6.1. Kesimpulan	77
6.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN	81
Lampiran I Tampilan Program	81
Lampiran II Grafik Modulus	91
Lampiran III Grafik Momen Inersia dan Perhitungan.....	92
Lampiran IV Data Mesin.....	94
Lampiran V Contoh Hasil Rekapitulasi.....	95
Lampiran VI Penampang Melintang Kamar Mesin	96
Lampiran VII Hasil Konversi Gambar dalam dxf.....	97
Lampiran VIII Error Checking.....	98
Lampiran IX Batasan Error Checking.....	99
BIODATA PENULIS.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Lebar efektif e_m gading-gading dan Penumpu.....	51
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Manual Grafik Modulus	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal <i>Tanker</i> “Gamsunoro”	5
Gambar 2.2 Potongan Melintang Kamar Mesin Kapal <i>Tanker</i>	7
Gambar 2.3 Penampang Memanjang Kapal (Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2009).....	8
Gambar 2.4 Koordinat Titik Persamaan Linear	10
Gambar 2.5 Lintasan <i>Polygonal</i>	12
Gambar 2.6 Panjang z untuk Perhitungan Panjang Busur.....	12
Gambar 2.7 Sudut 90° dan interpretasi pada busur AB	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	26
Gambar 3.2 <i>Body Plan</i> kapal VLCC dari <i>ship model</i> pada <i>Maxsurf</i>	27
Gambar 3.3 Profil T (a) dan Profil L (b) yang Digunakan dalam Konstruksi	29
Gambar 3.4 Diagram Alir Program Tugas Akhir.....	33
Gambar 3.5 Tampilan Awal dalam Pembuatan Program Baru	34
Gambar 3.6 Tampilan Penggambaran Awal	35
Gambar 4.1 Cara Input Data Koordinat <i>Line section</i> Melalui <i>Notepad</i>	39
Gambar 4.2 Sketsa untuk Perhitungan Beban Hingga Perhitungan Konstruksi	46
Gambar 4.3 Tahapan Penggambaran <i>Docking Profile</i>	56
Gambar 4.4 Penggambaran Penumpu Tengah Geladak	57
Gambar 4.5 Keterangan untuk Mencari Rumusan <i>Offset</i>	59
Gambar 5.1 Tampilan Nilai Masukan dari <i>Notepad</i> ke Program.....	62
Gambar 5.2 Penggambaran Metode Panjang Busur (a) dan Gambar asli (b)	63
Gambar 5.3 <i>Line</i> asli (a) dan Penggambaran dengan Fungsi Lagrange (b)	63
Gambar 5.4 Penggambaran Awal keseluruhan pada halaman <i>Section</i>	64
Gambar 5.5 Hasil Pembagian Lajur Pelat	65
Gambar 5.6 Hasil Perhitungan Panjang <i>Line</i> Menggunakan <i>AutoCAD</i>	66
Gambar 5.7 Hasil Perhitungan Menggunakan <i>Microsoft Excel</i>	67
Gambar 5.8 Hasil Perhitungan Menggunakan Program.....	68
Gambar 5.9 Hasil Perhitungan Menggunakan <i>Microsoft Excel</i>	69
Gambar 5.10 Hasil Perhitungan Tebal Pelat Alas menggunakan Program.....	70
Gambar 5.11 Hasil Perhitungan Manual Modulus <i>Deck Beam</i> pada <i>Tween Deck</i>	71
Gambar 5.12 Hasil Perhitungan Modulus <i>Deck Beam</i> dengan Program	71
Gambar 5.13 Beberapa Data-data Profil L sesuai BKI Edisi 2006 <i>Volume II Annex I</i>	72
Gambar 5.14 Kesesuaian Data dengan Hasil Pemilihan Profil L.....	73
Gambar 5.15 Hasil Perhitungan Grafik Modulus dan Momen Inersia pada <i>Annex I</i>	74
Gambar 5.16 Pengukuran dari Grafik Modulus yang Dimodelkan pada <i>AutoCAD</i>	74
Gambar 5.17 Hasil Pengukuran dari Grafik Modulus sesuai <i>Annex I</i>	75
Gambar 5.18 Hasil Pengukuran dari Grafik Momen Inersia sesuai <i>Annex I</i>	75

LAMPIRAN

Lampiran I Tampilan Program

Lampiran II Grafik Modulus

Lampiran III Grafik Momen Inersia dan Perhitungan

Lampiran IV Data Mesin

Lampiran V Contoh Hasil Rekapitulasi

Lampiran VI Penampang Melintang Kamar Mesin

Lampiran VII Hasil Konversi Gambar dalam dxf

Lampiran VIII Error Checking

Lampiran IX Batasan Error Checking

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perhitungan modulus profil-profil dari suatu konstruksi kapal merupakan salah satu kegiatan yang memerlukan ketelitian lebih karena banyak komponen profil setiap bagian konstruksi. Dari keseluruhan program-program yang ada semuanya menitikberatkan pada kecepatan dan kemudahan yang didapat. Dalam masa globalisasi ini diperlukan suatu kemampuan yang lebih cepat untuk menunjang suatu hal dapat unggul oleh hal serupa.

Software itu sendiri perangkat lunak. Karena disebut juga sebagai perangkat lunak, maka sifatnya pun berbeda dengan *hardware* atau perangkat keras, jika perangkat keras adalah komponen yang nyata yang dapat dilihat dan disentuh oleh secara langsung manusia, maka *software* atau perangkat lunak tidak dapat disentuh dan dilihat secara fisik, *software* memang tidak tampak secara fisik dan tidak berwujud benda namun bisa untuk dioperasikan. *Software* komputer adalah sekumpulan data elektronik yang disimpan dan diatur oleh komputer, data elektronik yang disimpan oleh komputer itu dapat berupa program atau instruksi yang akan menjalankan suatu perintah. Melalui *software* atau perangkat lunak inilah suatu komputer dapat menjalankan suatu perintah.

Dalam bidang perkapalan penggunaan sebuah *software* sudah menjadi hal yang biasa hanya saja *software* tersebut berbasis internasional dan memiliki lisensi yang harganya sangat mahal sehingga bila suatu industri perkapalan kecil tidak dapat dengan mudah dalam hal penggunaan *software* tersebut. Bila hal ini terus dilakukan akan menyebabkan pengerjaan pada industri perkapalan kecil semakin lama prosesnya dan dapat berakibat pada waktu penyelesaian sebuah kapal dalam kontrak yang menimbulkan keterlambatan pengiriman atau bisa disebut dengan *delivery*. Kemudian selain hal lisensi yang menjadi permasalahan, beberapa perangkat lain yang menunjang sebuah sistem *software* pada umumnya membutuhkan sebuah media penyimpan data dengan kemampuan menyimpan sangat besar sehingga perlu diperhatikan pula untuk penggunaannya. Hal ini dapat menambah biaya tambahan lagi untuk produksi sebuah kapal.

Selain dalam bidang industri perkapalan, hal yang paling mendesak adalah untuk menunjang pembelajaran calon *engineer* perkapalan nantinya. Dalam bidang pendidikan pun anggaran untuk pembelian lisensi sebuah *software* masih dinilai kurang. Bahkan saat ini pun hanya terdapat empat paket berlisensi di pusat penyedia *software* ITS, yaitu *Microsoft Open Value Subscription for Education*, *Mathematica 9.0*, *Minitab 16.0*, dan *Matlab R2013*. (Lembaga Pengembangan Teknologi Sistem Informasi (LPTSI), 2013). Perhitungan dan penggambaran konstruksi merupakan salah satu aspek dalam pendidikan di bidang perkapalan yang perlu dikembangkan cara lain untuk membantu pemahaman dengan lebih mudah. *Software* merupakan salah satu media pembelajaran yang mampu digunakan dalam bidang pendidikan guna menunjang metode belajar mahasiswa.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang tersebut di atas permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana menghitung modulus profil konstruksi ruang mesin kapal *tanker*?
2. Bagaimana pemilihan ukuran-ukuran profil dari hasil perhitungan modulus?
3. Bagaimana memodelkan hasil pemilihan profil pada gading kecil konstruksi ruang mesin kapal *tanker* dalam 2 dimensi?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lingkup penelitian yang dibahas hanya sampai memodelkan keseluruhan konstruksi penampang kamar mesin kapal *tanker* termasuk pondasi kamar mesin.
2. Perhitungan dan pemodelannya dapat digunakan untuk seluruh gading kecil dalam kamar mesin kapal *tanker*.
3. Memodelkan gading kecil dilakukan secara masing-masing (tidak bersamaan).
4. Batasan perhitungan adalah tidak melakukan perhitungan pada gading besar beserta *cantilever*.
5. Untuk penggambaran senta sisi tetap dilakukan.
6. Tidak membahas perhitungan berat, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
7. Memodelkan penampang konstruksi kamar mesin pada gading kecil dalam 2 dimensi.

8. Kapal *tanker* yang dimaksud adalah kapal *tanker* sesuai dengan peraturan MARPOL 73/78 mengenai *double hull* dan *double bottom*. Perhitungan modulus dan pemodelannya meliputi perhitungan pemilihan konstruksi, perhitungan beban, perhitungan tebal pelat kemudian perhitungan modulus hingga pemilihan profil untuk konstruksi gading kecil kamar mesin tersebut.
9. Menggunakan kapal *tanker* dengan material baja.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk :

1. Menentukan modulus profil konstruksi ruang mesin kapal *tanker*.
2. Menentukan ukuran-ukuran profil dari hasil perhitungan modulus.
3. Membuat pemodelan hasil pemilihan profil dalam sebuah konstruksi ruang mesin kapal *tanker*.

1.5. Manfaat

Dari pembuatan *software* ini diharapkan akan memberikan manfaat bagi beberapa pihak. Adapun manfaat yang dapat diperoleh adalah :

1. Sebagai salah satu program perhitungan dan pemodelan konstruksi kapal sehingga mempermudah dalam perhitungan modulus hingga pada pemodelannya.
2. Dapat mempersingkat waktu perhitungan dan pemodelan.
3. Membantu proses pembelajaran mahasiswa untuk materi konstruksi kapal khususnya di bagian gading kecil kamar mesin.
4. Sebagai referensi bagi pengembangan program selanjutnya.

1.6. Hipotesis

Jika program (*software*) ini berhasil dilakukan maka akan memudahkan dan mempersingkat waktu dalam perhitungan modulus suatu konstruksi ruang mesin untuk keseluruhan gading kecil serta dapat membuat pemodelannya dalam bentuk 2 dimensi. Kemudian *user* akan lebih mudah memahami proses pembuatan gambar serta perhitungan konstruksi pada kamar mesin khususnya untuk penampang gading kecil.

1.7. Sistematika Laporan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir sesuai dengan sistematika laporan agar pembahasan tetap berada dalam batasan yang telah ditentukan. Adapun sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut :

➤ BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan ini dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, hipotesis dan sistematika laporan.

➤ BAB II STUDI LITERATUR

Bahasan dalam studi literatur terdapat 2 (dua) hal landasan teori. Dasar teori tersebut mengenai rumus perhitungan dan penggambaran konstruksi serta sesuai dengan standar peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Kemudian pembahasan program dan bahasa pemrograman yang digunakan untuk penyelesaian masalah.

➤ BAB III METODOLOGI

Dalam bab ini dijelaskan alur dari diagram alir (*flowchart*) dalam pengerjaan tugas akhir maupun diagram alir penyelesaian pembuatan program (*software*). Penjelasan batasan yang telah dituliskan pada Bab I.

➤ BAB IV PERANCANGAN

Dalam bab ini penjelasan mengenai metode numerik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan hingga didapatkan hasil yang sesuai dan memenuhi standar peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

➤ BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab hasil dan pembahasan ini dijelaskan mengenai hasil yang didapatkan dari program setelah dijalankan. Kemudian pembahasan hasil dari program tersebut serta penjelasan mengenai apa saja kekurangan dari hasil program tersebut.

➤ BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab kesimpulan berisi penjelasan hasil program setelah dijalankan yaitu menjawab dari permasalahan dan mencapai tujuan pengerjaan tugas akhir ini. Poin saran berisi beberapa saran yang dituliskan penulis untuk pengembangan program agar lebih baik.

BAB II STUDI LITERATUR

2.1. Kapal Tanker

Tanker adalah kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. Jenis utama kapal *tanker* termasuk *tanker* minyak, *tanker* kimia, dan pengangkut LNG. Di antara berbagai jenis kapal *tanker*, *super tanker* dirancang untuk mengangkut minyak sekitar Afrika dan Timur Tengah. *Super tanker* Knock Nevis adalah jenis kapal *tanker* terbesar di dunia. (Kementrian Perindustrian, 2015). Sedangkan *The International Organization (IMO) MARPOL convention* mendefinisikan sebuah *oil tanker* sebagai sebuah kapal yang dibangun atau diadaptasi terutama untuk mengangkut minyak pada ruang muatnya termasuk *combination carriers* dan *chemichal tankers* ketika mereka mengangkut muatan minyak dalam jumlah besar. (Osborne, 2004)

Contoh kapal *tanker* milik Indonesia dengan muatan minyak mentah (*crude oil carrier*) dengan nama Gamsunoro berbobot mati 105.000 DWT pada *draught* 14,7 meter ini merupakan kapal tanker milik Pertamina yang ke-62, seperti terlihat pada Gambar II.1 Kapal Tanker “Gamsunoro”. (Sub Portal BUMN, 2014)



Gambar 2.1 Kapal Tanker “Gamsunoro”

Sebuah kapal *tanker* memiliki bagian-bagian khusus dalam hal konstruksinya dikarenakan kapal jenis ini memuat muatan yang mudah terbakar. Oleh karena itu diperlukan perancangan konstruksi untuk menanggulangi hal-hal yang tidak diinginkan. Salah satu bagian *tanker* yang memiliki daerah paling rawan terjadinya kebakaran atau ledakan adalah ruang mesin. Hal itu berkaitan karena dalam ruang mesin terdapat mesin-mesin, perpipaan dan sistim kelistrikan yang sangat banyak dan rawan munculnya api. (Maritime World, 2011)

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi disain dan konstruksi kapal *tanker* adalah :

- a. *Safety* : Sebagai pengangkut muatan berbahaya.
- b. Stabilitas : Muatan cair dalam tanki dapat bergerak bebas.
- c. Pencemaran : Dapat terjadi tumpahan minyak di laut.

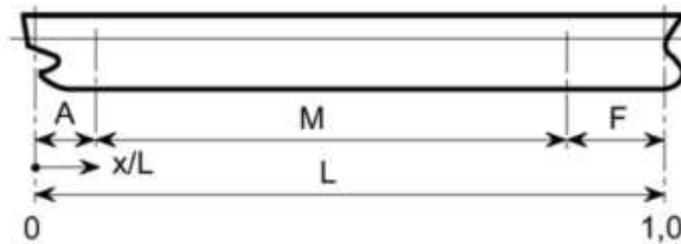
Untuk menunjang berbagai faktor tersebut dan berkurangnya risiko kegagalan struktur konstruksi suatu desain serta memberikan kekuatan memadai dari struktur konstruksi tersebut perlu ditetapkan sebuah aturan atau biasa disebut dengan *rules*. (International Association of Classification Societies (IACS), 2006)

2.1.1. Machinery Space pada Kapal Tanker

Tahapan pertama dalam merancang rencana umum adalah penempatan ruang utama dan batas-batasnya. Peletakan ruang mesin merupakan salah satu ruang utama. Peletakan kamar mesin paling optimum berdasarkan pada fungsi tipe kapal. Untuk kapal *tanker* masuk dalam kategori *bulk cargo ship* sehingga kamar mesin diletakkan pada bagian belakang. Untuk ukuran ruang mesin minimum sangat penting diperhatikan pada *tanker* dengan *ballast* terpisah. Tidak terdapat aturan secara umum dalam penentuan kebutuhan ruang mesin untuk mendorong mesin. Penentuan ruang mesin selama proses perencanaan bergantung dari perencanaan pemasangan mesin tersebut beserta komponen-komponennya. (Tapscott, 1980).

Dalam ruang mesin penambahan *transverse floors* dan *longitudinal intercostal side girders* digunakan untuk mendukung ruang mesin secara efektif dan untuk memastikan kekuatan struktur yang lebih baik. Dudukan mesin utama pada umumnya tidak terpisahkan dengan struktur *double bottom* dan pada bagian *inner bottom* dari pondasi mesin memiliki substansi untuk penambahan ketebalan pelat. Seringkali mesin dibangun pada dudukan *forming longitudinal* yang didukung secara melintang oleh *tripping brackets* yang segaris

Klasifikasi Indonesia *Section 4 B.1* yang tergambar pada Gambar II.3 Penampang Memanjang Kapal sebagai Petunjuk *Range A, M dan F* berikut ini. (Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2009)



Gambar 2.3 Penampang Memanjang Kapal (Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2009)

2.2. Peraturan Klasifikasi

Perancangan, pembangunan dan pengoperasian kapal harus sesuai dengan kerangka peraturan yang telah ditetapkan oleh *International Maritime Organisation* serta diimplementasikan oleh pihak administrasi nasional. Pengembangan *Classification Societies* dan penerbitan standarisasi untuk konstruksi lambung. *Classification Societies* melakukan penanganan audit selama proses perancangan, konstruksi dan pengoperasian untuk konfirmasi kepatuhan dengan persyaratan klasifikasi dan peraturan internasional yang saat itu disahkan oleh bagian administrasi nasional. Selain hal tersebut, *Classification Societies* bertanggung jawab audit untuk verifikasi bahwa konstruksi dan kontrol kualitas sesuai dengan rencana dan prosedur. (International Association of Classification Societies (IACS), 2006)

Dalam ranah internasional terdapat asosiasi yang menaungi standarisasi peraturan. IACS (*International Assosiation Classification Societies*) merupakan standar untuk konstruksi yang mencakup toleransi untuk ketebalan pelat, las induksi distorsi, dan keselarasan struktur. Standar konstruksi galangan kapal dalam peningkatan kualitas standar dan prosedur yang ditetapkan oleh kelas serta Badan Regulasi, memberikan kekhususan yang lebih besar pada rincian desain, toleransi, prosedur dan kontrol. Kontrol tersebut diharapkan untuk pengawasan semua tahapan produksi agar sesuai dengan standar yang relevan. (Herbert Engineering Corp., 2012)

Tujuan dibentuknya IACS adalah agar terjadi keseragaman antar badan klasifikasi yang telah melakukan register kapal-kapal niaga. Secara teknis, pemberian bimbingan, dukungan serta pengembangan interpretasi terpadu oleh IACS dari peraturan perundang-

udangan internasional yang dikembangkan oleh negara-negara anggota IMO (*International Maritime Organization*). (Redaksi Jurnal Maritim, 2015)

Pengembangan seperangkat aturan oleh IACS dalam penetapan persyaratan minimum untuk desain struktural kapal pengangkut minyak dengan *double hull* dan kapal curah dikenal sebagai CSR (*Common Structural Rules*). Untuk CSR *tanker* dikembangkan oleh tim proyek dirakit dari tiga *Classification Societies* terkemuka, yaitu ABS (*American Bureau of Shipping*), DNV (*Det Norske Veritas*) dan LR *Lloyd's Register*. CSR berlaku untuk semua kapal pengangkut minyak yang dibangun pada atau setelah 1 April 2006. Anggota IACS diwajibkan untuk menerapkan CSR tanpa reservasi. CSR untuk *tanker* kemungkinan akan menjadi set pertama aturan yang diaudit untuk pemenuhan dalam tujuan IMO yang berbasis standar. (International Association of Classification Societies (IACS), 2015)

2.2.1. Biro Klasifikasi Indonesia

Biro Klasifikasi Indonesia bergerak di bidang jasa klasifikasi, survei statutoria yang mengaudit kapal-kapal berbendera Indonesia serta sertifikasi, inspeksi, supervisi dan pengujian yang mendapat lisensi dan akreditasi dari berbagai instansi pemerintah di Kementerian Perindustrian, Jakarta 26 Maret 2015. (Kementerian Perindustrian, 2015)

Untuk hubungan IACS dengan konteks peraturan klasifikasi di Indonesia, ketika di kemudian hari BKI dapat menjadi anggota IACS, maka BKI akan melakukan „*Go International*” dan dapat membuka cabang di seluruh dunia. Namun saat ini, BKI baru menjadi regulator untuk tiga regulasi IMO, yaitu klasifikasi mencakup regulasi dan sertifikasi konstruksi kapal, mesin, dan *load line*. Sementara regulasi lain masih dipegang pemerintah, termasuk *statutoria*. Sehingga saat ini BKI belum menjadi anggota IACS (Redaksi Jurnal Maritim, 2015)

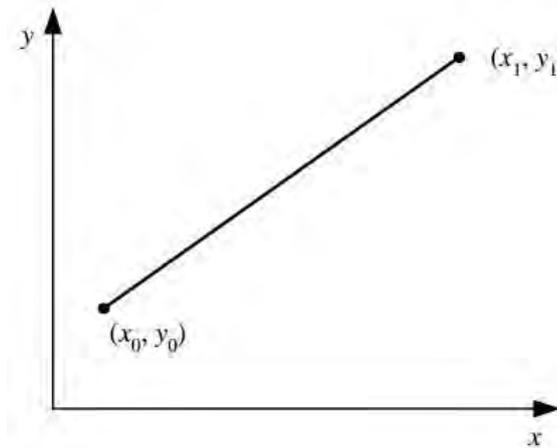
Biro klasifikasi nasional ini memiliki peraturan yang digunakan untuk memberikan akreditasinya. Dalam perkembangannya Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia memiliki 10 *volume* dengan masing-masing pokok bahasan. Untuk pembahasan konstruksi menggunakan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia *volume 2* mengenai peraturan lambung.

2.3. Perhitungan Fungsi dan Trigonometri

2.3.1. Persamaan Linear

Persamaan linear atau biasa disebut dengan persamaan linjar ini adalah persamaan dengan interpolasi dua buah titik dengan sebuah garis lurus. Dengan dua buah titik $(x_0 - y_0)$

Polinom yang menginterpolasi kedua titik itu adalah sebagai berikut ini beserta ilustrasi garis pada Gambar II.4 Koordinat Titik Persamaan Linear :



Gambar 2.4 Koordinat Titik Persamaan Linear

$$p_1(x) = a_0 + a_1x$$

$$y_0 = a_0 + a_1x_0 \quad ; \quad y_1 = a_0 + a_1x_1$$

$$\frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} = \frac{(y - y_1)}{(y_2 - y_1)}$$

$$a_1 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad ; \quad a_0 = \frac{x_1 y_0 - x_0 y_1}{x_1 - x_0}$$

$$p_1(x) = \frac{x_1 y_0 - x_0 y_1}{x_1 - x_0} + \frac{(y_1 - y_0 x)}{(x_1 - x_0)}$$

Interpolasi dengan mencari titik koordinat awal dan akhir kemudian membuat persamaan linier berikut ini:

$$\mathbf{p_1(x) = y_0 + \frac{(y_1 - y_0)}{(x_1 - x_0)}(x - x_0)} \quad \text{(II-1)}$$

2.3.2. Fungsi Polinomial Derajat Banyak

Line section merupakan sebuah garis hasil persamaan fungsi dengan 6 buah titik koordinat yang akan membentuk persamaan derajat 5. Persamaan ini melakukan interpolasi pada bagian masing-masing titik kemudian dilakukan perulangan terhadap koordinat titik awal hingga pada koordinat titik akhir. Karena *lines* tidak selalu sama bentuknya maka untuk *lines* dengan bagian alas kapal yang lebar digunakan gambar garis lurus seperti biasa dari koordinat (0,0) hingga pada koordinat masukan pertama (x₁,y₁).

Berikut ini adalah persamaan fungsi Polinomial Lagrange yang digunakan dalam membuat *lines* penampang melintang kamar mesin:

$$P_1(x) = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

$$P_1(x) = y_0 \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} + y_1 \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

$$P_1(x) = a_0 L_0(x) + a_1 L_1(x)$$

yang dalam hal ini adalah

$$a_0 = y_0, L_0(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} \quad \text{dan} \quad a_1 = y_1, L_1(x) = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

bentuk umum polinomial Lagrange derajat $\leq n$ untuk $(n+1)$ titik berbeda adalah

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n (a_i L_i(x) = a_0 L_0(x) + a_1 L_1(x) + \dots + a_n L_n(x))$$

dengan $a_i = y_i$, $i = 0, 1, 2, \dots, n$

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \dots (x - x_n)}{(x_i - x_0)(x_i - x_1) \dots (x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1}) \dots (x_i - x_n)} \quad (\text{II-2})$$

Untuk persamaan dengan derajat 5 maka persamaan (II 2) menjadi :

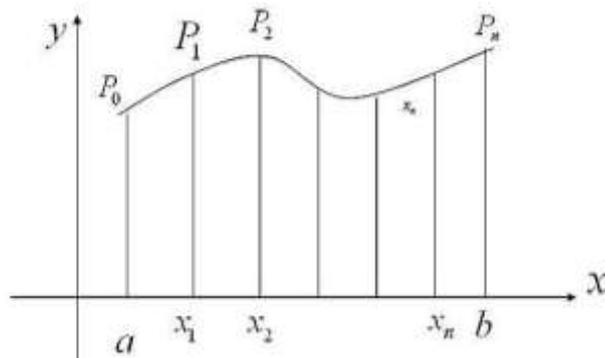
$$\begin{aligned} f(x) = & y_1 \frac{(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)(x - x_6)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)(x_1 - x_4)(x_1 - x_5)(x_1 - x_6)} + \\ & y_2 \frac{(x - x_1)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)(x - x_6)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)(x_2 - x_4)(x_2 - x_5)(x_2 - x_6)} + \\ & y_3 \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_4)(x - x_5)(x - x_6)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)(x_3 - x_4)(x_3 - x_5)(x_3 - x_6)} + \\ & y_4 \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_5)(x - x_6)}{(x_4 - x_1)(x_4 - x_2)(x_4 - x_3)(x_4 - x_5)(x_4 - x_6)} + \\ & y_5 \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_6)}{(x_5 - x_1)(x_5 - x_2)(x_5 - x_3)(x_5 - x_4)(x_5 - x_6)} + \\ & y_6 \frac{(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3)(x - x_4)(x - x_5)}{(x_6 - x_1)(x_6 - x_2)(x_6 - x_3)(x_6 - x_4)(x_6 - x_5)} \end{aligned}$$

(Bertsekas, 1982)

2.3.3. Panjang Busur Fungsi Polinomial Derajat Banyak

Bermula dengan konsep dasar panjang busur sebuah fungsi dengan titik-titik yang terhubung hingga terbentuk segmen garis lurus yang biasa disebut dengan lintasan *polygonal* atau pendekatan kurva fungsi. (Tim Penyusun Buku Ajar Kalkulus FMIPA ITS, 2010)

Untuk memudahkan perhitungan panjang busur yang dilakukan secara potongan satu-persatu dapat dilihat pada Gambar III.4 Lintasan *Polygonal* berikut ini:



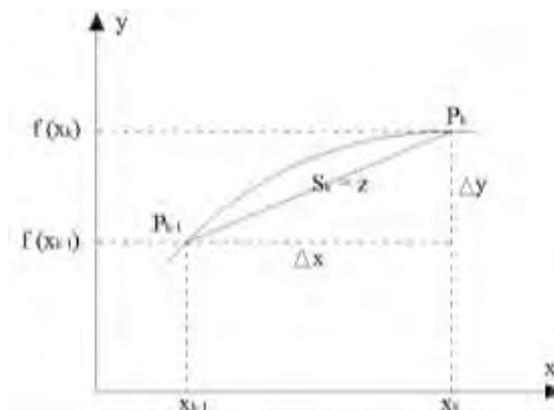
Gambar 2.5 Lintasan *Polygonal*

$$\int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx$$

Panjang segmen garis k pada lintasan *polygonal* yaitu S_k diberikan oleh

$$z = S_k = \sqrt{(\Delta x_k)^2 + (\Delta y_k)^2} = \sqrt{(\Delta x_k)^2 + [f(x_k) - f(x_{k-1})]^2}$$

Sedangkan untuk gambaran lebih mudah untuk memahaminya dapat dilihat pada Gambar III.5 Panjang z untuk Perhitungan Panjang Busur.



Gambar 2.6 Panjang z untuk Perhitungan Panjang Busur

Atau lebih ringkas ditulis seperti berikut.

$$z = \sqrt{(x_{selisih}^2 + y_{selisih}^2)}$$

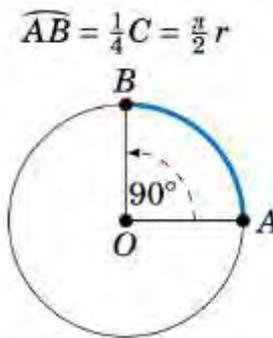
$$z_{n-1} = \sqrt{[(x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2]} \quad (\text{II-3})$$

Bila digunakan untuk fungsi integralnya sepanjang lintasan *polygonal* didapatkan bahwa persamaan panjang busur didefinisikan sebagai berikut:

2.3.4. Radian

Pengukuran sudut biasa menggunakan derajat dalam melakukan pengukurannya. Namun sebenarnya tidak hanya melalui derajat namun dapat menggunakan sudut pusat lingkaran dengan busur yang memotong. (Corral, 2009)

Berikut adalah tampilan sudut pada seperempat lingkaran pada Gambar II.7 Sudut 90° dan interpretasi pada busur AB.



Gambar 2.7 Sudut 90° dan interpretasi pada busur AB

Untuk melakukan perubahan terhadap radians maupun derajat dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut ini:

$$\text{Derajat ke radians} = x^\circ = \left(\frac{\pi}{180} \cdot x\right) \text{ radians}$$

$$\text{Radians ke derajat} = x \text{ radians} = \left(\frac{180}{\pi} \cdot x\right) \text{ radians}$$

2.4. Perhitungan Konstruksi

Dalam perhitungan konstruksi kapal *tanker* untuk pembahasan permasalahan tugas akhir ini sesuai dengan peraturan standar Biro Klasifikasi Indonesia *Rules for Hull Volume II*

Edition 2009. Di dalam tahap perhitungan banyak parameter yang digunakan berupa data ukuran utama kapal beserta koefisien yang sesuai dengan kriteria kapal *tanker*. Parameter dalam perhitungan beban meliputi :

1. Panjang L

Panjang L adalah jarak dalam meter pada garis muat musim panas dari pinggir depan linggi haluan ke pinggir belakang linggi kemudi, atau garis sumbu tongkat kemudi jika tidak ada linggi kemudi. L tidak boleh kurang dari 96% dan tidak perlu lebih dari 97% panjang garis muat musim panas. Pada kapal yang bentuk buritan dan haluannya tidak lazim, panjang L akan dipertimbangkan secara khusus.

2. Lebar B

Lebar B adalah lebar bentuk terbesar dari kapal.

3. Tinggi H

Tinggi H adalah jarak vertikal dari garis dasar sampai geladak kekuatan.

4. Sarat T

Sarat T adalah jarak vertikal dari garis dasar sampai ke tanda lambung timbul untuk garis muat musim panas diukur pada pertengahan panjang L.

5. Jarak gading-gading a

Jarak gading-gading diukur dari tepi bentuk ke tepi bentuk gading.

6. Koefisien blok C

Koefisien blok bentuk pada sarat T.

7. Kecepatan dinas maksimum [knot] v_0

Kecepatan dinas maksimum [knot] dengan mana kapal dirancang untuk mempertahankannya pada sarat garis air musim panas dan pada RPM baling-baling sesuai dengan MCR (kecepatan kontinyu maksimum). Dalam hal baling-baling kendali langkah, kecepatan v_0 ditentukan berdasarkan langkah maksimum.

Kemudian untuk perhitungan modulus konstruksi menurut *rules* secara bertahap dimulai dengan perhitungan beban konstruksi, perhitungan tebal konstruksi hingga dapat dilakukan perhitungan modulus konstruksi. Berikut ini adalah tahapan

masing-masing perhitungan konstruksi kamar mesin untuk seluruh gading kecil kamar mesin.

2.4.1. Perhitungan Lajur Pelat

Perhitungan lajur pelat dilakukan untuk mengetahui lebar pelat minimum atau maksimum yang akan digunakan dalam perancangan dan peletakan lajur pelat. Penggunaan lajur pelat dari segi ekonomis dan efisien tergantung dari galangan. Untuk standar peraturan Biro Klasifikasi Indonesia hanya memberikan persyaratan minimum atau maksimum lajur pelat yang harus dipatuhi. Perhitungan lajur pelat ini terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. Lajur Bilga (*Bilge Strake*). [Section 6.B.4.2.]

Untuk lajur bilga sesuai persyaratan lebarnya pelat tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5 \cdot L \quad [\text{mm}]$$

2. Pelat Lunas Datar (*Flat Plate Keel*). [Section 6.B.5.1.]

Untuk lajur pelat lunas datar sesuai persyaratan lebarnya pelat tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5 \cdot L \quad [\text{mm}]$$

3. Lajur Sisi Atas (*Sheerstrake*). [Section 6.C.3.1.]

Untuk lajur sisi atas sesuai persyaratan lebarnya pelat tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5 \cdot L \quad [\text{mm}]$$

Sedangkan untuk lajur pelat maksimum pada lajur sisi atas adalah sebagai berikut :

$$b_{\max} = 1800 \quad [\text{mm}]$$

2.4.2. Perhitungan Beban

Tahap pertama dalam perhitungan modulus konstruksi adalah dengan melakukan perhitungan beban sesuai dengan Biro Klasifikasi Indonesia *Rules for Hull Volume II Edition 2009, Section 4*. Pokok utama perhitungan beban suatu bagian konstruksi adalah dengan penentuan beban luar dasar dinamis. Dalam semua kondisi bila terdapat beberapa rumus perhitungan beban dalam satu bagian maka yang dipilih adalah beban terbesar. Terdapat perhitungan dengan penentuan *load centre* terhadap bagian yang akan dihitung.

Untuk aturan penentuan letak *load centre* berbeda-beda untuk masing-masing lajur pelat, penegar dan penumpang. Pada sistem konstruksi kamar mesin dipasang sistem konstruksi melintang secara keseluruhan. Untuk lajur pelat dengan sistem konstruksi melintang, *load*

centre diambil dari bagian terbawah lajur pelat tersebut dipasang. Berbeda dengan pelat, untuk penegar dan penumpu penentuan *load centre* diambil dari titik tengah panjang.

Perhitungan beban untuk konstruksi kapal terdiri dari rumus perhitungan berikut ini :

4. Beban luar dasar dinamis. [Section 4.A.2.2.]

- Beban untuk arah gelombang searah atau berlawanan dengan arah maju kapal

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f \quad [\text{kN/mm}^2]$$

- Beban untuk arah gelombang melintang arah maju kapal.

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \quad [\text{kN/mm}^2]$$

5. Perhitungan beban pada geladak cuaca. [Section 4.B.1.]

$$P_D = P_0 \frac{20 \cdot T}{(10+z-T) H} c_D \quad [\text{kN/mm}^2]$$

6. Perhitungan beban pada sisi kapal. [Section 4.B.2.1.]

- Untuk elemen yang pusat bebannya terletak di bawah garis muat.

$$P_S = 10 (T - z) + P_0 \cdot c_F \left(1 + \frac{z}{T} \right) \quad [\text{kN/mm}^2]$$

$$P_{S1} = 10 (T - z) + P_{01} \left[1 + \frac{z}{T} \left(2 - \frac{z}{T} \right) \right] \cdot 2 \frac{|y|}{B} \quad [\text{kN/mm}^2]$$

- Untuk elemen yang pusat bebannya terletak di atas garis muat.

$$P_S = P_0 \cdot c_F \frac{20 \cdot T}{(10+z-T)} \quad [\text{kN/mm}^2]$$

$$P_{S1} = P_{01} \frac{20}{(50+z-T)} \cdot \frac{|y|}{B} \quad [\text{kN/mm}^2]$$

7. Perhitungan beban pada alas kapal. [Section 4.B.3.]

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot c_F \quad [\text{kN/mm}^2]$$

$$P_{B1} = P_0 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \frac{|y|}{B} \quad [\text{kN/mm}^2]$$

8. Perhitungan beban pada alas dalam kapal. [Section 4.C.2.] dan [Section 4.C.2.]

$$P_i = 9,81 \cdot \frac{G}{V} \cdot h (1 + a_v) \quad [\text{kN/mm}^2]$$

$$P_1 = 10 (T - h_{DB}) \quad [\text{kN/mm}^2]$$

$$P_2 = 10 \cdot h \quad [\text{kN/mm}^2]$$

9. Beban geladak permesinan. [*Section 4.C.3.2.*]

$$P = 8 (1 + a_v) \quad [\text{kN/mm}^2]$$

2.4.3. Perhitungan Tebal

Tahap kedua perhitungan adalah perhitungan tebal konstruksi sesuai dengan Biro Klasifikasi Indonesia *Rules for Hull Volume II Edition 2009, Section 6*. Perhitungan tebal digunakan untuk pelat, penegar dan penumpu. Untuk perhitungan tebal menggunakan faktor perhitungan beban sebelumnya pada bagian konstruksi setempat. Perhitungan tebal terdapat 2 macam, yaitu perhitungan minimum dan perhitungan maksimum tebal pelat. Hasil perhitungan tebal yang dipilih apabila terdapat beberapa perhitungan tebal dalam suatu bagian adalah tebal terbesar (yang telah memenuhi persyaratan minimum atau maksimum). Sedangkan untuk toleransi pembulatan sesuai *Section I K*.

Di bawah ini adalah 8 bagian perhitungan pelat yang dilakukan :

1. Tebal pelat lajur bilga

Tebal pelat lajur bilga dihitung seperti yang disyaratkan untuk tebal pelat alas.

2. Tebal pelat lunas datar

Untuk ketebalannya tidak boleh kurang dari persyaratan berikut ini :

$$t_{FK} = t_B + 2,0 \quad [\text{mm}]$$

3. Tebal pelat lajur sisi atas

Tebal pelat lajur atas, pada umumnya, tidak boleh kurang dari yang terbesar dari 2 nilai berikut :

$$t = 0,5 (t_D - t_S) \quad [\text{mm}]$$

$$t = t_S \quad [\text{mm}]$$

4. Perhitungan tebal pada pelat alas kapal. [*Section 6.B.1.*]. Serta perhitungan tebal minimum dan tebal maksimum. [*Section 6.B.3.*]

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_b \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

$$t_{B1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{pb/\sigma_{pl}} \quad [\text{mm}]$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \sqrt{Pb \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

5. Perhitungan tebal pada pelat sisi kapal. [Section 6.C.1.]. Serta perhitungan tebal minimum [Section 6.C.2.]

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{Ps \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

$$t_{s1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{ps/\sigma_{pl}} + t_K \quad [\text{mm}]$$

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \sqrt{ps \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

$$t_{s3} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{ps1/\sigma_{plmax}} + t_K \quad [\text{mm}]$$

6. Perhitungan tebal pada pelat alas dalam kapal. [Section 8.B.4.1.]

$$t = 1,1 \cdot a \sqrt{p \cdot k} + t_K \quad [\text{mm}]$$

7. Perhitungan tebal pada penumpu sisi alas di bawah pondasi mesin. [Section 8.C.2.3.]

Tebal penumpu samping dibawah pelat hadap pondasi mesin yang disisipkan kedalam alas dalam harus sama dengan tebal penumpu samping diatas alas dalam sesuai 3.2.1

8. Perhitungan tebal pada wrang pelat. [Section 8.B.6.2.]

$$t_{pf} = (t_m - 2,0) \sqrt{k} \quad [\text{mm}]$$

2.4.4. Perhitungan Modulus dan Luasan Konstruksi

Kedua perhitungan ini saling mempengaruhi karena pada akhirnya perhitungan modulus akan mempengaruhi ukuran profil konstruksi yang akan dipasang pada kapal baik itu untuk profil L maupun profil T. Sehingga persyaratan nilai modulus dan luasan konstruksi pun perlu diperhatikan.

2.4.4.1. Perhitungan Rumus

Perhitungan modulus konstruksi kamar mesin menggunakan standarisasi dari Biro Klasifikasi Indonesia yaitu dengan melakukan perhitungan beban dan perhitungan tebal terlebih dahulu sesuai pada II.2.1. Perhitungan Beban Konstruksi dan II.2.2. Perhitungan Tebal Konstruksi. *Output* dari perhitungan modulus berupa besar nilai modulus yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan ukuran profil suatu konstruksi. Besar nilai modulus hasil perhitungan dengan rumus perhitungan ini merupakan nilai minimum yang harus dipenuhi

agar konstruksi tersebut strukturnya kuat. Demikian pula untuk luasan geser (*shear area*) dihitung agar desain pemilihan profil konstruksi memenuhi standar yang diijinkan.

Item perhitungan modulus untuk gading kecil di dalam konstruksi kamar mesin adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan modulus dan luasan geser (*shear area*) gading kecil. [Section 9, A.2.1.1.]

$$W_R = n \cdot c \cdot a \cdot \ell^2 \cdot p \cdot cr \cdot k \quad [\text{cm}^3]$$

$$A_{RO} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,04 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k \quad [\text{cm}^2]$$

$$A_{Ru} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,07 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k \quad [\text{cm}^2]$$

2. Perhitungan modulus dan luasan geser (*shear area*) balok geladak. [Section 10, B.1.]

$$W_d = c \cdot a \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k \quad [\text{cm}^3]$$

$$A_d = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,05 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k \quad [\text{cm}^2]$$

3. Perhitungan modulus dan luasan geser (*shear area*) penumpu. [Section 10, B.1.]

$$W = c \cdot e \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k \quad [\text{cm}^3]$$

$$A_w = 0,05 \cdot p \cdot e \cdot k \quad [\text{cm}^2]$$

2.4.4.2. Perhitungan Perencanaan Modulus Profil

Perhitungan modulus yang kedua berdasarkan perencanaan profil berdasarkan hasil pada bahasan II.3.4.1. Perhitungan Rumus. Terdapat berbagai macam jenis profil yang digunakan dalam perancangan konstruksi kapal. Sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia untuk modulus penampang profil baik itu untuk gading-gading, balok, penegar dan bagian lain yang terbuat berlaku untuk profil sudah bersama dengan pelat pengikutnya, sehingga tidak perlu melakukan perhitungan untuk lebar pelat pengikut yang terdapat pada BKI *Volume II Section 3.E.1*. Untuk penetapan profil yang disyaratkan, dalam *Annex I*. Besaran Penampang Profil adalah untuk profil dengan jenis profil L (*angle bar*), *angle bulb* dan profil I (*I bar*) dengan modulus penampang dari 5 hingga 2350 cm³. Untuk profil-profil yang berada di *Annex* ini tidak dapat digunakan dalam industri perkapalan karena profil-profil ini tidak diproduksi di pasaran.

Biro Klasifikasi Indonesia menyediakan untuk persyaratan perancangan profil sendiri namun dengan memperhitungan lebar pelat efektifnya sesuai dengan BKI *Volume II Section 3.E.1*. Untuk perhitungan modulus yang dirancang disesuaikan dengan perhitungan pada *Annex I* sebagai berikut :

$$W = w \cdot F \cdot h$$

Untuk nilai w didapat dari perpotongan garis pada grafik modulus. Untuk perhitungan yang memberi persyaratan momen inersia, ketika perancangan profil pun harus melakukan perhitungan sesuai pada *Annex I* berikut ini:

$$J = i \cdot F \cdot h^2$$

Nilai I didapatkan pada grafik momen inersia. Untuk grafik modulus dan momen inersia penumpu I dan T sesuai pada *Annex I* halaman A-12 dan A-13.

2.5. Pemrograman Bahasa Pascal

Ketika bahasa Pascal dirancang, banyak bahasa pemrograman yang familiar dantelah terbiasa digunakan pada kalangan luas. Bahasa yang familiar digunakan adalah *FORTRAN*, *C*, *Assembler*, *COBOL*. Penyusun Borland Pascal yang terkenal di dunia disebut dengan Turbo Pascal. Ini diperkenalkan pada tahun 1983 dengan implementasi "*Pascal User Manual and Report*" oleh Jensen dan Wirth. Penyusun Turbo Pascal telah menjadi salah satu dari seri terlaris penyusun sepanjang waktu yang telah membuat bahasa sangat populer pada PC. (Cantu, 2003)

Pascal dirancang sebagai versi yang disederhanakan untuk tujuan pendidikan bahasa Algol. Ide utama Bahasa Pascal adalah perintah diatur melalui suatu konsep tipe data, dan membutuhkan deklarasi dan kontrol program terstruktur. Bahasa Pascal juga dirancang untuk menjadi alat pengajaran untuk para siswa kelas pemrograman. (Setiawan Y. , 2004)

2.5.1. Borland Delphi

Delphi merupakan salah satu program yang dapat digunakan untuk membuat program lain dengan bahasa yang digunakan adalah bahasa Pascal. Borland merilis Delphi tahun 1995 dengan memperluas bahasa secara bertahap yaitu mengubah Pascal ke dalam bahasa pemrograman visual. Delphi memperluas bahasa Pascal dalam sejumlah cara, yang meliputi banyak perluasan *object-oriented* yang berbeda. (Setiawan Y. , 2004)

Proses pembuatan program diperlukan sebuah perancangan atau desain program untuk memudahkan *user* dalam penggunaan program tersebut nantinya. Karena dalam prosesnya desain melibatkan proses-proses secara kompleks sehingga bentuk dari produk desain tersebut tergantung cara desainer dalam hal ini *programmer* dalam menghubungkan suatu proses dengan proses lainnya menggunakan pengetahuannya dan mengekspresikan keinginannya.

Dalam pembuatan sebuah aplikasi atau program sederhana secara prinsip terdapat tiga tahapan sebagai berikut:

1. Perancangan antarmuka secara visual.
2. Penulisan kode untuk melakukan tindakan tertentu.
3. Dilakukan kompilasi kode Delphi dan pembentukan *file* yang dapat dieksekusi (*file.exe*).

Perancangan secara visual merupakan tahapan yang sangat penting dilakukan. Hal ini guna memudahkan *programmer* dalam pembuatan program. Tidak lain adalah karena pada kenyataannya banyak hal terjadi bahwa *programmer* mampu menciptakan antarmuka pemakai yang jauh lebih menarik dan mudah digunakan tanpa perlu menggunakan kode yang sangat rumit atau bahkan tanpa kode sekalipun. (Kadir, 2013)

2.5.2. Integrated Development Environment (IDE)

Untuk pembukaan jendela awal program Borland Delphi tampak serangkaian tampilan terintegrasi dengan berbagai pilihan tombol perintah yang dapat digunakan untuk perancangan serta pengujian aplikasi dan memudahkan pengembangan suatu program dengan waktu yang lebih singkat. Untuk IDE memiliki berbagai macam bagian sebagai berikut :

1. *Form Designer*

Merupakan suatu objek kerja atau jendela kosong yang digunakan sebagai tempat perancangan suatu program aplikasi.

2. *Component Palette*

Berupa komponen yang menampilkan menu-menu secara visual maupun nonvisual yang digunakan untuk perancangan *interface* sebuah program.

3. *Object Inspector*

Digunakan untuk mengubah karakteristik dan property. Terdiri dari dua tab yaitu *properties* dan *event*.

4. *Object Tree View*

Untuk menampilkan dan mengubah hubungan komponen logika.

5. *Code Editor*

Penulisan dan edit dasar logika program.

6. *Project Manager*

Digunakan untuk pengelolaan sebuah atau lebih suatu *project*.

7. *Integrated Debugger*

Penemuan dan perbaikan kesalahan dalam kode yang telah dilakukan.

8. *Many Other Tools*

Editor suatu properti dalam perubahan nilai-nilai obyek.

9. *Command-lines Tools*

Pemberitahuan pada baris kesekian untuk kesalah penulisan kode program termasuk *compilers*, *linkers* dan kegunaan lainnya.

10. *Extensive Class Libraries*

Library yang luas dengan banyaknya obyek yang dapat digunakan kembali dan dapat diakses dari *Component Pallette*.

2.5.3. **Procedure dan Fungsi**

Dalam pemrograman Pascal dapat diasumsikan dua bentuk yang biasa dinamakan dengan prosedur dan fungsi. Prosedur merupakan suatu operasi dimana *user* atau *programmer* menginginkan komputer untuk melaksanakan suatu perintah. Sedangkan fungsi adalah perhitungan yang mengembalikan suatu nilai. Untuk melakukan deklarasi prosedur ataupun fungsi maka diperlukan penetapan nama, jumlah dan tipe parameter yang digunakannya, sedangkan dalam sebuah fungsi tipe nilai balik ditetapkan.

Sedangkan untuk masuk ke dalam penulisan kode terlebih dahulu adalah dengan menuliskan deklarasi pada bagian *var*. *Var* dalam hal ini dapat dikatakan sebagai variabel-variabel yang digunakan dalam penulisan kode program. Seluruh variabel dituliskan dengan jenis tipe variabel tersebut. Pada bagian kedua adalah permulaan untuk perumusan kode program yang ditandai dengan penulisan *begin*. Bagian terakhir adalah untuk mengakhiri sebuah penulisan kode program dapat dengan menuliskan *end*. *Compiler* Pascal mengabaikan *case-character* yaitu tidak membedakan huruf kapital dan huruf biasa, oleh karena itu identifier penulisan semuanya adalah ekivalen atau sama. Hal ini secara definisi adalah sangat

positif karena dalam bahasa *case-sensitive* terdapat banyak kesalahan sintaks yang disebabkan oleh *incorrect-capitalization*. (Setiawan Y. , 2004)

2.5.4. Format Data Internal

Dalam sebuah penulisan kode program terdapat banyak tipe data yang berbeda. Perbedaan tipe data tersebut tergantung dengan penggunaan fungsi tipe tersebut. Terdapat 18 tipe data pada obyek pascal. Namun tipe data yang umum digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tipe Integer : Merupakan format variabel tipe integer bergantung paa batas maksimum dan minimum.
2. Tipe Real : Digunakan untuk penyimpanan representasi biner.
3. Tipe Double : Bilangan untuk *Double* 8-byte dibagi dalam tiga *field*.
4. Tipe Array : Komponen yang digunakan untuk penyimpanan memori.

2.5.5. Program dan Unit

Dalam folder sebuah *project* yang menggunakan pemrograman delphi memiliki jenis-jenis *file* yang memiliki masing-masing informasi sebagai berikut:

1. *.pas : *source file* dan tersimpan kode pascal yang telah ditulis.
2. *.dpr : *project file* untuk menggabungkan sebuah maupun lebih *source file*.
3. *.dcu : Membuat terhubung antar beberapa *form* dengan *form* lainnya.
4. *.dfm : Berisi informasi mengenai data-data *form*.
5. *.res : *file* yang secara terus-menerus *update* dan tidak bisa diubah oleh pemakai.
6. *.dof : *Icon* aplikasi dapat diubah dan datanya disimpan pada *file* ini.
7. *.exe : Merupakan aplikasi *file* setelah *compile* program dilakukan. File inilah yang nantinya dapat langsung digunakan oleh *user* dalam menggunakan program.

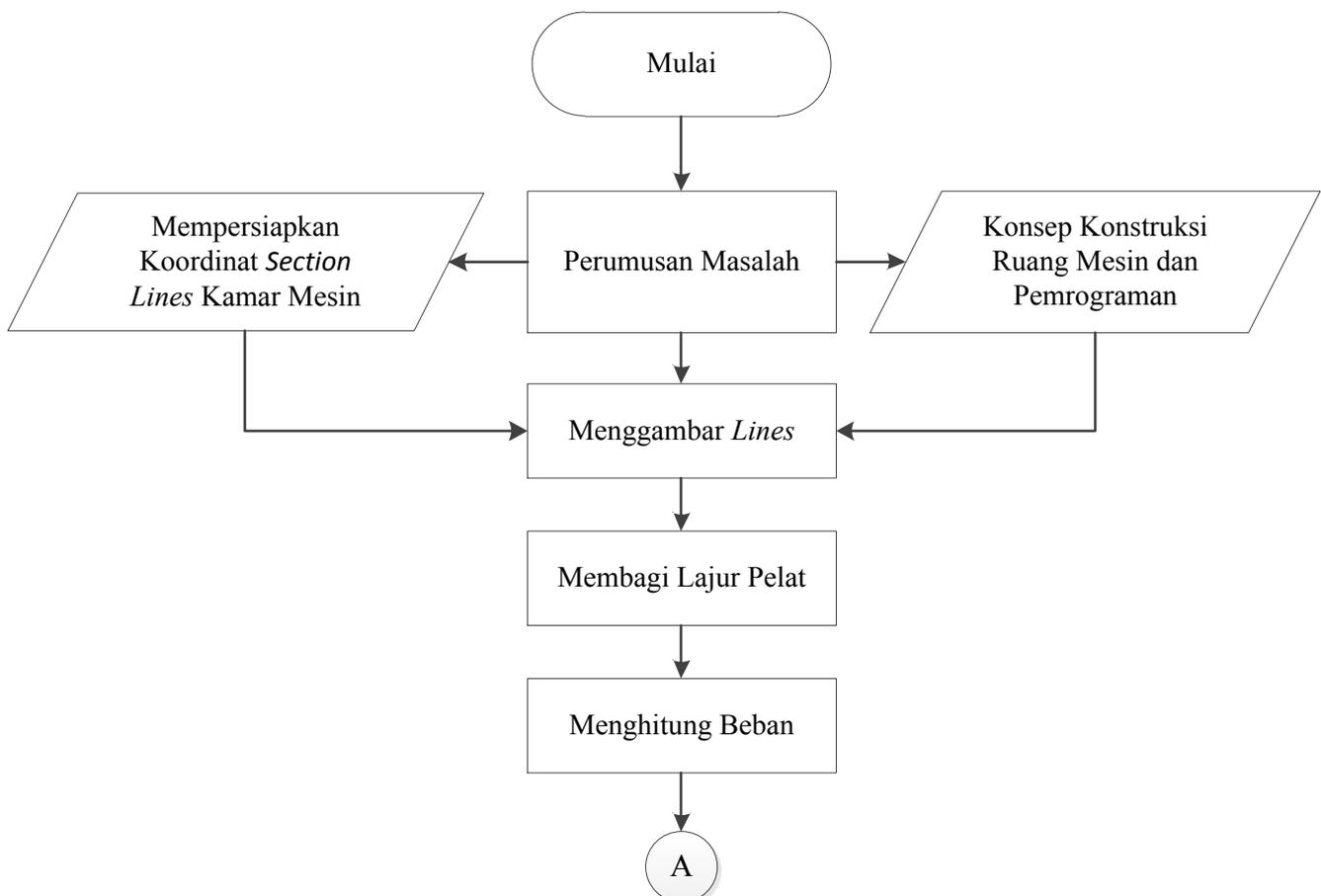
--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

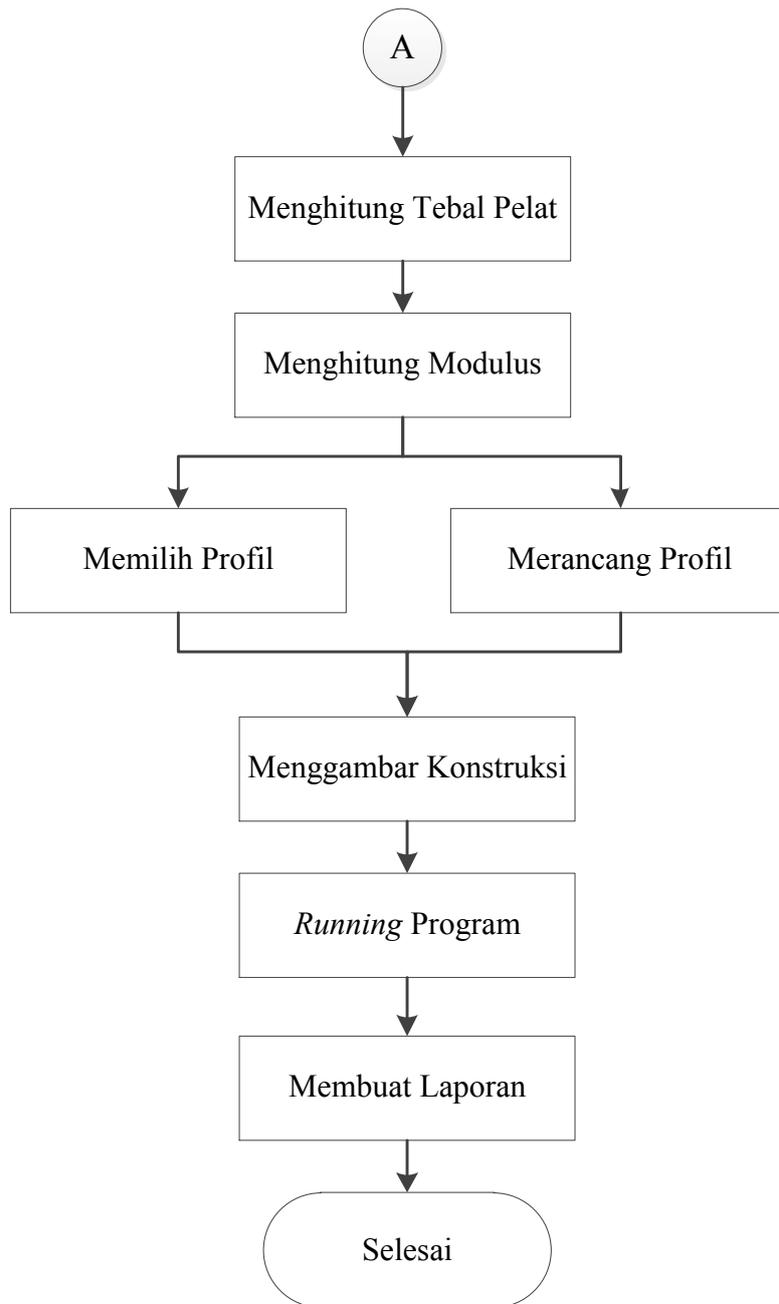
BAB III METODOLOGI

Pada bab metodologi ini dibahas mengenai pengerjaan tugas akhir yang dimulai dengan perumusan masalah, menambah studi literatur serta konsep konstruksi kapal ruang mesin dan bahasa pemrograman, melakukan perhitungan beban hingga penggambaran konstruksi kamar mesin. Bab III ini menjabarkan pula mengenai jalannya program (*software*) dari *input* data hingga menghasilkan perhitungan dan gambar konstruksi kamar mesin untuk gading kecil.

3.1. Diagram Alir Pengerjaan

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini tergambaran sesuai dengan diagram alir berikut:



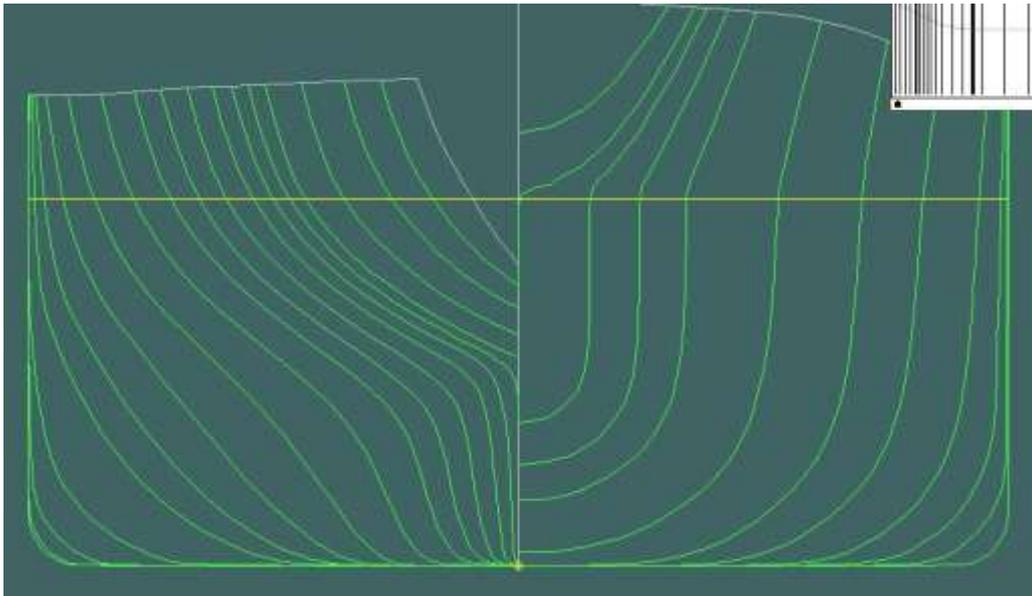


Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.1.1. Koordinat Line section

Dalam perhitungan konstruksi kamar mesin, hal yang menjadi dasar perhitungan adalah bentuk potongan melintang dari bagian kamar mesin yang akan dilakukan perhitungan. Pengerjaan tugas akhir ini dimulai dengan mengumpulkan *lines* dari kapal *tanker*. Untuk *lines* yang digunakan acuan dalam pembuatan *software* ini adalah kapal *tanker* jenis VLCC (*Very Large Crude Carrier*) yang menjadi *ship model* pada *software Maxsurf*.

Lines yang digunakan adalah bagian *body plan* dan untuk yang berada pada rentang $0 \leq x/L \leq 0,2$ sesuai Biro Klasifikasi Indonesia *Section 4* yaitu pada wilayah *after* kapal tersebut. Namun untuk rentang *line section* tidak sampai $x/L = 0,2$ karena pada rentang tersebut telah di luar bagian kamar mesin. Bentuk *lines body plan* kapal VLCC dalam *software Maxsurf* yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan tugas akhir seperti terlihat pada Gambar III.1 *Body Plan* kapal VLCC dari *ship model* pada *Maxsurf* di bawah ini:



Gambar 3.2 *Body Plan* kapal VLCC dari *ship model* pada *Maxsurf*

3.1.2. Perhitungan Konstruksi

Tahapan paling banyak dilakukan adalah untuk perhitungan konstruksi. Hal tersebut dikarenakan banyaknya persyaratan dan bagian yang dihitung. Diperlukan ketelitian dalam memperhatikan persyaratan yang diberikan. Langkah awala adalah dengan gambar sebagai parameter masukan dalam rumus-rumus perhitungan. Untuk perhitungan konstruksi pada keseluruhan gading kecil kamar mesin melibatkan rumus perhitungan alas, sisi dan geladak.

Masing-masing bagian kapal tersebut yang dihitung sesuai peraturan Biro Klasifikasi Indonesia untuk mendapatkan profil konstruksi kapal adalah:

1. Perhitungan beban [*Section 4*]

Pembahasan perhitungan beban dilakukan untuk pelat, penegar dan penumpu. Kamar mesin sesuai dengan *Section 8.6.1* memberikan persyaratan untuk memasang wrang pelat pada setiap gading di alas ganda jika sistem konstruksi melintang digunakan. Karena wrang pelat diwajibkan penggunaannya di kamar mesin sehingga sistem konstruksi yang digunakan di kamar mesin adalah sistem konstruksi melintang.

Perhitungan beban untuk sistem konstruksi melintang, pada bagian alas kapal dilakukan perhitungan terhadap pelat. Untuk bagian sisi kapal terdapat perhitungan beban pelat sisi dan penegar (*main frame*). Bagian penumpu pada sisi dilakukan perhitungan beban pada senta sisi, namun karena tidak ada persyaratan langsung perhitungan senta sisi maka sesuai *Section 9.A.6* disebutkan bahwa perhitungan senta sisi sama dengan perhitungan gading besar. Sedangkan untuk bagian geladak baik itu *main deck* atau *tween deck* diperlukan perhitungan untuk pelat geladak, penegar (*deck beam*) dan penumpu (*side girder*).

Sesuai dengan bahasan pada Bab I yang telah disebutkan bahwa perhitungan dan penggambaran konstruksi penampang melintang kamar mesin pada bagian gading kecil saja. Hal ini memberikan batasan untuk penggambaran gading besar karena untuk perhitungan gading besar tentunya akan dilakukan perhitungan terhadap gading besar (*web frame*) itu sendiri beserta kantilever. Kemudian perhitungan balok besar (*strong beam*) dengan terpasangnya kantilever tersebut.

2. Perhitungan tebal [*Section 6*]

Tahapan selanjutnya adalah perhitungan tebal yang berdasarkan pada perhitungan beban sebelumnya. Untuk mendapatkan tebal pelat yang dipakai disesuaikan persyaratan yang telah mensyaratkan tebal minimum maupun tebal maksimum. Perhitungan tebal terdapat pada masing-masing bagian kapal baik itu pada alas, alas dalam, sisi dan geladak kapal.

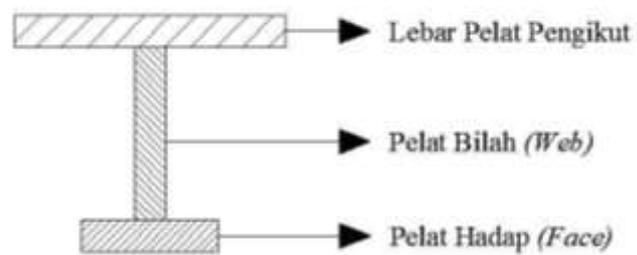
3. Perhitungan modulus [*Section 8 – Section 10*]

Dalam pengerjaan perhitungan modulus disesuaikan dengan perancang konstruksi tersebut. Yang dilakukan perhitungan modulus sesuai dengan yang dipaparkan Bab I dan sub bagian pada perhitungan beban Bab III ini. Untuk modulus pada gading kecil kamar mesin pada akhirnya menghasilkan ukuran profil yang akan digunakan dalam konstruksi tersebut. Yang perlu dihitung adalah modulus *Main Frame*, *deck beam*, *girder* dan *docking profile*.

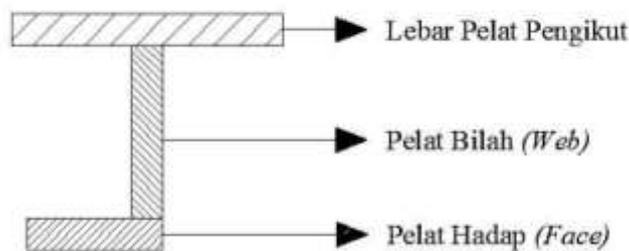
Keseluruhan perhitungan yang telah dijabarkan di atas dilakukan secara *trial and kesalahan* secara satu persatu langsung dalam penulisan pemrogramannya. Dilakukan pencocokan hasil antara hasil perhitungan pada program dengan hasil yang dilakukan secara manual. Dalam hal ini menggunakan *Microsoft Excel*.

3.1.3. Pemilihan Profil dan Perancangan Profil

Pengerjaan tugas akhir setelah didapatkan nilai modulus terdapat 2 cara dalam menentukan profil yang digunakan dalam konstruksi. Untuk profil dengan jenis profil L (*angle bar*) dapat langsung mengambil dari katalog yang terdapat pada BKI *Annex I* dengan ketentuan nilai modulus yang diambil harus berada di atas nilai modulus minimal yang disyaratkan. Dalam pengerjaan tersebut diperlukan pembuatan semacam *database* ukuran profil ke dalam program. Cara kedua adalah dengan perancangan profil jenis profil T. Pada proses ini ukuran yang menentukan adalah sesuai kebutuhan yang akan digunakan.



(a)



(b)

Gambar 3.3 Profil T (a) dan Profil L (b) yang Digunakan dalam Konstruksi

3.1.4. Proses Penggambaran

Untuk proses penggambaran hingga didapatkan gambar konstruksi penampang melintang kamar mesin kapal *tanker* dilakukan dalam 2 tahapan sebagai berikut:

1. Penggambaran *line section*

Sebelum dilakukan perhitungan diperlukan beberapa parameter untuk melakukan perhitungan dari awal hingga akhir. Parameter perhitungan tersebut berupa data ukuran utama kapal beserta bagian-bagian utama termasuk koordinat *line section*, data *input* untuk tinggi dan jarak-jarak bagian yang terbentuk dalam penampang melintang. Dari data ukuran

utama kapal dan bagian-bagian utama akan didapatkan sebuah sketsa gambar awal. Untuk ketentuan penggambaran *carter* mesin, program ini menggunakan keseragaman mesin yang digunakan sehingga untuk fungsi program hanya dapat digunakan dengan ketentuan mesin yang digunakan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Untuk ketentuan mesin yang digunakan dalam program ini yang berhubungan dengan *carter* mesin telah terlampir pada Lampiran IV Data Mesin. Dari sketsa gambar ini akan dilakukan perhitungan awal hingga pada perhitungan lajur pelat. Dari hasil perhitungan ini akan digambarkan pembagian lajur pelat sesuai dengan peraturan yang disyaratkan. Dari hal ini lah parameter didapatkan. Parameter tersebut adalah jarak-jarak serta letak yang digunakan untuk proses penggambaran berikutnya.

2. Penggambaran konstruksi

Pekerjaan perhitungan dan pemilihan profil secara keseluruhan selesai dijadikan parameter dalam proses penggambaran konstruksi kapal tersebut. Ukuran profil yang telah dipilih dan dirancang dapat digambarkan pada bagiannya masing-masing. Penggambaran konstruksi hanya dilakukan dalam bidang 2 dimensi secara tampak potongan melintang yaitu tampak dari depan. Lingkup bahasan tugas akhir ini hanya pada gading kecil sehingga gading besar tidak perlu dilakukan penggambaran. Meskipun gading besar tidak digambar namun tetap dilakukan perhitungan, hal ini karena untuk penggambaran senta sisi kapal menggunakan rumus perhitungan gading besar. Sesuai yang disyaratkan dalam BKI bahwa perhitungan senta sisi kamar mesin seharusnya sama dengan perhitungan gading besar. Begitu pula untuk kantilever tidak dilakukan penggambaran namun untuk senta sisi tetap digambar. Namun meskipun Sehingga proses penggambaran untuk konstruksi pun sebatas pada gading utama, balok geladak, penumpu dan *docking profile*.

3.1.5. Running Program

Dalam bahasan sub bab mencoba program ini merupakan salah satu tahapan yang paling penting. Dengan adanya percobaan terhadap program dapat memberikan hasil bahwa program yang dibuat dalam tugas akhir ini sudah sesuai dengan tujuan yang akan dicapai atau bahkan belum memenuhi tujuan. Selain mencapai tujuan dapat diketahui kekurangan maupun kelebihan karena digunakannya program. Untuk kedua hal tersebut akan lebih rinci dibahas dalam bahasan bab selanjutnya.

Mencoba program ini dilakukan dengan melakukan masukan atau inputan *line section* kemudian melakukan perhitungan, pemilihan profil hingga pada hasil akhir yaitu berupa gambar

konstruksi penampang melintang kamar mesin secara 2 dimensi. Hasil gambar yang ada dalam program ini nantinya dapat dilakukan penyimpanan sebagai gambar dengan format jpg. sehingga hasil gambar tersebut dapat dicetak. Untuk percobaan pada program ini digunakan pula beberapa jenis *line section* yang bertujuan untuk memberikan kondisi berbeda-beda bentuk dari koordinat *lines* untuk tetap dapat dilakukan perhitungan dan penggambaran konstruksi.

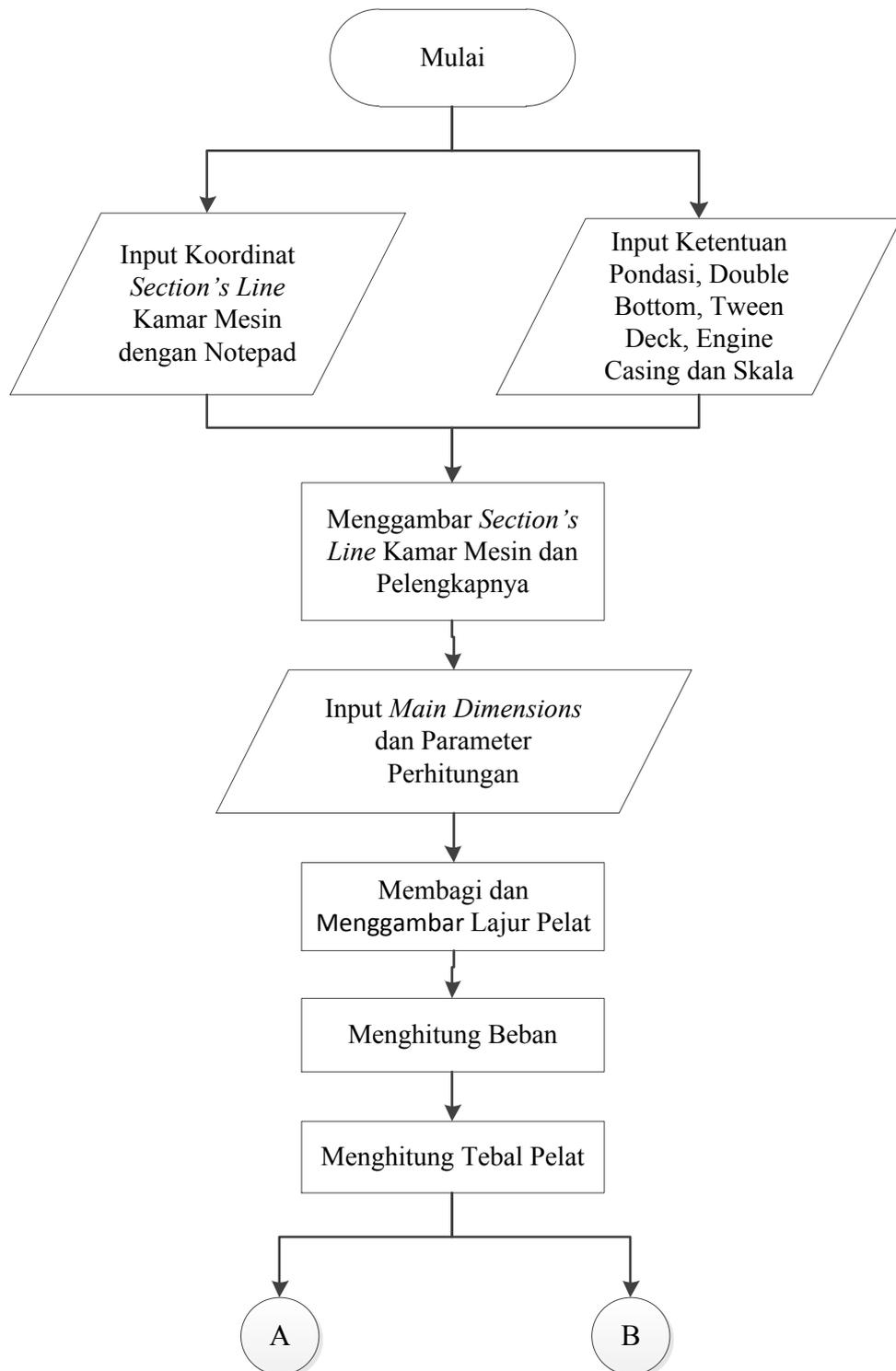
Percobaan program ini dilakukan tidak hanya ketika keseluruhan program telah jadi melainkan ketika awal dilakukan penulisan bahasa pemrograman langsung dicocokkan dengan hasil yang seharusnya didapat. Hal ini dapat menjadikan lebih mudah untuk dilakukannya cek ulang bila terjadi kesalahan. Setiap proses percobaan program selalu dilakukan *back up* data agar bila penulisan program salah dan tidak jadi digunakan dapat kembali pada kondisi sebelum dilakukan perbaikan. Untuk membandingkan atau mencocokkan hasil percobaan program biasa dilakukan dengan perhitungan manual dalam *Microsoft Excel* ataupun dapat dilihat dari gambar diagram (untuk perhitungan yang melibatkan gambar diagram grafik).

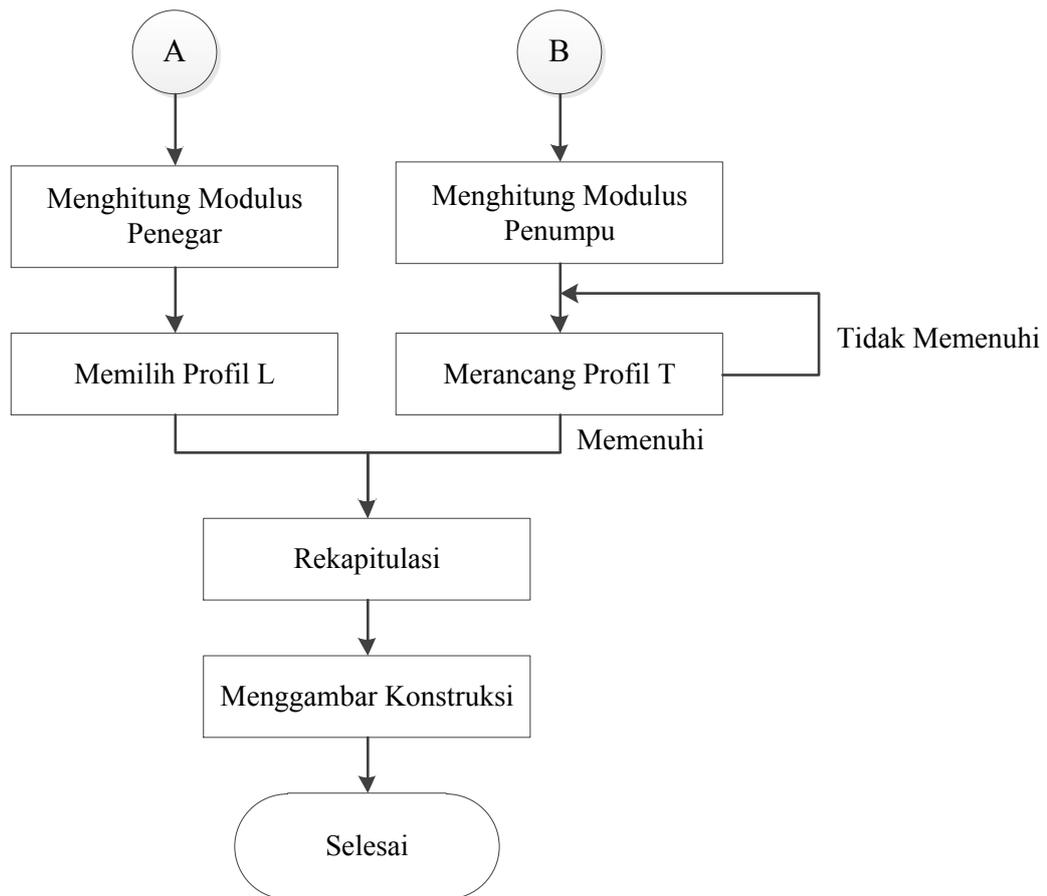
3.1.6. Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan adalah tahapan terakhir dalam pengerjaan tugas akhir. Namun untuk pengerjaannya tidak sepenuhnya di akhir setelah percobaan program selesai. Pengerjaan laporan dimulai ketika awal pengambilan tugas akhir dengan penyusunan hingga pada Bab III untuk pembahasan metodologi penelitian. Untuk selanjutnya dilakukan pengembangan yang lebih sesuai dan tepat sesuai substansi tugas akhir yang dikerjakan.

Dalam pembuatan program, laporan dibuat berbeda karena tidak ada pembahasan mengenai analisis penelitian. Sehingga untuk konten dalam analisis diganti dengan adanya langkah-langkah pengerjaan dalam penyelesaian permasalahan yang ada. Dengan penyelesaian tersebut dapat diketahui pembahasan apa saja kekurangan yang dilakukan bila penyelesaian menggunakan suatu metode yang telah dipilih.

3.2. Diagram Alir Program



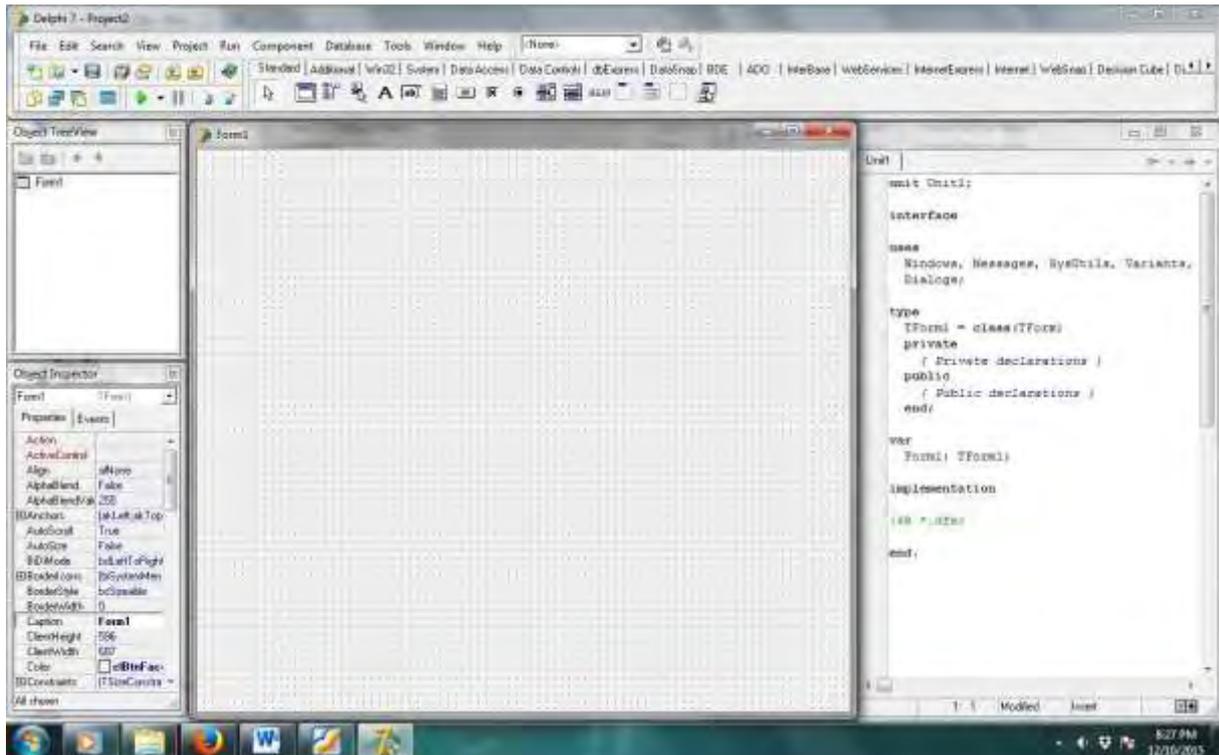


Gambar 3.4 Diagram Alir Program Tugas Akhir

Pembahasan dalam sub bab ini mengenai proses pengerjaan program yang merupakan langkah dalam pengerjaan serta penyelesaian program mulai dari penggambaran awal, perhitungan hingga penggambaran konstruksi. Dalam penyelesaian program tugas akhir ini berdasarkan pada peraturan standar Biro Klasifikasi Indonesia. Berikut adalah urutan tahapan dalam penyelesaian program dan metode-metode yang digunakan.

3.2.1. Interface Program

Tampilan atau biasa disebut dengan *interface* merupakan salah satu bagian terpenting yang harus diperhatikan dalam pembuatan program. Karena selain untuk memudahkan *user* dalam menggunakan program tersebut, tampilan yang praktis akan memberikan kesan lebih mudah dalam penggunaannya. Langkah awal adalah membuat pemetaan bagian-bagian apa saja yang akan dibuat, poin-poin yang akan dimasukkan pada bagian tersebut sehingga tujuan pembuatan program tersebut lebih menarik dan mudah digunakan. Untuk pembuatan program baru berasal dari tampilan kosong (*form*) seperti yang ditampilkan pada Gambar III.4 Tampilan Awal dalam Pembuatan Program Baru.



Gambar 3.5 Tampilan Awal dalam Pembuatan Program Baru

Dengan tampilan awal tersebut dibuat pembagian halaman kemudian menambahkan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam tiap bagian tersebut. Pembagian komponen pada masing-masing halaman dilakukan secara berurutan untuk memudahkan pemahaman terhadap penggambaran *line section*, perhitungan hingga pada penggambaran konstruksi. Pembagian halaman tersebut sebagai berikut:

1. *Splash Screen* : Halaman awal sebelum program berjalan
2. *Section* : Halaman awal untuk menggambar sebagai parameter
3. *Plating Arrangement* : Halaman untuk pembagian lajur pelat dan memasukan data utama kapal
4. *Load Calculations* : Halaman untuk keseluruhan perhitungan beban
5. *Thickness Calculations* : Halaman untuk keseluruhan perhitungan tebal pelat
6. *Modulus Calculations* : Halaman untuk keseluruhan perhitungan modulus
7. *Profile Selection* : Halaman untuk pemilihan profil L (*angle bar*)
8. *Profile Design* : Halaman untuk perancangan profil T
9. *Recapitulation* : Halaman untuk menampilkan hasil perhitungan

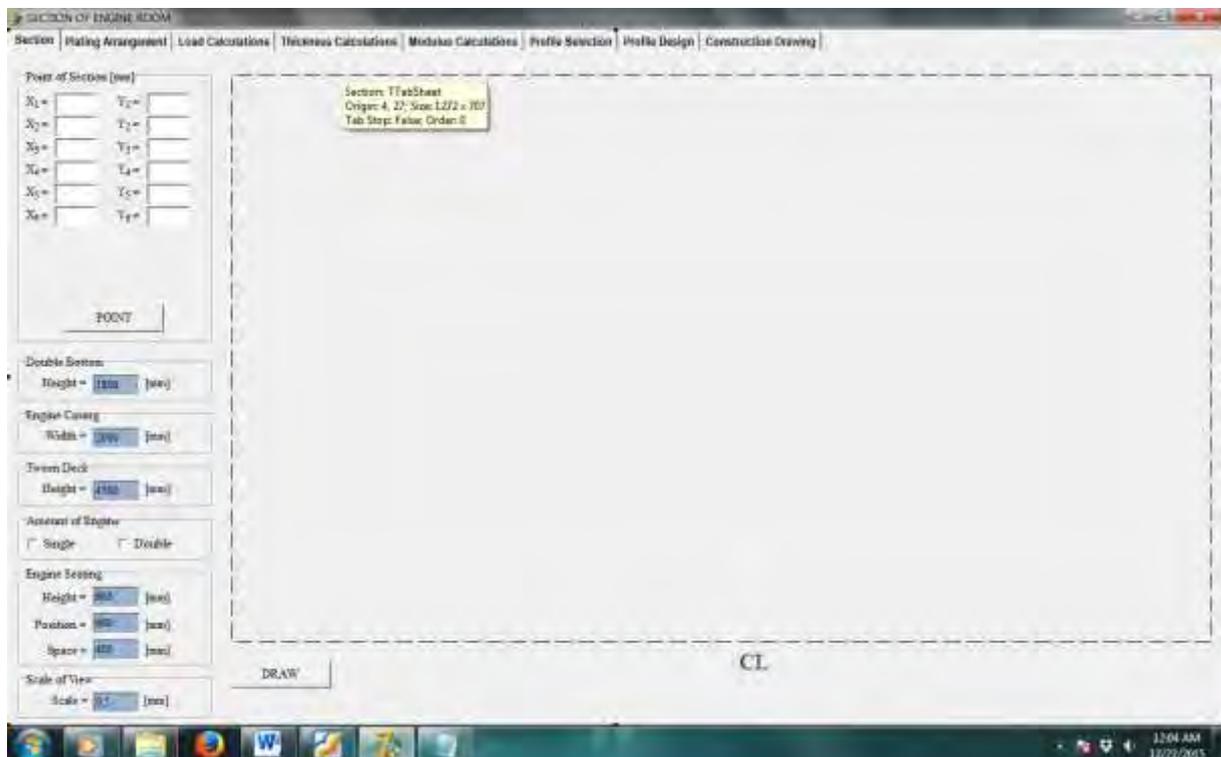
10. *Construction Drawing* : Halaman untuk menampilkan hasil gambar konstruksi

3.2.2. Penggambaran Awal

Penggambaran dilakukan dengan memberikannya faktor skala. Skala ini digunakan untuk memudahkan *user* dalam melihat tampilan gambar karena dapat dilakukan pembesaran maupun lebih kecil. Gambar ditampilkan dalam bidang sebuah bitmap secara 2 dimensi untuk membuat pandangan gambar. Dalam menggambar semua angka hasil perhitungan rumus-rumus dilakukan konversi terhadap integer. Komponen utama penggambaran awal adalah *line section* dengan cara interpolasi persamaan. Hasil persamaan dari interpolasi masukan data koordinat tersebut nantinya dijadikan acuan parameter untuk menggambar bagian-bagian lain pada *section* tersebut.

Penentuan gambar berdasarkan pusat koordinat ditentukan pada pusat yang dijadikan perpotongan antara *centerline* dengan *baseline*. Dalam proses penggambaran awal ini disertakan untuk sumbu semu yaitu untuk garis yang menunjukkan gambar simetris dengan tipe garis strip titik sehingga hanya memerlukan separuh gambar saja. Kemudian untuk penggambaran garis tinggi kapal digunakan tipe garis putus-putus sebagai tanda garis bayangan pada bagian tersebut.

Langkah penggambaran awal dilakukan pada tampilan awal program yaitu halaman *section* sesuai pada Gambar III.7 Tampilan Penggambaran Awal.



Gambar 3.6 Tampilan Penggambaran Awal

Sedangkan cara penggambaran pun terdiri dari berbagai macam cara tergantung dari bagian apa yang akan digambar. Untuk menggambarkan garis lurus menggunakan fungsi gambar pada Delphi yaitu penentuan titik pusat dengan menuliskan pada program yaitu *move to* kemudian menentukan titik akhir penggambaran dengan penulisan program *line to*. Untuk penggambaran garis lengkung dengan perintah yang sama yaitu *move to* dan *line to* hanya saja untuk titik-titik penggambaran berupa fungsi dari perulangan. Ada beberapa gambar langsung menggunakan perintah dari Delphi itu sendiri seperti gambar lingkaran dan persegi.

3.2.3. Perhitungan

Ketika melakukan perhitungan hal yang perlu dilakukan adalah rumus-rumus yang digunakan. Selain data koordinat *line section* perlu melakukan masukan pada data ukuran utama dan komponen-komponen lainnya. Menulis program bagian perhitungan perlu memperhatikan formulasi matematika. Penggunaan tanda kurung yang benar, perintah-perintah matematika dalam program Pascal harus sesuai dengan yang digunakan pada bahasa pemrograman Pascal. Kemudian untuk persyaratan yang digunakan karena dalam peraturan Biro Klasifikasi Indonesia terdapat banyak persyaratan yang harus dipenuhi. Dalam sebuah kondisi dapat tentu memiliki banyak persyaratan yang harus diikuti. Keseluruhan perhitungan baik itu untuk perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan hasil keluaran maupun yang menghasilkan gambar dapat dilakukan secara bersamaan hanya saja untuk perintah menampilkan hasil dengan gambar yang berbeda.

Dalam pembulatan terdapat beberapa penyesuaian terhadap program Delphi. Untuk hasil perhitungan yang dengan hasil keluaran berupa angka diberikan pembulatan dengan tipe data *real*. Sedangkan untuk menggambar hasil perhitungan dilakukan konversi ke tipe data integer. Untuk memudahkan *user* dalam melakukan perhitungan serta mendapatkan pemahaman mengenai perhitungan konstruksi adalah ketika dihadapkan dengan perhitungan yang membutuhkan pilihan sebagai syaratnya. Oleh karena itu dibuat untuk pilihan sehingga *user* hanya tinggal melakukan klik untuk kondisi yang diinginkan sehingga langsung didapatkan hasilnya dan telah tertera pada *edit box* maupun tabel yang difungsikan untuk menampilkan hasil perhitungan. Selain itu terdapat beberapa perhitungan yang dilakukan secara bersamaan dalam hal ini adalah dalam satu tombol perintah, yaitu *user* dapat menekan tombol *calculation*.

3.2.4. Penentuan Pemilihan dan Perancangan Profil

Tahap selanjutnya merupakan pembuatan penulisan program dalam penentuan profil yang akan digunakan untuk profil L maupun profil T. Untuk profil L pengerjaannya dilakukan

membuat tabel untuk *database* sederhana yang memiliki tujuan utama menampilkan ukuran-ukuran profil L tersebut agar mudah dilihat oleh *user* sehingga *user* hanya memasukkan besarnya nilai modulus profil L tersebut. Tabel yang berisi nilai modulus dan ukuran profil dari pelat hadap, pelat bilah dan tebal profil tersebut dirancang dengan jumlah baris yang lebih. Hal ini difungsikan bila *user* ingin memasukkan ukuran profil L selain yang ada dalam daftar tabel profil L tersebut.

Sedangkan profil T dibuat dengan cara manual yaitu memasukkan ukuran profil T kemudian nanti program tersebut secara otomatis akan melakukan pengecekan untuk perancangan profil tersebut telah memenuhi persyaratan minum sesuai Biro Klasifikasi Indonesia. Tampilan perhitungan dalam merancang profil T sesuai pada tampilan

3.2.5. Rekapitulasi

Penyelesaian rekapitulasi hanya dengan menempatkan pada tabel untuk hasil-hasil perhitungan hingga pada pemilihan profil yang digunakan untuk penggambaran. Kunci utama penyelesaiannya hanya pemahaman terhadap hasil pada *edit box* dan kolom serta baris yang digunakan untuk menampilkan hasil.

3.2.6. Penggambaran Konstruksi

Penggambaran konstruksi profil kapal dapat dimulai dengan merepresentasikan ukuran profil yang telah dilakukan rekapitulasi. Kunci utama pada penggambaran adalah koordinat titik dari titik pusat gambar sampai pada gambar yang diinginkan. Koordinat titik hanya berpacuan pada koordinat x dan y. Pada program Delphi ini koordinat x dan y seperti pada bidang kuadran IV hanya saja ketika pada kuadran IV ini koordinat x dan y bernilai negatif (berkurang), namun pada program Delphi koordinat x dan y tersebut bernilai positif dan bertambah ketika semakin ke bawah.

Program telah ditentukan titik pusat koordinat penggambaran yaitu pada titik (550 , 550) dalam tipe bitmap. Titik tersebut sebagai titik perpotongan *centerline* dengan *baseline*. Sehingga untuk melakukan gambar lainnya perlu pengurangan koordinat dari koordinat pusat awal tadi. Hal ini telah dilakukan sejak penggambaran awal, penggambaran konstruksi ini hanya penyempurnaan untuk melengkapi gambar konstruksi. Bila terdapat penambahan gambar dari gambar awal, untuk keseluruhan perhitungan dan prosedur dalam penggambaran dilakukan *copy* pada *button* yang digunakan untuk penggambaran tambahan tersebut ditambah dengan perhitungan untuk penggambaran yang baru.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BAB IV PERANCANGAN PROGRAM DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan sebuah program (*software*) diperlukan adanya perancangan dalam mengerjakan penulisan bahasa program. Langkah-langkah yang digunakan untuk mendapatkan suatu tujuan yang akan dicapai. Pada pembahasan Bab IV ini akan diberikan penjelasan mengenai perancangan program tersebut agar dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Metode numerik semacam ini dapat digunakan untuk penanganan sistem persamaan dan permasalahan-permasalahan rekayasa yang tidak mungkin dipecahkan secara analitis. Kemudian dalam penanganan galat suatu nilai pendekatan dan dapat menjadi penyederhanaan operasi ilmu matematika namun tetap memiliki nilai galat dalam hasilnya.

4.1. Input Data Koordinat Line section

Pembuatan program konstruksi penampang melintang kamar mesin dilakukan dengan langkah pertama yaitu memberikan masukan (*input*) berupa data koordinat dari *line section* yang akan dilakukan perhitungan dan penggambaran konstruksi. Pada program ini masukan data dapat dilakukan melalui 2 cara yaitu melalui *notepad* sehingga memiliki tipe *file* berupa teks atau txt dan langsung dalam program. Bentuk tampilan cara input data melalui *notepad* sesuai pada Gambar III.6 Cara Input Data Koordinat *Line section* Melalui *Notepad*.



Gambar 4.1 Cara Input Data Koordinat *Line section* Melalui *Notepad*

Cara pertama yaitu melalui *notepad* ini digunakan untuk mempermudah *user* program dalam melakukan pengetikkan dan pergantian terhadap koordinat tersebut. Koordinat yang

diketikkan secara berurutan adalah keseluruhan koordinat x hingga selesai kemudian keseluruhan koordinat y. Untuk masukan digunakan koordinat dari yang terendah hingga tertinggi. Sedangkan cara kedua dapat dilakukan lebih mudah bila *user* telah mendapatkan koordinat *lines* yang tepat dan akan digunakan.

Penyelesaian pada pembacaan teks secara per baris dari jenis *file* teks kemudian ditampilkan pada kotak yang biasa disebut dengan *edit box* pada halaman pertama program bernama *Section* dengan tampilan yang telah disesuaikan dengan koordinatnya. Untuk mekanisme pembacaan data koordinat tersebut pada program adalah dengan tahap awal *file* data dengan nama poin yang telah satu folder dengan program dilakukan pengambilan file. Setelah pengambilan data dilakukan *reset* awal sehingga pembacaan nantinya dilakukan mulai dari baris pertama hingga pada baris ke dua belas (jumlah koordinat x dan y sebanyak 12 buah). Tahap selanjutnya adalah pembacaan data sepanjang tersebut dengan fungsi *increment* yaitu pembacaan dari baris ke-1, kemudian lanjut baca data pada baris ke-2 dan begitu seterusnya hingga data pada baris ke-12. Sampai akhir *file* kemudian menampilkan data tersebut ke program lalu menutup *file* dari *notepad* tersebut secara otomatis. Cara seperti ini selain memudahkan *user* dalam input data koordinat, menjadikan program lebih ringan.

Selain koordinat yang dilakukan *input* terdapat beberapa data yang dimasukkan pula sebagai parameter utama lainnya. Keseluruhan masukan awal ini menggunakan satuan mm dan terdapat 2 buah *button* sebagai pilihan terhadap suatu kondisi. Masukan awal tersebut adalah mengenai tinggi dasar ganda, mesin, dudukan mesin, jarak masukan mesin (*engine casing*) dan skala gambar.

4.2. Penggambaran Awal

Untuk membuat gambar bentuk *lines* diperlukan sebuah fungsi persamaan untuk melakukan interpolasi terhadap titik-titik koordinat yang telah dimasukkan tersebut. Karena untuk metode *linear* pada umumnya memiliki sifat tidak dapat menangani masalah dengan kendala kesetaraan *nonlinear*, karena hal ini melibatkan kompleksitas yang cukup tinggi dan terpengaruh secara substansial dari turunan. Metode baru disebut sebagai metode pengganda, di mana gagasan hukuman digabung dengan filosofi primal-dual Lagrangian. Istilah hukuman kuadrat ditambahkan bukan untuk fungsi dengan tujuan dari *equality constraint problem* melainkan untuk fungsi Lagrangian $L = f + \lambda'h$ sehingga membentuk fungsi Lagrangian yang ditambah. (Bertsekas, 1982)

Ketika persamaan untuk *lines* telah didapatkan maka langkah selanjutnya adalah penggambaran bagian-bagian utama lainnya yaitu:

1. Dasar ganda
2. Geladak kedua
3. Geladak utama
4. *Chamber*
5. Dudukan mesin

4.2.1. Penggambaran Line section

Pada bagian dasar ganda, geladak kedua, geladak utama dan *chamber* untuk menggambar dilakukan dengan menggunakan fungsi persamaan Polinomial Lagrange. Sedangkan untuk dudukan mesin tidak perlu menggunakan persamaan fungsi karena hanya penentuan letak saja pada dasar ganda. Penggunaan persamaan fungsi polinomial sesuai dengan perumusan pada bahasan Bab II rumus (II 2) namun dengan kondisi 6 titik koordinat sehingga dengan $n = 6$. Ini disebut dengan persamaan polinomial derajat 5 (lima). Dengan nilai variabel x diganti dengan variabel i perulangan.

Persamaan rumus (II 2) dimulai dengan nilai $n = 1$ untuk memudahkan mengingat koordinat yang digunakan sebanyak 6 buah titik dengan nilai i merupakan perulangan sepanjang koordinat x yang telah dimasukkan yaitu dari koordinat x_1 hingga pada x_6 . Rumusan Lagrange tersebut merupakan fungsi utama dalam proses penggambaran. Untuk penggambaran *line section* hanya menggunakan rumus tersebut dengan perulangan yang telah disebut. Kemudian proses gambarnya dari koordinat pusat yang ditentukan dalam program dan berakhir pada koordinat x_6 , $f(x)$. Dalam pemrogramannya menggambar, koordinat ini dilakukan keterbalikan koordinat yang telah dilakukan dari awal yaitu koordinat x menjadi koordinat y dan berlaku sebaliknya untuk mendapat tampilan *line* yang sesuai.

4.2.2. Penggambaran Bagian Pelengkap Line section

Dengan menggunakan data masukan berupa tingginya baik itu tinggi dasar ganda, tinggi geladak kedua, tinggi geladak utama dan *chamber*. Berikut ini adalah cara dalam menggambar tinggi dasar ganda.

- Dilakukan input tinggi dasar ganda dalam satuan mm

- Diberikan permisalan variabel untuk tinggi dasar ganda sebagai h_{DB} . Variabel h_{DB} ini sebagai parameter perulangan namun tidak dilakukan hitung berulang, bila dalam perumusan Lagrange di atas sebagai pengganti nilai untuk mendapatkan nilai koordinat y . Berikut ini perumusannya:
- Didapat koordinat $h_{DB}, f(x)$ kemudian menggunakan fungsi *move to* pada pusat penggambaran dalam hal ini adalah bagian tengah kapal (sumbu simetris *centerline*) kemudian menggunakan fungsi *line to* untuk menggambar garis sampai pada sisi kapal yaitu koordinat yang didapat tadi sebagai $h_{DB}, f(x)$. Namun di sini berlaku fungsi *if* sebagai kondisi bagian *line* tersebut terdapat dudukan mesinnya atau tidak, bila ada maka pusat gambar tinggi dasar ganda dimulai dari dudukan mesin hingga sisi kapal. Namun bila tidak, pusat tetap pada *centerline*.

Dengan cara yang sama, penggambaran geladak kedua, geladak utama setinggi H serta *chamber* sama dengan cara ini hanya saja untuk variabel menyesuaikan dengan tinggi masing-masing kebutuhan. Hanya saja untuk *chamber* diberikan perhitungan lebih yaitu fungsi y sebesar $1/50 B$ sebagai tinggi *chamber*. Dimulai dengan mencari besar sudut yang digunakan untuk melakukan perulangan sebanyak n . Berikut adalah rumus penyelesaiannya yang dapat dilakukan:

- $\theta = 90 (n/100)(\pi/180)$
- $x_{Chamber} = xH_{Chamber} \cos(\theta)$
- $y_{Chamber} = \frac{1}{50} \cdot 2 \cdot xH_{Chamber} \sin(\theta)$
- Kemudian dilakukan perulangan dari $n = 0$ hingga $n = 100$, dibuat sebanyak 100 untuk membuat gambaran nantinya lebih halus dan didapatkan garis model lengkung yang konstan.
- Namun di sini terdapat pilihan 2 kondisi yaitu untuk ada tidaknya *engine casing*. Bila terdapat *engine casing* maka rumus perulangan akan berhenti sampai pada lebar *engine casing* sehingga terdapat palkah yang digunakan untuk memasukkan *engine*. Namun bila kondisi kedua yang dipilih yaitu tanpa adanya lebar *engine casing* maka perulangan dilakukan hingga n maksimal dan menjadikan gambar nantinya tidak memiliki lubang palkah. Hal ini menandakan bahwa *line section* yang digambar tidak pada bagian yang digunakan untuk memasukkan *engine casing*.

Dudukan mesin tergantung dari jumlah mesin utama yang digunakan. Bila terdapat 1 buah mesin (*single*) maka hanya menggambar 1 buah dudukan mesin namun bila pilihan ada

pada 2 buah mesin (*double*) yang tergambar sebanyak 2 buah dudukan mesin. Untuk melakukan penyelesaian ini menggunakan *if* dengan pengkondisian yang akan dipilih *user*.

4.2.3. Penggambaran Lajur Pelat

Untuk penggambaran pembagian lajur pelat diberikan pada bagian alas, sisi , geladak utama, geladak kedua dan alas ganda. Metode yang digunakan dalam pembagian lajur pelat terdiri dari dua bentuk berikut ini:

1. Lajur pelat lurus

Pembagian lajur pelat untuk pelat yang hanya lurus dilakukan dengan mengetahui panjang bagian kapal dengan pelat lurus tersebut sekian mm. Hal ini lebih ke fungsi lebar alas kapal pada bagian tersebut. Kemudian dari hasil masukan data lebar pelat yang digunakan pada bagian tersebut (misalkan pada bagian alas kapal se memiliki lebar 10 m dari *centerline* hingga pada batas bagian lengkung *lines* dan lebar pelat yang akan digunakan sebesar 1.800 mm) digunakan sebagai acuan perhitungan. Sehingga cara perhitungannya adalah dengan melakukan pembagian antara lebar kapal dengan lebar pelat. Berikut adalah penyelesaiannya:

$$\begin{aligned} \text{Lebar kapal dengan pelat lurus 10 m} &= 10.000 \text{ mm} \\ \text{Jumlah pelat yang akan dipasang} &= (10.000 / 1.800) \text{ mm} \\ &= 5,55 \quad = 6 \text{ buah (dibulatkan)} \end{aligned}$$

Namun dalam hal ini diberikan kondisi persyaratan yang dibuat dalam program adalah agar sisa untuk lebar pelat minimal sebesar 600 mm. Untuk lebar pelat yang digunakan adalah sama kecuali bila terdapat pelat sisa maka masuk dalam kondisi persyaratan yang telah dijelaskan. Setelah perhitungan dan sesuai persyaratan maka dapat dilakukan penggambaran secara perulangan dengan tanda las-lasan yang telah ditentukan dalam program.

Untuk lajur pelat lurus terdapat pada bagian pelat alas kapal, pelat alas dalam dan pelat pada geladak kedua.

2. Lajur pelat lengkung tidak teratur (garis polinomial)

Dalam pembagian lajur pelat dengan *lines* yang tidak teratur memiliki persamaan dalam perhitungan jumlah pelat yang akan dipasang. Namun berbeda logika yang digunakan. Untuk poin kedua di sini seharusnya menggunakan prinsip integral. Hanya saja bila persamaan integral digunakan untuk mendapatkan panjang *lines* derajat 5

diperlukan persamaan secara langsung, sedangkan pada program ini persamaan pun didapat ketika masukan data koordinat *lines* didapatkan sehingga persamaannya pun mengalami perubahan pula. Oleh karena itu dilakukan percobaan dengan cara lain dalam penentuan rumus yang digunakan yaitu menggunakan prinsip integral namun dengan cara satu persatu. Cara tersebut menggunakan rumus Pythagoras yang dalam masing-masing selisih koordinat x dan masing-masing selisih koordinat y dalam perulangan pada rumus persamaan Polinomial Lagrange. Sesuai dengan teorema Pythagoras bahwa persegi panjang sisi miring dari segitiga siku-siku adalah sama dengan jumlah kuadrat dari panjang kakinya. (Corral, 2009)

Dari rumusan Pythagoras sesuai pada Bab II rumus (II-3) dilakukan perhitungan dengan sejumlah n adalah perulangan sepanjang koordinat awal hingga koordinat akhir. Dengan cara demikian nilai y didapatkan dari persamaan perulangan Polinomial Lagrange. Dilakukan perhitungan dengan rumus Pythagoras didapatkan nilai masing-masing z sepanjang rentang perulangan. Kemudian keseluruhan nilai z dilakukan penjumlahan. Total hasilnya adalah panjang *lines* yang digunakan parameter untuk perhitungan banyaknya pelat yang akan dipasang. Untuk cara perhitungan banyak pelat disesuaikan dengan adanya pembagian pada lajur pelat untuk *sheerstrake* dengan mengurangi total hasil panjang *lines* dengan lebar pelat *sheerstrake* dahulu kemudian untuk *bilge strake* hingga ke bagian sisi. Prinsip caranya berbeda yaitu ketika diinginkan lebar pelat yang sesuai hasil perhitungan dan masukkan maka secara otomatis akan mengetahui pada nilai z ke sekian, dengan diketahuinya nilai z tersebut didapat pula nilai koordinat (x,y) lebar pelat harus berhenti. Pada koordinat itu lah digambar lajur pelat kemudian secara otomatis terhitung bahwa jarak koordinat dengan *baseline* sebagai z untuk perhitungan beban sisi pelat. Untuk lajur pelat lengkung tidak teratur terdapat pada bagian pelat sisi, lajur sisi atas dan lajur bilga.

Sedangkan untuk bagian *chamber* yaitu pada *main deck* merupakan garis lengkung. Cara perhitungannya sama dengan lajur pelat lengkung hanya saja untuk koordinat (x,y) tidak didapatkan dari yang ada pada persamaan Polinomial Lagrange melainkan dari rumus perulangan seperempat lingkaran.

Penulisan kode program untuk pembagian lajur pelat bentuk garis polinomial ketika melakukan pemunculan nilai yang diinginkan menggunakan fungsi *array*. Fungsi ini untuk memasukkan nilai yang digunakan ke dalam suatu rentang. Ketika kondisi yang diinginkan tercapai maka fungsi ini akan diatur untuk menunjukkan otomatis koordinat,

nilai maupun jumlah yang diinginkan yang berada pada rentang yang sama. Persyaratan dalam penggunaan fungsi ini adalah memiliki rentang panjang yang sama atau biasa disebut dengan istilah *set length* yang sama panjang.

4.3. Perhitungan

Perhitungan merupakan komponen dalam program yang paling banyak dilakukan dan menjadi landasan utama dalam tujuan tugas akhir ini. Perhitungan dengan penulisan rumus-rumus yang telah dijelaskan dalam bahasan Bab II dituliskan sesuai dengan persyaratan-persyaratan yang diberikan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Masing-masing perhitungan program ini terdapat banyak variabel yang digunakan untuk membantu proses selanjutnya dan perlu dilakukan pendeklarasian. Terdapat beberapa bagian dalam perhitungan sebagai berikut:

4.3.1. Perhitungan Penentuan Lajur Pelat

Ada beberapa lajur pelat yang diberikan persyaratan minimal dan maksimum, dalam perhitungannya digunakan rumus seperti pada *Section 6* namun ketika didapatkan hasil yang tidak bulat yaitu tidak sesuai dengan lebar pelat yang ada sehingga dalam penyelesaian rumus diberikan kondisi syarat untuk pembulatannya. Untuk pembulatan lajur pelat dilakukan pembulatan ke atas. Berikut adalah penyelesaian matematikanya:

1. Mencari lebar pelat sesuai rumus yaitu $b = 800 + (5 \cdot L)$
2. Memasukkan dalam persyaratan kondisi minimum atau maksimum pelat yang disyaratkan menggunakan fungsi *if*.
3. Setelah didapat perhitungan lebar pelat maka untuk pembulatan diberikan perumusan:

$\frac{\text{lebar pelat}}{100}$ pembagian lebar pelat dengan angka 100 ini dimaksudkan untuk mendapat nilai desimal sehingga diketahui seharusnya pembulatan dilakukan seperti bagaimana. Misalkan dengan lebar pelat hasil perhitungan $b = 1325$ mm setelah dibagi 100 maka $b_{awal} = 13,25$ mm.

4. Pembulatan awalnya adalah $b_{round} = 13$ mm.
5. Perbedaan antara pembulatan dan sebelum dibulatkan sebesar $b = (13,25 - 13)$ mm maka didapat $b = 0,25$ mm.
6. Dimasukkan dalam fungsi *if* yang terdiri dari 3 kondisi sebagai berikut ini :

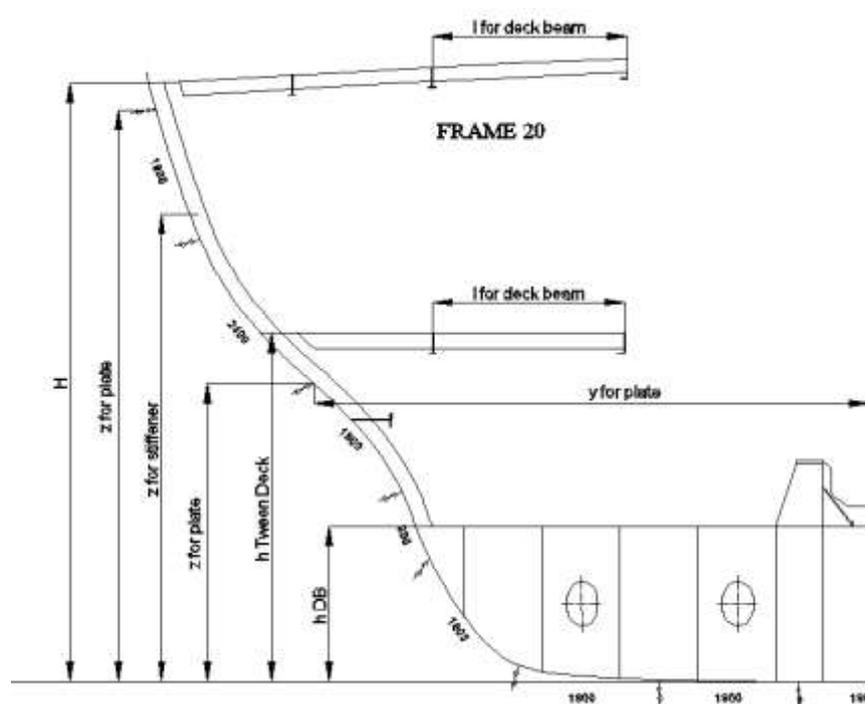
Bila $b = 0$, maka nilai $b = b_{awal} \cdot 100$ [mm]

Bila $0 > b < 0,5$ maka nilai $b = (b_{round} + 1) \cdot 100$ [mm]

Bila $0,5 \geq b < 1$ maka nilai $b = b_{round} \cdot 100$ [mm]

4.3.2. Perhitungan Beban

Perhitungan beban dimulai dari perhitungan L , kemudian perhitungan beban dasar dinamis. Terdapat pemilihan nilai c_{RW} berdasarkan daerah pelayaran, hal ini menggunakan fungsi *if* untuk penulisan kode sehingga ketika dipilih salah satu nilai akan menghitung sesuai perhitungan standar yang disyaratkan. Dalam perhitungan beban terdapat variabel yang digunakan untuk mengukur *load centre* atau jarak titik pusat beban. Tampak penjelasan *load centre* pada Gambar III.2 Sketsa untuk Perhitungan Beban Hingga Perhitungan Konstruksi:



Gambar 4.2 Sketsa untuk Perhitungan Beban Hingga Perhitungan Konstruksi

1. Mencari *load centre* (z)

Untuk mencari *load centre* dalam program digunakan cara yang lebih otomatis dari hasil-hasil perhitungan yang bersangkutan sehingga *user* tidak perlu melakukan pengukuran satu per satu seperti yang dilakukan terhadap bagian yang membutuhkan perhitungan *load centre*. Karena *load centre* merupakan fungsi jarak sehingga perhitungannya dilakukan dengan melakukan pengurangan antara tinggi maupun panjang *load centre* terhadap pusat acuan, pusat acuan ini dapat berupa *baseline* maupun *centerline*. Berikut ini cara mencari *load centre*:

- Pada beban geladak

$$z = y_{baseline} - H$$

- Pada beban sisi

Kemudian untuk *load centre* beban pelat pada konstruksi melintang terletak pada bagian terbawah lajur pelat tersebut terpasang. Untuk mencari jaraknya tersebut adalah dengan melakukan perhitungan selisih antara koordinat y lajur pelat terhadap *baseline*.

$$z_{pelat} = y_{baseline} - y_{lajur\ pelat\ yang\ dihitung}$$

$$z_{penegar} = y_{baseline} - \left(y_{\frac{1}{2}l_{penegar}} \right)$$

2. Mencari titik tinggi (h)

Titik ini terdapat dua kondisi yang pertama yaitu merupakan titik tertinggi muatan maksimum diasumsikan dari tinggi dasar ganda hingga geladak untuk bagian kamar mesin ini. Yang kedua adalah tinggi dari alas dalam hingga pada *overflow*.

- Pada beban alas dalam

$$h = y_{baseline}(H - h_{DB}) + h_{overflow}$$

$$h = y_{baseline}(H - h_{DB})$$

3. Mencari jarak horizontal dari pusat beban dan garis tengah (y)

- Pada beban alas

$$y = x_{centerline} - x_1$$

- Pada beban sisi

$$y_{pelat} = x_{centerline} - x_{lajur\ pelat\ yang\ dihitung}$$

$$y_{penegar} = x_{centerline} - x_{\frac{1}{2}l_{penegar}}$$

Setelah parameter-parameter keseluruhan perhitungan didapatkan maka langkah selanjutnya adalah formulasi matematika seperti biasa. Hanya perlu kondisi syarat sesuai dengan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Kondisi tersebut difungsikan dalam fungsi *if*.

4.3.3. Perhitungan Tebal

Pada bagian perhitungan tebal ini memiliki perhitungan persyaratan tebal pelat yang banyak. Terdapat perhitungan tebal pelat minimum dan tebal maksimum kemudian perbandingan tebal antar bagian yang nantinya diambil adalah untuk tebal terbesar. Untuk mendapatkan hasil akhir dari tebal yang digunakan dalam program yaitu memilih untuk memberikan pembulatan sebesar 0,5 mm atau dibulatkan penuh pada tebal pelat. Untuk pemberian kondisi rumus yang akan digunakan berdasarkan pilihan baik itu berdasarkan panjang konstruksi, dengan penulisan kode program menggunakan fungsi *if*. Untuk mendapatkan pembulatan tersebut dengan melakukan pembulatan awal. Kemudian melakukan perhitungan selisih antara pembulatan awal dengan nilai yang belum dibulatkan. Dari hasil nilai ini akan masuk dalam rentang berikut ini:

- $t = 0$: Yang digunakan nilai tebal tersebut.
- $0 \leq t \leq 0,2$: Yang digunakan nilai tebal pembulatan ke bawah.
- $0,2 < t \leq 0,7$: Yang digunakan nilai tebal dengan pembulatan 0,5 (namun dalam peraturan BKI dalam rentang tersebut dapat pula dipilih untuk pembulatan penuh ke atas).
- $t > 0,7$: Yang digunakan nilai tebal pembulatan ke atas.

Sedangkan untuk perhitungan tebal sisi menyesuaikan pada perhitungan beban sisi sebelumnya yang terdapat banyak perhitungan berdasarkan pusat beban sehingga ditampilkan dengan tabel. Dalam halaman perhitungan tebal terdapat *button* untuk melakukan penggambaran *top plate* pada pondasi mesin. Untuk melakukan penggambaran yang dilakukan adalah penambahan kode program dari penggambaran awal untuk ditambah item penggambaran *top plate*. Penyelesaiannya tergantung pada pilihan awal mesinnya *single engine* atau *double engine*. Fungsi mesin di sini akan menjadikan parameter pula dalam menggambar *carter* mesin yang digunakan salah satu jenis atau merek *engine* agar sama untuk gambar carternya.

4.3.4. Perhitungan Modulus

Dalam perhitungan modulus ini dibagi dalam 3 bagian yaitu untuk balok geladak, gading utama dan penumpu samping serta senta sisi yang menggunakan perhitungan modulus gading besar.

1. Perhitungan modulus balok geladak

Untuk balok geladak dan penumpu samping geladak terdapat pilihan untuk ada tidaknya *bracket*. Dengan melakukan pilihan terhadap nilai c untuk pengaruh *bracket* tersebut. Untuk rumus lainnya memiliki perhitungan yang sama. Penentuan panjang yang tidak ditumpu (ℓ) pada balok geladak dapat dilakukan dengan perhitungan total panjang balok geladak lalu dilakukan pembagian dengan jumlah penumpu samping geladak yang akan dipasang. Untuk ketentuan jumlah penumpu samping yang akan dipasang sesuai dengan *section 8*. Dari persyaratan ini dapat dimasukkan dalam fungsi *if* sehingga akan menghasilkan jumlah penumpu samping yang dipasang. Untuk bagian *chamber* perhitungannya sama saja hanya saja untuk panjang balok geladak dengan bentuk *chamber* menggunakan Pythagoras tiap masing-masing selisih koordinatnya. Dan tahapan selanjutnya sama hanya terdapat kenaikan atau penurunan pada koordinat y nya.

2. Perhitungan modulus gading utama

Untuk bentuk perhitungan kedua pada gading utama dengan ada pilihan rentang **L**. Untuk rumusan bagian panjang tidak ditumpu diambil dengan perhitungan panjang busur persamaan polinomial pada batas gading yang akan dihitung. Kemudian untuk faktor kelengkungan *lines* sesuai dengan BKI yaitu s diambil asumsinya seragam yaitu menggunakan nilai minimum sebesar 0,75. Untuk gading besar tetap dilakukan perhitungan karena sesuai dengan *section 9* bahwa untuk senta sisi besarnya modulus sama dengan besar modulus pada gading besar. Untuk penentuan letak senta sisi menggunakan parameter panjang yang tak ditumpu kemudian diberi persyaratan kondisi penempatan senta maksimum adalah 2,6 m sehingga dilakukan pembagian terhadap panjang tersebut dan didapatkan jumlah senta sisi yang dipasang. Sehingga baik untuk gading utama maupun perhitungan gading besar panjang tidak ditumpu secara vertikal sampai pada berakhirnya gading tersebut dipasang, bila bertemu senta maka berhenti pada senta tersebut.

3. Perhitungan modulus penumpu samping geladak

Sedangkan untuk bagian penumpu samping geladak bagian panjang tak ditumpu diambil sama dengan jarak antar gading besarnya karena pada bagian tersebut penumpu terpotong. Sehingga panjang penumpu samping geladak yang tidak ditumpu adalah jarak dari penumpu hingga pada penumpu berikutnya. Dalam persyaratan di kamar mesin, jarak maksimalnya adalah 5 kali jarak gading. Untuk perhitungan luasan pada bagian

panjang tak ditumpu tetap sama dengan pada perhitungan panjang tak ditumpu pada perhitungan modulusnya.

4.4. Perancangan dan Pemilihan Profil

Dalam penyelesaian penentuan profil ini terdapat 2 cara penyelesaian masing-masing.. Berikut ini adalah bahasan penyelesaiannya:

4.4.1. Profil L

Untuk jenis profil L digunakan data-data profil pada *Annex I* peraturan Biro Klasifikasi Indonesia, sehingga perlu penulisan semacam *database* ke dalam program tersebut yang berfungsi untuk menampilkan data profil L secara keseluruhan beserta besar modulusnya. Sistem kerja untuk pemilihan profil L adalah dengan memasukkan nilai modulus oleh *user* pada masing-masing *edit box* kemudian ketika *button* untuk menampilkan ukuran profil tersebut maka secara otomatis ukuran profil dapat langsung muncul pada *edit box* yang telah diberikan. Cara penyelesaiannya adalah dengan rumus perulangan sebanyak data yang telah dimasukkan. Nilai modulus yang dimasukkan dalam *edit box* tersebut secara otomatis akan mencari kolom mana yang memiliki nilai modulus sebesar itu. Ketika nilai telah sama maka akan secara otomatis menampilkan ukuran pelat bilah, pelat hadap serta tebal profil. Untuk beberapa nilai modulus memiliki ukuran profil lebih dari satu sehingga terdapat pilihan untuk menggunakan ukuran profil yang mana dari nilai modulus tersebut.

Sedangkan untuk profil L pada *docking profile* parameter pemilihannya dari luasan penampang profil. Ketika luasan telah didapatkan, *user* dapat memperkirakan ukuran dan modulus profil L yang akan dipilih. Sehingga *user* melakukan input nilai modulus pada *edit box* untuk *docking profile* tersebut. Bedanya pada bagian *docking profile* ini terdapat pengecekan terhadap memenuhi tidaknya luas penampang tersebut dengan rumus pada *Section 8.C.1.4*. Bila pengecekan dilakukan dan hasilnya tidak memenuhi maka perlu dilakukan perancangan ulang untuk ukurang *docking profile* tersebut, lalu dilakukan pengecekan ulang. Untuk kondisi yang tidak terpenuhi maka dibuat sebuah pesan yang akan muncul pada tampilan program.

4.4.2. Profil T

Penyelesaian profil T dilakukan dengan melakukan masukan data berupa ukuran profil. Perancangan ini menyertakan lebar efektif pelat pengikut sehingga didapatkan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari grafik modulus dan untuk gading besar grafik momen inersia didapatkan pula. Untuk perhitungan grafik modulus tersebut dengan menggunakan interpolasi linier dalam setiap bagian. Lebar pelat pengikut dengan penyebaran beban secara terdistribusi merata pada

gading-gadingnya sesuai dengan Tabel III.1 Lebar efektif e_m gading-gading dan penumpu berikut ini.

Tabel 4.1 Lebar efektif e_m gading-gading dan Penumpu

ℓ/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
$e_m l/e$	0	0,36	0,64	0,82	0,91	0,96	0,98	1,00	1,00

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia *Section* 3.E.2.1. Tabel III.1.

Pada Tabel IV.1 menjelaskan bahwa, bila nilai ℓ/e berada di antara kedua rentang maka dilakukan interpolasi linear atas keduanya. Kemudian untuk grafik nilai w yang didapat dari perpotongan antara perbandingan pelat hadap dengan lebar pelat pengikut (f/F) dan perbandingan pelat bilah dengan lebar pelat pengikut (fs/F). Untuk mendapatkan perpotongan tersebut diperlukan 2 langkah interpolasi. Menjadikan rentang sebesar 0,01 pada masing-masing antara fs/F dengan mencari rentang selisih fs/F bawah dan atas kemudian dibagi 20. Masing-masing dilakukan untuk koordinat x dan y nya. Persyaratan kondisinya yaitu dengan $fs/F = 0$ hingga $fs/F = 3,0$ yang dimasukkan dalam fungsi if . Kemudian mencari untuk letak titik yang dicari sehingga didapatkan persamaan linear baru. Dari persamaan baru ini didapatkan nilai w .

Terdapat 3 (tiga) buah bentuk perumusan bentuk dalam mendapatkan nilai w untuk perhitungan grafik modulus. Berikut penjelasan perumusannya:

1. Bentuk persamaan antara $fs/F = 0,0$ dengan $fs/F = 0,2$

- Rentang = $(0,2 - 0,0) / 20$
- $x_{1beda} = (x_{1atas} - x_{1bawah}) / 20$
- $y_{1beda} = (y_{1bawah} - y_{1atas}) / 20$

Sehingga didapatkan koordinat baru untuk mendapatkan persamaan baru yaitu :

- $x_{1baru} = x_{1awal} - (fs/F_{hasil\ perhitungan} / Rentang) x_{1beda}$
- $y_{1baru} = 0,10$
- $x_{1baru} = 1,0$
- $y_{2baru} = 1,03 + (fs/F_{hasil\ perhitungan} / Rentang) y_{1beda}$

2. Bentuk persamaan antara $fs/F = 0,2$ dengan $fs/F = 0,4$ sesuai yang terlampir pada Lampiran II Grafik Modulus pada Tabel IV.3 Perhitungan Mendapatkan Koordinat x dan y untuk $fs/F = 0,2$ dengan $fs/F = 0,4$.

3. Bentuk persamaan antara $fs/F = 0,4$ dengan $fs/F = 0,6$ hingga sampai $fs/F = 2,8$ dengan $fs/F = 3,0$ menggunakan cara yang sama, sebagai contoh adalah menggunakan $fs/F = 0,4$ dengan $fs/F = 0,6$.

- Rentang = $(0.6 - 0.4) / 20$
- $yy_{1beda} = (0,18 - 0,12) / 20$
- $yy_{2beda} = (1,10 - 1,07) / 20$

Sehingga didapatkan koordinat baru untuk persamaan baru yaitu :

- $x_{1awal} = 0,0$
- $y_{1awal} = 0,12 + (fs/F_{hasil\ perhitungan} - 0,4) yy_{1beda}$
- $x_{2baru} = 1,0$
- $y_{2baru} = 1,10 + (fs/F_{hasil\ perhitungan} - 0,4) yy_{2beda}$

Kemudian hasil persamaan akhir untuk mendapatkan nilai w adalah:

$$w_{Modulus} = \frac{(fs/F_{hasil\ perhitungan} - x_{1beda})(y_{2baru} - y_{1baru})}{(x_{2baru} - x_{1beda}) + y_{1baru}}$$

Nilai w tersebut dikalikan dengan lebar pelat pengikut dan panjang pelat bilah. Hasil akhir berupa nilai modulus hasil perancangan. Untuk menguji nilai ini telah memenuhi standar persyaratan minimum menggunakan fungsi *if* dengan modulus hasil nilai perhitungan. Bila nilai modulus hasil rancangan ternyata lebih besar dari hasil perhitungan maka profil tersebut diijinkan untuk digunakan. Namun bila nilai modulus masih lebih kecil maka *user* ditampilkan pesan untuk melaskukan perancangan ulang ukuran profil T tersebut.

Terdapat tambahan perhitungan gading besar yang akan digunakan untuk penentuan ukuran senta sisi. Untuk gading besar memiliki persyaratan perhitungan momen inersia. Penyelesaian grafik momen inersia dicari menggunakan *Microsoft Excel* yaitu dengan mencari titik-titik garis persamaan polinomial yang ada pada grafik momen inersia *Annex I*. Titik-tersebut telah terlampir pada Lampiran II Grafik Momen Inersia. Setelah didapat persamaannya maka dilakukan penulisan program dalam masing-masing kondisi persyaratan sama dengan grafik modulus yaitu dengan $fs/F = 0$ hingga $fs/F = 3,0$. Cara penyelesaiannya dengan menggunakan persamaan tersebut terdapat 2 macam, yang pertama adalah ketika kondisi berada pada rentang fungsi yang didapatkan yaitu tepat pada fs/F yang ada kemudian yang kedua adalah ketika kondisinya berada di rentang antara kedua persamaan fs/F . Perbedaan dari kedua cara tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perumusan ketika dalam satu rentang persyaratan

Rumus matematika bentuk grafik inersia telah didapatkan dan terlampir pada Lampiran II Grafik Momen Inersia. Untuk mendapatkan nilai i menggunakan f/F sebagai fungsi x pada rentang f_s/F , nilai i merupakan perpotongan keduanya sehingga i ini merupakan fungsi koordinat y . Setelah didapat nilai i maka untuk mendapatkan besarnya nilai momen inersia (J) maka perhitungan berikut dilakukan:

$$i = ax + bx + cx + konstanta$$

$$J = i . F . h^2$$

2. Perumusan ketika berada di antara dua rentang persyaratan

Bila hasil perhitungan f_s/F ada di antara 2 grafik momen inersia maka yang perlu dilakukan adalah melakukan interpolasi kedua grafik masing-masing. Kemudian mencari letak secara koordinat y untuk f_s/F tersebut dan menambahkan dengan koordinat y pada grafik rentang bawah. Berikut adalah perumusannya:

$$i_1 = a_1x + b_1x + c_1x + konstanta$$

$$i_2 = a_2x + b_2x + c_2x + konstanta$$

$$i = i_1 + \{(x - 0,4)\} + \{(i_2 - i_1)/20\}$$

$$J = i . F . h^2$$

4.5. Rekapitulasi

Pada sub bab rekapitulasi ini merupakan kumpulan dari hasil-hasil perhitungan yang digunakan untuk memudahkan *user* dalam melihat hasil perhitungan secara keseluruhan bukan pada masing-masing halaman (*tabulasi*). Perumusan pada rekapitulasi tidak terlalu rumit, hanya saja lebih pada penggunaan tipe data. Untuk tampilan pada tabel diperlukan tipe data *string* yaitu merupakan jenis teks. Selain itu kunci utama adalah pada baris dan kolom tabel tersebut. Pada masing-masing *cell* yang akan digunakan untuk menyajikan data harus jelas. Tanda kutipan harus disertakan untuk menampilkan tulisan. Berikut adalah contoh dalam pengisian data pada tabel:

1. `StringGrid4.Cols[3].Text:='Web';`

Menunjukkan bahwa tabel yang dibuat untuk menampilkan hasil adalah tabel ke-4 kemudian dengan kolom ke-3 berisi tulisan Web.

2. `StringGrid4.ColWidths[3]:=60;`

Pada tabel ke-4 tersebut kolom ke-3 memiliki lebar sebesar 60.

3. `StringGrid4.Cells[2,1]:=' L '+(Edit56.Text)+' x '+(Edit49.Text)+' x '+(Edit61.Text) ;`

Menunjukkan pada tabel ke-4 dengan *cell* baris ke-2 dan kolom ke-1 berisi tulisan L 65 x 50 x 7. Angka 65 diambil dari (Edit56.Text), angka 50 dari (Edit49.Text) dan angka 7 diambil dari (Edit61.Text).

4.6. Penggambaran Konstruksi

Perumusan-perumusan matematika dalam pengerjaan gambar konstruksi tetap berdasarkan pada koordinat-koordinat pusat maupun koordinat garis penggambaran. Ada beberapa bagian yang perlu digambar setelah penggambaran awal. Untuk penggambaran konstruksi terdiri dari bagian-bagian berikut ini:

4.6.1. Penggambaran Manhole

Untuk lubang inspeksi orang (*manhole*) penggambarannya menentukan koordinat pusat kemudian menggunakan fungsi dari program delphi *rectround* untuk membuat lubang inspeksi orang berupa persegi dengan lengkungan pada bagian ujung-ujungnya. Berikut adalah tampilan untuk perumusan dalam programnya:

$$\text{RoundRect} (x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3 : \text{Integer});$$

Manhole memiliki ukuran yang setidaknya dapat digunakan sarana sebagai inspeksi. Dalam program ini untuk ukuran *manhole* dibuat sama semua yaitu dengan ukuran panjang dan lebar masing-masing sebesar 400 x 600 mm dan dengan *round* masing-masing sudut sama besar yaitu 200 mm. Sehingga untuk penggambarannya dilakukan dengan penjumlahan ukuran tersebut terhadap titik pusatnya. Namun karena dalam program menyesuaikan bidang gambar maka perlu dilakukan skala. Misalkan titik pusat sebagai koordinat awal diambil pada sisi kanan gambar nantinya yaitu ada pada x_1, y_1 yaitu (250, 350) dan skala sebesar 0,05. Sedangkan ukuran bitmap sebagai pusat penggambaran adalah x_0, y_0 yaitu (550, 550) sehingga perhitungan untuk dapat menggambar *manhole* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Koordinat awal} &= (x_0, y_0) - (x_1, y_1) \\ &= (550, 550) - (250, 350) &= (300, 200) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koordinat akhir} &= (x_0, y_0) - (x_1, y_1) - (x_r, y_r) \\ &= (550, 550) - (250, 350) - ((400 \cdot 0,05), (600 \cdot 0,05)) \\ &= (280, 170) \end{aligned}$$

$$\text{Ukuran } \textit{round} = ((200 \cdot 0,05), (200 \cdot 0,05)) = (10, 10)$$

Sehingga perumusannya dapat dituliskan sebagai berikut:

RoundRect (300 , 200 , 280 , 170 , 10 , 10 : Integer);

4.6.2. Penggambaran Lightening Hole

Bentuk *lightening hole* berupa lingkaran sehingga untuk pembuatan pusat koordinat diberikan pada (x_1, y_1) dan akan berakhir pada (x_2, y_2) .

Ellipse (x_1, y_1, x_2, y_2 : Integer);

Lightening hole memiliki ukuran yang setidaknya telah dapat digunakan sarana sebagai peringan dalam konstruksi tersebut. Dalam program ini untuk ukuran *lightening hole* dibuat sama semua yaitu dengan jari-jari (r) 200 mm. Sehingga untuk penggambarannya dilakukan dengan penjumlahan ukuran tersebut terhadap titik pusatnya. Namun karena dalam program menyesuaikan bidang gambar maka perlu dilakukan skala. Misalkan titik pusat sebagai koordinat awal diambil dari sisi kanan *lightening hole* ada pada x_1, y_1 yaitu (250, 350) dan skala sebesar 0,05. Sedangkan ukuran bitmap sebagai pusat penggambaran adalah x_0, y_0 yaitu (550, 550) sehingga perhitungan untuk gambarnya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Koordinat awal} &= (x_0, y_0) - (x_1, y_1) \\ &= (550, 550) - (250, 350) = (300, 200) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koordinat akhir} &= (x_0, y_0) - (x_1, y_1) - (x_r, y_r) \\ &= (550, 550) - (250, 350) - ((200 \cdot 0,05), (200 \cdot 0,05)) \\ &= (290, 190) \end{aligned}$$

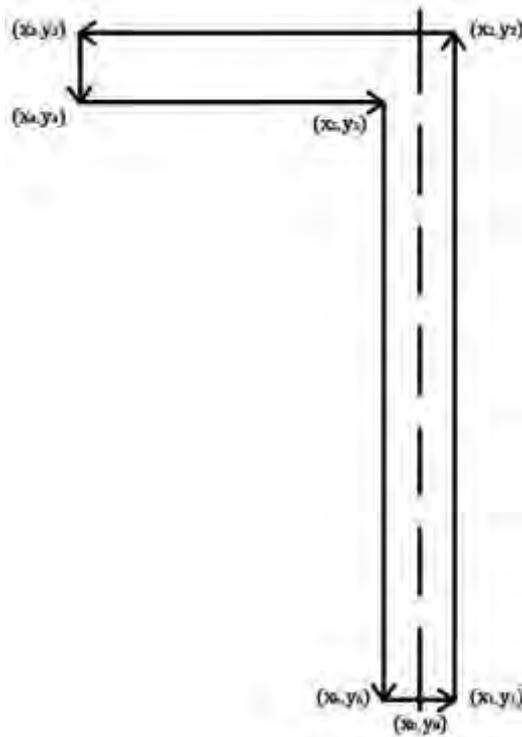
Sehingga perumusannya dapat dituliskan sebagai berikut:

Ellipse (300 , 200 , 290 , 190 : Integer);

4.6.3. Penggambaran Docking Profile

Penggambaran *docking profile* yang merupakan profil L dimulai dari pusat gambar kemudian berlanjut menerus karena menggunakan fungsi penentuan koordinat pusat gambar kemudian melakukan penggambaran, begitu seterusnya hingga mendapat gambar profil L yang diperlukan. Dalam penggambaran menggunakan fungsi *move to* dan *line to* secara berurutan. Untuk *move to* berikutnya merupakan koordinat akhir pada *line to* sebelumnya.

Berikut adalah gambaran dari proses menggambar *docking profile* sesuai urutan pada Gambar IV.2 Tahapan Penggambaran *Docking Profile*.



Gambar 4.3 Tahapan Penggambaran *Docking Profile*

Pada Gambar IV.2 di atas terlihat jelas bahwa untuk melakukan penggambaran sesuai dengan arah panah yang dimulai pada koordinat titik (x_0, y_0) kemudian membuat garis lurus sampai koordinat (x_1, y_1) . Kemudian koordinat (x_1, y_1) tersebut sebagai pusat penggambaran berikutnya yaitu menggambar garis untuk pelat bilah sampai pada koordinat (x_2, y_2) . Kemudian koordinat (x_2, y_2) sebagai pusat untuk menggambar garis pelat hadap sampai pada koordinat (x_3, y_3) . Cara ini berlanjut terus menggambar hingga garis kembali pada koordinat (x_0, y_0) .

4.6.4. Penggambaran Penumpu Geladak

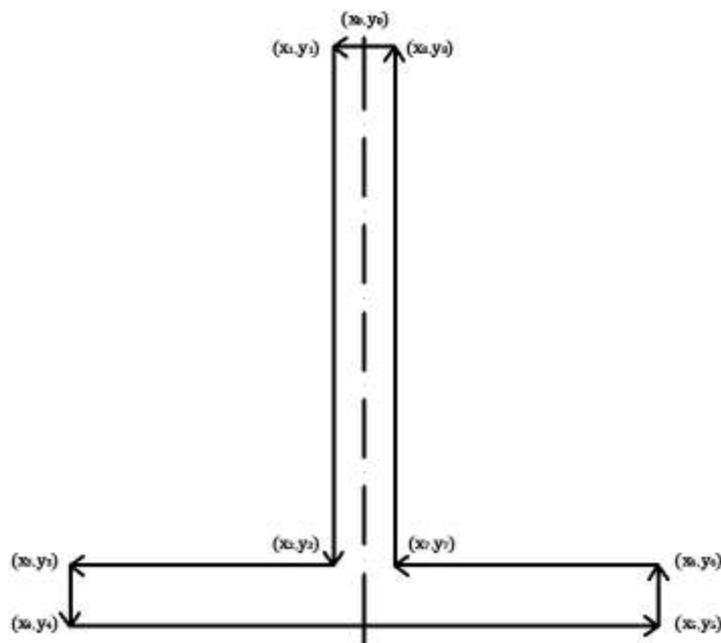
Bagian selanjutnya adalah penggambaran penumpu samping maupun penumpu tengah, baik pada geladak kedua maupun geladak utama memiliki cara yang sama. Kemudian berlanjut pindah koordinat untuk menggambar penumpu samping berikutnya dengan cara yang sama namun untuk ini profil T tetap seperti aslinya. Hal ini dilakukan sebanyak jumlah penumpu samping yang dipasang sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada bahasan IV.3.3. Perhitungan Modulus.

Untuk penggambaran penumpu terdapat 2 kondisi untuk penumpu tengah geladak. Kondisi pertama adalah ketika tidak terdapat *engine casing* sehingga penumpu tengah berubah pada bagian ujung kantilever yang telah disebut pada paragraf sebelumnya yaitu dengan mengubah profil T menjadi profil L. Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk penggambaran penumpu geladak utama dan penumpu geladak kedua:

1. Penumpu geladak pada geladak utama

Dalam kondisi tidak terdapat *engine casing* maka koordinat penumpu tengah ada pada titik puncak *chamber* geladak utama. Penumpu tengah berbentuk profil T. Berikut gambaran cara penggambaran profil T.

Kemudian untuk penggambaran penumpu samping disesuaikan jumlah penumpu seperti hasil perhitungan modulus balok geladak atau modulus penumpu samping. Digunakan fungsi *if* untuk menggambar, bila terdapat 1 buah penumpu samping maka koordinat yang digunakan adalah koordinat ujung *chamber* (x_0, y_0) ditambah dengan koordinat letak penumpu samping (x_1, y_1) . Bila penumpu samping lebih dari 1 buah maka berlaku kelipatan untuk panjang tak ditumpu dengan penurunan koordinat y karena berbentuk *chamber* saat dilakukan penggambaran penumpu berikut-berikutnya. Gambar IV.3 Penggambaran Penumpu Tengah Geladak menjelaskan urutan profil tersebut digambar, berikut adalah tampilannya:



Gambar 4.4 Penggambaran Penumpu Tengah Geladak

Sedangkan untuk kondisi dengan *engine casing* cara yang digunakan sama saja hanya berbeda pada koordinat awal penggambaran karena harus dikurangi dengan lebar *engine casing* yaitu $(x_0 - x_{engine\ casing}, y_0)$. Penumpu tengah diganti pada ujung *engine casing* yaitu profil T dibentuk gambar sebagai profil L yang merupakan bagian dari kantilever. Langkah penggambaran sama dengan penggambaran *docking profile* yang ditampilkan pada Gambar IV.2 hanya saja profilnya terbalik.

2. Penumpu geladak pada geladak kedua

Geladak kedua memiliki bentuk geladak yang lurus, sehingga untuk penggambaran penumpu lebih mudah yaitu sama dengan penggambaran pada geladak utama hanya saja tidak menggunakan penurunan koordinat y .

4.6.5. Penggambaran Balok Geladak

Sebenarnya untuk penggambaran balok geladak disesuaikan dengan penggambaran penumpu. Dari segi perhitungan pun keduanya sangat berhubungan untuk bagian panjang yang tak ditumpu sehingga berpengaruh pada koordinta yang digunakan untuk penggambaran. Berikut ini adalah balok geladak yang harus digambar:

1. Balok geladak utama

Kondisi ketika tidak terdapat *engine casing* dilakukan adalah dengan menjadikan parameter banyaknya penumpu samping yang dipasang. Gambar dimulai dengan pusat gambar adalah ujung *chamber* yang dikurangi dengan setengah tebal profil untuk koordinat x , sedangkan untuk koordinat y adalah ukuran web balok geladak tersebut yang diukur dari tinggi *chamber* maksimum. Kemudian penggambaran secara perulangan terhadap garis *chamber* yaitu penurunan terhadap koordinat y . Perulangan tersebut akan berhenti ketika terdapat penumpu samping. Sehingga balok geladak terpotong oleh penumpu. Sama seperti pada penggambaran penumpu bila terdapat *engine casing* untuk koordinat hanya dikurangi dengan lebar *engine casing* tersebut.

2. Balok geladak kedua

Cara penggambaran balok geladak pada geladak kedua lebih mudah karena hanya melibatkan satu garis lurus, untuk koordinat tidak terdapat kenaikan atau turunan. Langkah yang dilakukan sama dengan poin pertama yaitu pola gambarnya adalah membuat garis dari suatu koordinat dan berhenti ketika terdapat penumpu.

4.6.6. Penggambaran Senta Sisi

Dalam penggambaran senta sisi ini berdasarkan pada hasil perhitungan untuk modulus gading besar. Sehingga yang didapatkan adalah banyaknya senta sisi yang akan dipasang, ukuran profil T baik itu dari pelat bilah, pelat hadap dan tebal profil. Langkah penggambaran senta sisi sesuai urutan-urutan berikut:

1. Koordinat pusat senta sisi awal (x_0, y_0) yang didapatkan dari perhitungan pembagian panjang gading dengan jumlah senta yang akan dipasang.

- Untuk penggambaran senta sisi sama dengan penggambaran penumpu geladak karena menggunakan profil T. Namun penggambaran dimulai dengan bagian pelat bilah dahulu, pelat hadap sebagian, tebal, pelat hadap keseluruhan, tebal, pelat hadap sebagian dan terakhir adalah pelat bilah serta tebal untuk kembali pada koordinat pusat awal (x_0, y_0) .

4.6.7. Penggambaran Gading Utama

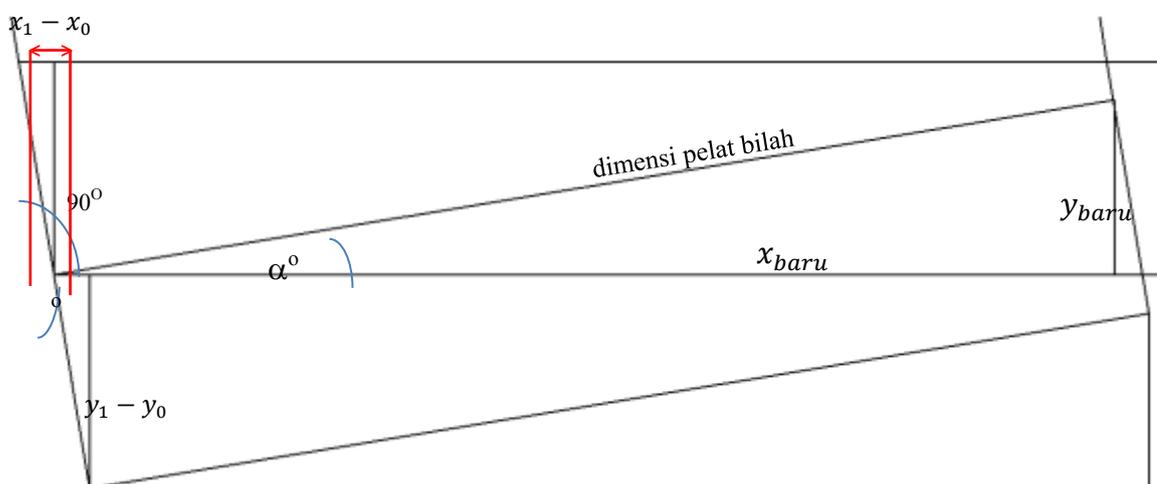
Dalam penggambaran gading utama ini terdapat hubungan dengan senta sisi, dari segi perhitungan dan penggambarannya. Karena bentuk gading utama adalah garis *nonlinier* sedangkan dalam penggambaran konstruksi gading utama dalam penampang melintang memperlihatkan besarnya nilai pelat bilah sehingga diperlukan cara penggambaran sebesar 90° terhadap *lines* gading. Cara ini membutuhkan cara penggambaran *offset*.

Berikut perhitungan yang dilakukan untuk penggambaran *lines* dengan cara *offset*:

- Koordinat x dan y perulangan pada *lines* dihitung selisihnya.

$$(x_1 - x_0) \text{ dan } (y_1 - y_0)$$

- Mencari sudut yang dibentuk antara sudut 90° terhadap *lines* gading dengan bidang normal. Berikut adalah Gambar IV.5 Keterangan untuk Mencari Rumusan Offset yang memberi penjelasan dalam mendapatkan sudut yang digunakan untuk perhitungan koordinat baru.



Gambar 4.5 Keterangan untuk Mencari Rumusan Offset

Perhitungannya dari parameter Gambar IV.5 di atas adalah:

$$x_{baru} = \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} \right) \right) \cdot \text{dimensi pelat bilah}$$

$$y_{baru} = \cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} \right) \right) \cdot \text{dimensi pelat bilah}$$

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan yang dijabarkan dalam Bab IV ini mengenai hasil *running* program. Dari hasil yang didapat dilakukan pembahasan mengenai apa saja kekurangan yang terjadi, kendala yang didapatkan serta kesesuaian dengan yang seharusnya ketika perhitungan maupun gambar dilakukan secara manual.

5.1. Section

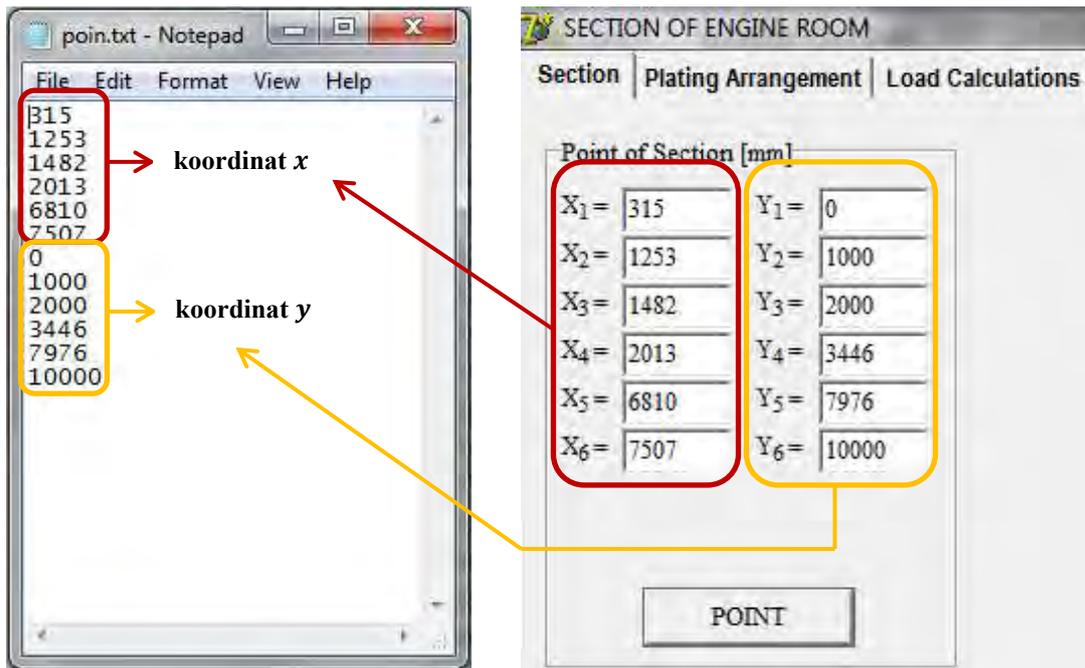
Dalam tampilan *section* terdapat data-data masukan yang dilakukan oleh *user*. Ini adalah halaman tampilan pertama pada program. Terdapat 2 buah tombol yaitu tombol poin dan tombol *draw*. Untuk tombol poin bila dipilih oleh *user* akan menampilkan data koordinat dalam *edit box* koordinat. Tombol kedua adalah *draw* yang merupakan tombol untuk menampilkan gambar awal berupa *line section* beserta dengan bagian-bagian pendukungnya.

5.1.1. Hasil Pembacaan Data

Hasil dari masukan data koordinat *line section* yang diinginkan telah tercapai yaitu data dalam *notepad* telah tampil dalam *edit box* program. Dengan hasil yang ditampilkan tersebut memiliki kekurangan apabila *user* melakukan kesalahan dalam memasukan data. Kesalahan yang dapat menyebabkan *kesalahan* tersebut adalah ketika terdapat baris yang kosong. Hal ini disebabkan karena baris kosong tersebut berada dalam rentang data yang seharusnya dimasukkan dalam program. Bila terjadi kesalahan input akan muncul pesan pemberitahuan.

Untuk *file* jenis *txt*. yang dibuat pada *notepad* tersebut harus diletakkan dalam 1 folder dengan program agar dapat dilakukan pengambilan hingga pembacaan data dengan baik. Untuk ketentuan pemberian nama dan jenis *file* tersebut adalah *poin.txt* yang telah ditentukan dalam pembuatan program. Bila penyimpanan *file* tersebut tidak dalam 1 folder atau memiliki nama *file* maupun jenis yang berbeda dapat menyebabkan *kesalahan* program yaitu tidak dapat melakukan pembacaan data sehingga data tersebut tidak dapat diolah untuk melakukan perhitungan dan penggambaran konstruksi.

Berikut adalah tampilan hasil untuk masukan *line section* koordinat sesuai pada Gambar IV.1 Tampilan Nilai Masukan dari *Notepad* ke Program.



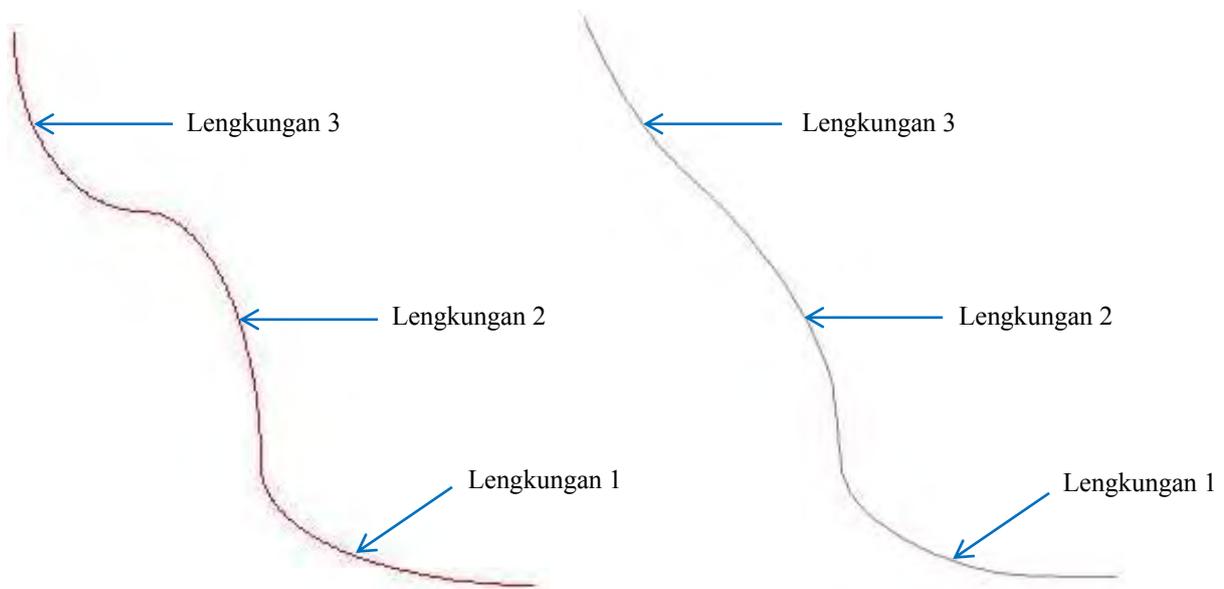
Gambar 5.1 Tampilan Nilai Masukan dari *Notepad* ke Program

Pada Gambar V.1 menunjukkan bahwa hasil keluaran sesuai dengan hasil masukan data koordinat x dan koordinat y pada *notepad* dengan program. Namun kekurangan menggunakan cara pertama menggunakan *notepad* adalah membutuhkan waktu lebih lama dalam menyimpan data dan bila terdapat kesalahan baris dalam masukan akan mempengaruhi gambar. Untuk cara kedua yaitu langsung melakukan input pada program lebih efektif hanya saja bila terjadi kesalahan harus manual melakukan input lagi dan klik tombol *drawing*.

5.1.2. Hasil Penggambaran Awal

Dalam penggambaran awal yang paling utama adalah penggambaran *line*. Metode awal yang digunakan dalam program adalah dengan interpolasi panjang busur. Sehingga setiap lengkungan dianggap sebagai satu busur, ketika lengkungan berubah maka perhitungan busur dilakukan sebanyak berapa banyak lengkungan yang ada pada *line* tersebut. Kemudian diberi pilihan banyak lengkungan. Dalam cara ini tidak perlu memberikan masukan banyak pada koordinat *line* karena hanya membutuhkan 3 koordinat bila *line* terdapat 2 lengkungan. Untuk awal pusat, akhir lengkung pertama atau sama dengan pusat kedua kemudian koordinat terakhir. Namun bila 2 lengkungan terdapat 3 koordinat, sedangkan 1 lengkungan hanya 2 koordinat.

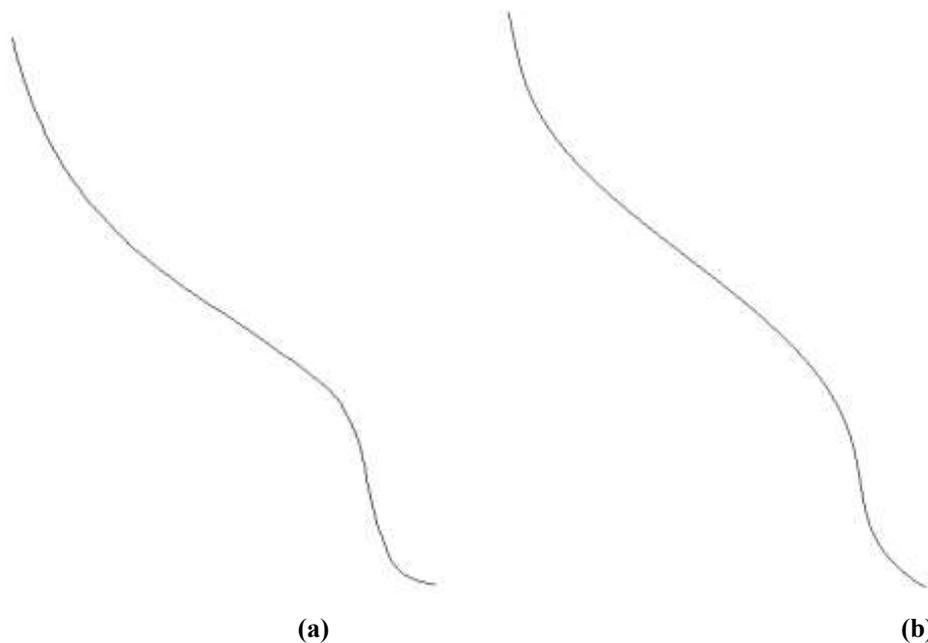
Berikut ini adalah tampilan hasil gambar ketika penggunaan metode interpolasi panjang busur terlihat pada Gambar IV.2 Hasil Penggambaran dengan Metode Interpolasi Panjang Busur.



Gambar 5.2 Penggambaran Metode Panjang Busur (a) dan Gambar asli (b)

Pada Gambar V.2 menjelaskan ketika dilakukan *running* menghasilkan gambar yang mendekati ketika hanya 2 lengkungan yaitu lengkungan 1 dan lengkungan 2, terlihat pada gambar (a) dan (b) memiliki lengkungan garis yang serupa. Namun ketika bentuk *line* memiliki 3 lengkungan maka bentuk perubahan terlihat tajam yaitu bentuk *line* yang diharapkan tidak mendekati aslinya, terlihat pada gambar di lengkungan 3. Kekurangan tersebut jauh berbeda sehingga diambil cara dengan menggunakan fungsi Polinomial derajat 5.

Tampilan Gambar IV.3 Hasil Penggambaran *Line section* dengan Fungsi Interpolasi Lagrange menunjukkan hasil lebih mendekati *line* sebenarnya bila tepat pengambilan koordinat.

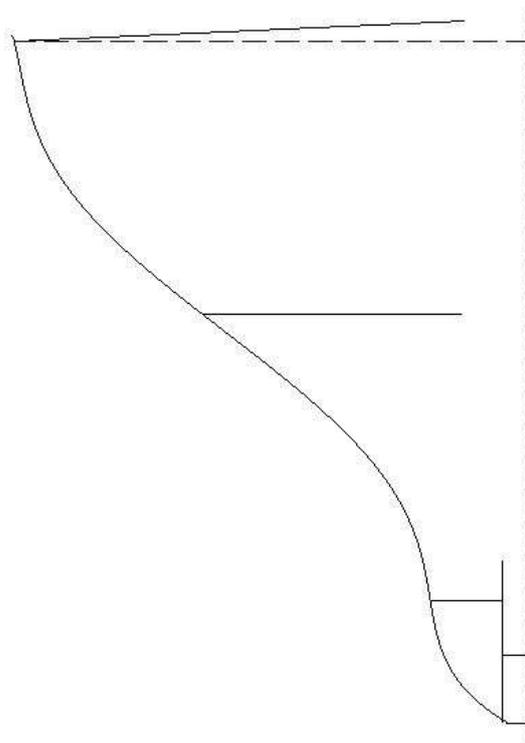


Gambar 5.3 *Line* asli (a) dan Penggambaran dengan Fungsi Lagrange (b)

Pada Gambar V.3 memperlihatkan bahwa penggunaan perumusan fungsi Polinomial Lagrange derajat 5 ini menghasilkan interpolasi dengan pendekatan terhadap *line section* yang ada. Bentuk gambar *line* seharusnya mendekati dari bentuk *line* aslinya. Namun penggunaan rumus Interpolasi Lagrange ini memiliki kekurangan ketika penetapan titik koordinat sebagai masukan. Sehingga dalam penentuan titik koordinat harus lebih menyesuaikan dengan lengkungan dan perpindahan lengkung *line* tersebut. Bila tidak maka gambar akan keriting.

Fungsi Polinomial Lagrange tidak dapat melakukan interpolasi dengan rentang yang semakin kecil sehingga untuk bagian kapal dengan garis air terbawah hingga halus pada *baseline* terbentuk sampai pada *centerline* tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu kekurangan tersebut dapat diatasi dengan penggambaran garis lurus dari *centerline* hingga pada koordinat awal namun hasil gambar tidak begitu halus. Tetapi cara ini tidak berlaku pada gading kecil dengan jarak x/L lebih ke belakang karena tidak memiliki alas. Selain itu apabila pemilihan penentuan koordinat tidak sesuai dapat menyebabkan gambar yang tidak halus, akibatnya gambar *line* akan berbeda jauh dengan yang sebenarnya. Bila hal ini terjadi maka perlu melakukan penentuan koordinat kembali untuk mendapatkan *line* yang mendekati.

Berikut adalah tampilan keseluruhan penggambaran awal sesuai masukan yang telah dilakukan oleh *user* yaitu dengan adanya dudukan mesin, geladak kedua dan *chamber* pada geladak utama. Tampilan terlihat pada Gambar V.4 Penggambaran Awal Keseluruhan pada Halaman *Section* di bawah ini:



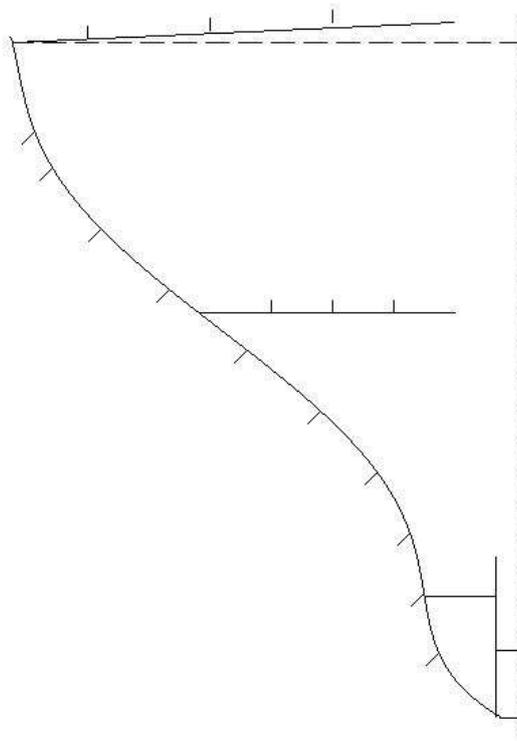
Gambar 5.4 Penggambaran Awal keseluruhan pada halaman *Section*

Dengan catatan bahwa gambar tersebut akan muncul ketika keseluruhan masukan telah dilakukan. Bila tidak maka program akan memberikan pesan keluar agar *user* melakukan perintah yang diberikan.

5.2. Plating Arrangement

Hasil akhir pada halaman *plating arrangement* atau pembagian lajur pelat ini adalah hasil perhitungan lajur pelat yang digunakan sesuai persyaratan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia beserta gambarnya yang ditampilkan pada halaman *section*. Halaman ini menampilkan *edit box* untuk masukan sebagai parameter perhitungan dan penggambaran.

Tampilan di bawah ini adalah hasil pembagian lajur pelat yang tampak pada Gambar V.5 Hasil Pembagian Lajur Pelat.



Gambar 5.5 Hasil Pembagian Lajur Pelat

Pada Gambar V.5 Hasil Pembagian Lajur Pelat menunjukkan pembagian lajur pelat dari pelat lajur sisi atas, pelat lajur bilga, pelat sisi dan pelat geladak. Untuk kondisi tertentu terdapat lajur pelat lunas dan pelat alas.

Untuk hasil pembagian lajur pelat yang lurus sesuai dengan yang diharapkan karena lebar lajur pelat sudah sesuai. Namun untuk lajur pelat sisi terdapat beberapa catatan karena dalam melakukan penggambaran perlu dilakukan pembulatan angka. Berikut ini adalah hasil

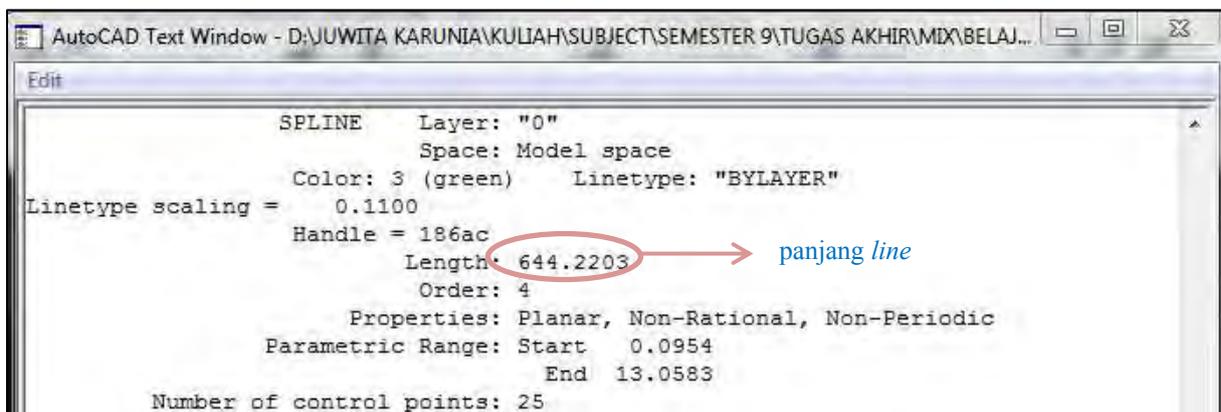
perhitungan tingkat *kesalahan* pada pembagian lajur pelat sisi. Angka ini didapatkan dari perhitungan perbandingan total panjang *line* yang telah dibulatkan pada program dengan perhitungan manual di *Microsoft Excel*. Berikut adalah penjabarannya:

Hasil perhitungan manual : 638

Hasil perhitungan program : 639

Tingkat *kesalahan* : $\frac{(639-638)}{639} \cdot 100\% = 0,16\%$

Selain pada perhitungan manual *Microsoft Excel*, untuk panjang *line* dapat pula dibandingkan dengan perhitungan panjang menggunakan *AutoCAD* dengan gambar *line* yang sebenarnya. Hasil panjang *line* terlihat pada Gambar V.6 Hasil Perhitungan Panjang *Line* Menggunakan *AutoCAD* di bawah ini:



Gambar 5.6 Hasil Perhitungan Panjang *Line* Menggunakan *AutoCAD*

Pada Gambar V.6 di atas terlihat bahwa panjang *line* dalam bentuk garis *spline* di *AutoCAD* memiliki panjang sebesar 644,2203, sehingga untuk tingkat kesalahan antara hasil program dengan hasil *AutoCAD* adalah sebagai berikut:

Hasil perhitungan *AutoCAD* : 644,2203

Hasil perhitungan program : 639

Tingkat *kesalahan* : $\frac{(644,2203-639)}{644,2203} \cdot 100\% = 0,81\%$

Namun hasil-hasil hitung kesalahan tersebut tidak untuk keseluruhan lines. Bisa jadi untuk lines lain memiliki nilai kesalahan lebih tinggi atau bahkan lebih rendah. Hal ini tergantung dari pengambilan koordinat untuk menggambar.

5.3. Load Calculations

Dalam melakukan cek terhadap program yang berhubungan dengan perhitungan dapat dilakukan perbandingan dengan cara perhitungan manual pada kondisi yang sama. Yang perlu diperhatikan adalah kondisi yang dijadikan parameter perhitungan tersebut, dalam program terdapat faktor c_{RW} yang dapat dipilih oleh *use* yang menunjukkan daerah pelayaran kapal tersebut. Ketika pilihan-pilihan tersebut dipilih akan menghasilkan hasil perhitungan yang berbeda sesuai besar nilainya. Dengan seperti itu *user* dapat membedakan bahwa semakin luas daerah pelayaran memiliki nilai c_{RW} lebih besar sehingga hasil perhitungan lebih besar pula.

Perhitungan manual untuk beban dinamis kapal ditampilkan pada Gambar IV.7 Hasil Perhitungan Menggunakan *Microsoft Excel*.

	$C_0 =$	7.588			
	$f =$	1.00	pelat		
	$f =$	0.75	penegar		
	$f =$	0.60	penumpu		
	$C_L =$	$(L/90)^{1/2}$	$L < 90$ m		
	$=$	1.178			
	$C_L =$	1.00	$L \geq 90$ m		
	$C_{rw} =$	0.90	unlimited service range		
	$P_{o1} =$	$2.6(C_b + 0.7) \cdot C_o \cdot C_l$	[kN/m ²]		
maka:					
	$P_0 =$	$2.1 \times (0.84 + 0.7) \times 7.588 \times 1.00 \times 1 \times 0.90$		Untuk pelat kulit,	
	$=$	24.476	kN/m ²	geladak cuaca	
	$P_0 =$	$2.1 \times (0.84 + 0.7) \times 7.588 \times 1.00 \times 0.75 \times 0.90$		Untuk gading biasa,	
	$=$	18.357	kN/m ²	balok geladak	
	$P_0 =$	$2.1 \times (0.84 + 0.7) \times 7.588 \times 1.00 \times 0.60 \times 0.90$		Untuk Gading Besar,	
	$=$	14.685	kN/m ²	Senta, Penumpu	
	$P_{o1} =$	$2.6(C_b + 0.7) \cdot C_o \cdot C_l$	[kN/m ²]		
	$=$	30.303	kN/m ²		

Gambar 5.7 Hasil Perhitungan Menggunakan *Microsoft Excel*

Pada Gambar V.7 menunjukkan hasil perhitungan masing-masing bagian dengan pembulatan 3 desimal. Perhitungan yang ditampilkan di atas adalah hasil perhitungan beban dinamis baik untuk pelat, penegar maupun penumpu.

Sedangkan untuk hasil perhitungan beban dasar dinamis dan komponen-komponen awal dalam perhitungan beban yang menggunakan program sesuai pada tampilan Gambar IV.8 Hasil Perhitungan Menggunakan Program.

Coefficient and Symbols
Section 4, A.2.2.

$$x = 12 \text{ [m]} \quad c_D = 1.104$$

$$x/L = 0.096 \quad c_F = 1.621$$

$$c_0 = \left[\frac{L}{25} + 41 \right] c_{RW} \quad \text{For } L < 90 \text{ m}$$

$$c_0 = \left[10,75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,5} \right] c_{RW} \quad \text{For } 90 \leq L \leq 300 \text{ m}$$

$$c_0 = 10,75 c_{RW} \quad \text{For } L > 300 \text{ m}$$

c_{RW} = service range coefficient

- 1,00 for unlimited service range
- 0,90 for service range P
- 0,75 for service range L
- 0,60 for service range T

$$c_L = \sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{For } L < 90 \text{ m}$$

$$c_L = 1,0 \quad \text{For } L \geq 90 \text{ m}$$

$$c_L = 1.000 \quad c_0 = 7.588$$

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f$$

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f$$

f = probability factor

- = 1,0 for plate panels
- = 0,75 for secondary stiffening
- = 0,60 for girders and girder systems

$$p_{0 \text{ plate}} = 24.476 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad P_{01} = 30.303 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$p_{0 \text{ stiff}} = 18.357 \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad p_{0 \text{ girder}} = 14.686 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Gambar 5.8 Hasil Perhitungan Menggunakan Program

Pada Gambar V.8 terlihat bahwa hasil perhitungan beban dasar dinamis yang menggunakan program dengan hasil yang sesuai dengan perhitungan manual pada Gambar V.7. Untuk perhitungan pada program ini pun cara membuatnya dengan pembulatan 3 angka dibelakang koma sama seperti cara manual.

Sedangkan untuk perhitungan beban sisi yang memiliki perbedaan dari perhitungan lainnya karena untuk beban sisi perhitungan dilakukan secara perulangan untuk masing-masing

bagian pusat beban sisi yang dimasukkan dalam tabel agar memudahkan *user* dalam melihat hasil perhitungan. Untuk perhitungan beban sisi kapal memiliki kekurangan pada tingkat ketelitian yang didapatkan dan ditampilkan pada sub bab V.2. *Plating Arrangement*. Hal ini disebabkan karena ketika pembagian lajur pelat dilakukan dengan cara pendekatan.

5.4. Thickness Calculations

Untuk hasil perhitungan tebal pelat dilakukan cara yang sama dengan perhitungan beban saat pengkondisiannya. Berikut ini menunjukkan hasil perhitungan tebal pelat secara hitung manual sesuai pada Gambar IV.6 Hasil Perhitungan Menggunakan *Microsoft Excel*.

Tebal pelat minimum				
$t_{min} =$	$(L.k)^{0.5}$	untuk $L \geq 50$ m		
$=$	11.22	mm		
untuk bagian [A] ($0 \leq x/L < 0,2$)				
# $t_{B1} =$	$18.3 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B/s_{pl})^{0.5} + t_K$			
$=$	8.75	+ t_K		
	$t_K =$	1.50	mm	untuk $t' < 10$ mm
$t_{B1} =$	10.25	mm		
# $t_{B2} =$	$1,21a (P_B k)^{0.5} + t_K$	mm		
$=$	7.74	+ t_K		
	$t_K =$	1.50	mm	untuk $t' < 10$ mm
$=$	9.24	mm		
$t_{B2} =$	11.22	mm		
maka $t_B =$	11.22	mm (diambil yang terbesar) \approx	11.50	mm

Gambar 5.9 Hasil Perhitungan Menggunakan *Microsoft Excel*

Pada Gambar V.9 terlihat bahwa pembulatan tebal pelat dilakukan dengan maksud untuk mengurangi nilai rentang yang terlalu jauh dengan hasil perhitungan tebal yang didapatkan dan masih berada dalam persyaratan yang diijinkan sesuai yang telah dijelaskan pada Bab II yaitu toleransi pembulatan sesuai Peraturan BKI *Section I K*. Dengan pembulatan seperti ini kebutuhan ekonomis suatu pelat akan lebih murah jika dibandingkan dengan pembulatan penuh ke atas untuk semua tebal pelat yang digunakan. Selain berdasar pada hal tersebut, pembulatan ini dapat berpengaruh pada biaya produksi kapal tersebut nantinya. Terlihat pada Gambar IV.9 Hasil Perhitungan Menggunakan *Microsoft Excel* bahwa hasil pembulatan ketika nilai tebal pelat sebesar 11,22 mm adalah 11,50 mm karena berada di atas nilai desimal 0,2 mm. Pembulatan penuh ke atas akan sangat jauh rentangnya sehingga pembulatan pada decimal 0,5 mm menjadi 11,50 mm.

Pada Gambar IV.10 Hasil Perhitungan Tebal Pelat Alas menggunakan Program tampak seperti di bawah ini:

Bottom Plating
Section 6, B.1.

Ship with Length < 90 m

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_B \cdot k} + t_K$$

Ship with Length \geq 90 m

$$t_{B1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{P_B}{\sigma_{pf}}}$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \sqrt{P_B \cdot k} + t_K$$

$n_f = 1$ For Transverse Framing

$n_f = 0,83$ For Longitudinal Framing

$a = 0.6$ [mm] $t_{B1} = 11.5$ [mm]

$P_B = 113.678$ [kN/m²] $t_{B2} = 11.5$ [mm]

$\sigma_{pf} = 123.2$ [N/mm²]

The Greater Bottom's thickness

$t_B = 11.5$ [mm]

Gambar 5.10 Hasil Perhitungan Tebal Pelat Alas menggunakan Program

Pada Gambar V.10 hasil perhitungan tebal menggunakan program sesuai dengan yang diharapkan. Pada contoh di atas adalah tebal pelat pada pelat alas dengan pilihan terdapat pada kondisi konstruksi yaitu faktor n_f konstruksi melintang ataupun memanjang. Cara perhitungan tebal dengan pembulatan seperti ini berlaku untuk semua tebal pelat.

5.5. Modulus Calculations

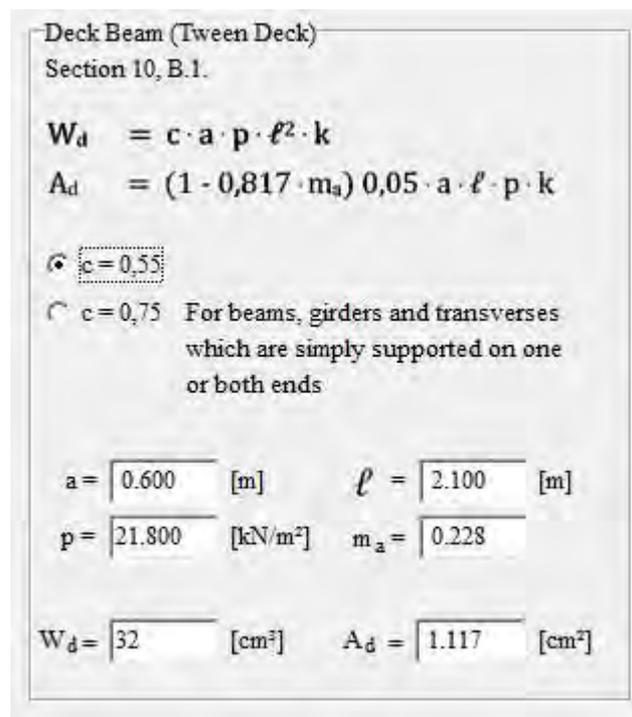
Hasil perhitungan modulus paling utama dipengaruhi oleh *unsupported span* (ℓ). Untuk modulus digunakan pembulatan hingga tidak terdapat angka desimal. Sedangkan perhitungan luas penampang dari penegar maupun penumpu menggunakan pembulatan hingga 3 desimal.

Berikut ini merupakan hasil perhitungan modulus salah satu penegar yaitu balok geladak (*deck beam*) secara manual yang ditampilkan pada Gambar V.12 Hasil Perhitungan Manual Modulus *Deck Beam* pada *Tween Deck*.

$c =$	0.55				
$a =$	0.6	m			
$\ell =$	2.1	m			
$\ell_{min} =$	2	m			
$k =$	1				
$P =$	21.80	kN/m^2			
$m_a =$	$0,204 \cdot (a/\ell) [4 - (a/\ell)^2] : a/\ell \leq 1$				
$=$	0.228				
$W_d =$	$0.55 \times 0.60 \times 2.10^2 \times 21.80 \times 1.00$				
$=$	32	cm^3			
$A_d =$	$(1 - 0.817 \times 0.23) \times 0.05 \times 0.60 \times 2.10 \times 21.80 \times 1$				
$=$	1.117	cm^2			

Gambar 5.11 Hasil Perhitungan Manual Modulus Deck Beam pada Tween Deck

Pada Gambar V.12 yang digunakan adalah ketika balok geladak pada geladak kedua menggunakan faktor $c = 0,55$ yaitu ketika penegar tersebut terdapat penahan (*bracket*) di kedua ujungnya. Begitu pula untuk program yang dijalankan dilakukan pemilihan terhadap $c = 0,55$ sehingga menghasilkan perhitungan seperti pada Gambar V.11 Hasil Perhitungan Modulus Deck Beam pada Tween Deck Menggunakan Program di bawah ini:



Gambar 5.12 Hasil Perhitungan Modulus Deck Beam dengan Program

Hasil perhitungan pada Gambar V.12 di atas terlihat sama ketika dibandingkan dengan perhitungan manual yang ditunjukkan oleh Gambar V.11. Perhitungan menggunakan program lebih praktis karena untuk perhitungan penegar hanya melakukan pemilihan kondisi ada tidaknya

bracket yaitu faktor c sedangkan untuk penumpu menggunakan kondisi panjang konstruksi kapal yaitu pada kapal dengan $L < 100$ m atau $L \geq 100$ m.

5.6. Profile Selection

Dalam pemilihan profil ini berlaku pada profil L. Terdapat beberapa hasil yang dapat dievaluasi yaitu untuk data profil yang telah disimpan dalam program merupakan data-data profil dalam Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Edisi 2006 pada *Volume II* pada bagian *Annex I*. Data tersebut dapat ditampilkan ketika tombol *Profile Data* ditekan oleh *user*.

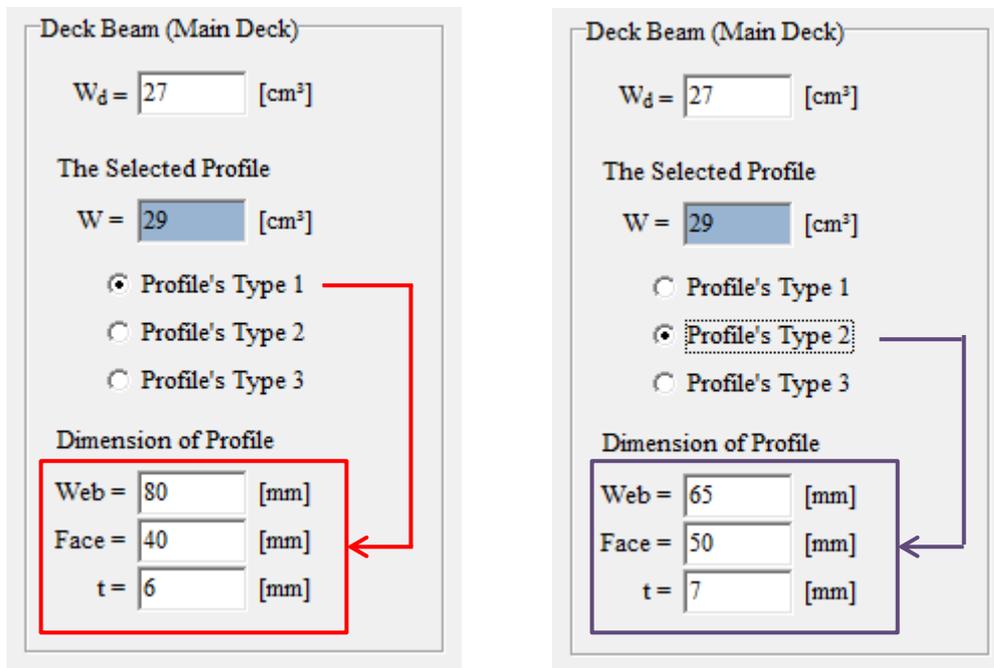
Berikut ini adalah data profil dalam program yang dapat digunakan sebagai perhitungan dan parameter penggambaran konstruksi, sesuai pada Gambar V.13 Beberapa Data-data Profil L sesuai BKI Edisi 2006 *Volume II Annex I*.

Modulus [cm ³]	Section in Conjunction with Plating in [mm]	Web	Face	Thickne
16	L 60 x 40 x 5	60	40	5
19	L 60 x 40 x 6	60	40	6
21	L 65 x 50 x 5	65	50	5
22	L 60 x 40 x 7	60	40	7
25	L 75 x 50 x 5	75	50	5
27	L 75 x 55 x 5	75	55	5
29	L 80 x 40 x 6	80	40	6
29	L 65 x 50 x 7	65	50	7
35	L 75 x 50 x 7	75	50	7
37	L 65 x 50 x 9	65	50	9
37	L 75 x 55 x 7	75	55	7
37	L 80 x 40 x 8	80	40	8
43	L 90 x 60 x 6	90	60	6
44	L 75 x 50 x 9	75	50	9
45	L 100 x 50 x 6	100	50	6

Gambar 5.13 Beberapa Data-data Profil L sesuai BKI Edisi 2006 *Volume II Annex I*

Untuk Gambar V.13 terdapat baris dan kolom data yang dapat dilakukan perubahan sesuai yang diinginkan oleh *user*. Ketika ukuran sebuah nilai modulus terdapat beberapa jenis maka dapat dilakukan pemilihan ukuran sesuai yang diinginkan *user*. Penjelasannya adalah seperti pada keterangan Gambar V.14 Kesesuaian Data dengan Hasil Pemilihan Profil L di bawah ini:

Modulus [cm ³]	Section in Conjunction with Plating in [mm]	Web	Face	Thickne	
29	L 80 x 40 x 6	80	40	6	→ Type 1
29	L 65 x 50 x 7	65	50	7	→ Type 1



Gambar 5.14 Kesesuaian Data dengan Hasil Pemilihan Profil L

Untuk Gambar V.14 menunjukkan hasil pemilihan profil telah sesuai dengan data yang tersimpan pada program. Tetapi ketika *user* memutuskan untuk menggunakan ukuran profil data selain yang disediakan program maka *user* wajib melakukan masukan. Cara ini dilakukan manual, dapat melakukan masukan pada tabel profil lalu menekan tombol *dimensions of profile* atau langsung ke dalam *edit box* bagian modulus yang dikehendaki. Apabila hal ini dilakukan maka perubahan ini tidak dapat disimpan untuk proses perhitungan ketika program telah ditutup. Namun ketika program belum ditutup, data dari perubahan atau masukan baru tetap dapat dilakukan dan dilakukan perhitungan serta penggambaran berikutnya.

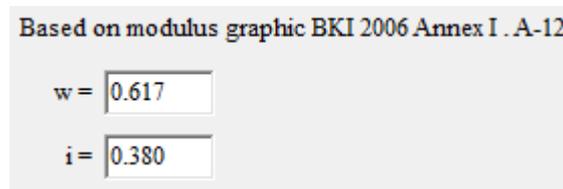
5.7. Profile Design

Dalam perhitungan modulus yang melibatkan grafik modulus dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan melalui program dengan hasil pada perpotongan langsung dari gambar grafik dan perhitungan manual. Berikut ini adalah hasil perhitungan manual dengan kondisi nilai $f_s/F = 0,50$ dan $f/F = 0,50$ sesuai pada Tabel V-1 di bawah ini:

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Manual Grafik Modulus

x1	y1	x2	y2	f_s/F	f/F	w
0	0.15	1	1.085	0.5	0.5	0.6175

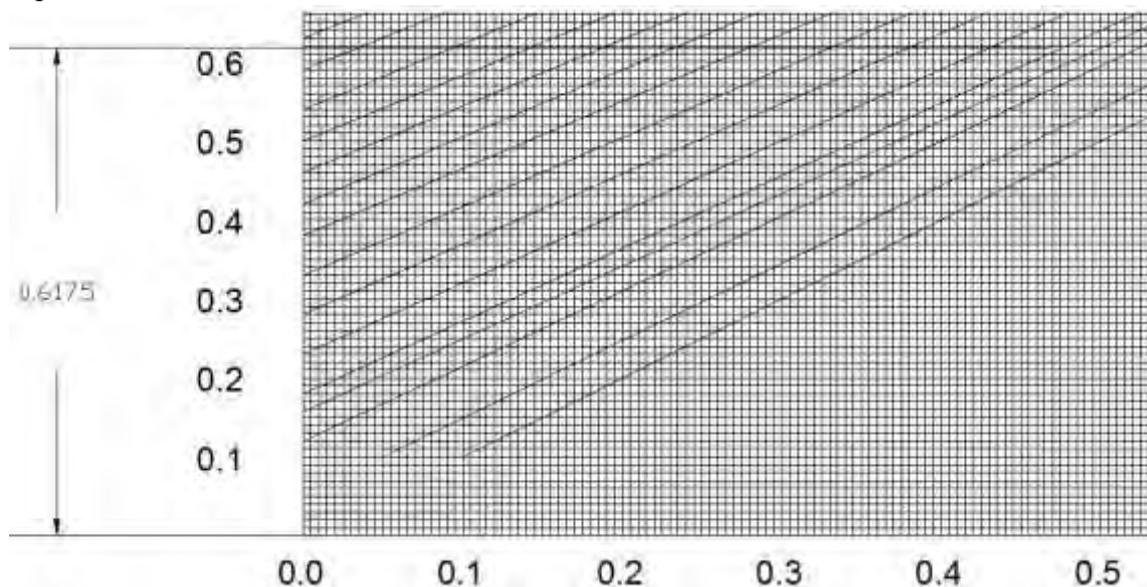
Hasil yang didapatkan dari Tabel V-1 di atas sebesar 0,6175 yang akan digunakan untuk perhitungan besarnya nilai modulus. Sedangkan untuk hasil perhitungan menggunakan program ditampilkan Gambar IV.15 Hasil Perhitungan dari Grafik Modulus pada *Annex I*.



Gambar 5.15 Hasil Perhitungan Grafik Modulus dan Momen Inersia pada *Annex I*

Pada Gambar V.15 menunjukkan bahwa besarnya nilai w dan i sebagai ganti dalam melihat langsung menggunakan grafik modulus dan momen inersia. Hasil w pada program sama dengan hasil perhitungan manual.

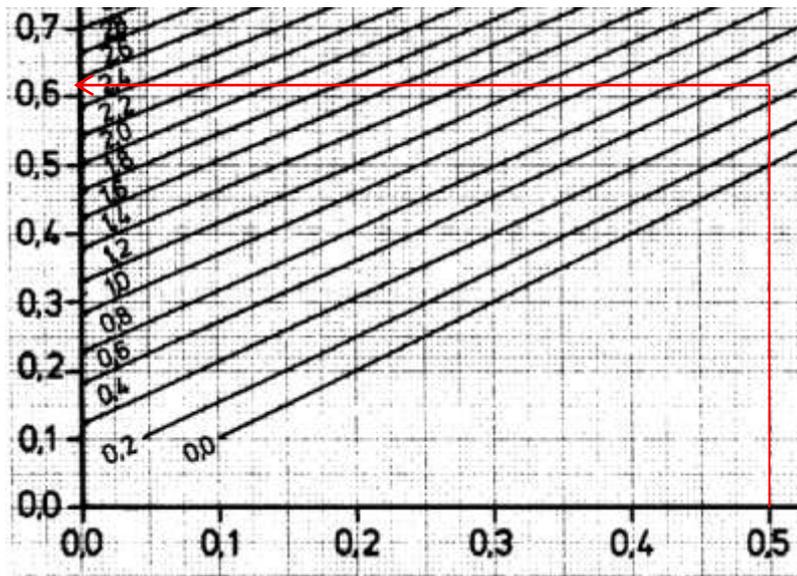
Pembandingan yang digunakan berikutnya adalah pengukuran grafik secara manual yang telah dilakukan penggambaran grafik ulang menggunakan *AutoCAD*. Gambar V.16 Hasil Pengukuran dari Grafik Modulus yang Dimodelkan pada *AutoCAD* merupakan hasil yang didapatkan.



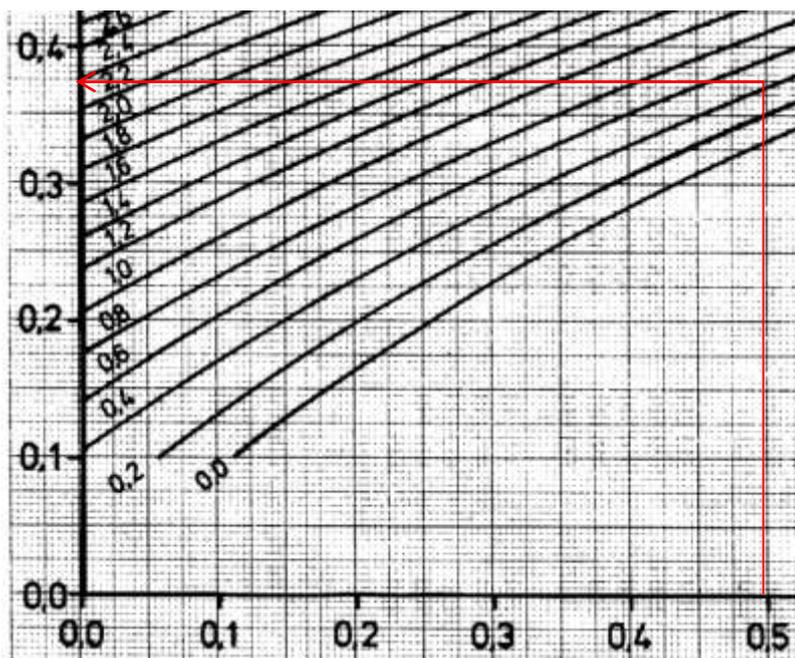
Gambar 5.16 Pengukuran dari Grafik Modulus yang Dimodelkan pada *AutoCAD*

Dari hasil yang didapatkan pada Gambar V.17 di atas memiliki nilai yang sangat mendekati. Meskipun terdapat perbedaan pada bagian desimal pembulatan bagian akhir. Selain perbandingan menggunakan cara tersebut terdapat cara lain yaitu dengan pengukuran langsung pada grafik yang ada sesuai dengan BKI Edisi 2006 *Volume II Annex I*. Berikut adalah hasil pembesaran pengukuran menggunakan gambar grafik secara langsung sesuai pada Gambar V.17

Hasil Pengukuran dari Grafik Modulus sesuai *Annex I* dan Gambar V.18 Hasil Pengukuran dari Grafik Momen Inersia sesuai *Annex I*:



Gambar 5.17 Hasil Pengukuran dari Grafik Modulus sesuai *Annex I*



Gambar 5.18 Hasil Pengukuran dari Grafik Momen Inersia sesuai *Annex I*

Dari hasil pengukuran pada Gambar V.17 dan V.18 masing-masing baik pada grafik modulus maupun grafik momen inersia, garis yang terlihat adalah mendekati dari nilai hasil yang telah dihitung pada program. Pada grafik momen inersia nilai w berada di antara 0,61 dan 0,62 namun cenderung mendekati 0,62. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan program sudah benar. Kemudian untuk grafik momen inersia terlihat pengukuran menghasilkan

nilai i berada pada nilai 0,375 sedikit ke atas sehingga dapat dibulatkan dari hasil penglihatan yaitu 0,380. Nilai tersebut sesuai pula dengan hasil perhitungan program.

5.8. Recapitulation

Dalam rekapitulasi menghasilkan rekap keseluruhan perhitungan yang digunakan sebagai parameter penggambaran. Kekurangannya adalah ketika terdapat perhitungan yang terlewatkan sebelumnya maka pada tabel rekapitulasi tidak muncul hasil yang diinginkan namun tetap akan terdapat pesan dari program sehingga *user* dapat melakukan yang diperintahkan oleh pesan tersebut. Selain itu untuk hasil dalam tabel adalah hasil akhir sehingga yang digunakan adalah hasil pembulatan akhir dari perhitungan sebelumnya. Untuk hasil rekapitulasi dari segala perhitungan telah dilampirkan pada Lampiran V. Contoh Hasil Rekapitulasi.

5.9. Construction Drawing

Hasil penggambaran konstruksi terdiri dari balok geladak pada geladak utama dan geladak kedua, gading utama pada ruang mesin dan di atas geladak kedua, penumpu, dudukan mesin, lajur dan tebal pelat, serta senta sisi. Keseluruhan gambar merupakan hasil dari perhitungan pendekatan sehingga terdapat beberapa kesalahan yang telah dihitung dan dibahas pada sub bab sebelumnya namun masih dalam batas kesalahan di bawah 5%.

Hasil gambar akhir penampang melintang konstruksi kamar mesin dilampirkan pada Lampiran VI. Penampang Melintang Kamar Mesin. Hasil yang terdapat dalam program berupa tipe gambar bitmap dapat dirubah menjadi tipe gambar jpg. Tipe gambar jpg tersebut dengan program lain dapat dilakukan konversi dalam tipe dxf. Untuk hasil konversi gambar jpg ke dxf terlampir pada Lampiran VII Hasil Konversi Gambar dalam dxf.

Kesalahan melakukan nilai masukan untuk perhitungan dan penggambaran konstruksi dalam program akan memberikan tampilan pesan sebagai *error checking*. Tampilan pesan akan memberi panduan pada *user* agar melakukan perintah sehingga program tetap berjalan sesuai yang diinginkan. Contoh tampilan *error checking* terlampir pada Lampiran VIII Error Checking. *Error checking* terjadi ketika nilai yang dimasukkan *user* berada di luar batasan dalam program. Daftar batasan dalam program sesuai pada Lampiran IX Batasan Error Checking. Dari segi sistem kerja, program ini dapat dijalankan pada semua laptop maupun komputer dengan *operating system (OS)* yang sama.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Setelah proses pembuatan program perhitungan dan penggambaran konstruksi penampang melintang gading kecil pada kamar mesin tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan :

1. Perhitungan modulus profil konstruksi ruang mesin kapal *tanker* sesuai dengan peraturan Biro klasifikasi Indonesia (BKI) seperti cara manual dengan penggambaran *line section*, pembagian lajur pelat, perhitungan beban, tebal pelat dan modulus profil yaitu untuk profil L maupun profil T. Dengan Pemrograman keseluruhan langkah tersebut tergantung oleh *user* sebagai subyek dalam pengambilan keputusan kondisi *line section* kapal.
2. Pemilihan ukuran-ukuran profil dari hasil perhitungan modulus dilakukan dengan 2 cara yaitu profil L dilakukan pemilihan data profil sesuai BKI Edisi 2006 *Volume II Annex I* yang telah dijadikan *database* sederhana sehingga *user* hanya melakukan masukan modulus yang dipilih maka secara otomatis data profil didapatkan. Sedangkan untuk profil T tetap dilakukan perancangan profil dengan masukan yang dilakukan oleh *user*.
3. Pemodelan hasil pemilihan profil pada gading kecil konstruksi ruang mesin kapal *tanker* dalam 2 dimensi untuk *docking profile*, balok geladak, gading utama, senta dan penumpu. Sehingga program ini dapat membantu belajar mahasiswa untuk praktik langsung.

6.2. Saran

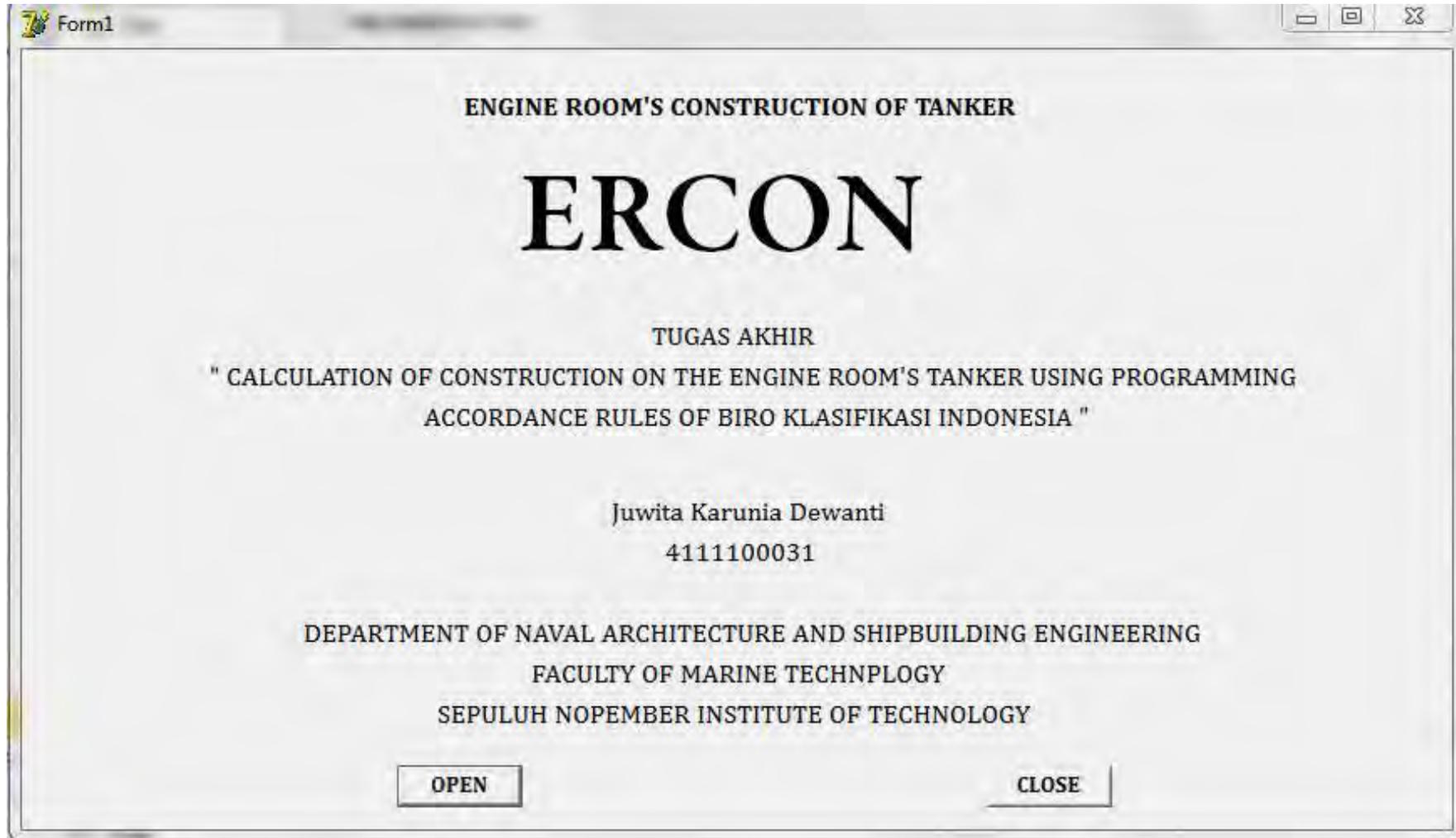
Dalam pembuatan program ini perlu pengembangan untuk yang hasil lebih mendekati dan lengkap secara keseluruhan penampang. Saran yang dapat diberikan adalah :

1. Penggunaan rumus persamaan *line section* dapat menggunakan persamaan dengan tingkat kesalahan lebih minimal sehingga didapat gambar yang lebih mendekati aslinya.
2. Pengembangan *database* profil dapat dilakukan untuk mendapat ukuran yang terdapat di pasaran dan dapat dilakukan penyimpanan otomatis ketika dilakukan penambahan data.
3. Penambahan perhitungan dan penggambaran dapat dilakukan sehingga program dapat dikembangkan untuk keseluruhan gading pada kamar mesin, kemudian dapat menambah variasi *carter* mesin yang digunakan agar tidak hanya berlaku pada satu jenis mesin saja.
4. Hasil konversi jpg ke dxf dapat dilakukan namun hasilnya kurang bagus. Pengembangan berikutnya mungkin dapat dilakukan konversi langsung ke dxf dalam program tersebut.

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

Lampiran I Tampilan Program

1. Halaman *Opening Screen*



2. Halaman *Section*

SECTION OF ENGINE ROOM

Section | Plating Arrangement | Load Calculations | Thickness Calculations | Modulus Calculations | Profile Selection | Profile Design | Recapitulation | Construction Drawing

Point of Section [mm]

X ₁ =		Y ₁ =	
X ₂ =		Y ₂ =	
X ₃ =		Y ₃ =	
X ₄ =		Y ₄ =	
X ₅ =		Y ₅ =	
X ₆ =		Y ₆ =	

POINT

Double Bottom

Height = 1800 [mm]

Engine Casing

Yes No

Width = 2000 [mm]

Tween Deck

Height = 4500 [mm]

Amount of Engine

Single Double

Engine Seating

Height = 600 [mm]

Position = 600 [mm]

Space = 400 [mm]

Scale of View

Scale = 0.5 [mm]

DRAW

CL

5. Halaman *Thickness Calculations*

SECTION OF ENGINE ROOM

Section | Plating Arrangement | Load Calculations | **Thickness Calculations** | Modulus Calculations | Profile Selection | Profile Design | Recapitulation | Construction Drawing

Structural Steel
Section 6, A.2.

$k = \frac{235}{R_{eH}}$ For Normal Strength

$k = \frac{295}{R_{eH} + 60}$ For Higher Strength

$R_{eH} = 235$ [N/mm²]

$k =$

Longitudinal Girders of Foundation
Section 8, C.3.2.1.

$t = \sqrt{\frac{P}{15}} + 6$ For $P < 1500$ kW

$t = \frac{P}{750} + 14$ For $1500 \leq P < 7500$ kW

$t = \frac{P}{1875} + 20$ For $P \geq 7500$ kW

$P = 2530$ [kW] $t =$ [mm]

Flat Plate Keel
Section 6, B.5.1.

$t_{FK} = t_B + 2,0$

$t_B =$ [mm]

$t_{FK} =$ [mm]

Side Shell Plating
Section 6, C.1.

Ship with Length < 90 m **Calculate**

$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_s \cdot k} + t_K$

Ship with Length ≥ 90 m

$t_{s1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{P_s}{\sigma_{pf}}} + t_K$

$t_{s2} = 1,21 \cdot a \sqrt{P \cdot k} + t_K$

$t_{s3} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{P_{s1}}{\sigma_{pfmax}}} + t_K$

$P_{smax} = 114$ [N/mm²] $\sigma_{pf} =$ [N/mm²]

$P_{s1max} = 101$ [N/mm²] $\sigma_{pfmax} =$ [N/mm²]



Bottom Plating
Section 6, B.1.

Ship with Length < 90 m

$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{P_B \cdot k} + t_K$

Ship with Length ≥ 90 m

$t_{B1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{P_B}{\sigma_{pf}}}$

$t_{B2} = 1,21 \cdot a \sqrt{P_B \cdot k} + t_K$

$n_f = 1$ For Transverse Framing

$n_f = 0,83$ For Longitudinal Framing

$a =$ [mm] $t_{B1} =$ [mm]

$P_B =$ [kN/m²] $t_{B2} =$ [mm]

$\sigma_{pf} =$ [N/mm²]

The Greater Bottom's thickness

$t_B =$ [mm]

Design of Top Plate
Section 8, C.3.2.1.

Diameter of the foundation bolts (d)

$A_T = \frac{P}{75} + 70$ For $P \leq 750$ kW

$A_T = \frac{P}{15} + 30$ For $P > 750$ kW

The thickness of the to top plate shall approximately be equal to the diameter of the fitted-in bolts.

$d = 60$ [mm]

$A_T =$ [cm²] Width = [mm]

The Design Width of Top Plate

Width = [mm] **Drawing Top Plate**

Bilge Strake
Section 6, B.4.1.

$t =$ [mm]

Side Girders Thickness
Section 8, C.2.3.

$t =$ [mm]

Tween Deck
Section 7, B.1.1.

$t = 1,1 \cdot a \sqrt{P_L \cdot k} + t_K$

$P_L =$ [kN/m²]

$t =$ [mm]

Plate Floor
Section 8, C.2.2.

The floor thickness according B.6.2. is to be increased as follow :

$3,6 + \frac{P}{500}$ [%]

$t_{pf} = (t_m - 2,0) \cdot \sqrt{k}$ Section 8, B.6.2.

$t_m =$ [mm]

$t_{pf} =$ [mm]

Inner Bottom
Section 8, B.4.1.

$t = 1,1 \cdot a \sqrt{P \cdot k} + t_K$

$P =$ [kN/m²] $t =$ [mm]

Sheerstrake
Section 6, B.3.2.

$t = 0,5 (t_D - t_S)$ $t = t_S$

$t_D =$ [mm] $t_S =$ [mm]

The Sheerstrake's thickness $t =$ [mm]

Critical Plate Thickness of Strength Deck
Section 7, B.5.2.

The critical plate thickness is to be determined according to Section 6, B.2. analogously.

$t =$ [mm]

6. Halaman Modulus Calculations

SECTION OF ENGINE ROOM

Section | Plating Arrangement | Load Calculations | Thickness Calculations | **Modulus Calculations** | Profile Selection | Profile Design | Recapitulation | Construction Drawing

Deck Beam (Main Deck)
Section 10, B.1.

$$W_d = c \cdot a \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k$$

$$A_d = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,05 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$$

c = 0,55
 c = 0,75 For beams, girders and transverses which are simply supported on one or both ends

a = [m] ℓ = [m]
p = [kN/m²] m_a =

W_d = [cm³] A_d = [cm²]

Main Frame (Main Deck)
Section 9, A.2.1.1.

$$W_R = n \cdot c \cdot a \cdot \ell^2 \cdot p \cdot cr \cdot k$$

For L < 100 m For L ≥ 100 m

for calculation of modulus

c =
n =
a = [m] $\ell_{Ku} = 5$ [m]
 $\ell =$ [m] $\ell_{Ko} = 3$ [m]
p = [kN/m²] s = [m]
k = cr =

Main Frame (Tween Deck)
Section 9, A.2.1.1.

$$W_R = n \cdot c \cdot a \cdot \ell^2 \cdot p \cdot cr \cdot k$$

for calculation of modulus

c =
n =
a = [m] $\ell_{Ku} = 2,5$ [m]
 $\ell =$ [m] $\ell_{Ko} = 2,5$ [m]
p = [kN/m²] s = [m]
k = cr =

Deck Side Girder (Main Deck)
Section 10, B.4.1.

$$W_d = c \cdot e \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k \quad A_w = 0,05 \cdot p \cdot e \cdot k$$

c = 0,55
 c = 0,75 For beams, girders and transverses which are simply supported on one or both ends

e = [m] p = [kN/m²]
k = $\ell =$ [m]

Modulus of Deck Side Girder on Main Deck is :
W_d = [cm³]

Shear Area of Deck Side Girder on Main Deck is :
A_w = [cm²]

Deck Beam (Tween Deck)
Section 10, B.1.

$$W_d = c \cdot a \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k$$

$$A_d = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,05 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$$

c = 0,55
 c = 0,75 For beams, girders and transverses which are simply supported on one or both ends

a = [m] ℓ = [m]
p = [kN/m²] m_a =

W_d = [cm³] A_d = [cm²]

Modulus of Main Frame on Tween Deck

$$W_R =$$
 [cm³]

$A_{RO} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,04 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$
Calculation's result of upper end shear area

m_a =
A_{RO} = [cm²]

$A_{Ru} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,07 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$
Calculation's Result of lower end shear area

A_{RU} = [cm²]

Modulus of Main Frame on Tween Deck

$$W_R =$$
 [cm³]

$A_{RO} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,04 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$
Calculation's result of upper end shear area

m_a =
A_{RO} = [cm²]

$A_{Ru} = (1 - 0,817 \cdot m_a) 0,07 \cdot a \cdot \ell \cdot p \cdot k$
Calculation's Result of lower end shear area

A_{RU} = [cm²]

Deck Side Girder (Tween Deck)
Section 10, B.4.1.

$$W_d = c \cdot e \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k \quad A_w = 0,05 \cdot p \cdot e \cdot k$$

c = 0,55
 c = 0,75 For beams, girders and transverses which are simply supported on one or both ends

e = [m] p = [kN/m²]
k = $\ell =$ [m]

Modulus of Deck Side Girder on Main Deck is :
W_d = [cm³]

Shear Area of Deck Side Girder on Main Deck is :
A_w = [cm²]

8. Halaman *Profile Design*

SECTION OF ENGINE ROOM

Section | Plating Arrangement | Load Calculations | Thickness Calculations | Modulus Calculations | Profile Selection | **Profile Design** | Recapitulation | Construction Drawing

Section 3, E.2.2.
According to the Table 3.1 Effective Breadth e_m of Frames and Girders:

Web Frame
Section 9, A.6.1.3. Calculate Modulus

$l_{frame} =$ [m]

Quantity = Stringers

$W = 0,8 \cdot e \cdot l^2 \cdot p_s \cdot k$

$e_{web\ frame} =$ [m] $P_s =$ [kN/m²]

$l_{frame} =$ [m]

The calculation results of modulus is :

$W =$ [cm³]

$I = H(4,5H - 3,5) c_1 \cdot 10^2$

For $3 \leq H \leq 10$ m

$I = H(7,25H - 31) c_1 \cdot 10^2$

For $H > 10$ m

The calculation results of inertia moment is :

$I =$ [cm⁴]

The scantlings of the webs are to be calculated as follows :

Depth $h = 50 \cdot H$ $h_{min} = 250$ mm

$h =$ [mm]

Thickness

$t = \frac{h}{30 + 0,03 h}$ $t_{min} = 8,0$ mm

$t =$ [mm]

Web Frame

Follower Plate

$l/e =$

$e_{m1} =$

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Face of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Web of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Based on modulus graphic BKI 2006 Annex I . A-12

$w =$

$i =$

Modulus and Inertia Moment of Web Frame :

$W =$ [cm³]

$J =$ [cm⁴]

Calculate

Deck Side Girder (Main Deck)

Follower Plate

$l/e =$

$e_{m1} =$

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Face of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Web of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Based on modulus graphic BKI 2006 Annex I . A-12

$w =$

Modulus and Inertia Moment of Web Frame :

$W = w \cdot F \cdot h$

$W =$ [cm³]

Calculate

Deck Side Girder (Tween Deck)

Follower Plate

$l/e =$

$e_{m1} =$

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Face of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Web of Profile

Dimension = [mm]

Thickness = [mm]

Based on modulus graphic BKI 2006 Annex I . A-12

$w =$

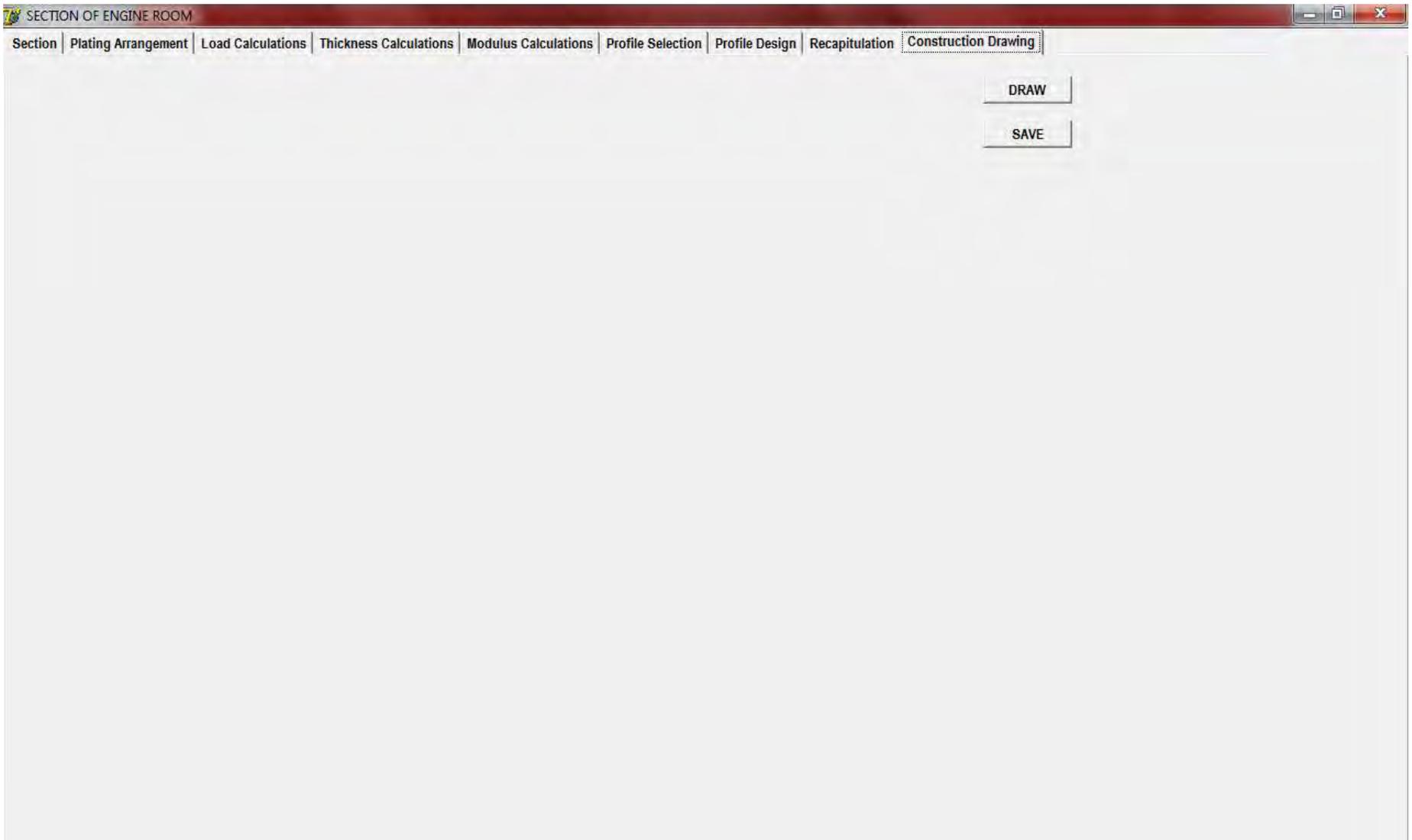
Modulus and Inertia Moment of Web Frame :

$W = w \cdot F \cdot h$

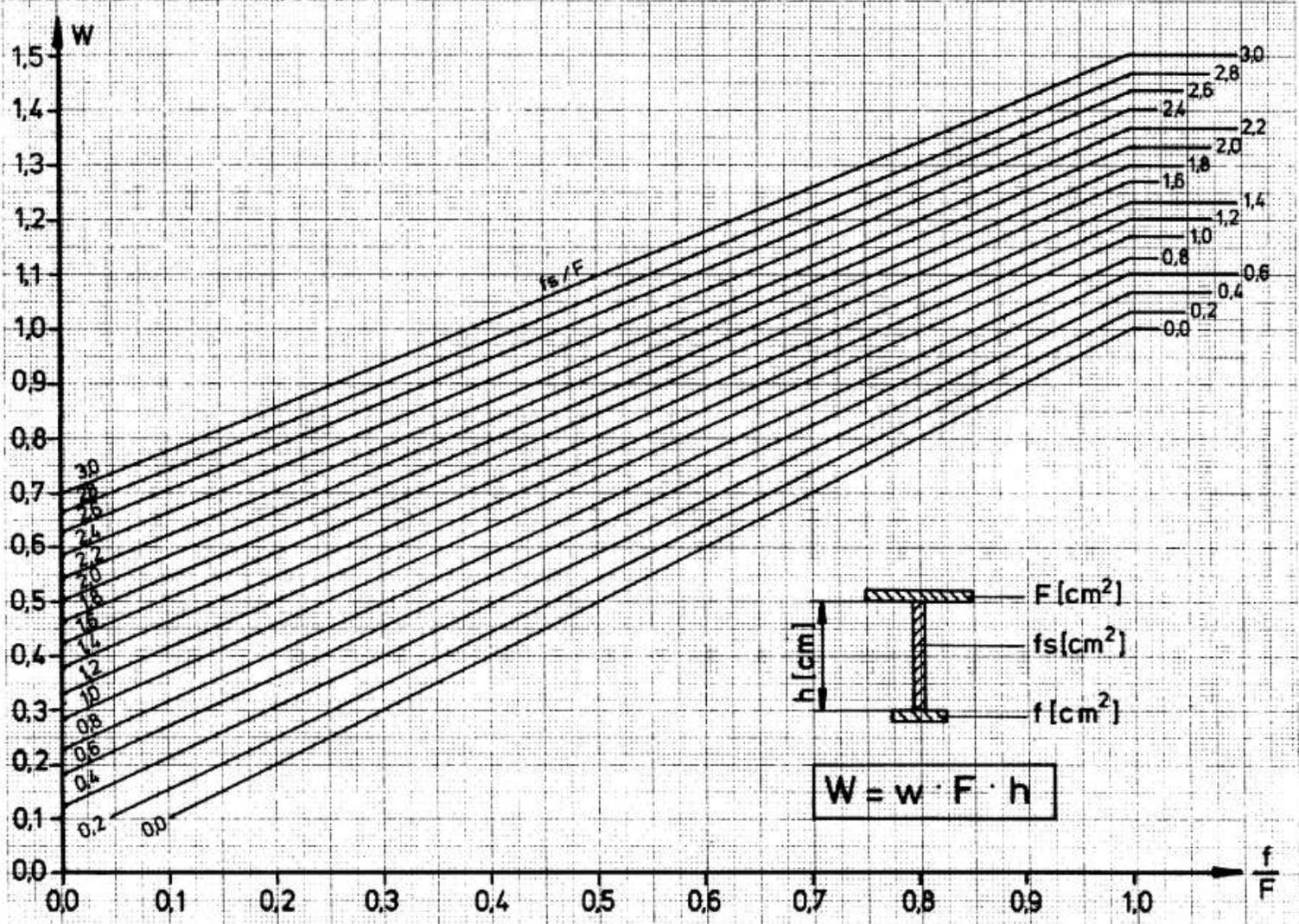
$W =$ [cm³]

Calculate

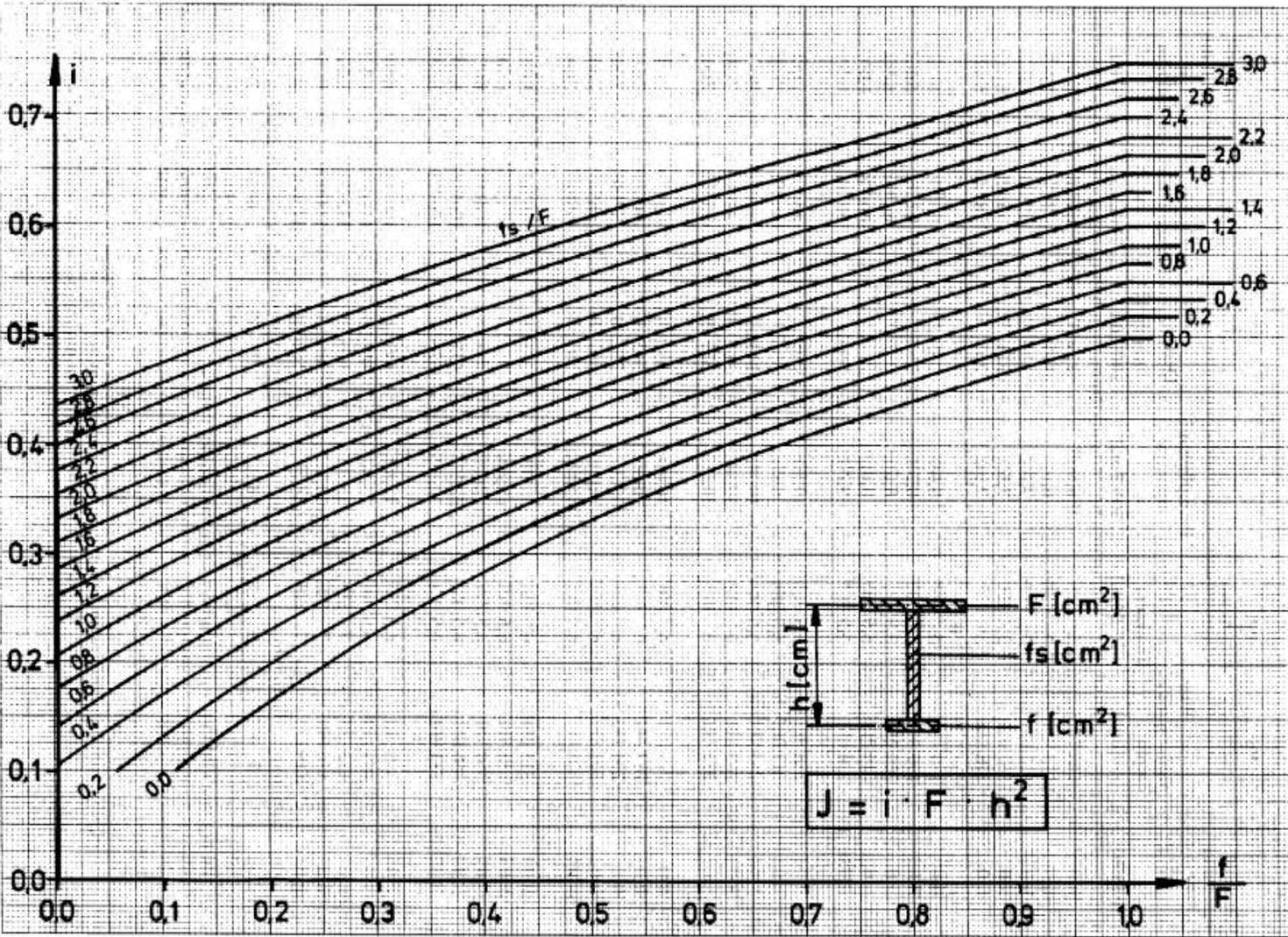
10. Halaman *Construction Drawing*



Lampiran II Grafik Modulus



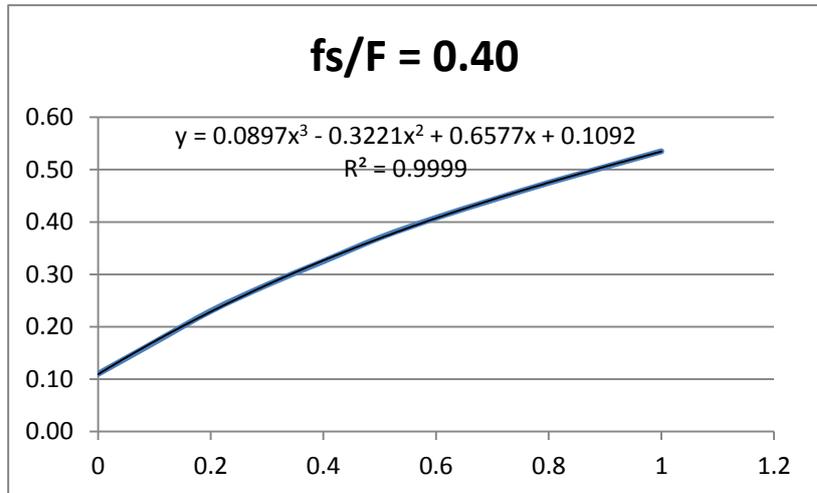
Lampiran III Grafik Momen Inersia dan Perhitungan



1. Perhitungan Persamaan Grafik Momen Inersia untuk $f_s/F = 0,40$ dan $f_s/F = 0,60$

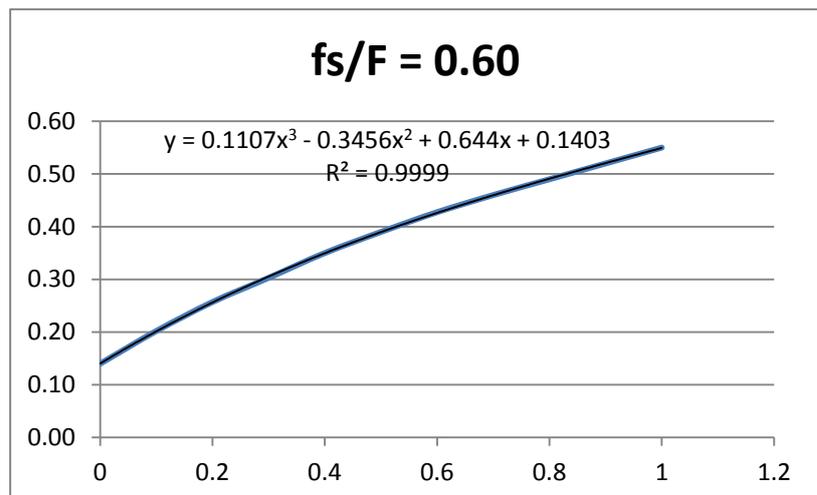
$f_s/F = 0,40$

f/F	i
0	0.11
0.1	0.17
0.2	0.23
0.3	0.28
0.4	0.33
0.5	0.37
0.6	0.41
0.7	0.44
0.8	0.48
0.9	0.51
1	0.54



$f_s/F = 0,60$

f/F	i
0	0.14
0.1	0.20
0.2	0.26
0.3	0.30
0.4	0.35
0.5	0.39
0.6	0.43
0.7	0.46
0.8	0.49
0.9	0.52
1	0.55



Cek dengan nilai $f_s/F = 0,50$ dan $f/F = 0,50$. Karena $f_s/F = 0,50$ berada di antara $f_s/F = 0,40$ dengan $f_s/F = 0,60$ maka perhitungannya adalah sebagai berikut ini:

i pada $f_s/F = 0,40$ adalah 0.369

i pada $f_s/F = 0,60$ adalah 0.390

Rentang $i = (0,390 - 0,369) = 0,021$

Bagian $= (0,021/20) = 0,001$

y for it $= 0,001 \cdot 100 \cdot 0,021 = 0,010$

$J = 0,380$

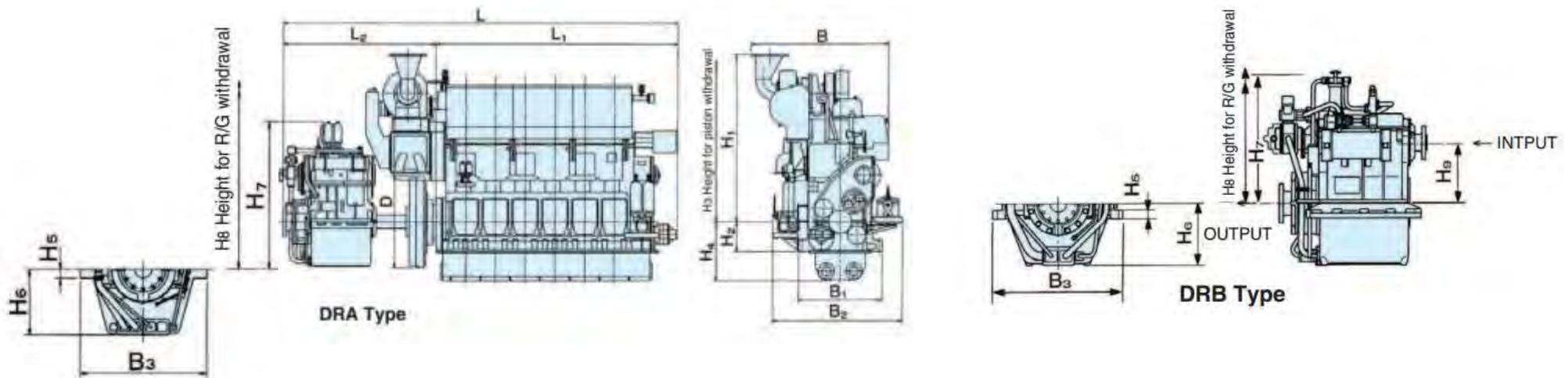
Lampiran IV Data Mesin

Dalam penggambaran *carter* mesin dalam program ini hanya menggunakan salah satu mesin yaitu mesin diesel khusus *marine propulsion* dengan merek Daihatsu sesuai pada katalog mesin yang didapat dari www.dhtd.co.jp. Berikut adalah data mesin Daihatsu model 6DCM-32e:

Engine Model	Output		Engine revs. min ⁻¹	Bore mm	Stroke mm
	MDO kWm	HFO kWm			
6DCM-32e	3010	3010	750	280	390

Engine Model	R/G Model	L	L1	L2	B	B1	H1	H2	H3	H4	D	H5	H6	H7	H8	H9	B2	B3
6DCM-32e	DRA-80F	6967	3907	3060	2160	1450	3022	500	2295	1030	1400	70	800	1564	1800	-	2160	1600
	DRB-80F	5966	3907	2060	2535	1450	2871	500	2295	1030	1400	50	800	1364	1500	772	2160	1600

Untuk gambar mesin dengan tipe DRA dan tipe DRB seperti pada gambar berikut ini :

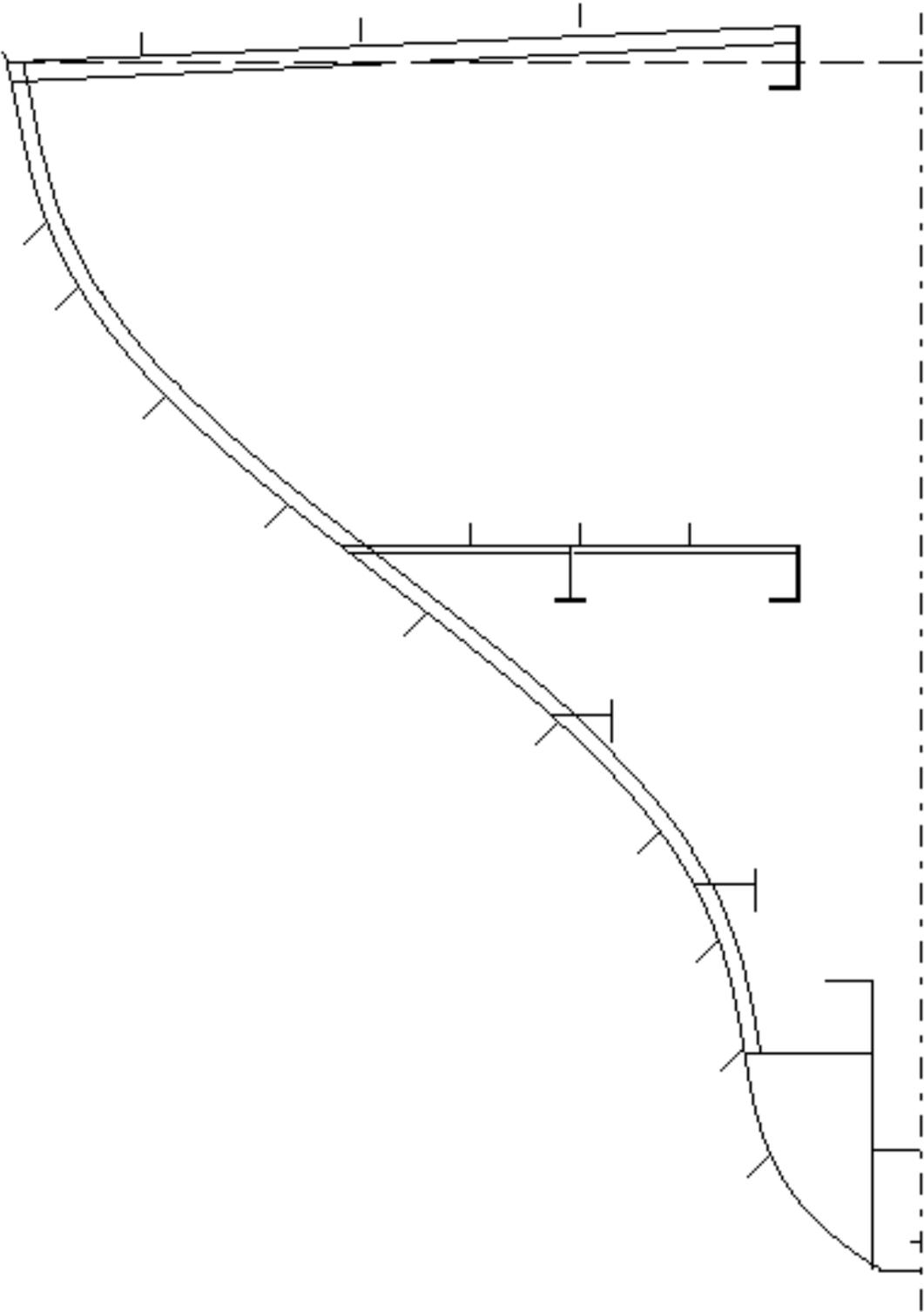


Lampiran V Contoh Hasil Rekapitulasi

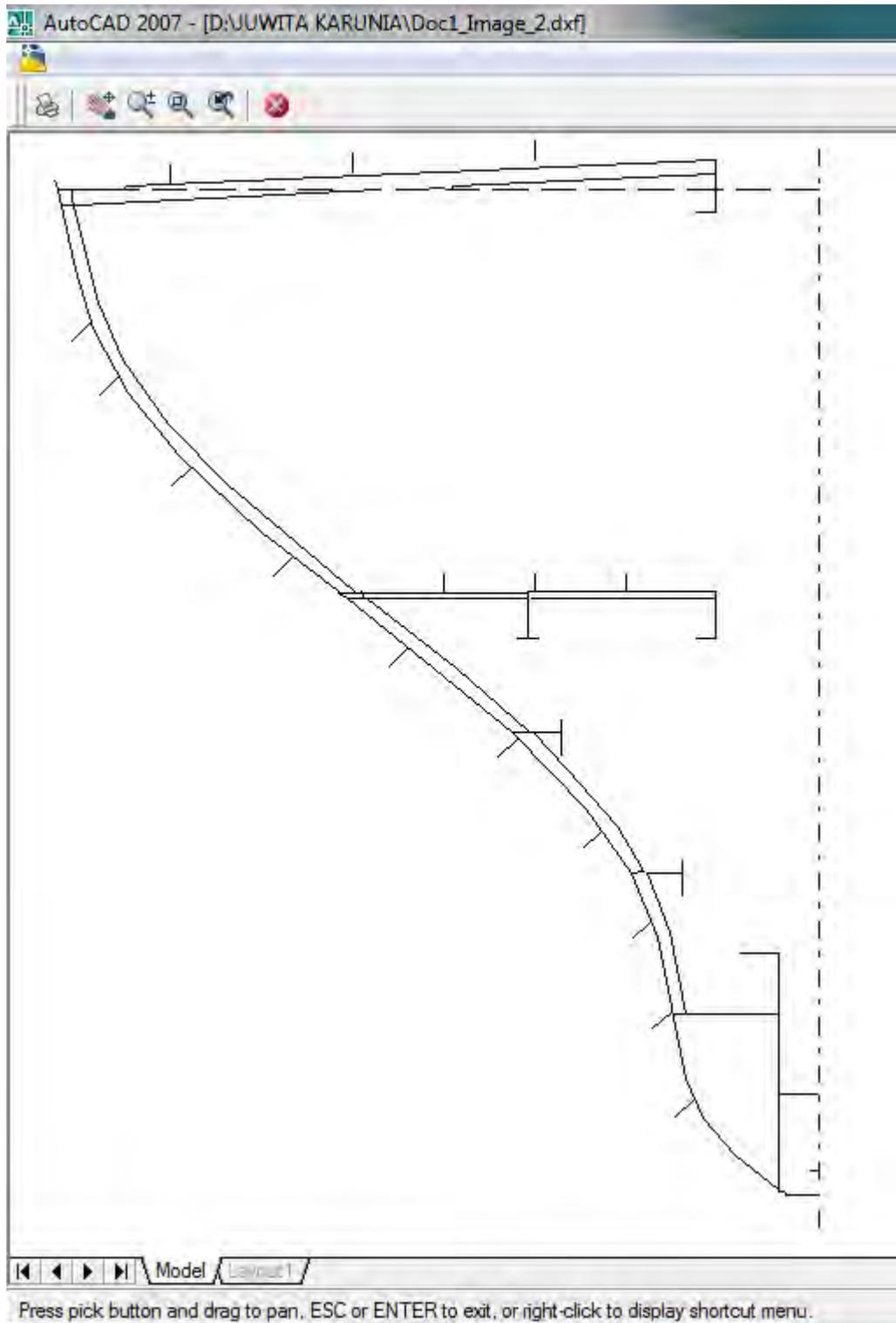
Number	Section	Loads [kN/mm ²]	Thickness [mm]	Width [mm]
1	Keel Plate	-	14	
2	Bottom Plate	75.046	11.5	
3	Side Plate	114	12.5	
4	Sheerstrake	-	12.5	
5	Main Deck Plate	34.434	5	
6	Tween Deck Plate	9.140	8	
7	Inner Bottom Plate	143.431	11.5	
8	Longitudinal Girder (Foundation)	-	17.5	
9	Top Plate Engine Seating	-	60	
10	Plate Floor	-	11.5	
11	Top Plate of Foundation	-		400

Number	Stiffener and Girder	Profile	Web	Face	Thickness
1	Deck Beam (Main Deck)	L 150 x 75 x 9	150	75	9
2	Deck Beam (Tween Deck)	L 60 x 40 x 7	60	40	7
3	Main Frame (Main Deck)	L 130 x 90 x 10	130	90	10
4	Main Frame (Tween Deck)	L 130 x 65 x 10	130	65	10
5	Side Girder (Main Deck)	T 250 x 500 x 12	500	250	12
6	Side Girder (Tween Deck)	T 450 x 250 x 12	450	250	12
7	Side Stringer	T 450 x 250 x 12	450	250	12
8	Docking Profile	L 250 x 90 x 16	250	90	16

Lampiran VI Penampang Melintang Kamar Mesin



Lampiran VII Hasil Konversi Gambar dalam dxf



Lampiran VIII Error Checking



Lampiran IX Batasan Error Checking

HALAMAN	TOMBOL	BAGIAN	CEK KESALAHAN	HASIL
Section	Point	Koordinat line	Tidak ditemukan file	Oke
	Draw	- Koordinat penampang	Batas nilai negatif	Oke
			Koordinat $y_{n+1} > y_n$	Oke
		- Tinggi dasar ganda	Batas nilai negatif	Oke
			Batas maksimal 4000 mm	Oke
		- Engine casing	Pilihan ada dan tidak	Oke
		- Tinggi geladak kedua	Batas nilai negatif	Oke
		- Jumlah mesin	Pilihan ada dan tidak	Oke
	- Skala gambar	Batas nilai negatif	Oke	
Plating Arrangement	Calculate for L	- Ukuran utama kapal	Batasan nilai negatif	Oke
			Nilai $H = y_6$	Oke
			Nilai $B \geq x_6$	Oke
			Nilai $C_b \leq 1$	Oke
			Nilai $H > T$	Oke
	Calculate	- Lebar pelat	Batasan nilai negatif	
			Nilai Maksimal 2400 mm	
Load Cal.	Tombol pilihan	- Pilihan c_{RW}	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- x (letak penampang)	Batasan nilai negatif	Oke
	Calculate	- Nilai G dan V	Batasan nilai negatif	Oke
		- Hasil perhitungan beban	Mengacu perhitungan sebelumnya	Oke
Thickness Cal.	Tombol pilihan	- Pilihan baja	Batasan nilai negatif	Oke
			Nilai minimal $R_{eff} = 235$	Oke
		- Tombol nf	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- Tombol rentang P untuk tebal	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- Tombol rentang P untuk luas	Sudah dipilih atau belum	Oke
	Drawing top plate	Menggambar top plate	Batasan nilai negatif	Oke
	Calculate	Perhitungan keseluruhan tebal	Mengacu perhitungan sebelumnya	Oke
			Pembulatan tebal :	
			- Pilihan $t = 0$ (tebal tersebut)	Oke
			- Pilihan $0 \leq t \leq 0,2$ (ke bawah)	Oke
		- Pilihan $0,2 < t \leq 0,7$ (+0,5)	Oke	
		- Pilihan $t > 0,7$ (ke atas)	Oke	
Modulus Cal.	Tombol pilihan	- Balok geladak (Geladak utama)	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- Balok geladak (Geladak kedua)	Sudah dipilih atau belum	Oke
	faktor c (ketentuan braket)	- Gading utama (Geladak utama)	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- Gading utama (Geladak kedua)	Sudah dipilih atau belum	Oke
		- Nilai Iku dan Iko	Batasan nilai negatif	Oke
Profile Selection	Profile data	Menampilkan data profil L	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Dimensions of profile	Mencari dan menampilkan ukuran profil L	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Check Area of docking profile	Melakukan cek batasan minimal luasan docking profile	Sudah dilakukan atau belum	Oke
Profile Design	Calculate modulus	Menghitung modulus Web frame	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Pilihan rentang H	Menghitung momen inersia	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Calculate	- Ukuran pelat bilah	Batasan nilai negatif	Oke
		- Ukuran pelat hadap	Batasan nilai negatif	Oke
		- Cek modulus dan inersia	Sesuai batas minimal perhitungan	Oke
		Sesuai dengan grafik	Oke	
Recapitulation	Loads and thickness	Rekapitulasi hasil	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Modulus	Rekapitulasi hasil	Sudah dilakukan atau belum	Oke
Const. Drawing	Draw	Menggambar konstruksi	Sudah dilakukan atau belum	Oke
	Save	Melakukan penyimpanan	Sudah dilakukan atau belum	Oke

BIODATA PENULIS



Juwita Karunia Dewanti adalah nama lengkap dari penulis yang lebih akrab dipanggil Nia. Penulis lahir di Ponorogo, 10 Januari 1993 silam. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Hang Tuah 12 Surabaya, kemudian melanjutkan di SD Hang Tuah 12 Surabaya pada tahun 1999 dan lulus tahun 2005, lalu penulis melanjutkan di SMPN 1 Ponorogo pada tahun 2005 sampai lulus tahun 2008 dan SMAN 1 Ponorogo mengambil Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam dan Sains (IPA). Hingga akhirnya penulis menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2011, penulis melanjutkan sekolah tahap sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Perkapalan melalui jalur undangan.

Pada tahapan S-1 di Teknik Perkapalan ITS, penulis mengambil bidang studi Rekayasa Perkapalan bidang keahlian Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Dalam pengambilan tugas akhir penulis mengambil bahasan mengenai pemrograman computer yang diterapkan dalam perhitungan konstruksi kapal. Selama masa kuliah jenjang S-1, penulis pernah menjadi Sekretaris Departemen Pendidikan dan Keprofesian HIMATEKPAL serta Sekretaris SAMPAN 7 ITS periode 2012/2013, Staff Departemen Pendidikan dan Keprofesian HIMATEKPAL serta Sekretaris SAMPAN 8 ITS periode 2013/2014.

Email : juwitadewanti@gmail.com

DAFTAR PUSTAKA

- Bertsekas, D. P. (1982). *Constrained Optimization and Lagrange Multiplier Methods*. Massachusetts: Academic Press, Inc.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). (2009). *Rules for Hull*. Jakarta: BKI Publishing.
- Cantu, M. (2003). *Essential Pascal* (2nd ed.). Italia: 17th Century Fresco.
- Corral, M. (2009). *Trigonometry*. Michigan: Free Software Foundation.
- Eyres, D. J. (2001). *Ship Construction*. Oxford: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Herbert Engineering Corp. (2012). *Design and Construction of Oil Tankers*. Alameda: National Energy Board.
- International Association of Classification Societies (IACS). (2006). *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tankers*. London: IACS Publishing.
- International Association of Classification Societies (IACS). (2015, Mei 20). *IACS Common Structural Rules*. Retrieved Desember 7, 2015, from International Association of Classification Societies Web Site: www.iacs.org.uk
- Kadir, A. (2013). *From Zero to A Pro Delphi*. Yogyakarta: Andi.
- Kementrian Perindustrian. (2015, Maret 26). *Menteri Perindustrian Menerima Dirut PT. Biro Klasifikasi Indonesia (Persero)*. Retrieved Desember 4, 2015, from Kementrian Perindustrian Web Site: <http://www.kemenperin.go.id>
- Lembaga Pengembangan Teknologi Sistem Informasi (LPTSI). (2013, Mei 23). *Gratis, Software Berlisensi untuk Akademisi ITS*. Retrieved Desember 11, 2015, from Lembaga Pengembangan Teknologi Sistem Informasi Web Site: <http://www.lptsi.its.ac.id>
- Maritime World. (2011, Agustus). *Materi Prosedur Keadaan Darurat Dan SAR Search And Rescue*. Retrieved Desember 4, 2015, from Maritime World Web Site: <http://www.maritimeworld.web.id>
- Osborne, M. (2004). *Oil Tankers* (Vol. II). (T. Lamb, Ed.) New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Redaksi Jurnal Maritim. (2015, Januari 16). *BKI Telah Penuhi Persyaratan Menjadi Anggota IACS*. Retrieved Desember 11, 2015, from Jurnal Maritim Web Site: <http://jurnalmaritim.com>
- Setiawan, Y. (2004). *Panduan Object - Oriented Programming (OOP) Belajar Pemrograman Delphi*. Yogyakarta: Andi.
- Sub Portal BUMN. (2014, Juli 1). *Gamsunoro, Tanker Terbesar Milik Pertamina*. Retrieved September 29, 2015, from PT. Pertamina Web Site: <http://www.bumn.go.id>
- Tapscott, R. J. (1980). *Ship Design and Construction*. (R. Taggart, Ed.) New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Tim Penyusun Buku Ajar Kalkulus FMIPA ITS. (2010). *Seri Buku Ajar Kalkulus 2*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

--- Halaman ini sengaja dikosongkan ---

BIODATA PENULIS



Juwita Karunia Dewanti adalah nama lengkap dari penulis yang lebih akrab dipanggil Nia. Penulis lahir di Ponorogo, 10 Januari 1993 silam. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Hang Tuah 12 Surabaya, kemudian melanjutkan di SD Hang Tuah 12 Surabaya pada tahun 1999 dan lulus tahun 2005, lalu penulis melanjutkan di SMPN 1 Ponorogo pada tahun 2005 sampai lulus tahun 2008 dan SMAN 1 Ponorogo mengambil Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam dan Sains (IPA). Hingga akhirnya penulis menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2011, penulis melanjutkan sekolah tahap sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Jurusan Teknik Perkapalan melalui jalur undangan.

Pada tahapan S-1 di Teknik Perkapalan ITS, penulis mengambil bidang studi Rekayasa Perkapalan bidang keahlian Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Dalam pengambilan tugas akhir penulis mengambil bahasan mengenai pemrograman computer yang diterapkan dalam perhitungan konstruksi kapal. Selama masa kuliah jenjang S-1, penulis pernah menjadi Sekretaris Departemen Pendidikan dan Keprofesian HIMATEKPAL serta Sekretaris SAMPAN 7 ITS periode 2012/2013, Staff Departemen Pendidikan dan Keprofesian HIMATEKPAL serta Sekretaris SAMPAN 8 ITS periode 2013/2014.

Email : juwitadewanti@gmail.com