



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PERANCANGAN APLIKASI PERHITUNGAN DAN
OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA *MIDSHIP* KAPAL
BERDASAR *RULE BIRO KLASIFIKASI INDONESIA***

**Aditya Rachman
NRP 4113100018**

**Dosen Pembimbing
Totok Yulianto, S.T., M.T.
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**PERANCANGAN APLIKASI PERHITUNGAN DAN
OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA *MIDSHIP* KAPAL
BERDASAR *RULE BIRO KLASIFIKASI INDONESIA***

**Aditya Rachman
NRP 4113100018**

**Dosen Pembimbing
Totok Yulianto, S.T., M.T.
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**APPLICATION DESIGN FOR PROFILES CALCULATION
AND OPTIMIZATION ON MIDSHIP IN ACCORDANCE
WITH BIRO KLASIFIKASI INDONESIA RULES**

**Aditya Rachman
NRP 4113100018**

**Supervisor
Totok Yulianto, S.T., M.T.
Dony Setyawan, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN APLIKASI PERHITUNGAN DAN OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA *MIDSHIP KAPAL* BERDASAR *RULE BIRO KLASIFIKASI INDONESIA*

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

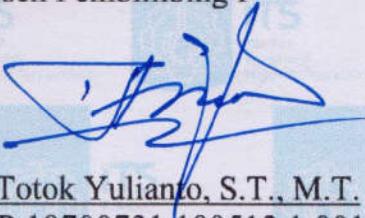
ADITYA RACHMAN
NRP 4113100018

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II


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

Dosen Pembimbing I


Totok Yulianto, S.T., M.T.
NIP 19700731 199512 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan


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

SURABAYA, 24 Januari 2018

LEMBAR REVISI

PERANCANGAN APLIKASI PERHITUNGAN DAN OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA *MIDSHIP KAPAL* BERDASAR *RULE BIRO KLASIFIKASI INDONESIA*

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 10 Januari 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ADITYA RACHMAN
NRP 4113100018

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. M. Sholikhan Arif, S.T., M.T.



2. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T., M.T.



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

SURABAYA, 21 Januari 2018

Dipersembahkan untuk ibuku, Junida Rizal, bapakku Rachmad Hariadi dan kakakku Dandy Ramaditya yang telah memberikan banyak hal bagiku.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Kuasa, karena atas nikmat dan rizki yang dianugrahkan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Pada kesempatan istimewa ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.

1. Dosen pembimbing penulis, Totok Yulianto, S.T., M.T. dan Dony Setyawan, S.T., M.Eng. atas bimbingan dan ilmunya selama penggerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai dalam satu semester.
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T. selaku dosen wali penulis sejak mahasiswa baru yang selalu memberikan motivasi dan kemudahan dalam segala urusan perwalian.
3. Bapak Ibu Dosen beserta staf dan karyawan di Departemen Teknik Perkapalan, FTK-ITS yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama ini.
4. Kedua orang tua penulis, Ir. Junida Rizal, Ir. Rachmad Hariadi dan kakak penulis, Dandy Ramaditya, S.T. yang selalu memberikan yang terbaik bagi penulis.
5. Keluarga besar penulis terutama yang berada di Surabaya, yang selama sembilan semester ini penulis menempuh perkuliahan selalu membantu ketika penulis membutuhkan bantuan.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Perkapalan ITS terutama angkatan penulis P53 Submarine, yang selalu saling membantu dalam masa-masa perkuliahan.
7. Teman-teman alumni SMA 81 Jakarta yang juga kuliah di Surabaya, terutama angkatan penulis yang sering kumpul untuk *sharing* dan jalan-jalan *bareng* ke sebagian daerah di Jawa Timur.

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

Surabaya, 2 Januari 2018

Aditya Rachman

vi

PERANCANGAN APLIKASI PERHITUNGAN DAN OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA *MIDSHIP* KAPAL BERDASAR *RULE* BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Aditya Rachman
NRP : 4113100018
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.
2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Perhitungan konstruksi kapal pada umumnya akan menghasilkan modulus penampang *midship* yang nilainya jauh diatas batas minimum. Kelebihan nilai ini berdasarkan peraturan bukanlah suatu masalah. Namun dari segi ekonomi akan dibutuhkan biaya lebih yang sebenarnya dapat dihemat. Salah satu cara untuk mengurangi perbandingan modulus penampang *midship* dengan batas minimum yaitu dengan melakukan optimisasi ukuran profil-profil. Perhitungan dan optimisasi konstruksi profil akan terbantu dengan menerapkan teknologi dalam prosesnya, seperti memanfaatkan aplikasi Solver dan pemrograman Visual Basic for Applications (VBA) dalam Excel. Dengan menggunakan pemrograman VBA pada Excel untuk otomatisasi perhitungan dan optimisasi, dapat diciptakan aplikasi untuk perhitungan konstruksi profil pada *midship*. Optimisasi menggunakan Solver dengan metode GRG *Nonlinear* menghasilkan perubahan nilai modulus penampang *midship* terhadap geladak dari 20.71% menjadi 19.55% terhadap batas minimal Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Untuk modulus penampang *midship* terhadap alas dari 51.92% menjadi 51.43% terhadap batas minimal BKI.

Kata kunci: *GRG nonlinear*, konstruksi *midship*, modulus penampang, optimisasi, *Visual Basic for Applications*

APPLICATION DESIGN FOR PROFILES CALCULATION AND OPTIMIZATION ON MIDSCHIP IN ACCORDANCE WITH BIRO KLASIFIKASI INDONESIA RULES

Author : Aditya Rachman
Student Number : 4113100018
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : 1. Totok Yulianto, S.T., M.T.
 2. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

In calculation of ship's construction usually the result of midship section modulus is far above it's minimum value. According to rules this big difference is okay, but economically the actual expense could be lowered. One of options to lower the difference between midship section modulus with it's minimum value by optimize the profiles dimension. The calculation and optimization process could be quicken by applying some technology, such as utilize Solver add-in and Visual Basic for Applications (VBA) programming in Excel. With applying VBA programming for automation profile calculation and optimization in Excel, the application could be created. Optimization using Solver with GRG Nonlinear method could lower the deck midship section modulus against Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) minimum value from 20.71% to 19.55%. For the bottom midship section modulus against BKI minimum value from initial value 51.92% down to 51.43% after optimization.

Keywords: GRG nonlinear, midship construction, optimization, section modulus, Visual Basic for Applications

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
HALAMAN PERUNTUKAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
Bab I PENDAHULUAN	14
I.1. Latar Belakang Masalah	14
I.2. Perumusan Masalah	14
I.3. Tujuan	15
I.4. Batasan Masalah	15
I.5. Manfaat	15
I.6. Hipotesis	16
Bab II STUDI LITERATUR	18
II.1. Dasar Teori	18
II.1.1. Kapal General Cargo	18
II.1.2. Konstruksi Kapal	19
II.1.3. Perhitungan Konstruksi Midship Kapal	23
II.1.4. Microsoft Excel	23
II.1.5. Visual Basic for Applications	24
II.1.6. Excel Visual Basic for Applications	25
II.1.7. Excel Solver	26
II.1.8. Optimisasi	27
II.1.9. Optimisasi Menggunakan Excel Solver	28
II.2. Tinjauan Pustaka	30
Bab III METODOLOGI	32
III.1. Diagram Alir Penggerjaan Tugas Akhir	32
III.1.1. Studi Literatur dan Pemeriksaan Kelengkapan Aplikasi	33
III.1.2. Merancang Rangkaian Alur Aplikasi	33
III.1.3. Merancang <i>Database Profil L, T dan Bulb</i>	33
III.1.4. Merancang Perhitungan dalam <i>Sheet Excel</i>	33
III.1.5. Merancang Form untuk <i>Input Data Kapal</i>	34
III.1.6. Penulisan <i>Macro</i> untuk Penggambaran pada AutoCAD	34
III.1.7. Penulisan <i>Macro</i> untuk Optimisasi	35
III.1.8. Perancangan Form untuk Rekapitulasi Hasil Perhitungan Aplikasi	35
III.1.9. Uji Coba Aplikasi	35
III.2. Diagram Alir Proses Kerja Aplikasi	36
III.3. Perhitungan Konstruksi <i>Midship</i>	36

III.3.1.	Perhitungan <i>Design Loads</i>	37
III.3.2.	Perhitungan <i>Shell Plating</i>	39
III.3.3.	Perhitungan Modulus Penampang Profil	41
III.3.4.	Pemeriksaan Modulus Penampang Profil	42
III.4.	Penggunaan Solver untuk Optimisasi	43
III.5.	Peralatan dan Perangkat Perancangan Aplikasi	45
Bab IV PERANCANGAN		46
IV.1.	Perancangan Aplikasi.....	46
IV.1.1.	Perancangan Tampilan <i>User Form</i>	46
IV.1.2.	Perancangan <i>Sheet</i> Perhitungan	49
IV.1.3.	Perancangan Optimisasi Menggunakan Solver	54
IV.1.4.	Perancangan <i>Macro</i> untuk Pembacaan Data Form <i>Input</i>	56
IV.1.5.	Perancangan <i>Macro</i> untuk Pengiriman Perintah Gambar ke AutoCAD	57
IV.1.6.	Perancangan <i>Macro</i> untuk <i>Restore</i> Nilai Awal dan Optimisasi	58
IV.2.	Uji Coba Kesalahan UserForm	58
Bab V HASIL DAN PEMBAHASAN		62
V.1.	Data Kapal.....	62
V.2.	Uji Data Kapal Pertama.....	62
V.3.	Uji Data Kapal Kedua	65
V.4.	Uji Data Kapal Ketiga	67
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN		70
VI.1.	Kesimpulan.....	70
VI.2.	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....		72
LAMPIRAN		74
LAMPIRAN A KODE VBA PADA <i>COMMAND BUTTON</i>		
LAMPIRAN B KODE VBA PADA <i>MODULE-MODULE</i>		
LAMPIRAN C KODE VBA PENGGAMBARAN DI AUTOCAD		
LAMPIRAN D TANGKAPAN LAYAR APLIKASI		
LAMPIRAN E HASIL SKETSA		
LAMPIRAN F DATABASE KATALOG PROFIL		
BIODATA PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Ilustrasi Muatan <i>General Cargo</i>	18
Gambar II.2 Sistem Konstruksi Memanjang pada Bagian Alas	20
Gambar II.3 Sistem Konstruksi Memanjang pada Bagian Lambung dan Geladak	20
Gambar II.4 Sistem Konstruksi Melintang pada Bagian Alas	21
Gambar II.5 Sistem Konstruksi Melintang pada bagian Lambung dan Geladak	21
Gambar II.6 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia	23
Gambar II.7 Tampilan Awal Microsoft Excel 2016	24
Gambar II.8 Tampilan Awal Visual Basic for Applications pada Excel	25
Gambar II.9 Letak <i>Solver</i>	26
Gambar II.10 Tampilan Antarmuka <i>Solver</i>	27
Gambar II.11 Ilustrasi Proses <i>Evolutionary</i>	28
Gambar II.12 Proses Kerja <i>Solver</i>	29
Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	32
Gambar III.2 Diagram Alir Proses Kerja Aplikasi	36
Gambar III.3 Diagram Proses Kerja <i>Solver</i>	44
Gambar IV.1 <i>Splash Screen</i>	46
Gambar IV.2 Halaman Utama <i>InputUserForm</i>	47
Gambar IV.3 Lembar Pemasukkan Data Kapal	48
Gambar IV.4 Lembar Hasil Pemeriksaan Modulus Penampang <i>Midship</i>	48
Gambar IV.5 Lembar Hasil Profil pada <i>Bottom</i> dan <i>Deck</i> Kapal	49
Gambar IV.6 Lembar Hasil Profil pada <i>Side</i> Kapal	49
Gambar IV.7 Perhitungan pada <i>Sheet Arrangement</i>	50
Gambar IV.8 Tangkapan Layar <i>Sheet RecapLP</i>	52
Gambar IV.9 Tabel Pemeriksaan Modulus pada <i>Sheet OMidship</i>	55
Gambar IV.10 Penggunaan <i>Solver</i> untuk Optimisasi	55
Gambar IV.11 Kotak Informasi Hasil Proses <i>Solver</i>	56
Gambar IV.12 Tabel Perintah dalam <i>Sheet E2A</i>	57

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Perbandingan Sistem Konstruksi Kapal	22
Tabel III.1 Tabel Perhitungan Modulus Penampang Profil L	42
Tabel III.2 Ketentuan untuk Optimisasi Ukuran Profil	43
Tabel IV.1 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan Beban	51
Tabel IV.2 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan Tebal Pelat	51
Tabel IV.3 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan <i>Midship</i>	53
Tabel IV.4 Tabel Perhitungan Modulus Penampang	54
Tabel IV.5 Perhitungan Lanjutan Modulus Penampang	54
Tabel IV.6 Ketentuan Objek-Objek pada Halaman Input	58
Tabel IV.7 Uji Coba Tombol Perintah	61
Tabel V.1 Data Kapal Pertama untuk Uji Coba	62
Tabel V.2 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i>	63
Tabel V.3 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i> Menggunakan Profil Bulb	63
Tabel V.4 Profil Pembujur Geladak dan Alas	64
Tabel V.5 Profil Penumpu Geladak	64
Tabel V.6 Profil Pembujur Sisi	64
Tabel V.7 Data Kapal Kedua untuk Uji Coba	65
Tabel V.8 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i>	65
Tabel V.9 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i> Menggunakan Profil Bulb	66
Tabel V.10 Profil Pembujur Geladak dan Alas	66
Tabel V.11 Profil Penumpu Geladak	67
Tabel V.12 Profil Pembujur Sisi	67
Tabel V.13 Data Kapal Ketiga untuk Uji Coba	67
Tabel V.14 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i>	68
Tabel V.15 Pemeriksaan Penampang <i>Midship</i> Menggunakan Profil Bulb	68
Tabel V.16 Profil Pembujur Alas dan Geladak	69
Tabel V.17 Profil Penumpu Geladak	69
Tabel V.18 Profil Pembujur Sisi	69

DAFTAR SIMBOL

Lwl	= <i>Load waterline Length</i>
Lpp	= <i>Length between perpendiculars</i>
B	= <i>Breadth</i>
H	= <i>Height</i>
T	= <i>Draught</i>
C _B	= <i>Block Coefficient</i>
C _M	= <i>Midship Section Coefficient</i>
Δ	= <i>Displacement</i>
V ₀	= <i>Ship's Speed</i>
P	= <i>Restricted Ocean Service</i>
L	= <i>Coasting Service Range</i>
T	= <i>Sheltered Shallow Water Service</i>
W	= <i>Section Modulus</i>
W _{min}	= Batas minimum modulus penampang
W _B	= Modulus penampang terhadap alas
W _D	= Modulus penampang terhadap geladak
I _y	= <i>Moment of inertia of the midship section around the horizontal axis</i>
I _{NA}	= <i>Moment of inertia of entire section with reference to the neutral axis</i>
IBM	= International Business Machines Corporation
VBA	= Visual Basic for Applications
VB	= Visual Basic
UDF	= <i>User-defined functions</i>
IDE	= <i>integrated development environment</i>
BKI	= Biro Klasifikasi Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Perhitungan konstruksi kapal pada umumnya akan menghasilkan modulus penampang *midship* dengan nilai diatas dari batas minimal. Kelebihan nilai ini berdasar peraturan memang diperbolehkan selama tidak dibawah batas minimal. Namun dari segi ekonomis kelebihan tersebut tidak baik, karena konstruksi lebih besar dan menyebabkan peningkatan berat serta membutuhkan yang biaya lebih besar. Padahal selama masih ada jarak antara nilai perhitungan modulus penampang *midship* dengan batas minimal, masih terdapat kemungkinan untuk menghemat pengeluaran.

Salah satu cara untuk mengurangi perbedaan modulus penampang *midship* dengan batas minimal yaitu dengan mengganti profil-profil pembujur ke ukuran yang lebih kecil. Namun cara ini bermasalah jika modulus penampang profil-profil tersebut dibawah batas minimum. Karena ada batasan-batasan ini, cara yang bisa digunakan untuk memenuhi kedua batas minimal tersebut yaitu dengan melakukan variasi ukuran pada profil yang telah dipilih berdasar batas minimal.

Proses perhitungan optimisasi profil-profil pada kapal memerlukan banyak waktu jika dilakukan secara manual oleh manusia. Karena itu pemanfaatan teknologi diperlukan untuk membantu proses perhitungan. Berbagai proses perhitungan pada umumnya banyak yang memanfaatkan teknologi *spreadsheet* seperti Microsoft Excel. Pada Excel terdapat aplikasi Solver untuk melakukan pencarian nilai optimal dan Visual Basic for Applications (VBA) sebagai bahasa pemrograman untuk otomatisasi. Dukungan Solver dan VBA pada Excel dapat dimanfaatkan untuk membantu melakukan perhitungan dan optimisasi konstruksi profil kapal.

I.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang diatas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana ketentuan dan perhitungan terkait profil pada *midship* dan modulus penampang *midship* berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia?

2. Bagaimana cara untuk mendapatkan penampang modulus *midship* yang mendekati batas minimal Biro Klasifikasi Indonesia?
3. Bagaimana cara memanfaatkan Visual Basic for Applications pada Excel untuk merancang aplikasi perhitungan dan optimisasi profil?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menciptakan aplikasi untuk proses perhitungan dan optimisasi profil *midship* kapal dengan Microsoft Excel.
2. Mengoptimisasi profil-profil agar modulus penampang *midship* mendekati batas minimal tanpa melanggar batas minimum modulus penampang setiap profil.

I.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

1. Ketentuan-ketentuan dan perhitungan-perhitungan berdasar pada *rule* Biro Klasifikasi Indonesia.
2. Menggunakan sistem konstruksi memanjang sehingga akan didapatkan perubahan nilai modulus penampang *midship* yang signifikan dari hasil optimisasi ukuran profil.
3. Perhitungan konstruksi profil terbatas hanya pada daerah konstruksi *midship*.
4. Perhitungan hanya dilakukan pada konstruksi yang terkait dengan perhitungan modulus penampang *midship*.
5. Optimisasi hanya dilakukan dengan mengganti ukuran lebar *face* dan tinggi *web* profil L dan profil T di *midship*.
6. Tebal ukuran profil tetap.
7. Hasil perhitungan tebal pelat tetap.

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan akan didapatkan manfaat sebagai berikut:

1. Dihasilkan aplikasi yang dapat melakukan perhitungan dan optimisasi konstruksi profil pada *midship* kapal.
2. Didapatkan konstruksi profil yang optimal yang tetap memenuhi batas minimal baik modulus penampang profil tersebut maupun modulus penampang *midship*.
3. Dapat membandingkan kondisi profil dan modulus penampang *midship* hasil perhitungan awal dengan hasil optimisasi aplikasi.

I.6. Hipotesis

Hipotesis dari Tugas Akhir ini adalah:

Aplikasi perhitungan dan optimisasi konstruksi profil pada *midship* kapal dapat diciptakan dengan memanfaatkan Visual Basic for Applications pada Microsoft Excel dan AutoCAD.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Pada Bab II berisi dasar teori serta tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan tugas akhir. Dasar teori akan diuraikan pada subbab dari II.1 sedangkan tinjauan pustaka akan diuraikan pada subbab II.2. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang memiliki keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir.

II.1.1. Kapal General Cargo

Kapal *general cargo* merupakan kapal yang memiliki satu atau lebih geladak (Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology, 2017). Kata *general* atau umum diartikan kapal tidak memiliki fungsi yang spesifik, karena kapal *general cargo* di desain untuk memiliki fleksibilitas dan kemampuan untuk mengangkut muatan yang bervariasi. Pada Gambar II.1 diilustrasikan berbagai macam muatan yang dapat diangkut oleh kapal *general cargo*.



Sumber: (maritimeinfo.org)
Gambar II.1 Ilustrasi Muatan *General Cargo*

Kapal *general cargo* sangat mudah menyesuaikan dengan jenis muatannya, baik dalam bentuk boks, pelat, kendaraan, *container* bahkan material curah seperti gandum. Kemampuan membawa berbagai jenis muatan ini didukung dengan peralatan bongkar muat yang dimiliki kapal. Sehingga selain berbagai macam jenis muatan yang bisa dibawa, kapal *general cargo*

juga dapat bersandar pada pelabuhan kecil yang tidak memiliki peralatan bongkar (Maritime Industry Foundation, 2017).

II.1.2. Konstruksi Kapal

Konstruksi kapal pada umumnya terdiri dari badan kapal dan bangunan atas. Pada bagian badan kapal terdiri dari konstruksi alas, lambung, dan satu atau beberapa geladak. Bangunan atas atau *superstructure* adalah bangunan tambahan yang terletak di bagian atas badan kapal. Panjang bangunan atas tergantung fungsi bangunan tersebut, pada umumnya hanya sebagian dari panjang geladak tapi dapat juga sepanjang geladak tersebut. Sebuah kapal pada umumnya terdapat geladak *forecastle* yang terletak di ujung haluan kapal, geladak *poop* yang terletak di buritan kapal dan beberapa *superstructure* diatas geladak *poop*.

Pada bagian geladak kapal terdapat lubang palkah atau *hatch* yang berfungsi untuk proses bongkar muat. Untuk melindungi muatan dalam kapal dari kemungkinan masuknya air, lubang palkah harus diberi penutup dan terdapat penambahan ketinggian dari geladak yang disebut ambang palkah.

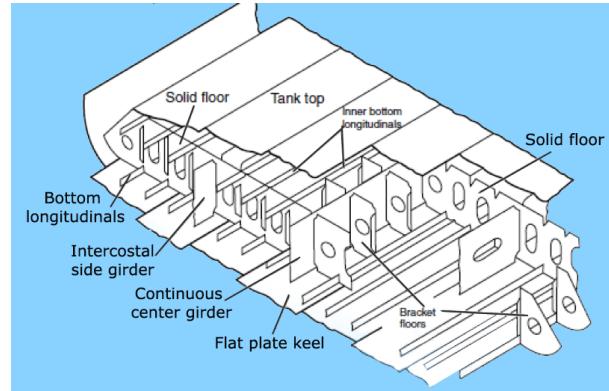
Badan kapal dibagi oleh bidang-bidang konstruksi menjadi ruangan-ruangan terpisah. Pemisahan atau penyekatan ruangan-ruangan berguna untuk meminimalisir dampak kebocoran, sehingga kapal diharapkan masih dapat terapung jika salah satu ruang terisi oleh air akibat kebocoran. Selain meminimalisir dampak kebocoran, pembagian ruangan juga berguna untuk mencegah penyebaran api akibat kebakaran. Bidang konstruksi yang membagi badan kapal pada arah melintang disebut sekat melintang (*transverse bulkhead*) dan arah memanjang sekat memanjang (*longitudinal bulkhead*). Kapal *general cargo* pada umumnya membagi ruang muat menjadi beberapa bagian dengan sekat melintang, hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan terhadap kapal maupun muatan apabila terjadi kebocoran atau kebakaran.

Konstruksi kapal pada dasarnya terdiri atas komponen-komponen yang menopang kapal secara melintang dan memanjang. Terdapat tiga macam *framing system* atau sistem konstruksi kapal untuk merancang komponen-komponen tersebut menjadi suatu badan kapal. Ketiga sistem tersebut adalah:

a. Sistem Konstruksi Memanjang

Sistem konstruksi memanjang atau *longitudinal framing system* adalah konstruksi dimana kapal terdiri atas balok dan gading melintang yang berjauhan. Balok dan gading tersebut ditumpu oleh pembujur-pembujur yang berdekatan. Pada sistem ini komponen melintang

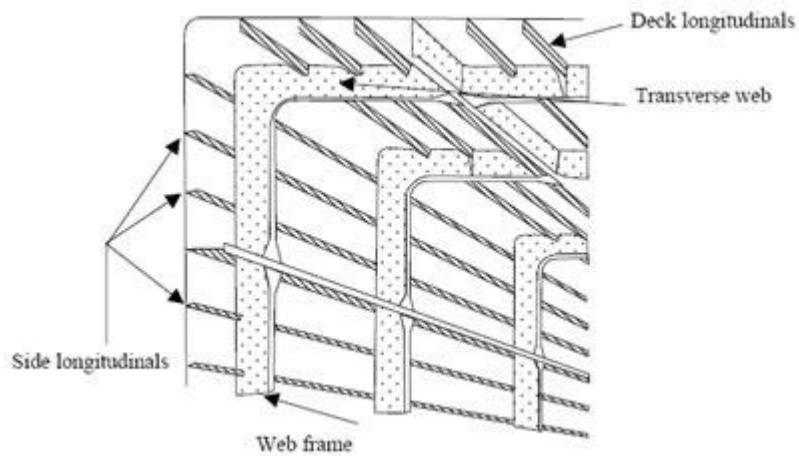
dirancang sedikit karena saling berjauhan, tapi tetap bisa memberi kekuatan untuk menopang karena terbantu dari pembujur-pembujur yang saling berdekatan. Gambar II.2 dibawah merupakan penerapan sistem konstruksi memanjang pada bagian alas kapal. Dapat dilihat pembujur alas (*bottom longitudinal*) dan alas dalam (*inner bottom longitudinal*) yang berdekatan menumpu wrang pelat (*solid/plate floor*) yang berjauhan.



Sumber: (marineinsight.com)

Gambar II.2 Sistem Konstruksi Memanjang pada Bagian Alas

Bagian lambung dan geladak kapal sistem konstruksi memanjang juga terpasang pembujur-pembujur untuk menumpu konstruksi kapal. Pada Gambar II.3 dibawah dapat dilihat pembujur-pembujur yang berdekatan pada lambung dan geladak menumpu gading besar (*web frame*) yang berjauhan.



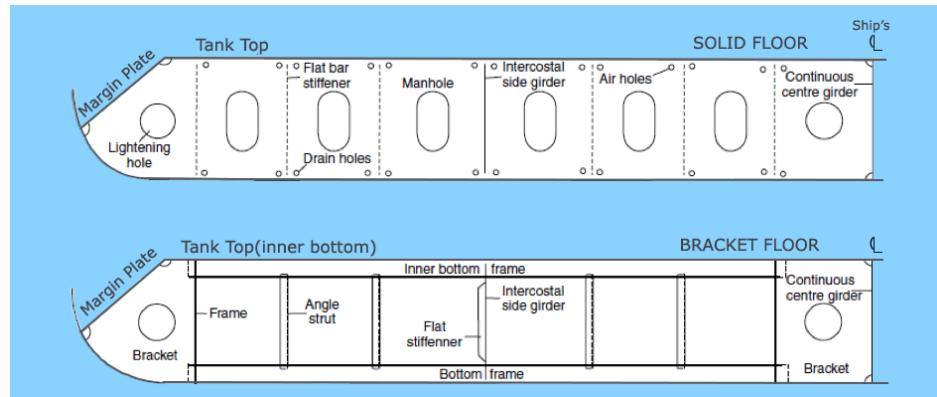
Sumber: (www.tc.gc.ca)

Gambar II.3 Sistem Konstruksi Memanjang pada Bagian Lambung dan Geladak

b. Sistem Konstruksi Melintang

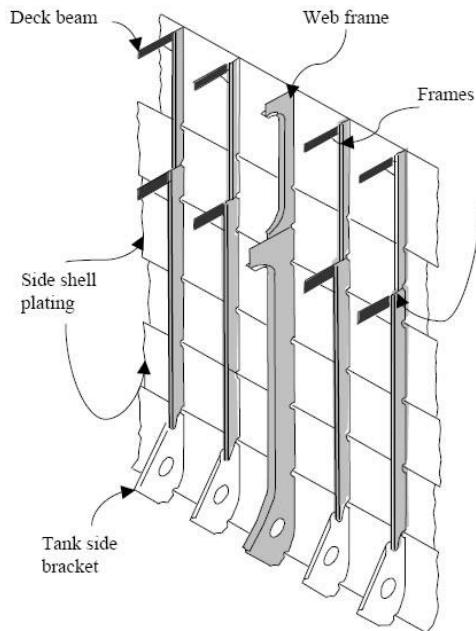
Pada sistem konstruksi melintang atau *transverse framing system*, beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan diuraikan pada balok-balok memanjang dari kapal dengan pertolongan balok-balok yang melintangi kapal. Dalam hal ini sebagai tumpuan kaku

untuk balok-balok melintang dasar (*floor*) ialah lambung kapal, dinding-dinding sekat memanjang, dan penumpu tengah (*center girder*). Beban konstruksi geladak dilanjutkan dengan pertolongan balok melintang dari rangka geladak (*beam*) ke hubungan kaku yaitu lambung kapal dan sekat memanjang. Beban dari konstruksi lambung dilanjutkan ke geladak dan dasar kapal dengan pertolongan balok-balok melintang yaitu gading (*frame*).



Sumber: (marineinsight.com)
Gambar II.4 Sistem Konstruksi Melintang pada Bagian Alas

Pada Gambar II.4 diatas merupakan contoh penerapan sistem konstruksi melintang pada bagian alas. Dapat dilihat konstruksi alas ditumpu oleh gading (*frame*) yang melintangi kapal.



Sumber: (www.tc.gc.ca)
Gambar II.5 Sistem Konstruksi Melintang pada bagian Lambung dan Geladak

Bagian lambung dan geladak kapal sistem konstruksi melintang juga ditopang oleh balok-balok yang melintang. Pada Gambar II.5 diatas dapat dilihat gading (*frame*) pada lambung dan balok geladak (*deck beam*) pada geladak terpasang diantara gading besar.

c. Sistem Konstruksi Kombinasi

Sistem konstruksi kombinasi atau *mixed/combined framing system* adalah gabungan dari sistem konstruksi melintang dan sistem konstruksi memanjang. Penggunaan sistem konstruksi kombinasi disebabkan karena adanya kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem konstruksi. Dalam sistem kombinasi ini, sistem rangka konstruksi memanjang digunakan pada geladak utama dan dasar kapal dimana letak konstruksi ini jauh dari sumbu netral penampang melintang kapal sehingga menerima beban lengkung yang besar.

Pada sistem konstruksi ini, bagian alas dan geladak kapal akan menggunakan pembujur-pembujur sebagai penumpu konstruksi, seperti pada Gambar II.2 dan Gambar II.3 diatas. Sedangkan pada bagian lambung kapal menggunakan gading-gading yang terpasang diantara gading besar seperti pada Gambar II.5 diatas.

Dari ketiga sistem konstruksi tersebut komponen konstruksi kapal dapat dikelompokan menjadi tiga bagian, yaitu konstruksi alas, konstruksi lambung atau sisi, dan konstruksi geladak. Konstruksi tersebut diperkuat oleh komponen konstruksi berupa profil-profil penegar/penguat dan pelat-pelat. Pada Tabel II.1 dibawah komponen-komponen konstruksi kapal dijelaskan berdasarkan sistem konstruksi dan bagian konstruksi kapal.

Tabel II.1 Perbandingan Sistem Konstruksi Kapal

Bagian \ Sistem Konstruksi	Melintang	Kombinasi	Memanjang
Konstruksi Geladak			
Profil/Penegar Melintang	- Balok Geladak - Balok Besar - Kantilever	Pelintang Geladak	Pelintang Geladak
Profil/Penegar Memanjang	Penumpu Geladak		- Pembujur Geladak - Penumpu Geladak
Konstruksi Lambung			
Profil/Penegar Melintang	- Gading - Gading Besar	- Gading - Gading Besar	Pelintang Sisi
Profil/Penegar Memanjang	Senta Sisi	Senta Sisi	- Pembujur Sisi - Senta Sisi
Alas			
Profil/Penegar Melintang	Wrang	Pelintang Alas	Pelintang Alas
Profil/Penegar Memanjang	- Penumpu Tengah - Penumpu Samping	- Pembujur Alas - Penumpu Tengah - Penumpu Samping	- Pembujur Alas - Penumpu Tengah - Penumpu Samping

Dari Tabel II.1 perlu diketahui bahwa komponen pembujur baik pada sistem konstruksi campuran maupun memanjang, dipasang hampir pada tiap jarak pembujur. Komponen gading pada sistem konstruksi melintang atau campuran, dipasang hampir pada tiap jarak gading.

II.1.3. Perhitungan Konstruksi Midship Kapal

Untuk menghitung konstruksi profil kapal diperlukan beban yang bekerja terlebih dahulu. Setelah diketahui nilai beban yang bekerja, ketebalan pelat dapat ditentukan berdasarkan beban yang bekerja di tiap bidang. Dari nilai beban ditambah dengan titik berat dapat ditentukan nilai modulus penampang untuk pemilihan konstruksi profil yang akan digunakan. Pada pemilihan profil, akan dipilih profil yang memiliki modulus penampang yang sama atau lebih besar dari hasil perhitungan. Untuk melakukan perhitungan-perhitungan tersebut diperlukan panduan dari suatu biro klasifikasi kapal, tiap biro klasifikasi memiliki panduan berupa peraturan-peraturan yang harus diikuti dalam perancangan kapal. Pada Gambar II.6 dibawah merupakan contoh panduan yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI).

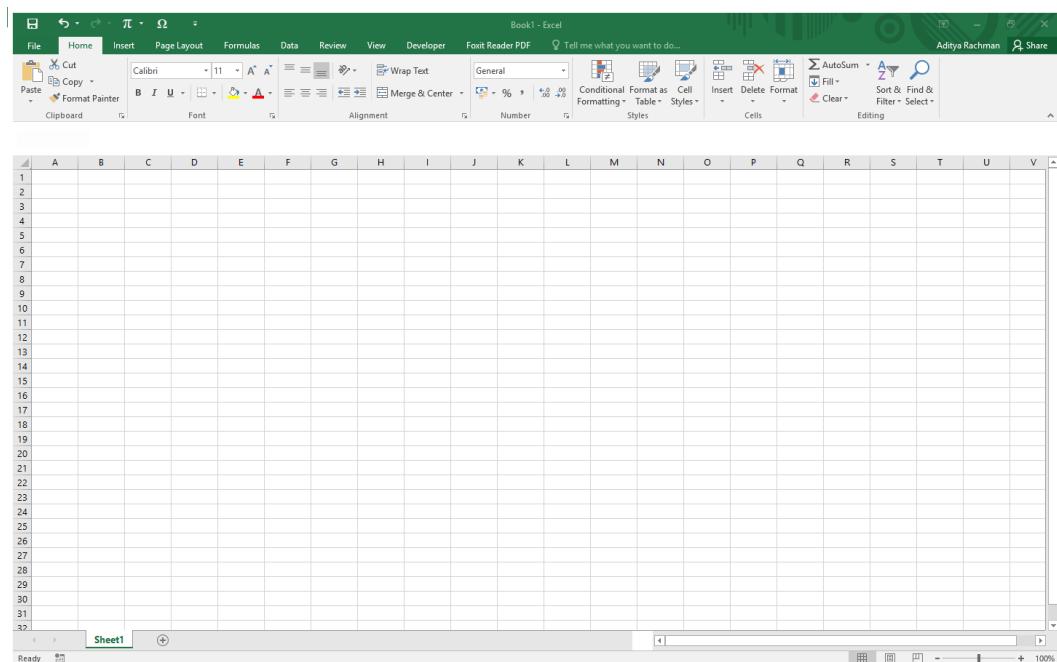
2/13 A-DI		Section 4 • Design Loads
C_B	=	for wave directions transverse the ship's heading moulded block coefficient according to Section 1, H.4., where C_B is not to be taken less than 0,60.
c_W	=	wave coefficient $\left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{AW}$ for $L < 90$ m $\left[10,75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,2} \right] c_{AW}$ for $90 < L < 300$ m 10,75 - c_{AW} for $L > 300$ m
c_L	=	length coefficient $\sqrt{\frac{L}{90}}$ for $L < 90$ m 1,0 for $L \geq 90$ m
c_{AW}	=	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
f	=	probability factor 1,0 for plate panels of the outer hull (shell plating, weather decks) 0,75 for secondary stiffening members of the outer hull (frames, deck beams), but not less than t_0 according to Section 5, D.1. 0,60 for grates and gratings of the outer hull (web frames, stringers, grillage)
c_D, c_I	=	distribution factors according to Table 4.1.
B. External Sea Loads		
1. Load on weather decks		
1.1 The load on weather deck is to be determined according to the following formula:		
$p_o = p_0 \frac{20 - T}{(10 - z - T) H} c_D \quad [\text{kN/m}^2]$		
1.2 For strength decks which are to be treated as weather decks as well as for forecastle decks the load is not to be less than the greater of the following two values:		
$p_{o,s} = 16 \cdot f \quad [\text{kN/m}^2]$		
and		
$p_{o,s} = 0,7 \cdot p_0 \quad [\text{kN/m}^2]$		

Gambar II.6 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia

II.1.4. Microsoft Excel

Microsoft Excel adalah sebuah program lembar kerja *spreadsheet* yang dikembangkan dan didistribusikan oleh Microsoft (Dodge, 2007). Excel pada *platform* PC dapat dijalankan pada sistem operasi Windows dan Mac OS. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi dan pembuatan

grafik, tabel pivot dan pemrograman *macro*. Semenjak versi 5 pada 1993 hingga saat ini, Excel merupakan program *spreadsheet* paling banyak digunakan pada *platform* PC baik sistem operasi Windows maupun Mac OS, mengalahkan Lotus 1-2-3 dari IBM yang kini telah dihentikan pengembangannya. Excel merupakan bagian dari Microsoft Office, versi terbaru adalah versi 2016 yang seperti pendahulunya Excel diintegrasikan dalam paket Microsoft Office 2016.



Gambar II.7 Tampilan Awal Microsoft Excel 2016

Pada Gambar II.7 diatas dapat dilihat tampilan awal lembar kerja Excel, pada bagian atas terdapat *ribbon* berisi fungsi-fungsi yang dapat digunakan dikelompokkan dalam beberapa *tab*. Excel merupakan program spreadsheet pertama yang mengizinkan pengguna untuk mendefinisikan bagaimana tampilan dari *spreadsheet* yang akan ditampilkan. Pengguna dapat melakukan perubahan properti (*properties*) *font*, atribut karakter dan lain-lain pada setiap sel (*cell*).

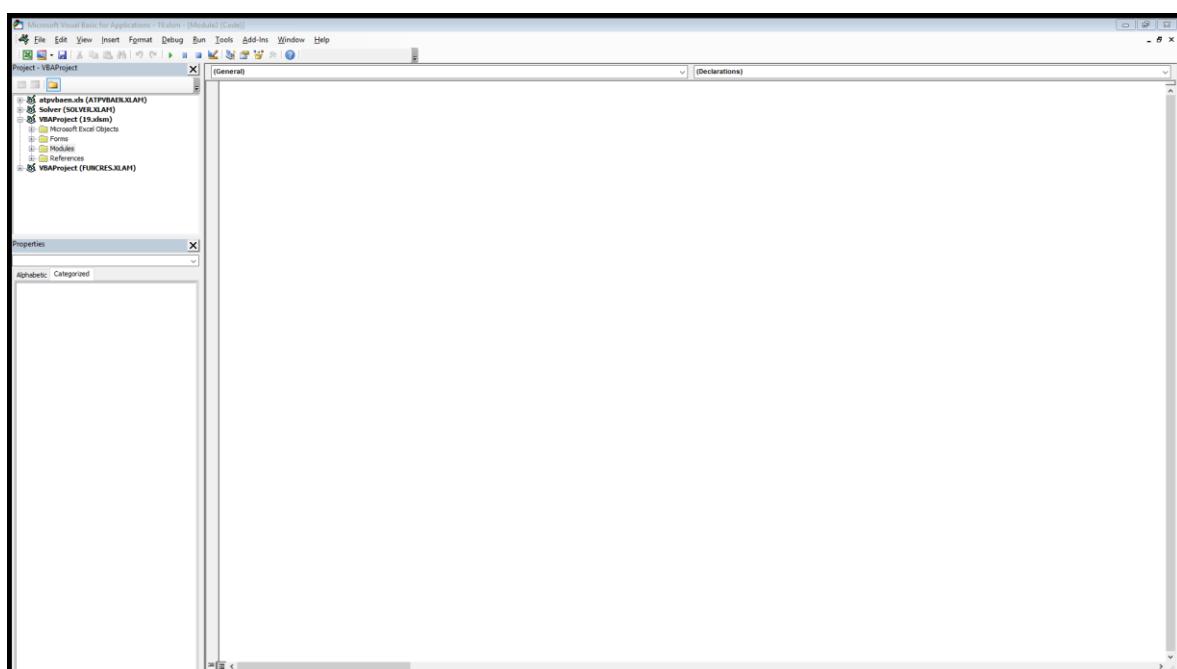
II.1.5. Visual Basic for Applications

VBA adalah singkatan dari *Visual Basic for Applications*. VBA merupakan bahasa pemrograman yang berasal dari turunan bahasa pemrograman *Visual Basic* atau VB (VBA - Quick Guide, 2017). Pertama kali dirilis pada tahun 1993. VBA didesain untuk melakukan beberapa tugas, seperti mengkustomisasi sebuah aplikasi Microsoft Office atau Microsoft Visual Studio. Kegunaan umum VBA adalah mengotomatisasi pekerjaan, terutama pekerjaan yang dilakukan secara berulang-ulang dan pekerjaan yang kompleks.

Visual Basic for Applications berbeda dengan Visual Basic (VB), pada VB memberi banyak pemrograman dan fungsi tingkat lanjut hingga dapat dihasilkan program yang lebih kompleks untuk sistem operasi Microsoft Windows maupun dalam Microsoft Office. Sedangkan VBA hanya dapat dibangun pada aplikasi utama Microsoft Office, mengendalikan fungsi aplikasi Microsoft Office tersebut dan beberapa aplikasi lain untuk melakukan rangkaian kerja yang dirancang.

II.1.6. Excel Visual Basic for Applications

Excel VBA adalah nama dari bahasa pemrograman Microsoft Excel (Lee, 2015). Sejak diterapkan pada tahun 1993, VBA meningkatkan kemampuan Excel untuk melakukan otomatisasi. Selain itu, VBA juga menambahkan fungsi-fungsi yang dapat didefinisikan oleh pengguna atau *user-defined functions* (UDF) untuk digunakan di dalam Excel. Dalam versi selanjutnya, Microsoft menambahkan sebuah *integrated development environment* (IDE) untuk bahasa VBA pada Excel, sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pembuatan program. Selain itu, Excel juga dapat merekam semua yang dilakukan oleh pengguna untuk menjadi *macro*, sehingga mampu melakukan otomatisasi beberapa tugas. VBA juga mengizinkan pembuatan *form* dan kontrol yang terdapat di dalam *worksheet* untuk dapat berkomunikasi dengan penggunanya. Pada versi selanjutnya ditambahkan dukungan terhadap *class module* sehingga mengizinkan penggunaan teknik pemrograman berorientasi objek dalam VBA.



Gambar II.8 Tampilan Awal Visual Basic for Applications pada Excel

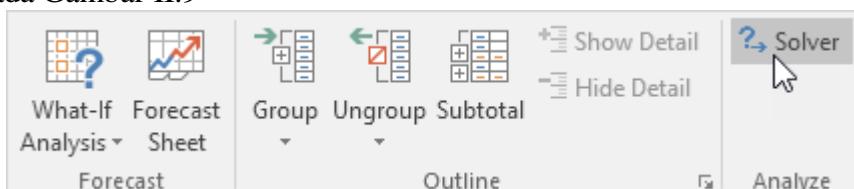
Pada Gambar II.8 diatas merupakan tampilan awal VBA pada Excel. Pada sisi kiri bagian atas terdapat *project explorer*, berguna untuk navigasi objek-objek dalam setiap *file* Excel yang terbuka. Pada bagian bawah *project explorer* terdapat *properties window*, berguna untuk melakukan perubahan properti pada objek yang sedang dipilih. Pada bagian kanan terdapat jendela untuk penulisan kode VBA atau pengaturan desain tampilan *form*.

Fungsi otomatisasi yang disediakan oleh VBA menjadikan Excel sebagai sebuah celah untuk menyebarluaskan virus dengan *macro*. Untuk mencegah penyalahgunaan fungsi *macro*, Microsoft memberikan pilihan pengaturan untuk menonaktifkan *macro* secara keseluruhan atau mengaktifkan *macro* ketika membuka sebuah *file* Excel atau mempercayai *macro* yang dienkripsi dengan menggunakan sertifikat digital yang tepercaya.

II.1.7. Excel Solver

Solver adalah program tambahan (*add-in*) dalam Excel untuk menganalisa masalah yang rumit, termasuk skenario yang memiliki beberapa nilai sel yang berubah dan aturan tambahan dengan menggunakan pendekatan *trial-and-error*. (Lee, Belajar Microsoft Excel (Mahir) Step-by-Step, 2016). *Solver* digunakan untuk mendapatkan nilai optimal baik maksimum, minimum atau nilai yang diinginkan. Nilai optimal tersebut terdapat pada suatu sel yang disebut *objective cell*. Untuk mengoptimasi *objective cell* diperlukan variabel-variabel terkait yang dapat diubah beserta batasan-batasan tiap variabel dan *objective cell*. Solver akan menyesuaikan variabel yang dapat berubah dengan batasan yang telah ditentukan agar tercapai nilai *objective cell* yang diinginkan. Untuk mengaktifkan Solver pada Excel, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu, yaitu:

- Dalam tab file, pilih *Options*
- Dalam tab *Add-ins*, pilih *Solver Add-in* kemudian tekan tombol *Go*
- Centang *Solver Add-in* kemudian tekan *OK*
- Solver telah aktif, dapat diakses pada *ribbon tab Data*, dalam grup *Analyze* seperti pada Gambar II.9

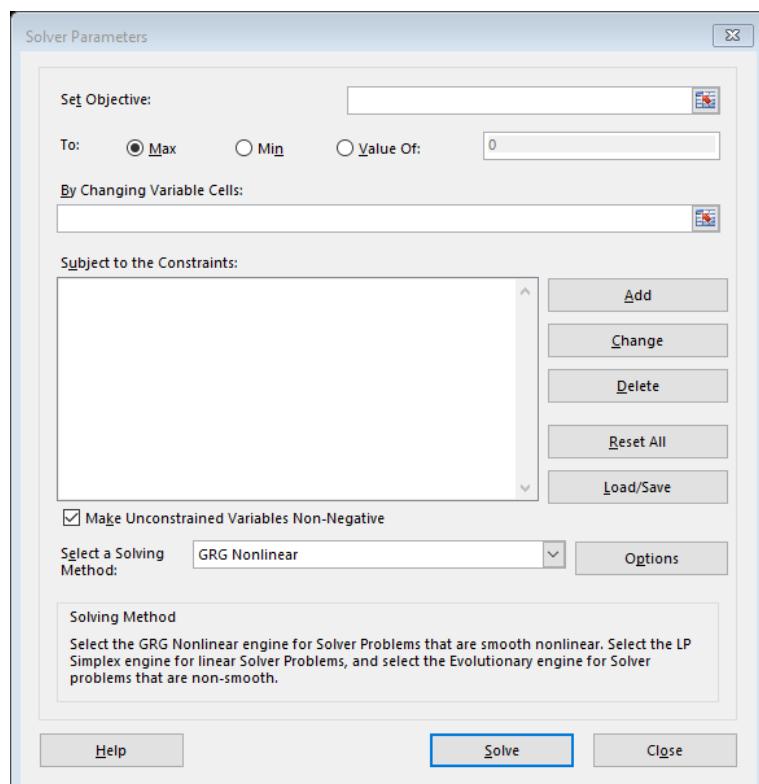


(sumber: <http://www.excel-easy.com/data-analysis/solver.html>)

Gambar II.9 Letak *Solver*

Tampilan dari antarmuka Solver dapat dilihat pada Gambar II.10 dibawah, berdasarkan gambar tersebut terlihat kotak untuk pengisian *objective cell*, variabel-variabel yang dapat

diubah dan batasan-batasan yang berlaku baik untuk *objective cell* maupun tiap variabel. Kemudian pengguna dapat menentukan nilai optimal berupa maksimum, minimal atau nilai spesifik. Terdapat juga pilihan untuk metode penyelesaian yang digunakan, metode-metode tersebut yaitu GRG *Nonlinear*, Simplex LP dan *Evolutionary*.



Gambar II.10 Tampilan Antarmuka *Solver*

Dari fungsi program dalam Excel yang terlihat sederhana ini, dapat dilakukan proses yang memudahkan pencarian nilai untuk berbagai macam masalah dalam kehidupan. Seperti meminimalisir pengeluaran, memaksimalkan pendapatan, mengoptimalkan alokasi dana atau barang dan lain-lain.

II.1.8. Optimisasi

Optimisasi adalah tindakan untuk mendapatkan nilai terbaik dalam suatu keadaan. Dalam mendesain, membangun dan memelihara suatu sistem, terdapat banyak pilihan teknologi dan metode pengelolaan yang akan digunakan. Tujuan utama dari semua pemilihan tersebut antara untuk meminimalkan upaya yang diperlukan atau untuk memaksimalkan manfaat yang diinginkan. Kedua tujuan ini dapat dibentuk menjadi sebuah fungsi dari variabel-variabel keputusan yang dipilih, sehingga optimisasi dapat didefinisikan sebagai proses mencari kondisi yang memberikan nilai maksimum atau minimum dari sebuah fungsi.

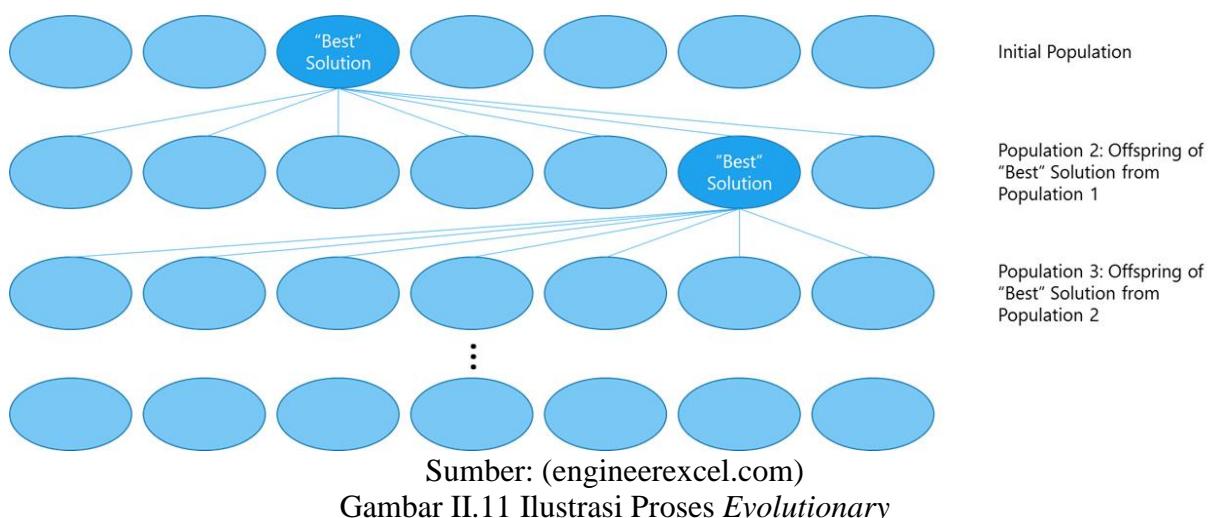
(Rao, 2009)

II.1.9. Optimisasi Menggunakan Excel Solver

Sebagaimana dijelaskan pada subbab II.1.7, pada Excel terdapat aplikasi tambahan bernama Solver yang berfungsi untuk mencari nilai optimal suatu formula pada satu sel. Solver memiliki tiga metode dalam pemilihan penyelesaian mencari nilai optimal, yaitu GRG Nonlinear, Simplex LP dan Evolutionary.

GRG adalah singkatan dari *Generalized Reduced Gradient*, merupakan algoritma untuk optimisasi *nonlinear*. Algoritma ini awalnya dikembangkan oleh Leon Lasdon dari University of Texas, dan Alan Waren dari Cleveland State University (Excel Solver - Algorithms and Methods Used, 2017). Metode ini melihat *gradient* atau *slope* (lereng) dari fungsi objektif sebagai perubahan nilai *input* dan menetukan nilai tersebut telah optimal ketika derivatif parsial sama dengan nol. GRG *Nonlinear* merupakan metode dengan proses tercepat, namun kekurangan dari metode ini adalah tingginya ketergantungan pada nilai awal kondisi dan terdapat kemungkinan tidak dihasilkan solusi optimal secara global (Young, 2017). Solver kemungkinan besar akan berhenti pada nilai optimal lokal yang terdekat dari nilai awal.

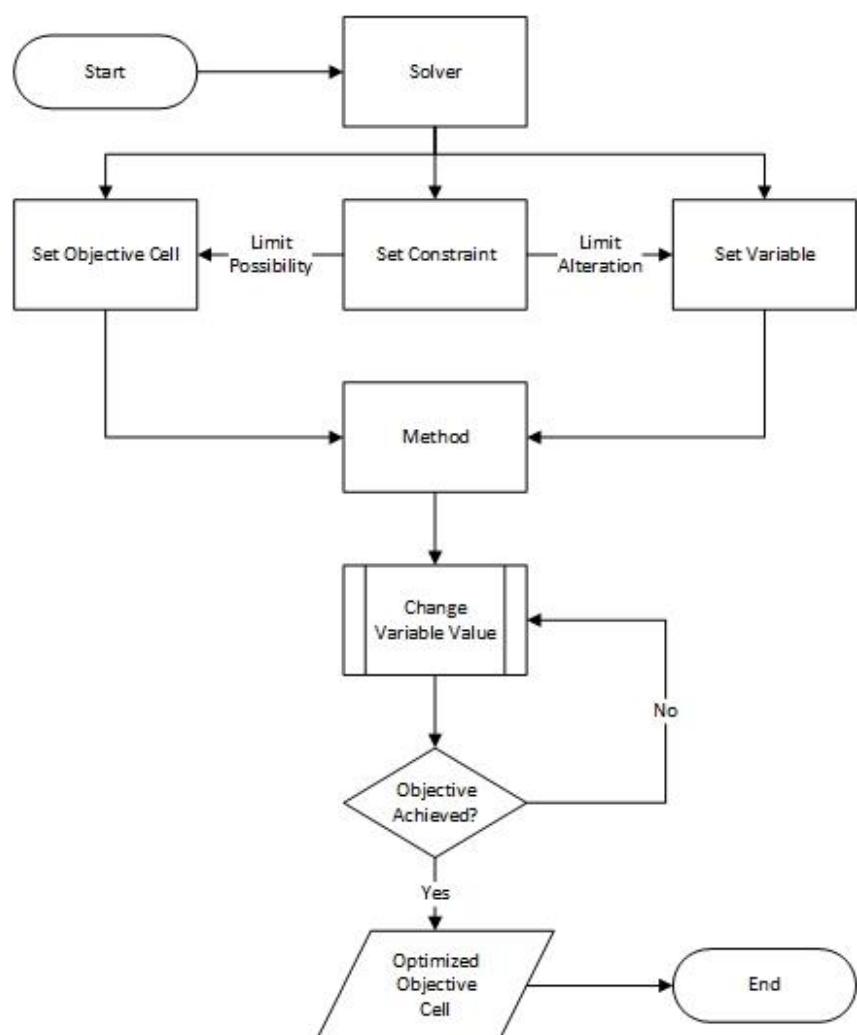
Simplex LP adalah algoritma untuk optimisasi *linear programming* menggunakan metode *simplex* dan *dual simplex*. Metode ini berdasar pada algoritma yang diciptakan oleh Dantzig pada tahun 1947. Dari algoritma Dantzig ini, diaplikasikan ke dalam Solver oleh John Watson dan Daniel Fylstra dari Frontline Systems, Inc (Excel Solver - Algorithms and Methods Used, 2017). Dengan menggunakan metode *Simplex LP* dapat ditemukan solusi yang optimal, namun diperlukan waktu yang banyak.



Evolutionary adalah algoritma untuk optimisasi *non-smooth* menggunakan variasi dari *genetic algorithm* dan *local search method*. Metode ini diimplementasikan oleh beberapa orang dari Frontline Systems, Inc (Excel Solver - Algorithms and Methods Used, 2017). Metode ini

berdasarkan Teori Seleksi Alam, pertama Solver memulai dengan suatu populasi nilai *input* yang acak. Dari populasi nilai *input* ini dimasukkan kedalam fungsi, lalu diambil nilai *input* yang menghasilkan nilai terdekat dari target. Dari nilai terbaik populasi pertama ini, dihasilkan keturunan berupa variasi dari nilai tersebut. Keturunan-keturunan tersebut merupakan populasi kedua, kemudian dilakukan proses yang sama pada populasi tersebut, hingga menghasilkan nilai optimal yang diinginkan (Young, 2017).

Proses yang panjang seperti pada Gambar II.11 diatas menyebabkan metode *evolutionary* membutuhkan waktu yang lama. Dari ketiga metode yang terdapat dalam Solver, setiap metode memiliki kegunaan dalam menyelesaikan suatu masalah dengan kelebihan dan kekurangan dalam hasil yang didapatkan. Simplex LP berfungsi untuk masalah linear programming. GRG Nonlinear dan Evolutionary berfungsi untuk masalah nonlinear. Pada Gambar II.12 berikut adalah diagram proses yang pada umumnya terjadi dalam Solver.



Gambar II.12 Proses Kerja Solver

II.2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan untuk dijadikan acuan dalam menguraikan teori, temuan dan bahan penelitian atau desain lain. Pada tugas akhir ini terdapat dua tinjauan pustaka yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan topik atau tujuan penelitian.

1. Perancangan Perangkat Lunak Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Konstruksi *Midship Kapal Tanker* yang Sesuai dengan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan aplikasi untuk melakukan perhitungan konstruksi pada *midship* kapal *tanker* dengan menggunakan Borland Delphi. Dari perhitungan oleh aplikasi dihasilkan modulus penampang profil serta perhitungan-perhitungan yang diperlukan, dimensi profil yang digunakan dan gambar penampang melintang *midship*. Tujuan dari perancangan aplikasi ini sebagai media belajar untuk mahasiswa dalam memahami konstruksi kapal. Sehingga pada tugas akhir ini aplikasi lebih mengarah ke penjelasan proses tahapan-tahapan perhitungan konstruksi pada *midship*. Setelah pemilihan profil dilakukan, tidak dilakukan pemeriksaan *minimum midship section modulus* beserta antisipasi jika modulus penampang *midship* tidak memenuhi batas minimum atau memenuhi dengan rentang yang jauh. Gambar yang dihasilkan aplikasi berupa format *file .jpg*, perlu dilakukan konversi format menjadi *file .dfx* menggunakan aplikasi pihak ketiga agar dapat melakukan perubahan menggunakan AutoCAD (Fitri, 2016).
2. Perhitungan Konstruksi pada *Engine Room* Kapal *Tanker* Menggunakan Bahasa Pemrograman sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan aplikasi untuk melakukan perhitungan konstruksi pada *engine room tanker* menggunakan Borland Delphi. Tugas akhir ini bertujuan sebagai media belajar untuk mahasiswa dalam memahami konstruksi kapal. Sehingga tugas akhir ini lebih mengarah pada interaksi dengan pengguna dalam menjelaskan proses perhitungan konstruksi pada *engine room*. Tugas akhir ini menghasilkan gambar akhir dari penampang melintang *engine room*, format gambar yang dihasilkan berupa *file .jpg* yang perlu dilakukan konversi menjadi *file .dfx* menggunakan aplikasi pihak ketiga jika diperlukan perubahan menggunakan AutoCAD (Dewanti, 2016).

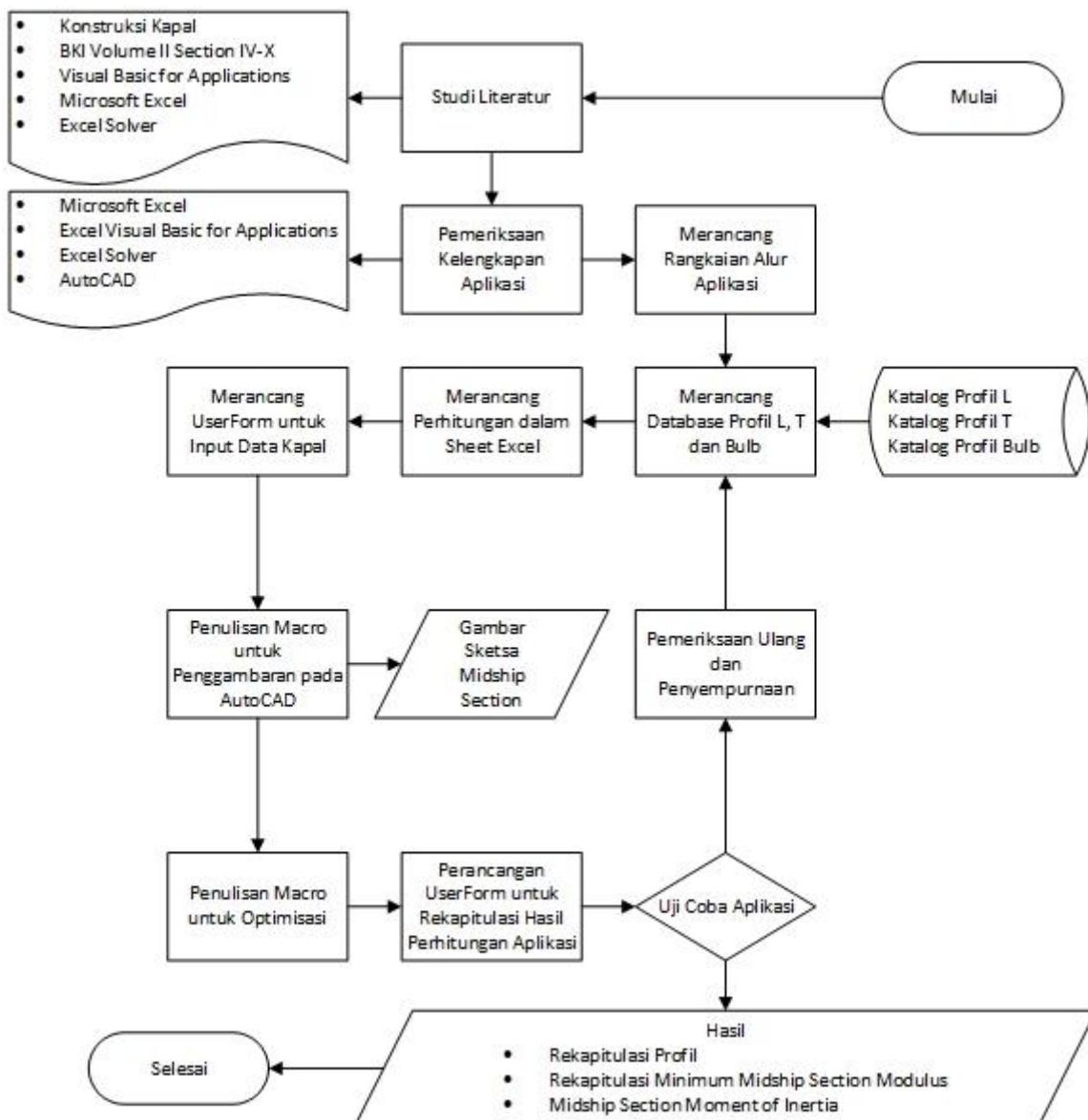
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI

III.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Tahapan pengerjaan tugas akhir ini digambarkan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar III.1 dibawah.



Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun penjelasan dari diagram alir pada Gambar III.1 akan diuraikan pada subbab berikut ini.

III.1.1. Studi Literatur dan Pemeriksaan Kelengkapan Aplikasi

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan seputar materi-materi terkait dengan tugas akhir. Sumber studi literatur yang digunakan bersumber dari buku-buku, tugas akhir dan situs internet. Studi dilakukan pada materi konstruksi kapal, peraturan BKI Volume II bab empat sampai dengan sepuluh, Visual Basic for Applications, Microsoft Excel dan Excel Solver.

Dengan diketahuinya materi seputar tugas akhir, dapat ditentukan aplikasi terkait yang perlu diperiksa kelengkapannya. Aplikasi-aplikasi tersebut yaitu Microsoft Excel, Excel Visual Basic for Applications, Excel Solver dan AutoCAD. Aplikasi-aplikasi tersebut berfungsi untuk merancang aplikasi perhitungan serta sebagai pendukung.

III.1.2. Merancang Rangkaian Alur Aplikasi

Pada tahap ini dilakukan perencanaan alur perhitungan aplikasi yang akan dibuat, kemudian di tahap mana saja diperlukan penerapan *macro*. Proses ini dihasilkan diagram alir kerja aplikasi seperti pada Gambar III.2. Dari diagram alir kerja aplikasi juga dapat diperkirakan letak kesalahan jika terdapat *error* atau aplikasi tidak berjalan saat perancangan. Secara garis besar rangkaian kerja aplikasi akan dimulai dengan pemasukkan data melalui *form input*, kemudian nilai pada *form input* dipindahkan ke *spreadsheet* Excel untuk dilakukan rangkaian perhitungan dan optimisasi, kemudian ketika hasil telah dicapai akan ditampilkan kembali dalam *form hasil*. Rangkaian kerja aplikasi akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab III.2.

III.1.3. Merancang Database Profil L, T dan Bulb

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan katalog profil L, T dan Bulb yang nantinya akan digunakan untuk *database* pengambilan profil berdasarkan perhitungan peraturan BKI untuk modulus penampang profil. Sumber katalog profil yang digunakan untuk tugas akhir ini berasal dari BKI, Gunung Steel, British Steel dan British Standard. Setelah data katalog mencukupi, dibuatkan lembar kerja berisi data dimensi profil beserta nilai penampang modulus dari katalog yang didapatkan. Khusus untuk profil bulb, dilengkapi dengan data lain-lain seperti

III.1.4. Merancang Perhitungan dalam Sheet Excel

Pada tahap ini dilakukan perancangan rangkaian perhitungan pada *sheet-sheet* atau lembar-lembar kerja Excel dengan asumsi data telah dimasukkan, hasil pemeriksaan modulus penampang memenuhi batas minimum, namun diperlukan proses optimisasi karena perbedaan modulus penampang terhadap geladak dengan batas minimum lebih dari 20%. Setelah semua

perhitungan selesai, dibuatkan lembar rekapitulasi hasil yang akan digunakan sebagai pengambilan data untuk ditampilkan pada *form* hasil. Jika melihat pada Gambar III.2 maka proses ini mengabaikan pemasukkan data melalui *form*, penggambaran oleh *macro* dari Excel ke AutoCAD, proses penambahan profil jika modulus penampang *midship* tidak memenuhi batas minimum dan hasil yang akan ditampilkan pada form.

Dari proses perancangan ini akan dihasilkan *sheet* pembacaan *form*, perencanaan penataan pelat, pembujur dan bagian lainnya, perhitungan beban, perhitungan tebal pelat, perhitungan konstruksi profil *midship*, perhitungan modulus penampang *midship*, proses optimisasi dan rekapitulasi hasil.

III.1.5. Merancang Form untuk *Input* Data Kapal

Pada tahap ini dilakukan perancangan tampilan antarmuka form *input* menggunakan *User Form* untuk pemasukkan data oleh pengguna. Selain tampilan dilakukan peletakan komponen pendukung seperti *Multi Page* untuk membuat form terdiri dari beberapa lembar, *Text Box* untuk memasukkan data, *Option Button* untuk pemilihan, *Label* untuk memberi keterangan dan *Frame* untuk pengelompokan. Setelah itu dilakukan penulisan kode-kode yang diperlukan seperti untuk pembatasan hanya angka saja yang dapat dimasukkan atau label akan menampilkan hasil perhitungan jika *text box* tertentu terisi.

Tahap ini diakhiri dengan peletakan tombol perintah untuk memulai aplikasi, membuat gambar sketsa pada AutoCAD, melihat proses perhitungan pada lembar kerja Excel, mengosongkan kembali semua *Text Box* dan menutup form. Penulisan kode pada tombol perintah masih sebatas memindahkan data dari *Text Box* ke suatu lembar kerja untuk referensi, mengosongkan kembali semua *Text Box* dan membuka atau menutup form.

III.1.6. Penulisan *Macro* untuk Penggambaran pada AutoCAD

Pada tahap ini dirancang *sheet* berisi tabel perintah-perintah gambar yang akan dikirimkan ke AutoCAD. Tabel ini telah terhubung dengan data yang akan dimasukkan. Pada tiap sel tabel akan diterapkan fungsi-fungsi spesifik untuk tiap bagian kapal yang akan digambarkan. Fungsi-fungsi ini akan membaca data pada *sheet* yang berisi data perencanaan penataan pelat, pembujur dan konstruksi lain yang terkait. Dari data tersebut akan dibaca dan diperiksa apakah memenuhi ketentuan fungsi, jika memenuhi maka akan tertulis perintah gambar yang akan dikirimkan. Setelah fungsi-fungsi pada tabel telah diterapkan, dilakukan penulisan *macro* pada VBA untuk menjalankan tombol perintah menggambar sketsa. *Macro*

tersebut akan membaca data pada tabel perintah dan mengirimkan ke AutoCAD untuk di proses. Hasil dari perintah-perintah tersebut akan menghasilkan gambar sketsa pada AutoCAD.

III.1.7. Penulisan *Macro* untuk Optimisasi

Pada tahap ini dilakukan penulisan *macro* pada VBA untuk melakukan optimisasi. Optimisasi dilakukan dengan memanfaatkan program Solver dalam Excel. Dari lembar optimisasi yang telah dibuat, dilakukan perekaman *macro* uji coba penggunaan Solver untuk mendapatkan kode *macro solver*. Dari perekaman uji coba, dihasilkan kode-kode yang membuka antarmuka Solver, lalu penentuan *objective cell*, nilai yang diinginkan dan batasan-batasan. Dari contoh ini dituliskan kembali untuk disesuaikan dengan proses optimisasi setiap profil yang ada. Hasil kode *macro* ini diterapkan pada tombol perintah optimisasi.

III.1.8. Perancangan Form untuk Rekapitulasi Hasil Perhitungan Aplikasi

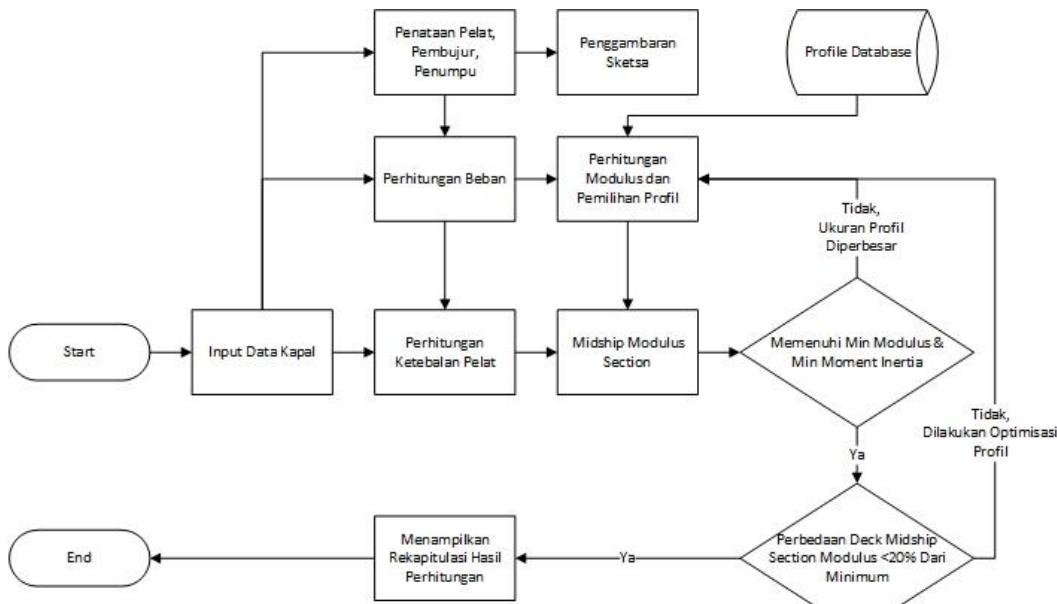
Pada tahap ini dilakukan perancangan *form* untuk menampilkan hasil perhitungan yang akan diamati. *Form* ini akan melakukan pembacaan dari data pada *sheet* rekapitulasi dengan penerapan kode *macro* pada VBA. Data-data yang akan ditampilkan yaitu pemeriksaan batas minimal modulus penampang *midship* serta momen inersia, perhitungan modulus penampang profil beserta profil yang digunakan. Kemudian dipasangkan dengan beberapa tombol perintah untuk melakukan ulang proses yang telah berjalan. Tombol-tombol perintah yang terdapat pada form ini yaitu optimisasi, mengembalikan keadaan *optimized profile* ke *increased profile*, mengembalikan keadaan *increased profile* ke *initial profile*. Kode *macro* untuk melakukan perubahan keadaan ini dirancang pada lembar kerja perhitungan konstruksi *midship* kapal, kemudian diterapkan kedalam tombol-tombol perintah pada form hasil. Dengan demikian pengguna kelak hanya mengakses *user form* saja, tanpa melihat perhitungan pada lembar kerja Excel.

III.1.9. Uji Coba Aplikasi

Pada tahap ini dilakukan uji coba aplikasi dengan memasukkan data dari *form input*. Data yang diuji sudah diketahui akan memenuhi pemeriksaan batas minimal modulus penampang *midship*, namun perbandingan modulus penampang terhadap geladak masih lebih besar 20% dari selisih dengan batas minimal. Jika aplikasi telah berjalan dengan baik maka akan didapatkan hasil dari *sheet* rekapitulasi. Jika terdapat kesalahan atau aplikasi tidak bekerja, harus dilakukan pemeriksaan kembali dan diperbaiki.

III.2. Diagram Alir Proses Kerja Aplikasi

Gambar III.2 berikut adalah diagram alir proses kerja aplikasi, pada diagram ini alur pengolahan data dari *input* hingga ditampilkan hasil-hasil yang ditargetkan dijelaskan lebih terinci.



Gambar III.2 Diagram Alir Proses Kerja Aplikasi

Berdasarkan diagram tersebut, proses kerja aplikasi terdiri dari beberapa langkah, penjelasan proses-proses tersebut akan dibahas pada Bab IV. Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) digunakan untuk melakukan perhitungan dalam proses aplikasi ini. Peraturan mengenai konstruksi kapal terdapat pada *Volume II Rules for Hull*. Persamaan-persamaan yang digunakan terdapat pada bab empat sampai dengan 10. Pembahasan mengenai perhitungan-perhitungan yang digunakan terdapat pada subbab III.3.

III.3. Perhitungan Konstruksi *Midship*

Peraturan mengenai konstruksi kapal terdapat pada *Volume II Rules for Hull* Biro Klasifikasi Indonesia. Untuk perhitungan beban terdapat dalam *Section 4 Design Loads*. Untuk perhitungan ketebalan pelat terdapat pada *Section 6 Shell Plating*. Untuk menghitung konstruksi terkait alas terdapat dalam *Section 8 Bottom Structures*. Untuk perhitungan terkait konstruksi lambung terdapat dalam *Section 9 Framing System*. Untuk perhitungan terkait konstruksi geladak terdapat dalam *Section 10 Deck Beams and Supporting Deck Structures*. Dari bab-bab tersebut hanya sebagian persamaan yang digunakan, karena aplikasi hanya menghitung untuk bagian *midship*. Setelah semua perhitungan konstruksi pada *midship* selesai,

dilakukan pemeriksaan batas ijin atau minimal yang terdapat pada *Section 5 Longitudinal Strength*.

III.3.1. Perhitungan *Design Loads*

Untuk menghitung suatu konstruksi, diperlukan nilai dari beban yang bekerja terlebih dahulu. Hal ini disebabkan konstruksi akan menyesuaikan dengan beban yang bekerja, jika beban yang bekerja lebih besar, maka diperlukan konstruksi yang lebih besar juga. Perencanaan beban merujuk pada peraturan BKI Volume II Bab 4 tentang *Design Loads*. Beban-beban yang bekerja pada konstruksi *midship* antara lain:

1. Beban dasar, dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut:

- Untuk arah gelombang dari depan:

$$p_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot c_0 \cdot c_L \cdot f [kN/m^2] \quad (\text{III.1})$$

L = panjang kontruksi [m]

diambil 0,96 Lwl jika $L_{pp} < 0,96 \text{ Lwl}$

diambil L_{pp} jika $0,96 \text{ Lwl} < L_{pp} < 0,97 \text{ Lwl}$

diambil 0,97 Lwl jika $L_{pp} > 0,97 \text{ Lwl}$

C_B = koefisien blok

$$c_0 = \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{RW} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \quad (\text{III.2})$$

$$c_0 = \left[10,75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{1,5} \right] c_{RW} \quad \text{untuk } 90 \leq L \leq 300 \text{ m} \quad (\text{III.3})$$

$$c_0 = 10,75 \cdot c_{RW} \quad \text{untuk } L > 300 \text{ m} \quad (\text{III.4})$$

$$c_L = \frac{\sqrt{L}}{90} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \quad (\text{III.5})$$

$$c_L = 1,0 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m} \quad (\text{III.6})$$

f = Faktor Probabilitas

1,0 untuk pelat

0,75 untuk kelompok penegar

0,60 untuk kelompok penumpu

C_{RW} = koefisien *service range*

1.0 untuk *unlimited service range*

0.90 untuk *restricted ocean service* (P)

0.75 untuk *coasting service* (L)

0.60 untuk *sheltered shallow water service* (T)

- Untuk arah gelombang dari samping:

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

2. Beban geladak, dapat dihitung dengan persamaan:

$$p_D = \frac{20 \cdot T}{(10+z-T)H} C_D \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.8})$$

- Untuk beban minimal adalah (diambil yang terbesar):

$$p_{D\min} = 16.f \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.9})$$

$$p_{D\min} = 0,7.p_0 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.10})$$

T = sarat kapal [m]

z = jarak pusat beban terhadap garis dasar kapal [m]

H = tinggi kapal [m]

c_D = faktor distribusi beban geladak, 1,0 untuk daerah *midship*

3. Beban sisi, dapat dihitung dengan rumus:

- Untuk pusat beban di bawah garis air:

$$p_s = 10 (T - z) + p_{01} \cdot c_F \left(1 + \frac{z}{T} \right) [kN/m^2] \quad (\text{III.11})$$

- Untuk beban dari arah depan:

$$p_{s1} = 10 (T - z) + p_{01} \left[1 + \frac{z}{T} \left(2 - \frac{z}{T} \right) \right] \cdot 2 \frac{|y|}{B} [kN/m^2] \quad (\text{III.12})$$

- Untuk pusat beban di bawah garis air:

$$p_s = p_{01} \cdot c_F \cdot \frac{20}{10+z-T} [kN/m^2] \quad (\text{III.13})$$

- Untuk beban dari arah depan:

$$p_{s1} = p_{01} \cdot \frac{20}{5+z-T} \cdot \frac{|y|}{B} [kN/m^2] \quad (\text{III.14})$$

c_F = faktor distribusi beban geladak, 1,0 untuk daerah *midship*

B = lebar kapal [m]

y = jarak horizontal antara pusat beban dan garis tengah kapal [m]

4. Beban alas, dapat dihitung dengan rumus:

$$p_B = 10 \cdot T + p_{01} \cdot c_F \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.15})$$

- Untuk beban dari arah depan:

$$p_{B1} = 10 \cdot T + p_{01} \cdot 2 \frac{|y|}{B} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.16})$$

5. Beban pada alas dalam:

$$p_i = 9,81 \cdot \frac{G}{V} \cdot h (1 + a_v) \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.17})$$

G = massa muatan [ton]

V = volume ruang muat [m³]

h = jarak tertinggi muatan di atas alas dalam [m]

a_v = faktor percepatan = F . m

$$F = 0,11 \frac{v_o}{\sqrt{L}} \quad (\text{III.18})$$

m = 1,0 untuk daerah $0,2 \leq x/L \leq 0,7$

6. Beban pada struktur tangki:

$$p_1 = 9,81 \cdot h_1 \cdot \rho(1 + a_v) + 100 \cdot p_v \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{III.19})$$

h₁ = jarak pusat beban dari batas atas tangki [m]

p_v = tekanan pada *relief valve* [bar]

$$p_2 = 9,81 \cdot h_2 \quad (\text{III.20})$$

h₂ = jarak pusat beban sampai ujung *overflow* [m]

III.3.2. Perhitungan *Shell Plating*

Dari perencanaan beban yang dihitung berdasar BKI bab empat, dapat dilakukan tebal pelat-pelat kapal. Untuk menghitung tebal pelat pada umumnya dapat merujuk pada bab 6 tentang *Shell Plating*, namun terdapat juga pada bab 7 tentang *Decks* untuk pelat geladak serta pada bab 8 *Bottom Structures* untuk pelat alas dalam.

1. Tebal pelat minimal dan maksimal dapat dihitung dengan rumus:

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \sqrt{L \cdot k} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk } L < 50 \text{ m} \quad (\text{III.21})$$

$$t_{\min} = \sqrt{L \cdot k} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk } L \geq 50 \text{ m} \quad (\text{III.22})$$

t_{max} = 16,0 mm

k = faktor material

2. Tebal pelat sisi dapat dihitung dengan rumus:

- Untuk panjang kapal < 90 m

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.23})$$

n_f = 0,83 untuk konstruksi memanjang

t_k = penambahan tebal oleh faktor korosi

t_k = 1,5 [mm] jika t' ≤ 10 mm

$$t_k = \frac{0,1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0,5 \quad \text{jika } t' > 10 \text{ mm, maksimal 3 mm} \quad (\text{III.24})$$

- Untuk panjang kapal ≥ 90 m

$$t_{s1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{p_s}{\sigma_{pl}}} + t_K \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.25})$$

a = jarak antar penegar

$$\sigma_{Pl} = \sqrt{\sigma_{perm}^2 - 3 \cdot \tau_L^2} - 0,89 \cdot \sigma_{LS} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.26})$$

$$\sigma_{perm} = \left(0,8 + \frac{L}{450}\right) \frac{230}{k} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.27})$$

$$\sigma_{perm} = \frac{230}{k} \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.28})$$

$$\tau_L = \frac{55}{k} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.29})$$

$$\sigma_{LS} = \frac{12,6\sqrt{L}}{k} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.30})$$

$$\sigma_{LS} = \frac{120}{k} \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.31})$$

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.32})$$

$$t_{s3} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{p_{s1}}{\sigma_{Plmax}}} + t_K \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.33})$$

$$\sigma_{Plmax} = \sqrt{\left(\frac{230}{k}\right)^2 - 3 \cdot \tau_L^2} - 0,89 \cdot \sigma_{LS} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.34})$$

$$\sigma_{LS} = 0,76 \cdot \sigma_{LB} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{III.35})$$

3. Tebal pelat alas dapat dihitung dengan rumus:

- Untuk panjang kapal < 90 m

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \sqrt{p_B \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.36})$$

- Untuk panjang kapal ≥ 90 m

$$t_{B1} = 18,3 \cdot n_f \cdot a \sqrt{\frac{p_B}{\sigma_{pl}}} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.37})$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot n_f \cdot a \sqrt{p_B \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.38})$$

4. Tebal pelat geladak dan *tween deck* merujuk pada bab 7, dapat dihitung dengan rumus:

$$t_{E1} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{p_D \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.39})$$

$$t_{E2} = 1,1 \cdot a \cdot \sqrt{p_L \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.40})$$

$$t_{min} = (5,5 + 0,02 L) \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.41})$$

5. Tebal pelat alas dalam adalah:

$$t = 1,1 \cdot a \sqrt{p \cdot k} + t_k \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.42})$$

p = diambil yang terbesar dari p_1, p_2, p_3

$$p_1 = 10 (T - h_{DB}) \quad (\text{III.43})$$

h_{DB} = tinggi alas ganda

$$p_2 = 10 \cdot h \quad (\text{III.44})$$

$$p_3 = p_i$$

III.3.3. Perhitungan Modulus Penampang Profil

Setelah perhitungan tebal pelat maka dapat dilanjutkan dengan menghitung modulus penampang profil. Hasil modulus penampang profil akan digunakan sebagai pertimbangan untuk mencari ukuran profil yang sesuai. Perhitungan modulus penampang profil dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian alas, sisi, dan geladak. Pembagian ini juga dilakukan pada pembagian bab delapan sampai dengan sepuluh pada peraturan BKI Volume II. Perhitungan terkait konstruksi alas berada pada bab delapan tentang *Bottom Structures*. Untuk konstruksi sisi terdapat pada bab sembilan tentang *Framing System*. Terakhir untuk konstruksi geladak terdapat pada bab sepuluh tentang *Deck Beams and Supporting Deck Structures*.

1. Tinggi penumpu tengah adalah:

$$h = 350 + 45 \cdot B \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.45})$$

$$h_{\min} = 600 \quad [\text{mm}]$$

Tebal pelat penumpu tengah adalah:

$$t_m = \frac{h}{h_a} \left(\frac{h}{100} + 1,0 \right) \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk } h \leq 1200 \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.46})$$

$$t_m = \frac{h}{h_a} \left(\frac{h}{120} + 3,0 \right) \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \quad \text{untuk } h > 1200 \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.47})$$

Tebal pelat penumpu samping adalah:

$$t = \frac{h^2}{120 \cdot h_a} \sqrt{k} \quad [\text{mm}] \quad (\text{III.48})$$

h_a = tinggi penumpu tengah

2. Rumus modulus penampang pembujur adalah:

$$W = \frac{83,3}{\sigma_{pr}} \cdot m \cdot a \cdot l^2 \cdot p \quad [\text{cm}^3] \quad (\text{III.49})$$

$$\sigma_{pr} = \sigma_{\text{perm}} - |\sigma_L| \quad (\text{III.50})$$

$$\sigma_{\text{perm}} = \left(0,8 + \frac{L}{450}\right) \frac{230}{k} \quad (\text{III.51})$$

$$m = (m_K^2 - m_a^2); m \geq \frac{m_K^2}{2} \quad (\text{III.52})$$

$$m_K = 1 - \frac{l_{KI} + l_{KJ}}{10^3 \cdot l} \quad (\text{III.53})$$

$$m_a = 0,204 \frac{a}{l} \left[4 - \left(\frac{a}{l} \right)^2 \right]; \frac{a}{l} \leq 1 \quad (\text{III.54})$$

pada rumus perhitungan modulus penampang pembujur ini, dapat digunakan untuk pembujur alas, alas dalam, sisi dan geladak utama. Sedangkan untuk pembujur *tween deck* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = c \cdot m \cdot a \cdot p \cdot \ell^2 \cdot k \quad [\text{cm}^3] \quad (\text{III.55})$$

$$c = 0.55$$

c = 0.75 for beams, girders and transverses which are simply supported on one or both end.

Untuk perhitungan modulus penampang penumpu geladak dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$W = c \cdot e \cdot \ell^2 \cdot p \cdot k \quad [\text{cm}^3] \quad (\text{III.55})$$

III.3.4. Pemeriksaan Modulus Penampang Profil

Untuk menghitung modulus penampang profil L yang telah diketahui ukurannya, dapat dilakukan dengan pembuatan seperti Tabel III.1 dibawah. Tabel perhitungan ini didapatkan dari catatan mata kuliah Konstruksi Kapal I (Andrianto, 2014).

Tabel III.1 Tabel Perhitungan Modulus Penampang Profil L

Bagian Pelat	Horizontal	Vertikal	Area	Jarak	M Luas	M Inersia	M Inersia Individu
Pengikut							
Bilah (Web)							
Hadap (Face)							
			$\Sigma 1$		$\Sigma 2$	$\Sigma 3$	$\Sigma 4$

Kemudian dapat ditentukan:

$$z1 = \text{Titik berat terhadap alas} = \Sigma 2 / \Sigma 1 \quad (\text{III.56})$$

$$z2 = \text{Titik berat terhadap geladak} = H - z1 \quad (\text{III.57})$$

$$I_{xx} = \text{Area moment of inertia} = \Sigma 3 + \Sigma 4 \quad (\text{III.58})$$

$$I_{NA} = I_{xx} - z1^2 \times \Sigma 1 \quad (\text{III.59})$$

$$W = \text{Modulus penampang profil} = INA / z1 \quad (\text{III.60})$$

Untuk modulus penampang profil T didapatkan persamaan dari buku *Machinery's Handbook 29th Edition* (Oberg, Jones, Horton, & Ryffel, 2012), nilai modulus penampang profil T dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$W = \text{Modulus Penampang profil} = \frac{I}{y_{CoG}} \text{ [cm}^3\text{]} \quad (\text{III.61})$$

$$A = \text{Luas penampang} = b \times s + h \times t \text{ [cm}^2\text{]} \quad (\text{III.62})$$

$$d = \text{Jarak terhadap alas profil} = h + t \text{ [cm]} \quad (\text{III.63})$$

y_{CoG} = Titik berat terhadap sumbu y

$$y_{CoG} = d - \frac{d^2 t + s^2 (b-t)}{2(b s + h t)} \text{ [cm]} \quad (\text{III.64})$$

I = Momen inersia

$$= \frac{1}{3} [t \cdot y_{CoG}^3 + b(d - y_{CoG})^3 - (b - t)(d - y - s)^3] \text{ [cm}^4\text{]} \quad (\text{III.65})$$

b = lebar *face* [mm]

s = tebal *face* [mm]

h = tinggi *web* [mm]

t = tebal *web* [mm]

III.4. Penggunaan Solver untuk Optimisasi

Seperti penjelasan pada subbab II.1.7 Solver pada Excel dapat diakses pada *tab Data*, dalam grup *Analyze*. Untuk melakukan optimisasi diperlukan tiga tabel pemeriksaan modulus penampang profil, pertama adalah kondisi awal, kedua untuk optimisasi menggunakan solver dan terakhir untuk pembulatan ke angka lima diatas. Dengan ketiga tabel tersebut, dapat dijalankan solver dengan ketentuan yang dijelaskan pada Tabel III.2 berikut.

Tabel III.2 Ketentuan untuk Optimisasi Ukuran Profil

Objective Cell	Modulus penampang profil teroptimisasi	
Variabel	Lebar <i>face</i> dan tinggi <i>web</i> teroptimisasi	
Selected Method	GRG Nonlinear	
Batasan		
W teroptimisasi	\geq	W perhitungan BKI
W teroptimisasi	\leq	W kondisi awal
Lebar <i>face</i> teroptimisasi	\leq	Lebar <i>face</i> kondisi awal
Tinggi <i>web</i> teroptimisasi	\leq	Tinggi <i>web</i> kondisi awal

Metode yang digunakan adalah GRG *Nonlinear*. Metode ini merupakan generalisasi dari metode *reduced gradient* dengan mengizinkan batasan nonlinear maupun batasan bebas pada variabel. Berikut adalah persamaan dari GRG.

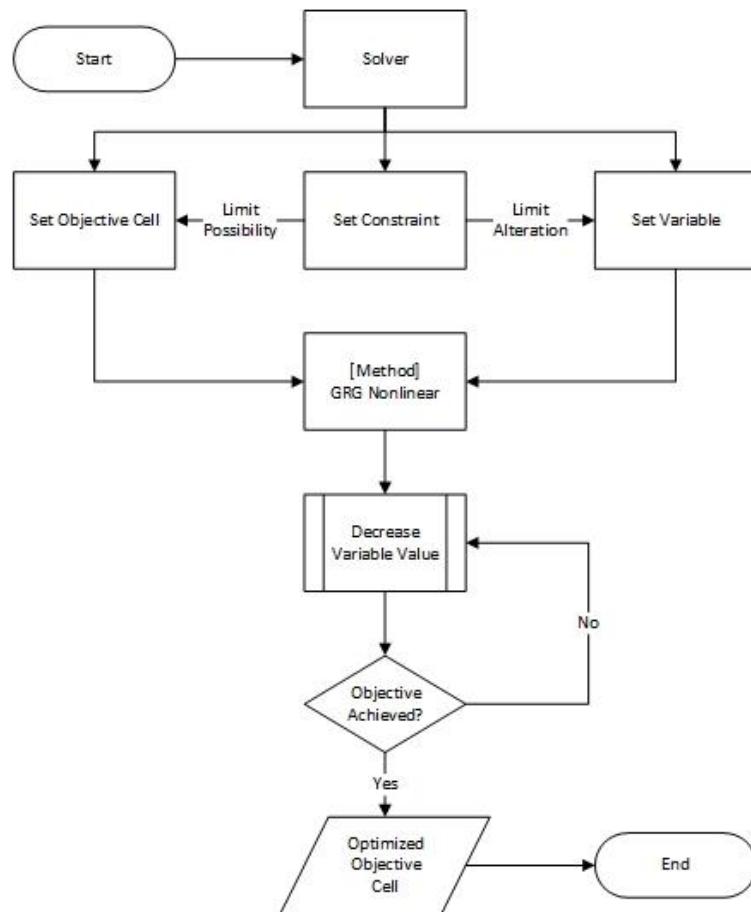
$$\max f(x): h(x) = 0, L \leq x \leq U \quad (\text{III.66})$$

Dimana h memiliki dimensi m . Metode ini memisalkan x dapat dibagi menjadi $x = (v, w)$, dengan begitu:

- v memiliki dimensi m (dan w memiliki dimensi $n - m$)
- Nilai dari v terikat dalam batasannya: $L_v < v < U_v$ (merupakan asumsi *nondegeneracy*)
- $\nabla_v h(x)$ adalah *nonsingular* pada $x = (v, w)$

(Generalized Reduced Gradient Method, 2018)

Pada aplikasi ini, proses optimisasi bekerja berdasar ketentuan-ketentuan yang ditetapkan seperti pada Tabel III.2 diatas. Dari ketentuan-ketentuan tersebut, Solver akan melakukan pengurangan nilai pada salah satu atau kedua faktor modulus penampang profil, yaitu lebar *face* dan tinggi *web*. Proses ini akan berlangsung hingga ditemukan nilai modulus penampang profil teroptimasi yang mendekati dari nilai perhitungan BKI. Gambar III.3 merupakan diagram yang menjelaskan proses kerja Solver.



Gambar III.3 Diagram Proses Kerja Solver

Proses optimisasi ini pada umumnya akan mengurangi lebar *face* pada profil T dan pada profil L akan mengurangi tinggi *web*, hal ini merupakan kekurangan dari GRG *Nonlinear*, proses pada umumnya akan melakukan pada satu variabel saja hingga target *objective cell* tercapai.

Hasil akhir dari proses optimisasi akan menghasilkan ukuran lebar *face* dan tinggi *web* berupa angka yang tidak bulat. Oleh karena itu diperlukan pembulatan ukuran profil teroptimisasi ke kelipatan angka lima diatasnya untuk dihasilkan ukuran profil yang rasional. Dari pembulatan ini dilakukan pemeriksaan kembali nilai modulus penampang profil, kemudian akan digunakan jika memang benar lebih optimal dari pemilihan profil pertama.

III.5. Peralatan dan Perangkat Perancangan Aplikasi

Dalam perancangan aplikasi pada tugas akhir ini, diperlukan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang mendukung. Perancangan aplikasi ini, menggunakan laptop Acer Aspire E1-451G dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. *Processor*: AMD Quad-Core A8-4500M @ 1.90 GHz
2. RAM: 8 GB

Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Operating System*: Windows 10 Home Single Language 64-bit
2. Microsoft Excel 2016
3. Excel Visual Basic for Applications
4. Excel Solver
5. AutoCAD 2015 Student Edition

BAB IV

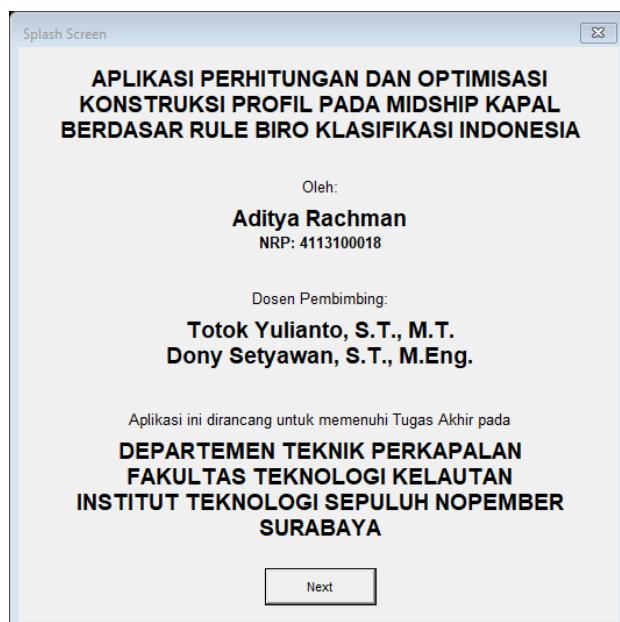
PERANCANGAN

IV.1. Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi ini secara umum dibagi menjadi 4 bagian yaitu, perancangan tampilan *form*, perancangan *sheet* perhitungan, perancangan optimisasi menggunakan Solver, perancangan *macro*. Pada perancangan *macro* terdapat beberapa bagian yang memerlukan otomatisasi, sehingga setiap fungsi *macro* akan dibahas secara terpisah tiap satu subbab. Pembagian ini berdasarkan urutan proses kerja aplikasi seperti pada diagram Gambar III.2, dari mulai *data* dimasukkan pengguna hingga akhir ketika didapatkan hasil perhitungan dan optimisasi profil beserta pemeriksaan batas minimal modulus penampang *midship*.

IV.1.1. Perancangan Tampilan *User Form*

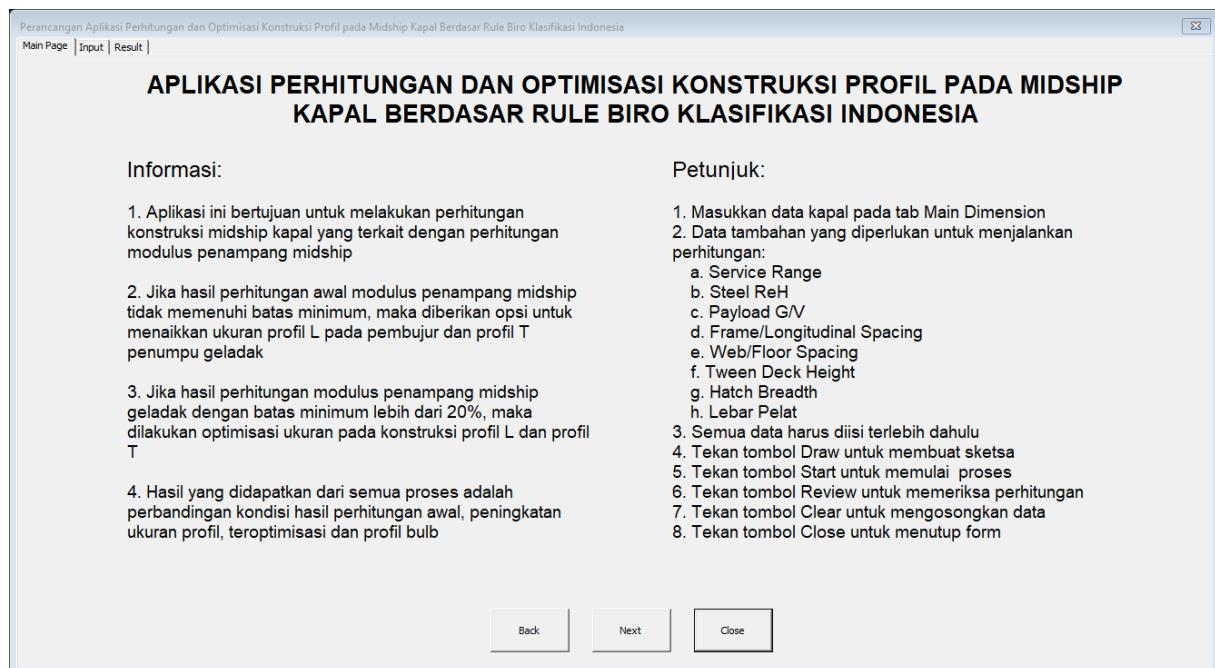
Pada tahap ini digunakan *User Form* untuk membuat *user interface form* pemasukkan *data* kapal oleh pengguna. Aplikasi ini menggunakan dua *User Form*, pertama *SplashUserForm* berfungsi untuk menampilkan informasi mengenai aplikasi dalam *splash screen*, tampilan dari *splash screen* dapat dilihat pada Gambar IV.1 berikut.



Gambar IV.1 *Splash Screen*

Pada Gambar IV.1 dapat dilihat *form* hanya menampilkan informasi dalam bentuk label yang tetap serta tombol perintah *Next* untuk melanjutkan ke proses pemasukkan *data*. *Form*

kedua atau input bernama *InputUserForm*, *form* ini akan selalu terbuka pada halaman utama saat dibuka. Halaman utama dari *form input* berisi petunjuk penggunaan dan target atau hasil yang akan didapatkan dari aplikasi ini. Tampilan dari halaman utama *form input* dapat dilihat pada Gambar IV.2 dibawah.



Gambar IV.2 Halaman Utama *InputUserForm*

Seperti pada Gambar IV.2 diatas, halaman utama berisi informasi dan tombol perintah *Back* untuk kembali ke *splash screen*, *Next* untuk melanjutkan ke lembar pemasukkan data dan *Close* untuk menutup *form*. Untuk memulai pemasukkan *data* dapat mengganti ke halaman pemasukkan *data* dengan menekan tab tulisan *Input* atau tombol perintah *Next*. Pembagian halaman ini merupakan hasil dari *Multi Page*.

Pada Gambar IV.3 dibawah, halaman *Input* terdapat *textbox-textbox* dan tombol opsi untuk data yang akan dimasukkan oleh pengguna. Data-data yang dimasukkan ke *textbox* pada umumnya berupa angka, oleh karena itu perlu dituliskan ketentuan-ketentuan tertentu sesuai data yang akan diinput. Begitu pula pada tombol perintah, jika terdapat kekurangan data dalam menjalankan perintah, maka akan tampil pesan error. Ketentuan-ketentuan ini akan dibahas dalam subbab IV.2.

Setelah dilakukan pemasukkan data dan ditekan salah satu tombol untuk memulai proses, aplikasi akan mengirimkan data pada *text box* beserta *option button* yang terpilih ke *sheet ShipData*. Proses pada lembar kerja akan dibahas pada subbab berikut ini.

Gambar IV.3 Lembar Pemasukkan Data Kapal

Setelah data melewati serangkaian proses dalam lembar kerja Excel, hasil proses tersebut akan ditampilkan dalam lembar baru pada *InputUserForm*. Pada lembar bernama *Result* ini akan menampilkan hasil pemeriksaan batas minimal modulus penampang *midship* dan ukuran profil-profil beserta nilai modulus penampangnya. Pada tiap hasil tersebut ditampilkan seperti pada Gambar IV.4 dibawah, terdapat pemisah untuk kondisi *initial* atau awal perhitungan, *increased* atau peningkatan ukuran profil, *optimized* atau profil teroptimisasi dan *bulb* atau penggunaan profil bulb sebagai pengganti profil L.

Initial	Increased	Optimized	Bulb
W Minimum [cm³] = 2144109.38			
W Deck [cm³] = 2704034.70	W Deck [cm³] = 2704034.70	W Deck [cm³] = 2665154.45	W Deck [cm³] = 3267258.08
Difference [%] = 20.71	Difference [%] = 20.71	Difference [%] = 19.55	Difference [%] = 34.38
W Bottom [cm³] = 4459442.36	W Bottom [cm³] = 4459442.36	W Bottom [cm³] = 4414778.06	W Bottom [cm³] = 4362747.49
Difference [%] = 51.92	Difference [%] = 51.92	Difference [%] = 51.43	Difference [%] = 50.85
Min M Inertia [m⁴] = 7.04			
Ira [m⁻⁴] = 18.35	Ira [m⁻⁴] = 18.35	Ira [m⁻⁴] = 18.11	Ira [m⁻⁴] = 20.36
Difference [%] = 61.62	Difference [%] = 61.62	Difference [%] = 61.13	Difference [%] = 65.42
W Construction [ton] = 475.18	W Construction [ton] = 475.18	W Construction [ton] = 469.35	W Construction [ton] = 541.70
Difference [%] = 0.00	Difference [%] = 0.00	Difference [%] = -1.23	Difference [%] = 14.00
Conclusion = Pass	Conclusion = Pass	Conclusion = Pass	Conclusion = Pass

Gambar IV.4 Lembar Hasil Pemeriksaan Modulus Penampang *Midship*

Pada Gambar IV.4 dapat dilihat bahwa aplikasi juga melakukan perhitungan untuk memeriksa perubahan beban konstruksi akibat optimisasi atau peningkatan ukuran profil. Pada halaman hasil ini juga diberikan tombol perintah yang dapat mengembalikan perhitungan ke

kondisi awal sebelum optimisasi serta tombol untuk melakukan ulang optimisasi untuk keseluruhan profil.

Initial Profile		Increased Profile		Optimized Profile		Bulb Profile	
BKD Profile Section W							
Bottom Longitudinal		Bottom L [mm] = L 150x100x10	Bottom L [mm] = L 150x100x10	Bottom L [mm] = L 150x85x10	Bottom L [mm] = L 150x85x10	Bottom L [mm] = 280x12	Bottom L [mm] = 280x12
197.74 cm ³		Bottom L W [cm ³] = 200.00	Bottom L W [cm ³] = 200.00	Bottom L W [cm ³] = 198.24	Bottom L W [cm ³] = 205.00		
Inner Bottom Longitudinal		Inner Bottom L [mm] = L 120x80 x10	Inner Bottom L [mm] = L 120x80 x10	Inner Bottom L [mm] = L 120x80 x10	Inner Bottom L [mm] = L 120x80 x10	Inner Bottom L [mm] = 240x10.5	Inner Bottom L [mm] = 240x10.5
129.81 cm ³		Inner Bottom L W [cm ³] = 130.00	Inner Bottom L W [cm ³] = 130.00	Inner Bottom L W [cm ³] = 130.00	Inner Bottom L W [cm ³] = 130.00	Inner Bottom L W [cm ³] = 130.80	Inner Bottom L W [cm ³] = 130.80
Deck Longitudinal		Deck L [mm] = L 80 x65 x10	Deck L [mm] = L 80 x65 x10	Deck L [mm] = L 80 x65 x10	Deck L [mm] = L 80 x65 x10	Deck L [mm] = 180x10	Deck L [mm] = 180x10
63.28 cm ³		Deck L W [cm ³] = 6.40	Deck L W [cm ³] = 6.40	Deck L W [cm ³] = 6.40	Deck L W [cm ³] = 6.71.10	Tween Deck L [mm] = 240x11	Tween Deck L [mm] = 240x11
Tween Deck Longitudinal		Tween Deck L [mm] = L 130x75 x10	Tween Deck L [mm] = L 130x75 x10	Tween Deck L [mm] = L 130x65 x10	Tween Deck L [mm] = L 130x65 x10	Tween Deck L W [cm ³] = 136.20	Tween Deck L W [cm ³] = 136.20
131.76 cm ³		Tween Deck L W [cm ³] = 135.00	Tween Deck L W [cm ³] = 135.00	Tween Deck L W [cm ³] = 135.00	Tween Deck L W [cm ³] = 134.73	Deck Girder [mm] = T 300x200x11x17	Deck Girder [mm] = T 300x200x11x17
Deck T Girder		Deck Girder [mm] = T 300x200x11x17	Deck Girder [mm] = T 300x200x11x17	Deck Girder [mm] = T 260x200x11x17	Deck Girder [mm] = T 260x200x11x17	Deck Girder W [cm ³] = 261.90	Deck Girder W [cm ³] = 261.90
189.97 cm ³		Deck Girder W [cm ³] = 261.90	Deck Girder W [cm ³] = 261.90	Deck Girder W [cm ³] = 191.70	Deck Girder W [cm ³] = 191.70	Tween D Girder [mm] = T 457x305x17x28	Tween D Girder [mm] = T 457x305x17x28
Tween Deck Girder		Tween D Girder [mm] = T 457x305x17x28	Tween D Girder [mm] = T 457x305x17x28	Tween D Girder W [cm ³] = 965.00	Tween D Girder W [cm ³] = 843.59	Tween D Girder W [cm ³] = 965.00	Tween D Girder W [cm ³] = 965.00
823.80 cm ³		Tween D Girder W [cm ³] = 965.00	Tween D Girder W [cm ³] = 965.00				
		<input type="button" value="Increase Bottom L Profile"/>	<input type="button" value="Increase Deck L Profile"/>	<input type="button" value="Increase Tween & Deck Girder"/>	<input type="button" value="Restore Increased Bottom to Initial Value"/>	<input type="button" value="Restore Increased Deck to Initial Value"/>	<input type="button" value="Restore Tween & Deck Girder"/>
		<input type="button" value="Increase Inner Bottom L Profile"/>	<input type="button" value="Increase Tween L Profile"/>		<input type="button" value="Optimize Increased Bottom Value"/>	<input type="button" value="Optimize Increased Deck Value"/>	<input type="button" value="Optimize Tween & Deck Girder"/>
					<input type="button" value="Restore Optimized Bottom Value"/>	<input type="button" value="Restore Optimized Deck Value"/>	<input type="button" value="Restore Tween & Deck Girder"/>

Gambar IV.5 Lembar Hasil Profil pada *Bottom* dan *Deck* Kapal

Pada Gambar IV.5 diatas dan Gambar IV.6 dibawah dapat dilihat nilai profil yang digunakan beserta modulus penampangnya. Seperti pada lembar hasil modulus penampang *midship*, terdapat tombol perintah-perintah yang sama namun berlaku hanya untuk profil yang tertulis pada tombol tersebut.

Initial Profile				Increased Profile		Optimized Profile		Bulb Profile			
No	z [m]	BKD W [cm ³]	Profile [mm]	Profile W [cm ³]	Increased Profile [mm]	Increased Profile W [cm ³]	Optimized Profile [mm]	Optimized Profile W [cm ³]	Bulb Profile [mm]	Bulb Profile W [cm ³]	Increase Initial Value
1	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	<input type="button" value="Restore Increased Value to Initial Value"/>
2	10.30	126.60	L 120x80 x10	130.00	L 120x80 x10	130.00	L 120x80 x10	130.00	240x10.5	130.80	<input type="button" value="Optimize Increased Value"/>
3	9.70	137.77	L 150x75 x9	150.00	L 150x75 x9	150.00	L 150x55x9	139.48	240x11.5	141.50	<input type="button" value="Restore Optimized Value to Increased Value"/>
4	9.10	151.10	L 120x80 x12	155.00	L 120x80 x12	155.00	L 120x80 x12	155.00	260x11	162.00	
5	8.50	167.29	L 120x80 x14	175.00	L 120x80 x14	175.00	L 120x65x14	170.39	260x12	174.60	
6	7.90	187.36	L 150x90 x10	190.00	L 150x90 x10	190.00	L 150x90 x10	190.00	280x11	190.20	
7	7.30	207.54	L 150x90 x12	230.00	L 150x90 x12	230.00	L 150x70x12	207.87	280x13	219.60	
8	0.00	0.00	-	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	
9	6.10	244.66	L 180x90 x10	250.00	L 180x90 x10	250.00	L 180x90 x10	250.00	300x13	254.90	
10	5.50	251.60	L 150x100x14	280.00	L 150x100x14	280.00	L 150x85x14	269.27	320x11.5	263.80	
11	4.90	277.46	L 150x100x14	280.00	L 150x100x14	280.00	L 150x90x14	279.43	320x12.5	283.40	
12	4.30	292.23	L 200x100x10	300.00	L 200x100x10	300.00	L 200x90x10	299.98	320x13	293.10	
13	3.70	305.93	L 180x90 x14	330.00	L 180x90 x14	330.00	L 180x75x14	317.40	320x14	311.50	
14	3.10	318.54	L 180x90 x14	330.00	L 180x90 x14	330.00	L 180x80x14	329.45	340x12.5	323.10	
15	2.50	330.08	L 200x100x12	360.00	L 200x100x12	360.00	L 200x80x12	331.02	340x13	334.10	

Gambar IV.6 Lembar Hasil Profil pada *Side* Kapal

IV.1.2. Perancangan *Sheet* Perhitungan

Pada *sheet* Excel, data kapal akan diproses secara otomatis oleh fungsi-fungsi yang telah diterapkan. Proses-proses tersebut dipisahkan menjadi beberapa *sheet* yang berbeda, yaitu:

1. Penataan posisi dan pelat dan pembujur.

Pada sheet bernama *Arrangement* ini dihitung posisi serta titik berat pelat dan pembujur.

Perhitungan posisi dan titik berat ini mempertimbangkan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi posisi pelat dan pembujur, seperti ada tidaknya palkah beserta lebar palkah terhadap pelat-pelat geladak, lebar kapal terhadap jumlah penumpu sisi alas, jumlah penumpu sisi terhadap jarak maksimal antar penumpu. Dengan fungsi-fungsi tersebut akan dihasilkan jumlah pelat-pelat yang terpasang, lebar hatch pada geladak, jumlah penumpu, jarak antar penumpu serta pembujur-pembujur yang terpasang.

	Insert	Page Layout	Formulas	Data	Review	View	Developer	Foxit Reader PDF	?	Tell me what you want to do...	Aditya Rachman	Share												
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L												
2	Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasarkan Rule Biro Klasifikasi Indonesia																							
3																								
4																								
5	Longitudinal Framing System																							
6	Breadth =	20 m																						
7	Height =	10.9 m	(Re)Draw Midship Sketch																					
8	Draught =	7.9 m																						
9	Double Bottom Height =	1.3 m																						
10	Tween Deck Height =	6.7 m																						
11	Bilge Radius =	1.7 m																						
12	Sheerstrake =	1.5 m																						
13	Bilge =	1.8 m																						
14	Keel Plate =	1.8 m																						
15	Plating =	1.8 m																						
16	Longitudinal Spacing =	0.6 m																						
17	Frame Spacing =	0.6 m																						
18	I Side Girder =	2																						
19	Max Side Girder Distance =	4 m																						
20	Side Girder Distance =	3.6 m																						
21	Total Hatch Breadth =	8 m																						
22																								
23																								
24	Side Plating	n	z (m)	Top (m)	Bottom (m)	b (m)																		
25	Sheerstrake	1	10.25	11.00	9.50	1.50																		
26	Side Plate 1	2	8.60	9.50	7.70	1.80																		
27	Side Plate 2	3	6.80	7.70	5.90	1.80																		
28	Side Plate 3	4	5.00	5.90	4.10	1.80																		
29	Side Plate 4	5	3.20	4.10	2.30	1.80																		
30	Side Plate 5	6	2.00	2.30	1.70	0.60																		
31	Side Plate 6	7	0.85	1.70	0.00	1.70																		
32	Side Plate 7	8	0.00	0.00	0.00	0.00																		
33	Side Plate 8	9	0.00	0.00	0.00	0.00																		
34	Side Plate 9	10	0.00	0.00	0.00	0.00																		
35	Side Plate 10	11	0.00	0.00	0.00	0.00																		
36	Bilge Keel Plate	12	0.73	1.70	0.00	1.70																		
37	Bottom Plating			n	y (m)	Right (m)	Left (m)	b (m)	Deck Longitudinal			Tween Longitudinal												
38																								

Gambar IV.7 Perhitungan pada *Sheet Arrangement*

Data-data pada sheet ini seperti pada Gambar IV.7 kemudian akan digunakan untuk pembuatan tabel perintah yang akan dikirim ke AutoCAD. Nilai titik berat dari pelat dan pembujur digunakan untuk perhitungan beban pada *sheet Load*.

2. Perhitungan beban.

Pada sheet ini nilai titik berat pelat dan pembujur dari *sheet Arrangement* digunakan untuk perhitungan beban. Perhitungan berdasar pada peraturan BKI Volume II Bab 4 tentang *Design Loads*. Dari peraturan BKI Volume Bab 4 terdapat beberapa variabel yang dicari, variabel yang cari ini dapat dihitung dengan variabel-variabel yang dimasukkan dari pengguna atau hasil proses perhitungan pada *sheet-sheet* sebelumnya. Untuk perhitungan yang dilakukan pada *sheet* ini dirinci beserta variabel terkait pada Tabel IV.1 dibawah ini.

Tabel IV.1 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan Beban

Perhitungan	Variabel Terkait
C_0	$L, C_{RW}; L < 90 \text{ m} \text{ atau } 90 < L < 300 \text{ m}$
C_0	$C_{RW}; L > 300 \text{ m}$
C_L	$L ; L < 90 \text{ m} \text{ atau } L > 90\text{m}$
f	<i>Plate, Secondary Stiffening, Girder & Girder Systems</i>
C_{RW}	Unlimited, P, L T
C_D	1 ; Midship, $0.2 \leq x/L \leq 0.7$
C_F	1 ; Midship, $0.2 \leq x/L \leq 0.7$
P_0	C_B, C_0, C_L, f
P_{01}	C_B, C_0, C_L
P_D	P_0, T, z, H, C_D
$P_{D \min}$	P_0, f
P_S	T, z, P_0, C_F, z, T
P_{S1}	T, z, P_{01}, y, B
P_B	T, P_0, C_F
P_{B1}	T, P_{01}, y, B
P_i	G, V, h, a_v
h	H, H_{DB}
a_v	F, m
F	v_o, L
P_1	h_1, ρ, a_v, ρ_v
P_2	h_2
P_L	P_c, a_v
P_c	h

3. Perhitungan tebal pelat.

Pada sheet ini hasil dari perhitungan beban digunakan untuk perhitungan tebal pelat. Perhitungan tebal pelat berdasar pada BKI Volume II Bab 6 tentang *Shell Plating*. Perhitungan yang dilakukan pada sheet ini dirinci pada tabel berikut.

Tabel IV.2 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan Tebal Pelat

Perhitungan	Variabel Terkait
σ_{perm}	$L, k ; L < 90 \text{ m}$
σ_{perm}	$k ; L > 90 \text{ m}$
σ_{LB}	$L, k ; L < 90 \text{ m}$
σ_{LB}	$k ; L > 90 \text{ m}$
T_k	t', k
T_{B2}	a, P_B, k, t_K
σ_{PI}	$\sigma_{perm}^2, \tau_L^2, \sigma_{LB}$
t_{min}	L, k
t_{crit}	$c, a, \sigma_{LB}, t_K ; \text{ for } \sigma_{LB} \leq 0.6 . ReH$
t_{crit}	$c, a, R_{eH}, \sigma_{LB}, t_K ; \text{ for } \sigma_{LB} > 0.6 . ReH$
t	a, p, k, t_K

Perhitungan	Variabel Terkait
p_1	T, H_{DB}
p_2	h
p_3	P_i
t_{FK}	t_B
t_{S1}	$n_f, a, p_s, \sigma_{pl}, t_K$
t_{S2}	a, p, k, t_K
t_{S3}	$n_f, a, p_{s1}, \sigma_{plmax}, t_K$
σ_{plmax}	k, τ_L^2, σ_{LS}
t_{E1}	a, P_D, k, t_K
t_{Emin}	L, k
t_{E2}	a, P_D, k, t_K
t_{Emin}	L, k
t	t_D, t_S

Hasil perhitungan pada sheet *Load* dan *Plate* akan direkapitulasi dalam sheet *RecapLP* untuk memudahkan pengambilan data. Sheet *RecapLP* dapat dilihat pada dibawah.

The screenshot shows the RecapLP sheet in Excel. It includes several tables and formulas related to ship structures:

- Basic External Dynamic Load (p_o)**

$P_o =$	21.910	kN/m^2	for plate panels of outer hull	$b =$	1800 mm
$P_o =$	16.433	kN/m^2	for secondary stiffening member of the outer hull	$t =$	11.00 mm
$P_o =$	13.146	kN/m^2	for girders and girder systems of the outer hull	$t_{min} =$	10.20 mm
$P_{o1} =$	27.127	kN/m^2			6.00 plate
- Load on Weather Deck**

$P_D =$	24.431	kN/m^2	for plate panels of outer hull	$b =$	1800 mm
$P_{Dmin} =$	16.000	kN/m^2		$t =$	9.00 mm
$P_D =$	18.323	kN/m^2	for secondary stiffening member of the outer hull		plate
$P_{Dmin} =$	12.000	kN/m^2			
$P_D =$	14.658	kN/m^2	for girders and girder systems of the outer hull		
$P_{Dmin} =$	9.600	kN/m^2		$b =$	1800 mm
				$t =$	11.00 mm
- Load on Ship's Sides**

Side Plate Load				$b =$	1800 mm	
n	z (m)	$p_s (\text{kN/m}^2)$	$p_{s1} (\text{kN/m}^2)$	WL	$t =$	13.00 mm
Sheerstrake	10.250	35.482	36.907	Above		
Side Plate 1	8.600	40.954	47.591	Above		
Side Plate 2	6.800	51.770	64.728	Below		
Side Plate 3	5.000	64.777	79.598	Below		
Side Plate 4	3.200	77.785	91.652	Below		
Side Plate 5	2.000	86.457	98.123	Below		
Side Plate 6	0.850	0.000	0.000	Below		
Side Plate 7	0.000	0.000	0.000	Below		
Side Plate 8	0.000	0.000	0.000	Below		
Side Plate 9	0.000	0.000	0.000	Below		
Side Plate 10	0.000	0.000	0.000	Below		
- Side Plating**

n	z (m)	t (mm)	b (mm)
Sheerstrake	10.25	11	1500
Side Plate 1	8.6	11	1800
Side Plate 2	6.8	11	1800
Side Plate 3	5	11	1800
Side Plate 4	3.2	11	1800
Side Plate 5	2	11	600
Side Plate 6	0.85	0	1700
Side Plate 7	0	0	0

Gambar IV.8 Tangkapan Layar Sheet *RecapLP*

4. Perhitungan profil pada *midship*.

Perhitungan modulus penampang profil dilakukan pada sheet bernama *Midship*, nilai beban hasil perhitungan pada proses sebelumnya digunakan kembali untuk menentukan nilai modulus profil. Perhitungan modulus penampang profil berdasarkan BKI Volume II Bab 8 sampai 10. Untuk konstruksi alas perhitungan terdapat pada bab 8 tentang *Bottom Structures*.

untuk konstruksi lambung terdapat pada bab 9 tentang *Framing System*. Dan untuk konstruksi geladak terdapat pada bab 10 tentang *Deck Beams and Supporting Deck Structures*.

Perhitungan yang dilakukan pada *sheet* ini dirinci bersama variabel terkait dalam Tabel IV.3 berikut.

Tabel IV.3 Perhitungan dan Variabel Terkait pada Perhitungan *Midship*

Perhitungan	Variabel Terkait
w_l	$\sigma_{pr}, m, a, l^2, p$
m	m_k^2, m_a^2
m_a	a, l
m_k	I_{kl}, I, I_{kj}
I_k	$h_s, h_b, c_1, I_b,$
c_1	I_b, h_b, c_2, h_e^2
σ_{pr}	σ_{perm}, σ_L
σ_{perm}	L, k
W_l	$\sigma_{pr}, m, a, l^2, p$
A_l	m_a, a, l, p, k
W_l	$\sigma_{pr}, m, a, l^2, p$
A_l	m_a, a, l, p, k
W_D	$\sigma_{pr}, m, a, l^2, p$
A_D	m_a, a, l, p, k
W	$c \cdot e \cdot l^2 \cdot p \cdot k$
A_W	$p \cdot e \cdot l \cdot k$
W_D	$c \cdot m \cdot a \cdot p \cdot l^2 \cdot k$
A_D	m_a, a, l, p, k
W	$e \cdot l^2 \cdot p \cdot n_c \cdot k$
A_w	$p \cdot l_1 \cdot e \cdot k$

Setelah didapatkan nilai modulus penampang profil, dilakukan pemilihan profil yang sesuai dari database. Pemilihan dilakukan dengan mencari nilai modulus penampang profil yang sesuai atau mendekati tapi lebih besar. Hal ini karena nilai hasil perhitungan modulus penampang profil berlaku sebagai batas minimal. Untuk profil pembujur, juga dilakukan pengambilan profil Bulb dalam *sheet* terpisah bernama *BulbMidship*.

5. Perhitungan modulus penampang *midship*.

Data-data pelat dan profil yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk memeriksa apakah memenuhi batas minimal modulus penampang *midship* pada *sheet Modulus*. Perhitungan ini dilakukan dengan terlebih dahulu membuat tabel perhitungan modulus penampang *midship* seperti Tabel IV.4 dibawah.

Tabel IV.4 Tabel Perhitungan Modulus Penampang

No	Part	n	B	H	Angle	Σ Area	CoG	M Area	M Inertia	I_x $\cos^2 a$	$I_y \sin^2 a$	Io
1	Plate	1										
...	...											
2	Longitudinal	2										
...												
3	Girder	1				$\Sigma 1$		$\Sigma 2$	$\Sigma 3$			$\Sigma 4$
...												

Dari perhitungan Tabel IV.4 diatas didapatkan $\Sigma 1$ jumlah luas penampang, $\Sigma 2$ jumlah momen luas, $\Sigma 3$ jumlah momen inersia dan $\Sigma 4$ jumlah momen inersia individu. Dari dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Tabel IV.5 Perhitungan Lanjutan Modulus Penampang

Perhitungan	Variabel Terkait
z_1	$\Sigma 2 / \Sigma 1$
z_2	$H - z_1$
I_{xx}	$\Sigma 3 + \Sigma 4$
I_{NA}	$I_{xx} - z_1^2 \cdot \Sigma 1$
W_{bot}	I_{NA} / z_1
W_{deck}	I_{NA} / z_2
W_{min}	$k \cdot C_0 \cdot L^2 \cdot B (C_B + 0.7) 10^{-6}$
I_y	$3 \cdot 10^{-2} \cdot W \cdot L / k$

Pemeriksaan modulus penampang *midship* dilakukan dengan memeriksa apakah modulus penampang terhadap geladak dan alas (W_{bot} dan W_{deck}) memenuhi batas minimum (W_{min}). Selain modulus penampang, dilakukan juga pemeriksaan *midship section moment of inertia* dengan memeriksa apakah I_{NA} memenuhi batas minimum I_Y .

Setelah didapatkan pemeriksaan modulus penampang *midship* kondisi perhitungan awal, dibuatkan juga lembar kerja *IModulus* untuk pemeriksaan modulus penampang *midship* kondisi ukuran profil ditingkatkan, *OModulus* untuk profil teroptimisasi dan *BulbModulus* penggunaan profil bulb.

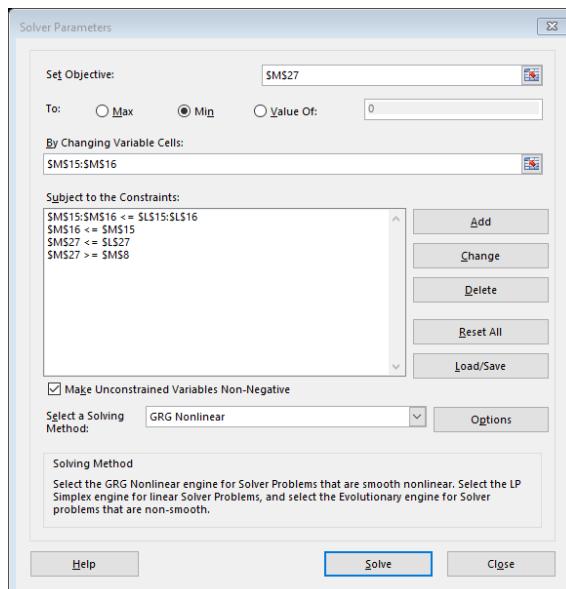
IV.1.3. Perancangan Optimisasi Menggunakan Solver

Pada sheet *OMidship* dilakukan optimisasi profil yang didapatkan dari perhitungan awal. Profil ini dilakukan perhitungan ulang modulus penampang menggunakan tabel seperti pada Gambar IV.9 dibawah. Pada tiap profil akan dilakukan tiga kali perhitungan modulus penampang. Pertama untuk kondisi hasil perhitungan awal berdasar BKI, kedua untuk kondisi teroptimisasi dan terakhir untuk kondisi teroptimisasi dengan ukuran ditingkatkan ke kelipatan lima diatasnya. Pembuatan tabel pemeriksaan modulus penampang profil L berdasar pada

catatan mata kuliah Konstruksi Kapal I (Andrianto, 2014), sedangkan untuk perhitungan modulus penampang profil T berdasar pada buku *Machinery's Handbook 29th Edition* (Oberg, Jones, Horton, & Ryffel, 2012).

Gambar IV.9 Tabel Pemeriksaan Modulus pada *Sheet OMidship*

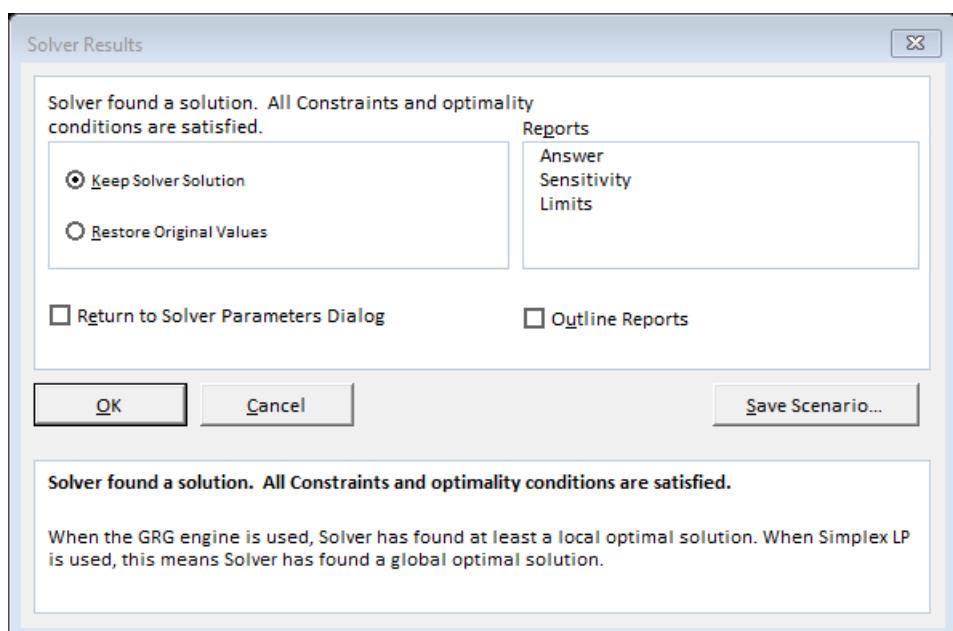
Proses optimisasi ini dilakukan dengan cara merubah ukuran ketinggian *web* dan lebar *face* profil. Jika dilakukan dengan uji coba satu-persatu maka akan memakan waktu lama dan belum tentu memenuhi batas minimal dari perhitungan BKI. Karena itu digunakan program *solver* yang terdapat dalam Excel.



Gambar IV.10 Penggunaan *Solver* untuk Optimisasi

Dengan menggunakan solver, seperti pada Gambar IV.10 diatas cukup menentukan modulus penampang pada kondisi teroptimisasi sebagai *objective cell*, ketinggian *web* dan lebar

face sebagai variabel yang dapat diubah, dengan batasan ketinggian *web* dan lebar *face* teroptimisasi lebih kecil dari kondisi awal, modulus teroptimisasi lebih kecil dari kondisi awal dan lebih besar atau sama dengan hasil perhitungan BKI. Setelah semua bagian telah ditetapkan, *solver* dapat dijalankan menggunakan metode GRG *Nonlinear* dengan *Set Objective Min*, karena ingin dicapai nilai modulus penampang profil yang sedekat mungkin dengan hasil perhitungan BKI. Setelah beberapa saat akan muncul kotak informasi seperti pada Gambar IV.11 yang menandakan proses selesai dan didapatkan ukuran profil yang lebih kecil, namun tetap memenuhi batas minimal modulus penampang BKI. Hasil ukuran ini umumnya angka tidak bulat, oleh karena itu hasil ukuran *solver* dibulatkan ke kelipatan lima keatas. Hasil yang digunakan untuk pemeriksaan modulus penampang *midship* pada *sheet OModulus* adalah nilai yang bulatkan.



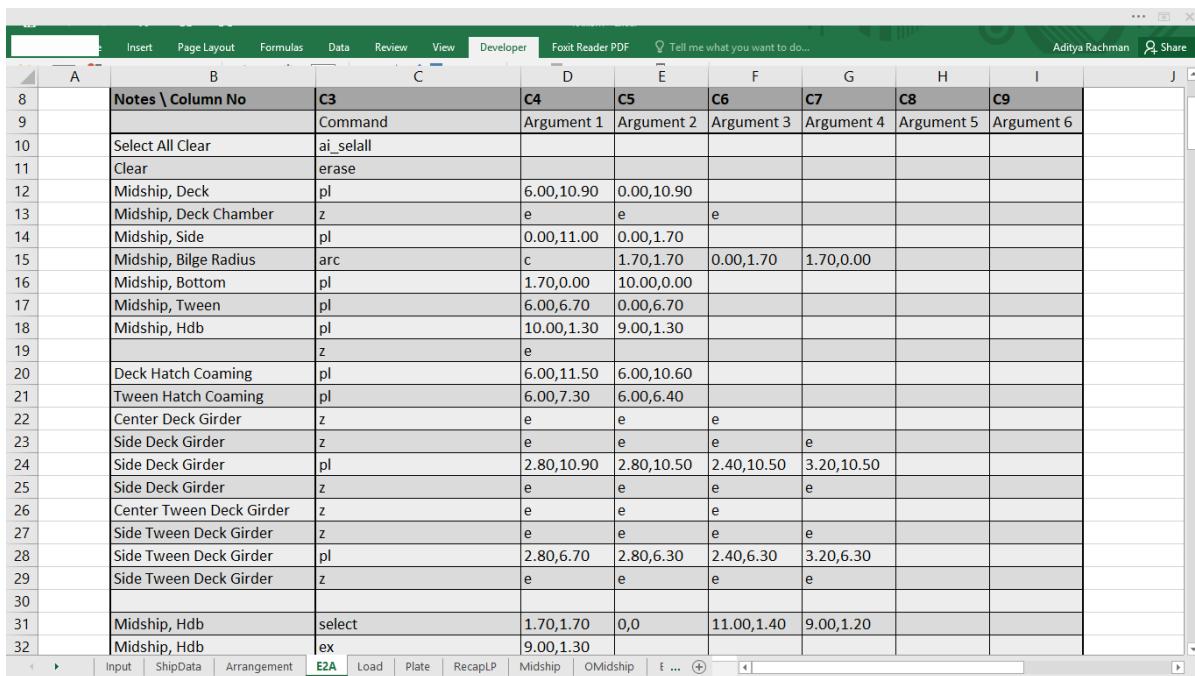
Gambar IV.11 Kotak Informasi Hasil Proses *Solver*

IV.1.4. Perancangan *Macro* untuk Pembacaan Data Form *Input*

Macro pertama digunakan untuk pembacaan data dari form *input* dikirimkan ke *sheet ShipData* sebagai referensi perhitungan. Pada tahap ini dilakukan penulisan kode-kode untuk menjalankan awal dari tombol *Start*, *Draw* dan *Review*. *Macro* ini akan terlebih dahulu memeriksa apakah data yang dimasukkan telah lengkap, jika masih ada yang kosong maka akan menampilkan kotak pesan yang memberitahu kesalahan tersebut dan membatalkan rangkaian proses. Jika semua *text box* terisi maka akan dilakukan penyalinan data-data yang dimasukkan ke *sheet ShipData* sebagai referensi awal yang terhubung ke perhitungan-perhitungan dalam *sheet* lainnya.

IV.1.5. Perancangan Macro untuk Pengiriman Perintah Gambar ke AutoCAD

Untuk penggambaran sketsa dalam AutoCAD dirancang *sheet E2A* berisi tabel perintah-perintah gambar yang akan dikirimkan ke AutoCAD. Perintah-perintah pada tabel telah diterapkan fungsi spesifik sesuai bagian yang akan digambar, sehingga tidak akan terjadi kesalahan seperti terdapat pembujur sisi pada ketinggian yang sama dengan *tween deck* dan kemungkinan lainnya. Tabel perintah tersebut dapat dilihat pada Gambar IV.12 dibawah.



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'Sheet E2A'. The table has columns labeled C3 through C9. Row 8 contains the header 'Notes \ Column No' and 'C3'. Rows 9 through 32 list various AutoCAD commands and their arguments. For example, 'Select All Clear' has argument 'ai_selall', while 'Midship, Hdb' has arguments 'select' and '9.00,1.30'. The table also includes rows for 'Deck Hatch Coaming', 'Tween Hatch Coaming', and several types of deck girders like 'Center Deck Girder' and 'Side Deck Girder' with their respective dimensions.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
8	Notes \ Column No	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
9		Command	Argument 1	Argument 2	Argument 3	Argument 4	Argument 5	Argument 6	
10	Select All Clear	ai_selall							
11	Clear	erase							
12	Midship, Deck	pl	6.00,10.90	0.00,10.90					
13	Midship, Deck Chamber	z	e	e	e				
14	Midship, Side	pl	0.00,11.00	0.00,1.70					
15	Midship, Bilge Radius	arc	c	1.70,1.70	0.00,1.70	1.70,0.00			
16	Midship, Bottom	pl	1.70,0.00	10.00,0.00					
17	Midship, Tween	pl	6.00,6.70	0.00,6.70					
18	Midship, Hdb	pl	10.00,1.30	9.00,1.30					
19		z	e						
20	Deck Hatch Coaming	pl	6.00,11.50	6.00,10.60					
21	Tween Hatch Coaming	pl	6.00,7.30	6.00,6.40					
22	Center Deck Girder	z	e	e	e				
23	Side Deck Girder	z	e	e	e				
24	Side Deck Girder	pl	2.80,10.90	2.80,10.50	2.40,10.50	3.20,10.50			
25	Side Deck Girder	z	e	e	e	e			
26	Center Tween Deck Girder	z	e	e	e				
27	Side Tween Deck Girder	z	e	e	e	e			
28	Side Tween Deck Girder	pl	2.80,6.70	2.80,6.30	2.40,6.30	3.20,6.30			
29	Side Tween Deck Girder	z	e	e	e	e			
30									
31	Midship, Hdb	select	1.70,1.70	0,0	11.00,1.40	9.00,1.20			
32	Midship, Hdb	ex	9.00,1.30						

Gambar IV.12 Tabel Perintah dalam *Sheet E2A*

Setelah tabel jadi, kemudian dirancang *macro* untuk melakukan pengiriman perintah-perintah tersebut ke AutoCAD. *Macro* yang diterapkan akan memeriksa terlebih dahulu apakah program AutoCAD terbuka atau tidak, jika tidak terbuka maka macro juga akan membuka program AutoCAD, kemudian akan dibuat lembar gambar baru untuk menggambarkan sketsa. Jika program AutoCAD telah terbuka, maka akan langsung membaca perintah-perintah yang terkirim dalam lembar gambar yang terbuka. Ketika proses gambar telah selesai, *macro* akan menampilkan kotak pesan yang menandakan bahwa proses selesai. Dari sketsa yang dihasilkan dapat dilakukan pemeriksaan apakah terdapat kesalahan dalam program dalam menentukan penataan pelat dan pembujur.

IV.1.6. Perancangan Macro untuk Restore Nilai Awal dan Optimisasi

Sebelum optimisasi di lakukan terlebih dahulu pengembalian nilai ukuran profil ke kondisi awal. Untuk mendapatkan cara pengembalian ini digunakan perekaman *macro* dan uji coba pada salah satu profil.

Berdasarkan penjelasan pada subbab IV.1.3 proses optimisasi menggunakan program *solver* dalam Excel. Dari penggunaan solver jika dilakukan dengan perekaman *macro*, maka akan dihasilkan kode-kode VBA untuk menjalankan proses *solver*, dari perekaman tersebut dirancang untuk melakukan optimisasi setiap profil L dan profil T.

Karena jumlah profil L dan profil T yang harus dioptimisasi banyak, maka untuk penulisan kedua *macro* ini diringkaskan dengan menggunakan proses fungsi *loop*.

IV.2. Uji Coba Kesalahan UserForm

Pada setiap komponen-komponen *InputUserForm* memiliki kriteria tertentu terkait data yang dimasukkan. Untuk memastikan data yang dimasukkan sesuai, maka diberikan fungsi-fungsi untuk memeriksa data yang dimasukkan, jika tidak sesuai maka akan dikembalikan dapat berupa kondisi kosong, maksimal atau minimal. Pengujian ini dirinci dalam Tabel IV.6 dibawah.

Tabel IV.6 Ketentuan Objek-Objek pada Halaman Input

Objek	User Input	Output
<i>TextBox Ship's Name</i>	Huruf dan angka	Menampilkan huruf dan angka yang dimasukkan
<i>Textbox Ship's Type</i>		
<i>Option Button Longitudinal</i>	Terpilih	Tertulis sistem konstruksi " <i>Longitudinal</i> " pada sheet perhitungan
<i>Option Button Transverse</i>	Terpilih	Tertulis sistem konstruksi " <i>Transverse</i> " pada sheet perhitungan
<i>Option Button Mixed</i>	Terpilih	Tertulis sistem konstruksi " <i>Mixed</i> " pada sheet perhitungan
<i>TextBox Lwl</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>TextBox Lpp</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Breadth</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan

Objek	User Input	Output
<i>Textbox Breadth</i>	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Height</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Draught</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Coefficient Block</i>	Angka >1	Angka dikembalikan ke 1
	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Speed</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Option Button Unlimited</i>	Terpilih	Service range tertulis "Unlimited"
<i>Option Button Restricted</i>	Terpilih	Service range tertulis "P"
<i>Option Button Coasting</i>	Terpilih	Service range tertulis "C"
<i>Option Button Sheltered</i>	Terpilih	Service range tertulis "T"
<i>Label Lc</i>	Terdapat nilai Lwl dan Lpp	Ditampilkan nilai Lc hasil perhitungan
	Tidak terdapat salah satu atau kedua nilai Lwl dan Lpp	Kosong
<i>Label Plate Breadth Calculation</i>	Terdapat nilai Lc	Ditampilkan lebar kapal hasil perhitungan
	Tidak terdapat nilai Lc	Kosong
<i>Textbox Flat Plate Keel Breadth</i>	Angka >2400	Angka dikembalikan ke 2400
	Angka >Label Plate Breadth Calculation	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <Label Plate Breadth Calculation	Angka dikembalikan ke Nilai Label Plate Breadth Calculation
<i>Textbox Bilge Keel Plate Breadth</i> <i>Textbox Sheerstrake Plate Breadth</i>	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Plate Breadth</i>		
<i>Textbox Longitudinal dan Frame Spacing</i>	Angka >0	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong

Objek	User Input	Output
<i>Textbox Plate Floor Spacing</i>	Angka <1	Angka dikembalikan ke 1
	1<Angka<5	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka>5	Angka dikembalikan ke 5
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Angka dikembalikan ke 1
<i>Label Plate Floor Spacing</i>	Terdapat nilai pada <i>textbox frame spacing</i> dan <i>plate floor spacing</i>	Hasil <i>textbox frame spacing</i> * <i>plate floor spacing</i>
	Tidak terdapat nilai pada <i>textbox frame spacing</i> dan <i>plate floor spacing</i>	Kosong
<i>Textbox Side Girder Distance</i>	Angka diatas maksimal yang tertera pada Label Max Side Girder Distance	Angka dikembalikan ke nilai maksimal sesuai label
<i>Textbox Side Girder Distance</i>	Angka <0, selain angka	Kosong
G/V	Angka >1	Angka dikembalikan ke 1
	0<Angka<1	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Textbox Total Hatch Breadth</i>	Angka >1	Angka dikembalikan ke 1
	0<Angka<1	Menampilkan angka yang dimasukkan
	Angka <0 , selain angka (kecuali titik)	Kosong
<i>Label Total Hatch Breadth</i>	Terdapat nilai pada <i>textbox total hatch breadth</i> dan <i>breadth</i>	Hasil <i>textbox total hatch breadth</i> * <i>breadth</i>
	Tidak terdapat nilai pada salah satu atau kedua <i>textbox total hatch breadth</i> dan <i>breadth</i>	Kosong
<i>Label Jumlah Side Girder</i>	Terdapat nilai pada <i>textbox breadth</i>	1 jika $B/2 < 8$, 2 jika $8 \leq B/2 \leq 10.5$, 3 jika > 10.5
	Tidak terdapat nilai pada <i>textbox breadth</i>	Kosong
<i>Label Max Side Girder Distance</i>	Terdapat nilai pada label Jumlah <i>Side Girder</i>	4.5 jika <i>side girder</i> 1, 4 jika <i>side girder</i> 2, 3.5 jika 3 <i>side girder</i>
	Tidak ada nilai pada label Jumlah <i>Side Girder</i>	Kosong

Setelah pemeriksaan pada form input, dilakukan juga pemeriksaan pada tombol-tombol perintah pada *InputUserForm*. Pemeriksaan dilakukan untuk mencegah aplikasi berjalan pada kondisi yang tidak memungkinkan, seperti terdapat data yang belum terisi. Pemeriksaan tombol-tombol pada *InputUserForm* dirinci pada Tabel IV.7 dibawah berikut.

Tabel IV.7 Uji Coba Tombol Perintah

Tombol	Input	Output
<i>Start</i>	Semua data terisi	Data dipindahkan ke sheet <i>ShipData</i> , mengembalikan nilai awal sebelum optimisasi, optimisasi jika pemeriksaan awal modulus penampang midship memenuhi
	Satu atau lebih data kosong	Muncul kotak pesan <i>error</i>
<i>Draw</i>	Semua data terisi	Data dipindahkan ke sheet, menjalankan <i>macro</i> penggambaran sketsa
	Satu atau lebih data kosong	Muncul kotak pesan <i>error</i>
<i>Review</i>	Semua data terisi	Data dipindahkan ke <i>sheet</i> , dan menutup <i>userform</i> dan menampilkan <i>sheet</i> perhitungan
	Satu atau lebih data kosong	Muncul kotak pesan <i>error</i>
<i>Clear</i>	Klik Tombol	Semua <i>textbox</i> kosong, posisi tombol opsi "Longitudinal" dan "Unlimited" terpilih
<i>Close</i>	Klik Tombol	<i>InputUserForm</i> tertutup
<i>Increase All Profile</i>	Klik Tombol	Semua ukuran profil naik satu langkah ke ukuran diatasnya dari database
<i>Restore Increased Value</i>	Klik Tombol	Semua ukuran profil kondisi ukuran dinaikkan akan kembali ke kondisi awal hasil pemilihan berdasar modulus penampang profil BKI
<i>Optimize Increased Value</i>	Klik Tombol	Semua ukuran profil kondisi ukuran dinaikkan akan teroptimisasi
<i>Restore Optimized Value</i>	Klik Tombol	Semua ukuran profil kondisi teroptimisasi akan kembali ke kondisi ukuran profil dinaikkan
<i>Reacquire Result</i>	Klik Tombol	Label-label menampilkan data sesuai keterangannya

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. Data Kapal

Pembahasan hasil dari perancangan aplikasi dilakukan dengan uji coba. Uji coba aplikasi membutuhkan data kapal untuk menjalankan perhitungan, data-data tersebut yaitu nama, jenis kapal, sistem konstruksi, ukuran utama kapal, *service range* kapal, tinggi *double bottom*, tinggi *tween deck*, jarak antar gading, jarak antar pembujur, jarak antar wrang pelat, ReH material, G/V muatan, lebar pelat yang digunakan dan total lebar *hatch*. Terdapat tiga data kapal yang digunakan untuk uji coba, dua data menghasilkan modulus penampang *midship* yang memenuhi lalu dilakukan optimisasi, satu data menghasilkan modulus penampang *midship* yang tidak memenuhi minimal, lalu dilakukan peningkatan ukuran profil hingga memenuhi. Data ketiga kapal tersebut dirinci pada tabel diawal tiap subbab.

V.2. Uji Data Kapal Pertama

Subbab ini membahas hasil perhitungan aplikasi menggunakan data kapal pertama seperti pada Tabel V.1 dibawah. Dari data ini akan didapatkan modulus penampang *midship* terhadap geladak yang tidak memenuhi batas minimum, lalu akan dilakukan peningkatan ukuran profil hingga *minimum midship section modulus* tercapai.

Tabel V.1 Data Kapal Pertama untuk Uji Coba

<i>Ship's Name</i> =	MV ARCADIA	<i>H Tween Deck</i> =	6.7 m
<i>Ship's Type</i> =	General Cargo	<i>Longitudinal Spacing</i> =	0.6 m
<i>Framing System</i> =	<i>Longitudinal</i>	<i>Frame Spacing</i> =	0.6 m
<i>Lwl</i> =	134.78 m	<i>Floor Spacing</i> =	4 x <i>frame spacing</i>
<i>Lpp</i> =	129.6 m	<i>ReH</i> =	235 N/mm ²
<i>Breadth</i> =	20 m	<i>Payload G/V</i> =	0.589
<i>Height</i> =	10.9 m	<i>Keel Breadth</i> =	1800 mm
<i>Draught</i> =	7.9 m	<i>Bilge Keel Breadth</i> =	1800 mm
<i>C_B</i> =	0.748	<i>Sheerstrake</i> =	1500 mm
<i>V_s</i> =	12 kn	<i>Plate Breadth</i> =	1800 mm
<i>Service Range</i> =	Restricted	<i>Total Hatch Breadth</i> =	0.4 of <i>Ship's Breadth</i>
<i>H_{DB}</i> =	1300 mm	<i>Side Girder Distance</i> =	3.6 m

Data-data tersebut dimasukkan kedalam sheet *ShipData* melalui *InputUserForm* untuk dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai modulus penampang profil, ukuran profil yang digunakan dan pemeriksaan modulus penampang *midship* beserta momen inersia.

Data pemeriksaan penampang *midship* yang didapatkan dari data kapal pertama dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah berikut.

Tabel V.2 Pemeriksaan Penampang *Midship*

Initial Condition			Increased Condition		
$W_{min} =$	3545698.846	cm^3	$W_{min} =$	3545698.846	cm^3
$W_{deck} =$	2911547.086	cm^3	$W_{deck} =$	3593258.737	cm^3
<i>Difference</i> =	-21.78	%	<i>Difference</i> =	1.32	%
$W_{bot} =$	4679642.764	cm^3	$W_{bot} =$	5646534.098	cm^3
<i>Difference</i> =	24.23	%	<i>Difference</i> =	37.21	%
$I_y =$	14.511	m^4	$I_y =$	14.511	m^4
$I_{NA} =$	19.564	m^4	$I_{NA} =$	23.935	m^4
<i>Difference</i> =	25.83	%	<i>Difference</i> =	39.37	%
$W =$	625.538	ton	$W =$	763.939	ton
<i>Difference</i> =	0.00	%	<i>Difference</i> =	22.13	%
<i>Conclusion</i>	<i>Rejected</i>		<i>Conclusion</i>		<i>Pass</i>

Tabel V.3 Pemeriksaan Penampang *Midship* Menggunakan Profil Bulb

Bulb Condition		
$W_{min} =$	3545698.846	cm^3
$W_{deck} =$	3474762.606	cm^3
<i>Difference</i> =	-2.04	%
$W_{bot} =$	4580593.152	cm^3
<i>Difference</i> =	22.59	%
$I_y =$	14.511	cm^4
$I_{NA} =$	21.537	cm^4
<i>Difference</i> =	32.62	%
$W =$	708.841	ton
<i>Difference</i> =	13.32	%
<i>Conclusion</i>	<i>Rejected</i>	

Dari data pada dua tabel diatas dapat diketahui bahwa kondisi awal hasil pemeriksaan penampang *midship* tidak lolos karena nilai modulus penampang *midship* terhadap geladak lebih kecil dari batas minimum. Oleh karena itu dilakukan peningkatan ukuran profil hingga modulus penampang *midship* terhadap geladak lolos batas minimum. Karena pada kondisi awal sudah tidak memenuhi batas minimum modulus penampang *midship*, maka tidak dilakukan optimisasi ukuran profil. Untuk tabel-tabel dibawah berisi perbandingan ukuran profil saat kondisi awal, setelah ditingkatkan ukurannya dan jika menggunakan bulb. Tabel-tabel dibawah berikut berisi profil-profil yang digunakan.

Tabel V.4 Profil Pembujur Geladak dan Alas

Bottom Longitudinal			Inner Bottom Longitudinal		
W BKI =	199.95	cm ³	W BKI =	128.26	cm ³
Profile =	L 150x100x10	mm	Profile =	L 120x80 x10	mm
W Profile =	200	cm ³	W Profile =	130	cm ³
Profile Increased =	L 250x90 x16	mm	Profile Increased =	L 250x90 x12	mm
W Increased =	600	cm ³	W Increased =	460	cm ³
Profile Bulb =	280x12	mm	Profile Bulb =	240x10.5	mm
W Bulb =	205	cm ³	W Bulb =	130.8	cm ³
Deck Longitudinal			Tween Deck Longitudinal		
W BKI =	67.38	cm ³	W BKI =	130.18	cm ³
Profile =	L 100x50 x10	mm	Profile =	L 130x75 x10	mm
W Profile =	74	cm ³	W Profile =	135	cm ³
Profile Increased =	L 160x80 x14	mm	Profile Increased =	L 200x100x16	mm
W Increased =	260	cm ³	W Increased =	470	cm ³
Profile Bulb =	180x11	mm	Profile Bulb =	240x10.5	mm
W Bulb =	72.9	cm ³	W Bulb =	130.8	cm ³

Tabel V.5 Profil Penumpu Geladak

Deck Girder			Tween Deck Girder		
W BKI =	202.30	cm ³	W BKI =	813.96	cm ³
Profile =	T 300x200x11x17	mm	Profile =	T 457x305x17x28	mm
W Profile =	261.9	cm ³	W Profile =	965	cm ³
Profile Increased =	T 533x305x12x20	mm	Profile Increased =	T 533x305x12x20	mm
W Increased =	1332	cm ³	W Increased =	1332	cm ³

Tabel V.6 Profil Pembujur Sisi

n	z	BKI W Calculation [cm ³]	Profile [mm]	W _{profile} [cm ³]	Profile Increased [mm]	W _{profile} Increased [cm ³]	Profilebulb [mm]	W _{bulb} [cm ³]
1	0	0.000	-	0	-	0	-	0.0
2	10.3	134.813	L 130x75 x10	135	L 200x100x16	470	240x11	136.2
3	9.7	146.709	L 150x75 x 9	150	L 250x90 x14	530	240x12	146.8
4	9.1	160.906	L 130x75 x12	165	L 250x90 x16	600	260x11	162.0
5	8.5	178.146	L 150x75 x11	180	L 250x90 x16	600	280x10.5	182.7
6	7.9	199.524	L 150x100x10	200	L 250x90 x16	600	280x12	205.0
7	7.3	219.669	L 150x90 x12	230	L 250x90 x16	600	300x11	220.8
8	0	0.000	-	0	-	0	-	0.0
9	6.1	256.506	L 160x80 x14	260	L 250x90 x16	600	320x11.5	263.8
10	5.5	273.199	L 150x100x14	280	L 250x90 x16	600	320x12	273.6
11	4.9	288.741	L 180x90 x12	290	L 250x90 x16	600	320x13	293.1
12	4.3	303.131	L 180x90 x14	330	L 250x90 x16	600	320x14	311.5
13	3.7	316.371	L 180x90 x14	330	L 250x90 x16	600	340x12.5	323.1
14	3.1	328.460	L 180x90 x14	330	L 250x90 x16	600	340x13	334.1
15	2.5	339.398	L 200x100x12	360	L 250x90 x16	600	340x14	355.2

n	z	BKI W Calculation [cm ³]	Profile [mm]	W _{profile} [cm ³]	Profile Increased [mm]	W _{profile} Increased [cm ³]	Profile _{bulb} [mm]	W _{bulb} [cm ³]
16	1.9	349.185	L 200x100x12	360	L 250x90 x16	600	340x14	355.2
17	0	0.000	-	0	-	0	-	0.0

V.3. Uji Data Kapal Kedua

Subbab ini membahas hasil perhitungan aplikasi menggunakan data kapal kedua seperti pada Tabel V.7 dibawah. Dari data ini akan didapatkan modulus penampang *midship* terhadap geladak yang memenuhi batas minimum, lalu akan dilakukan optimisasi ukuran profil hingga modulus penampang profil yang dioptimasi mendekati batas minimal perhitungan BKI. Pada data kedua hanya terdapat perbedaan pada Lwl dan Lpp jika dibandingkan dengan data pertama.

Tabel V.7 Data Kapal Kedua untuk Uji Coba

Ship's Name =	MV ARCADIA	H Tween Deck =	6.7 m
Ship's Type =	General Cargo	Longitudinal Spacing =	0.6 m
Framing System =	Longitudinal	Frame Spacing =	0.6 m
Lwl =	108 m	Floor Spacing =	4 x frame spacing
Lpp =	104 m	ReH =	235 N/mm ²
Breadth =	20 m	Payload G/V =	0.589
Height =	10.9 m	Keel Breadth =	1800 mm
Draught =	7.9 m	Bilge Keel Breadth =	1800 mm
C _B =	0.748	Sheerstrake =	1500 mm
Vs =	12 kn	Plate Breadth =	1800 mm
Service Range =	Restricted	Total Hatch Breadth =	0.4 of Ship's Breadth
H _{DB} =	1300 mm	Side Girder Distance =	3.6 m

Data-data tersebut dimasukkan kedalam sheet *ShipData* melalui *InputUserForm* untuk dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai modulus penampang profil, ukuran profil yang digunakan dan pemeriksaan modulus penampang *midship* beserta momen inersia. Hasil pemeriksaan penampang *midship* dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah berikut.

Tabel V.8 Pemeriksaan Penampang *Midship*

Initial Condition			Optimized Condition		
W _{min} =	2144109.379	cm ³	W _{min} =	2144109.379	cm ³
W _{deck} =	2704034.697	cm ³	W _{deck} =	2665154.453	cm ³
Difference =	20.71	%	Difference =	19.55	%
W _{bot} =	4459442.356	cm ³	W _{bot} =	4414778.064	cm ³
Difference =	51.92	%	Difference =	51.43	%
I _y =	7.042	m ⁴	I _y =	7.042	m ⁴
I _{NA} =	18.348	m ⁴	I _{NA} =	18.115	m ⁴
Difference =	61.62	%	Difference =	61.13	%
W =	475.182	ton	W =	469.355	ton
Difference =	0	%	Difference =	-1.2262	%
Conclusion	Pass		Conclusion	Pass	

Tabel V.9 Pemeriksaan Penampang *Midship* Menggunakan Profil Bulb

<i>Bulb Condition</i>		
$W_{min} =$	2144109.38	cm^3
$W_{deck} =$	3267258.08	cm^3
<i>Difference</i> =	34.38	%
$W_{bot} =$	4362747.49	cm^3
<i>Difference</i> =	50.85	%
$I_y =$	7.04	m^4
$I_{NA} =$	20.36	m^4
<i>Difference</i> =	65.42	%
$W =$	541.70	ton
<i>Difference</i> =	14.00	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Dari data pada dua tabel diatas dapat diketahui bahwa kondisi awal hasil pemeriksaan penampang *midship* lolos karena nilai modulus penampang *midship* terhadap geladak lebih besar dari batas minimum. Kemudian besar perbedaannya sebesar 20.71%, oleh karena itu dapat dilakukan optimisasi ukuran profil hingga modulus penampang profil mendekati atau sama dengan hasil perhitungan BKI. Karena pada kondisi awal sudah memenuhi batas minimum modulus penampang *midship*, maka tidak dilakukan peningkatan ukuran profil. Dari hasil optimisasi didapatkan perbedaan modulus penampang *midship* terhadap geladak turun menjadi 19.55% dengan penurunan berat konstruksi sebanyak 1.23%.

Untuk tabel-tabel dibawah berisi perbandingan ukuran profil saat kondisi awal, setelah dioptimisasi ukurannya dan jika menggunakan bulb.

Tabel V.10 Profil Pembujur Geladak dan Alas

<i>Bottom Longitudinal</i>			<i>Inner Bottom Longitudinal</i>		
$W_{BKI} =$	197.74	cm^3	$W_{BKI} =$	129.81	cm^3
<i>Profile</i> =	L 150x100x10	mm	<i>Profile</i> =	L 120x80 x10	mm
$W_{Profile} =$	200	cm^3	$W_{Profile} =$	130	cm^3
<i>Profile Optimized</i> =	L 150x85x10	mm	<i>Profile Optimized</i> =	L 120x80 x10	mm
$W_{Optimized} =$	198.24	cm^3	$W_{Optimized} =$	130	cm^3
<i>Profile Bulb</i> =	280x12	mm	<i>Profile Bulb</i> =	240x10.5	mm
$W_{Bulb} =$	205	cm^3	$W_{Bulb} =$	130.8	cm^3
<i>Deck Longitudinal</i>			<i>Tween Deck Longitudinal</i>		
$W_{BKI} =$	63.28	cm^3	$W_{BKI} =$	131.76	cm^3
<i>Profile</i> =	L 80 x65 x10	mm	<i>Profile</i> =	L 130x75 x10	mm
$W_{Profile} =$	64	cm^3	$W_{Profile} =$	135	cm^3
<i>Profile Optimized</i> =	L 80 x65 x10	mm	<i>Profile Optimized</i> =	L 130x65x10	mm
$W_{Optimized} =$	64	cm^3	$W_{Optimized} =$	134.73	cm^3
<i>Profile Bulb</i> =	180x10	mm	<i>Profile Bulb</i> =	240x11	mm
$W_{Bulb} =$	67.1	cm^3	$W_{Bulb} =$	136.2	cm^3

Tabel V.11 Profil Penumpu Geladak

Deck Girder			Tween Deck Girder		
W BKI =	189.972	cm ³	W BKI =	823.798	cm ³
Profile =	T 300x200x11x17	mm	Profile =	T 457x305x17x28	mm
W Profile =	261.9	cm ³	W Profile =	965	cm ³
Profile Optimized =	T 260x200x11x17	mm	Profile Optimized =	T 425x305x17x28	mm
W Optimized =	191.704	cm ³	W Optimized =	843.504	cm ³

Tabel V.12 Profil Pembujur Sisi

n	z	BKI W Calculation [cm ³]	Profile [mm]	W _{profile} [cm ³]	Optimized Profile [mm]	W Optimized [cm ³]	Bulb Profile [mm]	W Bulb [cm ³]
1	0	0.000	-	0	0	0.000	-	0.0
2	10.3	126.596	L 120x80 x10	130	L 120x80 x10	130.000	240x10.5	130.8
3	9.7	137.767	L 150x75 x 9	150	L 150x55x9	139.483	240x11.5	141.5
4	9.1	151.099	L 120x80 x12	155	L 120x80 x12	155.000	260x11	162.0
5	8.5	167.288	L 120x80 x14	175	L 120x65x14	170.395	260x12	174.6
6	7.9	187.362	L 150x90 x10	190	L 150x90 x10	190.000	280x11	190.2
7	7.3	207.543	L 150x90 x12	230	L 150x70x12	207.869	280x13	219.6
8	0	0.000	-	0	0	0.000	-	0.0
9	6.1	244.661	L 180x90 x10	250	L 180x90 x10	250.000	300x13	254.9
10	5.5	261.599	L 150x100x14	280	L 150x85x14	269.273	320x11.5	263.8
11	4.9	277.456	L 150x100x14	280	L 150x90x14	279.429	320x12.5	283.4
12	4.3	292.233	L 200x100x10	300	L 200x90x10	299.978	320x13	293.1
13	3.7	305.928	L 180x90 x14	330	L 180x75x14	317.396	320x14	311.5
14	3.1	318.543	L 180x90 x14	330	L 180x80x14	329.446	340x12.5	323.1
15	2.5	330.078	L 200x100x12	360	L 200x80x12	331.025	340x13	334.1
16	1.9	340.531	L 200x100x12	360	L 200x85x12	342.545	340x14	355.2
17	0	0.000	-	0	0	0.000	-	0.0

V.4. Uji Data Kapal Ketiga

Subbab ini membahas hasil perhitungan aplikasi menggunakan data kapal ketiga seperti pada Tabel V.13 dibawah. Dari data ini akan didapatkan modulus penampang *midship* terhadap geladak yang memenuhi batas minimum, lalu akan dilakukan optimisasi ukuran profil hingga modulus penampang profil yang dioptimasi mendekati batas minimal perhitungan BKI. Pada data ketiga ini merupakan kapal yang berbeda dari pengujian pertama dan kedua.

Tabel V.13 Data Kapal Ketiga untuk Uji Coba

Ship's Name =	MV AM	H Tween Deck =	4.5 m
Ship's Type =	General Cargo	Longitudinal Spacing =	0.6 m
Framing System =	Longitudinal	Frame Spacing =	0.6 m
Lwl =	94 m	Floor Spacing =	5 x frame spacing
Lpp =	90 m	ReH =	235 N/mm ²
Breadth =	16 m	Payload G/V =	0.807
Height =	8.1 m	Keel Breadth =	1800 mm
Draught =	6.6 m	Bilge Keel Breadth =	1800 mm

$C_B =$	0.747	$Sheerstrake =$	1500 mm
$V_s =$	12 kn	$Plate Breadth =$	1800 mm
$Service Range =$	<i>Restricted</i>	$Total Hatch Breadth =$	0.4 of Ship's Breadth
$H_{DB} =$	1100 mm	$Side Girder Distance =$	3 m

Data-data tersebut dimasukkan kedalam sheet *ShipData* melalui *InputUserForm* untuk dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai modulus penampang profil, ukuran profil yang digunakan dan pemeriksaan modulus penampang *midship* beserta momen inersia. Data pemeriksaan penampang *midship* yang didapatkan dari data kapal kedua dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah berikut.

Tabel V.14 Pemeriksaan Penampang *Midship*

<i>Initial Condition</i>			<i>Optimized Condition</i>		
$W_{min} =$	1243143.613	cm ³	$W_{min} =$	1243143.613	cm ³
$W_{deck} =$	1587574.801	cm ³	$W_{deck} =$	1561201.064	cm ³
<i>Difference =</i>	21.70	%	<i>Difference =</i>	20.37	%
$W_{bot} =$	2590092.139	cm ³	$W_{bot} =$	2553966.126	cm ³
<i>Difference =</i>	52.00	%	<i>Difference =</i>	51.32	%
$I_y =$	3.543	m ⁴	$I_y =$	3.543	cm ⁴
$I_{NA} =$	7.973	m ⁴	$I_{NA} =$	7.848	cm ⁴
<i>Difference =</i>	55.57	%	<i>Difference =</i>	54.86	%
$W =$	328.053	ton	$W =$	322.967	ton
<i>Difference =</i>	0.00	%	<i>Difference =</i>	-1.55	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>		<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Tabel V.15 Pemeriksaan Penampang *Midship* Menggunakan Profil Bulb

<i>Bulb Condition</i>		
$W_{min} =$	1243143.613	cm ³
$W_{deck} =$	1975864.715	cm ³
<i>Difference =</i>	37.08	%
$W_{bot} =$	2284562.268	cm ³
<i>Difference =</i>	45.59	%
$I_y =$	3.543	cm ⁴
$I_{NA} =$	8.582	cm ⁴
<i>Difference =</i>	58.72	%
$W =$	382.378	ton
<i>Difference =</i>	16.56	%
<i>Conclusion</i>	<i>Pass</i>	

Dari data pada dua tabel diatas dapat diketahui bahwa kondisi awal hasil pemeriksaan penampang *midship* lolos karena nilai modulus penampang *midship* terhadap geladak lebih besar dari batas minimum. Kemudian besar perbedaannya sebesar 21.70%, oleh karena itu dapat dilakukan optimisasi ukuran profil hingga modulus penampang profil mendekati atau sama dengan hasil perhitungan BKI. Karena pada kondisi awal sudah memenuhi batas minimum modulus penampang *midship*, maka tidak dilakukan peningkatan ukuran profil. Dari

hasil optimisasi didapatkan perbedaan modulus penampang *midship* terhadap geladak turun menjadi 20.37% dengan penurunan berat konstruksi sebanyak 1.55%.

Untuk tabel-tabel dibawah berisi perbandingan ukuran profil saat kondisi awal, setelah optimisasi ukuran profil dan jika menggunakan bulb.

Tabel V.16 Profil Pembujur Alas dan Geladak

<i>Bottom Longitudinal</i>			<i>Inner Bottom Longitudinal</i>		
<i>W BKI</i> =	268.82	cm ³	<i>W BKI</i> =	207.38	cm ³
<i>Profile</i> =	L 150x100x14	mm	<i>Profile</i> =	L 150x90 x12	mm
<i>W Profile</i> =	280	cm ³	<i>W Profile</i> =	230	cm ³
<i>Profile Optimized</i> =	L 150x90x14	mm	<i>Profile Optimized</i> =	L 150x75x12	mm
<i>W Optimized</i> =	276.39	cm ³	<i>W Optimized</i> =	209.35	cm ³
<i>Profile Bulb</i> =	320x12	mm	<i>Profile Bulb</i> =	280x13	mm
<i>W Bulb</i> =	273.6	cm ³	<i>W Bulb</i> =	219.6	cm ³
<i>Deck Longitudinal</i>			<i>Tween Deck Longitudinal</i>		
<i>W BKI</i> =	122.75	cm ³	<i>W BKI</i> =	141.51	cm ³
<i>Profile</i> =	L 130x65 x10	mm	<i>Profile</i> =	L 150x75 x 9	mm
<i>W Profile</i> =	125	cm ³	<i>W Profile</i> =	150	cm ³
<i>Profile Optimized</i> =	L 130x55x10	mm	<i>Profile Optimized</i> =	L 150x60x9	mm
<i>W Optimized</i> =	124.92	cm ³	<i>W Optimized</i> =	141.72	cm ³
<i>Profile Bulb</i> =	230x11	mm	<i>Profile Bulb</i> =	240x12	mm
<i>W Bulb</i> =	124.2	cm ³	<i>W Bulb</i> =	146.8	cm ³

Tabel V.17 Profil Penumpu Geladak

<i>Deck Girder</i>			<i>Tween Deck Girder</i>		
<i>W BKI</i> =	363.1333921	cm ³	<i>W BKI</i> =	726.5109633	cm ³
<i>Profile</i> =	T 300x350x24x13	mm	<i>Profile</i> =	T 420x292x16x27	mm
<i>W Profile</i> =	447.3	cm ³	<i>W Profile</i> =	776	cm ³
<i>Profile Optimized</i> =	T 305x280x24x13	mm	<i>Profile Optimized</i> =	T 405x295x16x27	mm
<i>W Optimized</i> =	203.67	cm ³	<i>W Optimized</i> =	738.61	cm ³

Tabel V.18 Profil Pembujur Sisi

n	z	BKI W <i>Calculation</i> [cm ³]	<i>Profile</i> [mm]	W _{profile} [cm ³]	Optimized Profile [mm]	W optimized [cm ³]	Bulb Profile [mm]	W Bulb [cm ³]
1	0	0.000	-	0	0	0	-	0.0
2	7.5	242.361	L 180x90 x10	250	L 180x85x10	250	300x13	254.9
3	6.9	269.798	L 150x100x14	280	L 150x90x14	276	320x12	273.6
4	6.3	302.118	L 180x90 x14	330	L 180x75x14	314	320x14	311.5
5	5.7	332.610	L 200x100x12	360	L 200x85x12	339	340x13	334.1
6	5.1	360.739	L 250x90 x10	380	L 250x75x10	368	340x15	377.0
7	0	0.000	-	0	0	0	-	0.0
8	3.9	409.906	L 200x100x14	410	L 200x100x14	410	370x14	426.5
9	3.3	430.944	L 250x90 x12	460	L 250x75x12	433	370x15	452.5
10	2.7	449.619	L 250x90 x12	460	L 250x90 x12	460	370x15	452.5
11	2.1	465.930	L 200x100x16	470	L 200x95x16	466	400x13	474.5
12	1.5	479.878	L 250x90 x14	530	L 250x75x14	495	400x14	504.7

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan uji coba aplikasi didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi perhitungan dan optimisasi profil dapat diciptakan menggunakan Microsoft Excel dengan memanfaatkan bahasa pemrograman Visual Basic for Applications untuk otomatisasi dan aplikasi Solver untuk optimisasi.
2. Aplikasi dapat melakukan peningkatan ukuran profil-profil di *midship* sehingga modulus penampang *midship* terhadap geladak dari kondisi tidak lolos pada perbedaan -21.78% menjadi +1.32% terhadap batas minimum.
3. Aplikasi dapat melakukan optimisasi pada profil-profil di *midship* sehingga perbedaan modulus penampang *midship* terhadap geladak dengan batas minimum BKI dari 20.71% menjadi 19.55%. Dari 51.92% menjadi 51.43% untuk modulus penampang terhadap alas. Tanpa melanggar batas modulus penampang lokal pada tiap profil serta global pada *midship* kapal.

VI.2. Saran

Dalam penggerjaan Tugas Akhir ini terdapat beberapa saran mengenai pengembangan lanjut yang dapat dilakukan dari aplikasi ini, yaitu:

1. Membuat proses untuk optimisasi profil Bulb, karena pada tugas akhir ini baru sebatas pengambilan data.
2. Menyempurnakan sistem penggambaran sketsa terutama pada bagian jari-jari bilga.
3. Memperluas lingkup aplikasi hingga ke perhitungan kekuatan memanjang kapal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, P. (2014). Lecture Handout. *Konstruksi Kapal I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Beardmore, R. (2017, 12 2). *Tees Cut from Universal Beams*. Diambil kembali dari Roymechx: http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Sections/TeeA_dimprop.html
- Bulb Flats*. (2017, 26 11). Retrieved from British Steel: <http://britishsteel.co.uk/media/40438/bulb-flats-brochure.pdf>
- Chakraborty, S. (2017, 12 26). *Designing A Ship's Bottom Structure – A General Overview*. Diambil kembali dari Marine Insight: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/design-of-ships-bottom-structure/>
- Definitions of Hull Elements*. (2018, 1 15). Diambil kembali dari Goverment of Canada: <https://www.tc.gc.ca/eng/marinesafety/tp-tp14609-4-construction-150.htm>
- Dewanti, J. K. (2016). Tugas Akhir. *Perhitungan Konstruksi pada Engine Room Kapal Tanker Menggunakan Bahasa Pemrograman Sesuai Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia*. Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dodge, M. (2007). *Microsoft® Office Excel® 2007 Inside Out*. Microsoft Press.
- Excel Solver - Algorithms and Methods Used*. (2017, 12 27). Retrieved from Frontline Solvers: <https://www.solver.com/excel-solver-algorithms-and-methods-used>
- Fitri, H. M. (2016). Tugas Akhir. *Perancangan Perangkat Lunak Sebagai Media Pembelajaran Interaktif Konstruksi Midship Kapal Tanker yang Sesuai Dengan Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)*. Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Generalized Reduced Gradient Method*. (2018, 01 15). Diambil kembali dari Mathematical Programming Glossary: https://glossary.informs.org/ver2/mpgwiki/index.php/Generalized_reduced_gradient_method
- Lee, C. (2015). *Buku Pintar Macro Ms. Excel*. Jakarta: MediaKita.
- Lee, C. (2016). *Belajar Microsoft Excel (Mahir) Step-by-Step*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Maritime Industry Foundation*. (2017, 12 23). Retrieved from General Cargo: <https://www.maritimeinfo.org/en/Maritime-Direcory/general-cargo>
- Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., & Ryffel, H. H. (2012). *Machinery's Handbook 29th Edition*. New York: Industrial Press.
- Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization Theory and Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Rules for the Classification and Construction Volume II*. (2017). Biro Klasifikasi Indonesia.
- Samaras, C. (2017, 7 24). *Send AutoCAD Commands From Excel & VBA*. Diambil kembali dari My Engineering World: <http://www.myengineeringworld.net/2014/10/send-autocad-commands-from-excel-vba.html>
- Sectional Properties Calculator - T Beam (Tee Section)*. (2017, 12 4). Diambil kembali dari Advanced Mechanical Engineering Solutions: <http://www.amesweb.info/SectionalPropertiesTabs/SectionalPropertiesTbeam.aspx>
- T-Beam*. (2017, 10 4). Diambil kembali dari Gunung Steel Group: <https://www.gunungsteel.com/templates/simplate/file/PDFGG/T-beam.pdf>

VBA - *Quick Guide*. (2017, 10 5). Diambil kembali dari Tutorials Point: https://www.tutorialspoint.com/vba/vba_quick_guide.htm

Wärtsilä *Encyclopedia of Marine Technology*. (2017, 11 27). Diambil kembali dari General Cargo Ship: <https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/general-cargo-ship>

Young, C. (2017, 12 21). *Excel Solver: Which Solving Method Should I Choose?* Diambil kembali dari Engineering Excel: <http://www.engineerexcel.com/excel-solver-solving-method-choose/>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

KODE VBA PADA *COMMAND BUTTON*

```
Private Sub CBSplashNext_Click()
Me.Hide
Load InputUserForm
InputUserForm.MP01Main.Value = 0
InputUserForm.Show
End Sub
```

```
Private Sub CBDraw_Click()
Application.ScreenUpdating = False
'Transfer Data
Call WrShipData
If ExitAll = False Then
'Send Draw CMD to AutoCAD
Call SendAllAutoCADCommands
'Inform the user about the process.
MsgBox "The midship sketch was successfully created in AutoCAD!", vbInformation,
"Done"
'Make Sheet Input active
Sheets("Input").Select
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Sheets("Recap").Select
Sheets("Input").Select
Application.ScreenUpdating = True
Else: Exit Sub
End If
End Sub
```

```
Private Sub CBReview_Click()
Application.ScreenUpdating = False
'Transfer Data
Call WrShipData
If ExitAll = False Then
Me.Hide
'Make Sheet AutoCAD active
Sheets("AutoCAD").Select
Range("A1").Select
ActiveWindow.FreezePanes = False
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.ScreenUpdating = True
Sheets("Input").Select
Sheets("AutoCAD").Select
```

```
Else: Exit Sub  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CBStart_Click()  
Application.ScreenUpdating = False  
Dim rc As Worksheet  
Set rc = ThisWorkbook.Sheets("Recap")  
'Transfer Data  
Call WrShipData  
If ExitAll = False Then  
'Optimization  
Call BLCRestore  
Call IBLCRestore  
Call SLCRestore  
Call DLCRestore  
Call TDLCRestore  
Call DTCTRC  
Call TDTCRestore  
If ThisWorkbook.Sheets("Recap").Range("F94").Value >= 5 Then  
Call BLCOptimize  
Call IBLCOptimize  
Call SLCOptimize  
Call DLCOptimize  
Call TDLCOptimize  
Call DTCOptimize  
Call TDTCOptimize  
End If  
'Open Result  
InputUserForm.MP01Main.Value = 2  
Call AcShipData  
Call AcReadResult  
Call RInput  
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic  
Application.ScreenUpdating = True  
Else: Exit Sub  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CBClear_Click()  
Call UserForm_Initialize  
InputUserForm.MP01Main.Value = 1  
End Sub
```

```
Private Sub CBClose_Click()  
Me.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub CBMBack_Click()
Me.Hide
Load Splash
Splash.Show
End Sub
```

```
Private Sub CBMClose_Click()
Me.Hide
End Sub
```

```
Private Sub CBMCOptimize_Click()
Call BLCOptimize
Call IBLCOptimize
Call SLCOptimize
Call DLCOptimize
Call TDLCOptimize
Call DTCOptimize
Call TDTCOptimize
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBMCRestore_Click()
Call BLCRestore
Call IBLCRestore
Call SLCRestore
Call DLCRestore
Call TDLCRestore
Call DTCRestore
Call TDTCRestore
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBMIIIncrease_Click()
Call BLIIIncrease
Call IBLIIIncrease
Call SLIIIncrease
Call DLIIIncrease
Call TDLIIncrease
Call DTIIncrease
Call TDTIIncrease
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBMNExt_Click()
MP01Main.Value = 1
End Sub
```

```
| Private Sub CBMORestore_Click()
```

```
Call BLORestore
Call IBLORestore
Call SLORestore
Call DLORestore
Call TDLORestore
Call DTORestore
Call TDTORestore
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBAResult_Click()
Call AcReadResult
Call AcShipData
End Sub
```

```
Private Sub CBack_Click()
MP01Main.Value = 0
End Sub
```

```
Private Sub CBLCOptimize_Click()
Call BLCOptimize
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBLCRestore_Click()
Call BLCRestore
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBBLIIIncrease_Click()
Call BLIIIncrease
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBBLORestore_Click()
Call BLORestore
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBDLCOptimize_Click()
Call DLCOptimize
Call AcReadResult
End Sub
```

```
Private Sub CBDLCRestore_Click()
Call DLCRestore
Call AcReadResult
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CBDLIIIncrease_Click()  
Call DLIIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBDLORestore_Click()  
Call DLORestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBDTCOptimize_Click()  
Call DTCOptimize  
Call TDTCOptimize  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBDTIIncrease_Click()  
Call DTIIncrease  
Call TDTIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBDTORestore_Click()  
Call DTORestore  
Call TDTORestore  
End Sub
```

```
Private Sub CBIBLCOptimize_Click()  
Call IBLCOptimize  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBIBLCRestore_Click()  
Call IBLCRestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBIBLIIIncrease_Click()  
Call IBLIIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBIBLORestore_Click()  
Call IBLORestore  
Call AcReadResult
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CBRClose_Click()  
Me.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLCOptimize_Click()  
Call SLCOptimize  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLCOptimize1_Click()  
Call SLCOptimize  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLCRestore_Click()  
Call SLCRestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLCRestore1_Click()  
Call SLCRestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLIIncrease_Click()  
Call SLIIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLIIncrease1_Click()  
Call SLIIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLORestore_Click()  
Call SLORestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBSLORestore1_Click()  
Call SLORestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBTDLCOptimize_Click()
```

```
Call TDLCOptimize  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBTDLCRestore_Click()  
Call TDLCRestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBTDLIIIncrease_Click()  
Call TDLIIncrease  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBTDLORestore_Click()  
Call TDLORestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

```
Private Sub CBDTCRestore_click()  
Call DTCRestore  
Call TDTCRestore  
Call AcReadResult  
End Sub
```

LAMPIRAN B

KODE VBA PADA *MODULE-MODULE*

Pembacaan data *input* dari *userform* dan penulisan hasil pada label-label *userform*

```
Public ExitAll As Boolean
```

```
Sub WrShipData()
'Check if Data Filled Properly

If InputUserForm.TB01Name.Value = "" Or InputUserForm.TB02Type.Value = "" _
Or InputUserForm.TB04Lwl.Value = "" Or InputUserForm.TB05Lpp.Value = "" _
Or InputUserForm.TB06Breadth.Value = "" Or InputUserForm.TB07Height.Value = "" _
Or InputUserForm.TB08Draught.Value = "" Or InputUserForm.TB09CB.Value = "" _
Or InputUserForm.TB10Speed.Value = "" Or InputUserForm.TB12HDB.Value = "" _
Or InputUserForm.TB13HTween.Value = "" Or InputUserForm.TB14FrameSpacing.Value = ""
    Or InputUserForm.TB14LongitudinalSpacing.Value = "" Or
InputUserForm.TB15FloorSpacing.Value = "" _
Or InputUserForm.TB16ReH.Value = "" Or InputUserForm.TB17GV.Value = "" _
Or InputUserForm.TB20Keel.Value = "" Or InputUserForm.TB21Bilge.Value = "" _
Or InputUserForm.TB22Sheer.Value = "" Or InputUserForm.TB23Plating.Value = "" _
Or InputUserForm.TB24Hatch.Value = "" Or InputUserForm.TB25Girder.Value = "" Then
    MsgBox "Some data still empty, check again!", vbInformation, "Error"
    InputUserForm.MP01Main.Value = 1
    InputUserForm.TB01Name.SetFocus
    ExitAll = True
    Exit Sub
Else: ExitAll = False
End If
'Start Transfer Data
Dim sd As Worksheet
Dim ac As Worksheet
Set sd = ThisWorkbook.Sheets("ShipData")
Set ac = ThisWorkbook.Sheets("Arrangement")
With sd
    .Range("D5").Value = InputUserForm.TB01Name.Value
    .Range("F5").Value = InputUserForm.TB02Type.Value
    If InputUserForm.OB01Long.Value = True Then
        .Range("D6").Value = "Longitudinal"
    ElseIf InputUserForm.OB02Trans.Value = True Then
        .Range("D6").Value = "Transverse"
    ElseIf InputUserForm.OB03Mix.Value = True Then
        .Range("D6").Value = "Mixed"
    End If
End With
```

```

End If
.Range("c9").Value = InputUserForm.TB04Lwl.Value
.Range("c10").Value = InputUserForm.TB05Lpp.Value
.Range("c14").Value = InputUserForm.TB06Breadth.Value
.Range("c17").Value = InputUserForm.TB07Height.Value
.Range("c20").Value = InputUserForm.TB08Draught.Value
.Range("c28").Value = InputUserForm.TB09CB.Value
.Range("c40").Value = InputUserForm.TB10Speed.Value
If InputUserForm.OB04Unlimited.Value = True Then
    .Range("c43").Value = "Unlimited"
ElseIf InputUserForm.OB05Restricted.Value = True Then
    .Range("c43").Value = "P"
ElseIf InputUserForm.OB06Coasting.Value = True Then
    .Range("c43").Value = "L"
ElseIf InputUserForm.OB07Sheltered.Value = True Then
    .Range("c43").Value = "T"
End If
.Range("i53").Value = InputUserForm.TB12HDB.Value
.Range("c23").Value = InputUserForm.TB13HTween.Value
.Range("i10").Value = InputUserForm.TB14LongitudinalSpacing.Value
.Range("i16").Value = InputUserForm.TB15FloorSpacing.Value
.Range("c46").Value = InputUserForm.TB16ReH.Value
.Range("c50").Value = InputUserForm.TB17GV.Value
.Range("i25").Value = InputUserForm.TB20Keel.Value
.Range("i31").Value = InputUserForm.TB20Keel.Value
.Range("i37").Value = InputUserForm.TB22Sheer.Value
.Range("I20").Value = InputUserForm.TB23Plating.Value
.Range("c53").Value = InputUserForm.TB24Hatch.Value
End With
With ac
    .Range("c20").Value = InputUserForm.TB25Girder.Value
End With
End Sub

```

```

Sub AcShipData()
Sheets("OMidship").Visible = True
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("ShipData")
With mid
    InputUserForm.RLShipType.Caption = .Range("F5").Value
    InputUserForm.RLShipName.Caption = .Range("D5").Value
    InputUserForm.RLFramingSystem.Caption = .Range("D6").Value
    InputUserForm.RLLC.Caption = "Lc = " & .Range("c11").Value & " m"
    InputUserForm.RLB.Caption = "B = " & .Range("c14").Value & " m"
    InputUserForm.RLH.Caption = "H = " & .Range("c17").Value & " m"
    InputUserForm.RLT.Caption = "T = " & .Range("c20").Value & " m"
    InputUserForm.RLCB.Caption = "CB = " & .Range("c28").Value
    InputUserForm.RLV.Caption = "Vo = " & .Range("c40").Value & " kn"
    InputUserForm.RLSR.Caption = .Range("e43").Value
End With

```

```
InputUserForm.RLGV.Caption = "G/V = " & .Range("c50").Value & " ton/m^3"
End With
End Sub
```

```
Sub AcReadResult()
Dim rc As Worksheet
Set rc = ThisWorkbook.Sheets("Recap")
With rc
    For q = 0 To 5
        InputUserForm.Controls("LBW" & q).Caption = Format((.Range("T18").Offset(q, 0).Value), "0.00") & " cm^3"
    Next q
End With
With rc
    For q = 0 To 10
        If IsNumeric(.Range("c92").Offset(q, 0).Value) Then
            InputUserForm.Controls("LIM" & q).Caption = Format((.Range("C92").Offset(q, 0).Value), "0.00")
        Else: InputUserForm.Controls("LIM" & q).Caption = .Range("C92").Offset(q, 0).Value
        End If
    Next q
End With
With rc
    For q = 0 To 10
        If IsNumeric(.Range("f92").Offset(q, 0).Value) Then
            InputUserForm.Controls("LCM" & q).Caption = Format((.Range("F92").Offset(q, 0).Value), "0.00")
        Else: InputUserForm.Controls("LCM" & q).Caption = .Range("F92").Offset(q, 0).Value
        End If
    Next q
End With
With rc
    For q = 0 To 10
        If IsNumeric(.Range("i92").Offset(q, 0).Value) Then
            InputUserForm.Controls("LOM" & q).Caption = Format((.Range("I92").Offset(q, 0).Value), "0.00")
        Else: InputUserForm.Controls("LOM" & q).Caption = .Range("I92").Offset(q, 0).Value
        End If
    Next q
End With
With rc
    For q = 0 To 10
        If IsNumeric(.Range("l92").Offset(q, 0).Value) Then
            InputUserForm.Controls("LBM" & q).Caption = Format((.Range("L92").Offset(q, 0).Value), "0.00")
        Else: InputUserForm.Controls("LBM" & q).Caption = .Range("L92").Offset(q, 0).Value
        End If
    Next q
End With
```

```
With rc
For T = 0 To 11
    InputUserForm.Controls("LIBD" & T).Caption = Format((.Range("o18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 11
    InputUserForm.Controls("LCBD" & T).Caption = Format((.Range("p18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 11
    InputUserForm.Controls("LOBD" & T).Caption = Format((.Range("q18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 11
    InputUserForm.Controls("LBBD" & T).Caption = Format((.Range("r18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LZS" & T).Caption = Format((.Range("C18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LBKS" & T).Caption = Format((.Range("D18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSI" & T).Caption = Format((.Range("E18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSIW" & T).Caption = Format((.Range("F18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
```

```

For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSC" & T).Caption = Format((.Range("G18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSCW" & T).Caption = Format((.Range("H18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSO" & T).Caption = Format((.Range("I18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSOW" & T).Caption = Format((.Range("J18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSB" & T).Caption = Format((.Range("K18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
With rc
For T = 0 To 29
    InputUserForm.Controls("LPSBW" & T).Caption = Format((.Range("L18").Offset(T,
0).Value), "0.00")
Next T
End With
End Sub

```

Bottom Longitudinal

```

Sub BLIIIncrease()
'Increase Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
    i = 111
    j = 9
        Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
        mid.Cells(i, j).Copy

```

```

        mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _ 
    :=False, Transpose:=False
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub BLCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    i = 111
    j = 6
    mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-4]C[-3])"
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub BLCOptimize()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim L As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 6
L = 9
With opt
    .Activate
    i = 10
    SolverReset
    SolverOk SetCell:=opt.Cells(i + 30, j), MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
    ByChange:=Range(opt.Cells(i + 14, L), opt.Cells(i + 15, L)), _
        Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 16, k)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=3, FormulaText:=opt.Cells(i - 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 14, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 1, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 14, L)
    SolverSolve True
End With
Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```
Sub BLORestore()
```

```

Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 9
With opt
    i = 10
    opt.Cells(i + 14, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
    opt.Cells(i + 15, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
End With
End Sub

```

Inner Bottom Longitudinal

```

Sub IBLIIIncrease()
    'Increase Side Longitudinal
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim j As Integer
    Dim i As Long
    Dim mid As Worksheet
    i = 128
    j = 9
    Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    mid.Cells(i, j).Copy
    mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
    Operation:=xlNone, SkipBlanks _ :=False, Transpose:=False
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub IBLCRestore()
    'Restore Initial Side Longitudinal
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim j As Integer
    Dim i As Long
    Dim mid As Worksheet
    Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    i = 128
    j = 6
    mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-4]C[-3])"
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub IBLCOptimize()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim i As Long

```

```

Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim L As Integer
Dim opt As Worksheet
    Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
    j = 3
    k = 6
    L = 9
    With opt
        .Activate
        i = 60
        SolverReset
        SolverOk SetCell:=opt.Cells(i + 30, j), MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
        ByChange:=Range(opt.Cells(i + 14, L), opt.Cells(i + 15, L)), _
            Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
        SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 16, k)
        SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=3, FormulaText:=opt.Cells(i - 2, j)
        SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 14, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 1, j)
        SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 2, j)
        SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 14, L)
        SolverSolve True
    End With
    Application.ScreenUpdating = True
    Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```

Sub IBLORestore()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim i As Long
    Dim j As Integer
    Dim k As Integer
    Dim opt As Worksheet
    Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
    j = 3
    k = 9
    With opt
        i = 60
        opt.Cells(i + 14, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
        opt.Cells(i + 15, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
    End With
End Sub

```

Side Longitudinal

```

Sub SLIIIncrease()
    'Increase Side Longitudinal
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim j As Integer
    Dim i As Long
    Dim mid As Worksheet

```

```

Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
For i = 146 To 175
    j = 14
    mid.Cells(i, j).Copy
    mid.Cells(i, j).Offset(0, -4).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
    Operation:=xlNone, SkipBlanks _ 
        :=False, Transpose:=False
    Next i
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub SLCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
    Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    For i = 146 To 175
        j = 10
        mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(RC[-3])"
    Next i
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub SLCOptimize()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim L As Integer
Dim opt As Worksheet
    Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
    j = 3
    k = 6
    L = 9
    With opt
        .Activate
        For i = 210 To 1660 Step 50
            If opt.Cells(i, j) <> 0 Then
                SolverReset
                SolverOk SetCell:=opt.Cells(i + 30, j), MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
                ByChange:=Range(opt.Cells(i + 14, L), opt.Cells(i + 15, L)), _
                    Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
                SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 16, k)
                SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=3, FormulaText:=opt.Cells(i - 2, j)
                SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 14, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 1, j)
                SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 2, j)
                SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 14, L)
            End If
        Next i
    End With
End Sub

```

```

SolverSolve True
End If
Next i
End With
Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```

Sub SLORestore()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 9
With opt
For i = 210 To 1660 Step 50
opt.Cells(i + 14, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
opt.Cells(i + 15, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
Next i
End With
End Sub

```

Deck Longitudinal

```

Sub DLIIncrease()
'Increase Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
i = 191
j = 9
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
mid.Cells(i, j).Copy
mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _ :=False, Transpose:=False
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub DLCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")

```

```

i = 191
j = 6
mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-5]C[-3])"
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub DLCOptimize()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim L As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 6
L = 9
With opt
    .Activate
    i = 110
    SolverReset
    SolverOk SetCell:=opt.Cells(i + 30, j), MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
    ByChange:=Range(opt.Cells(i + 14, L), opt.Cells(i + 15, L)), _
        Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 16, k)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=3, FormulaText:=opt.Cells(i - 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 14, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 1, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 14, L)
    SolverSolve True
End With
Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```

Sub DLORestore()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 9
With opt
    i = 110
    opt.Cells(i + 14, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
    opt.Cells(i + 15, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
End With

```

```
End Sub
```

Tween Deck Longitudinal

```
Sub TDLIIncrease()
'Increase Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
i = 221
j = 9
    Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    mid.Cells(i, j).Copy
    mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _ :=False, Transpose:=False
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

```
Sub TDLCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
i = 221
j = 6
mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-5]C[-3])"
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

```
Sub TDLCOptimize()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim L As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 6
L = 9
With opt
    .Activate
    i = 160
    SolverReset
    SolverOk SetCell:=opt.Cells(i + 30, j), MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
ByChange:=Range(opt.Cells(i + 14, L), opt.Cells(i + 15, L)), _
```

```

    Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 16, k)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 30, j), Relation:=3, FormulaText:=opt.Cells(i - 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 14, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 1, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 2, j)
    SolverAdd CellRef:=opt.Cells(i + 15, L), Relation:=1, FormulaText:=opt.Cells(i + 14, L)
    SolverSolve True
    End With
    Application.ScreenUpdating = True
    Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```

Sub TDLORestore()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
j = 3
k = 9
With opt
i = 160
    opt.Cells(i + 14, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
    opt.Cells(i + 15, k).Formula = "=VALUE(R[-13]C[-6])"
End With
End Sub

```

Deck Girder

```

Sub DTIIIncrease()
'Increase Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
i = 206
j = 9
    Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    mid.Cells(i, j).Copy
    mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _ :=False, Transpose:=False
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub DTCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False

```

```

Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    i = 206
    j = 6
    mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-4]C[-3])"
    Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub DTCOptimize()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim opt As Worksheet
        Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
        With opt
            .Activate
            SolverReset
            SolverOk SetCell:="$M$27", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0, ByChange:="$M$15:$M$16", _
                Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
            SolverAdd CellRef:="$M$27", Relation:=1, FormulaText:="$L$27"
            SolverAdd CellRef:="$M$27", Relation:=3, FormulaText:="$M$8"
            SolverAdd CellRef:="$M$15:$M$16", Relation:=1, FormulaText:="$L$15:$L$16"
            SolverAdd CellRef:="$M$15", Relation:=1, FormulaText:="$M$16"
            SolverSolve True
        End With
        Application.ScreenUpdating = True
        Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
    End Sub

```

```

Sub DTORestore()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim i As Long
    Dim j As Integer
    Dim k As Integer
    Dim opt As Worksheet
    Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
    k = 13
    With opt
        i = 15
        opt.Cells(i, k).Formula = "=VALUE(RC[-1])"
        opt.Cells(i + 1, k).Formula = "=VALUE(RC[-1])"
    End With
End Sub

```

Tween Deck Girder

```

Sub TDTIIIncrease()
    '
    'Increase Side Longitudinal
    Application.ScreenUpdating = False

```

```

Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
    i = 236
    j = 9
        Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
        mid.Cells(i, j).Copy
        mid.Cells(i, j).Offset(0, -3).Range("A1").PasteSpecial Paste:=xlPasteValues,
Operation:=xlNone, SkipBlanks _ 
:=False, Transpose:=False
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub TDTCRestore()
'Restore Initial Side Longitudinal
Application.ScreenUpdating = False
Dim j As Integer
Dim i As Long
Dim mid As Worksheet
Set mid = ThisWorkbook.Sheets("Midship")
    i = 236
    j = 6
        mid.Cells(i, j).Formula = "=VALUE(R[-4]C[-3])"
        Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Sub TDTCOptimize()
Application.ScreenUpdating = False
Dim opt As Worksheet
    Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
    With opt
        .Activate
        SolverReset
        SolverOk SetCell:="$M$51", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0, ByChange:="$M$39:$M$40", _
        Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
        SolverAdd CellRef:="$M$51", Relation:=1, FormulaText:="$L$51"
        SolverAdd CellRef:="$M$51", Relation:=3, FormulaText:="$M$32"
        SolverAdd CellRef:="$M$39:$M$40", Relation:=1, FormulaText:="$L$39:$L$40"
        SolverAdd CellRef:="$M$39", Relation:=1, FormulaText:="$M$40"
        SolverSolve True
    End With
    Application.ScreenUpdating = True
    Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

```

Sub TDTORestore()
Application.ScreenUpdating = False
Dim i As Long

```

```
Dim j As Integer
Dim k As Integer
Dim opt As Worksheet
Set opt = ThisWorkbook.Worksheets("OMidship")
k = 13
With opt
    i = 39
    opt.Cells(i, k).Formula = "=VALUE(RC[-1])"
    opt.Cells(i + 1, k).Formula = "=VALUE(RC[-1])"
End With
End Sub
```

LAMPIRAN C

KODE VBA PENGGAMBARAN DI AUTOCAD

```
Option Explicit
```

```
'Declaring the API Sleep subroutine.  
#If VBA7 And Win64 Then  
    'For 64 bit Excel.  
    Public Declare PtrSafe Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)  
#Else  
    'For 32 bit Excel.  
    Public Declare Sub Sleep Lib "kernel32.dll" (ByVal dwMilliseconds As Long)  
#End If
```

```
Sub SendAllAutoCADCommands()
```

```
'Written By: Christos Samaras  
'Date: 15/10/2014  
'E-mail: xristos.samaras@gmail.com  
'Site: http://www.myengineeringworld.net  
'Edited By: Aditya Rachman  
'Date: 16/11/2017
```

```
'Declaring the necessary variables.
```

```
Dim acadApp As Object  
Dim acadDoc As Object  
Dim acadCmd As String  
Dim sht As Worksheet  
Dim LastRow As Long  
Dim LastColumn As Integer  
Dim i As Long  
Dim j As Integer
```

```
'Set the sheet name that contains the commands.
```

```
Set sht = ThisWorkbook.Sheets("E2A")
```

```
'Activate the Send AutoCAD Commands sheet and find the last row.
```

```
With sht  
    .Activate  
    LastRow = 260  
End With
```

```
'Check if there is at least one command to send.
```

```
If LastRow < 10 Then
    MsgBox "There are no commands to send!", vbCritical, "No Commands Error"
    sht.Range("c10").Select
    Exit Sub
End If
```

'Check if AutoCAD application is open. If it is not opened create a new instance and make it visible.

```
On Error Resume Next
Set acadApp = GetObject(, "AutoCAD.Application")
If acadApp Is Nothing Then
    Set acadApp = CreateObject("AutoCAD.Application")
    acadApp.Visible = True
End If
```

'Check (again) if there is an AutoCAD object.

```
If acadApp Is Nothing Then
    MsgBox "Sorry, it was impossible to start AutoCAD!", vbCritical, "AutoCAD Error"
    Exit Sub
End If
```

'Maximize AutoCAD window.

```
acadApp.WindowState = 3 '3 = acMax in early binding
On Error GoTo 0
```

'If there is no active drawing create a new one.

```
On Error Resume Next
Set acadDoc = acadApp.ActiveDocument
If acadDoc Is Nothing Then
    Set acadDoc = acadApp.Documents.Add
End If
On Error GoTo 0
```

'Check if the active space is paper space and change it to model space.

```
If acadDoc.ActiveSpace = 0 Then '0 = acPaperSpace in early binding
    acadDoc.ActiveSpace = 1      '1 = acModelSpace in early binding
End If
```

With sht

'Loop through all the rows of the sheet that contain commands.
For i = 10 To LastRow

'Find the last column.
LastColumn = 9

'Check if there is at least one command in each row.
If LastColumn > 3 Then

```

'Create a string that incorporates all the commands that exist in each row.
acadCmd = ""
For j = 3 To LastColumn
    If Not IsEmpty(.Cells(i, j).Value) Then
        acadCmd = acadCmd & .Cells(i, j).Value & vbCr
    End If
Next j

'Check AutoCAD version.
If Val(acadApp.Version) < 20 Then
    'Prior to AutoCAD 2015, in Select and Select All commands (AI_SELALL) the
carriage-return
        'character 'vbCr' is used, since another command should be applied in the selected
items.
    'In all other commands the Enter character 'Chr$(27)' is used in order to denote
that the command finished.
    If InStr(1, acadCmd, "SELECT", vbTextCompare) > 0 Or InStr(1, acadCmd,
"AI_SELALL", vbTextCompare) Then
        acadDoc.SendCommand acadCmd & vbCr
    Else
        acadDoc.SendCommand acadCmd & Chr$(27)
    End If
Else
    'In the newest version of AutoCAD (2015) the carriage-return
    'character 'vbCr' is applied in all commands.
    acadDoc.SendCommand acadCmd & vbCr
End If

End If

'Pause a few milliseconds before proceed to the next command. The next line is
probably optional.
'However, I suggest to not remove it in order to give AutoCAD the necessary time to
execute the command.
Sleep 20

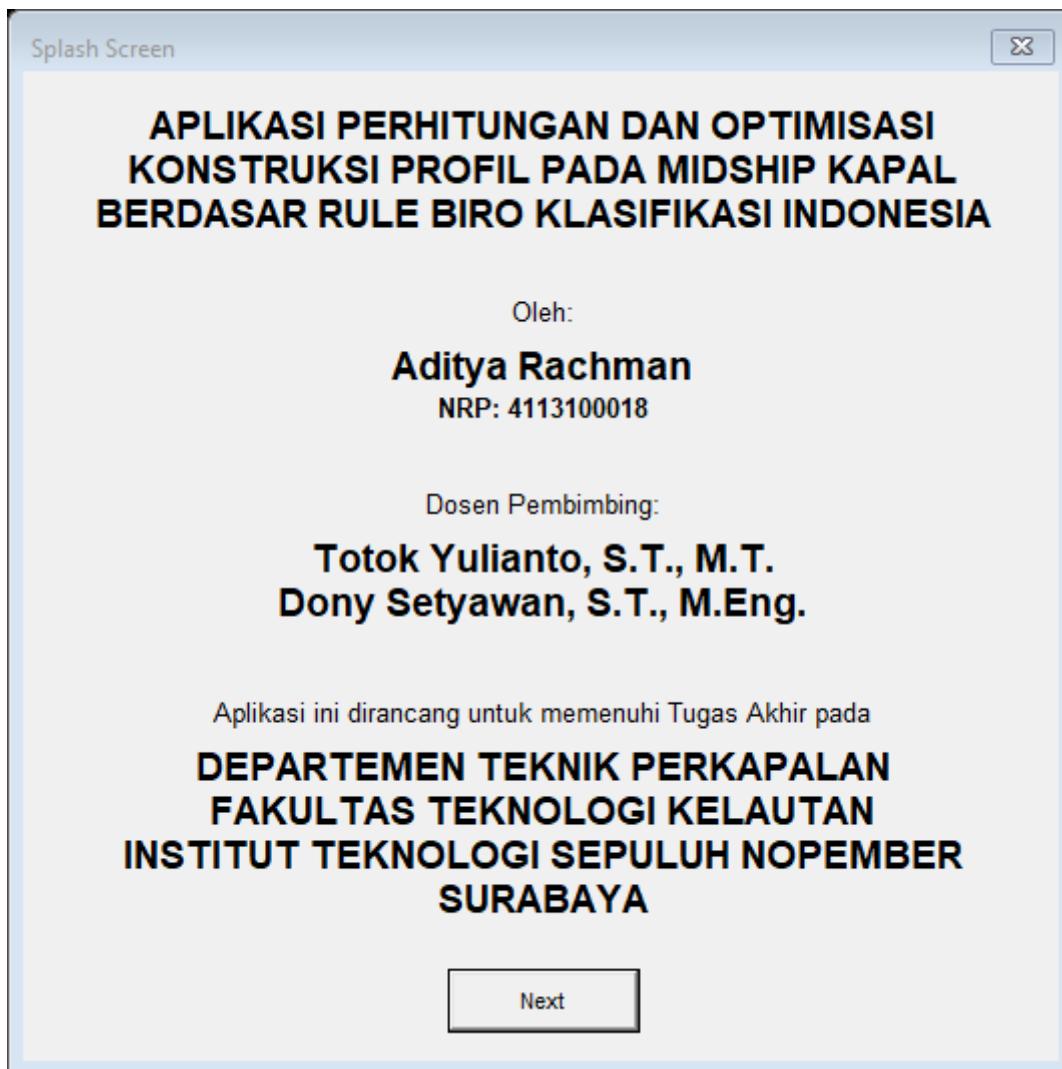
Next i

End With
End Sub

```

LAMPIRAN D

TANGKAPAN LAYAR APLIKASI



APLIKASI PERHITUNGAN DAN OPTIMISASI KONSTRUKSI PROFIL PADA MIDSHIP KAPAL BERDASAR RULE BIRO KLASIFIKASI INDONESIA

Informasi:

1. Aplikasi ini bertujuan untuk melakukan perhitungan konstruksi midship kapal yang terkait dengan perhitungan modulus penampang midship
2. Jika hasil perhitungan awal modulus penampang midship tidak memenuhi batas minimum, maka diberikan opsi untuk menaikkan ukuran profil L pada pembujur dan profil T penumpu geladak

Petunjuk:

1. Masukkan data kapal pada tab Main Dimension
2. Data tambahan yang diperlukan untuk menjalankan perhitungan:
 - a. Service Range
 - b. Steel ReH
 - c. Payload GV
 - d. Frame/Longitudinal Spacing
 - e. Web/Floor Spacing
 - f. Tween Deck Height
 - g. Hatch Breadth
 - h. Lebar Pelat
3. Semua data harus diisi terlebih dahulu
4. Tekan tombol Draw untuk membuat sketsa
5. Tekan tombol Start untuk memulai proses
6. Tekan tombol Review untuk memeriksa perhitungan
7. Tekan tombol Clear untuk mengosongkan data
8. Tekan tombol Close untuk menutup form

Back

Next

Close

Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasarkan Rule Biro Klasifikasi Indonesia

[Main Page](#) | [Input](#) | [Result](#) |

Ship's Name =	<input type="text"/>	Service Range =	<input checked="" type="radio"/> Unlimited <input type="radio"/> Restricted	Longitudinal Spacing [m] =	<input type="text"/>
Ship's Type =	<input type="text"/>		<input type="radio"/> Coasting <input type="radio"/> Sheltered Shallow Water	Frame Spacing [m] =	<input type="text"/>
Ship's Framing System =	<input checked="" type="radio"/> Longitudinal <input type="radio"/> Transverse <input type="radio"/> Mixed			Plate Floor Spacing =	<input type="text"/>
Length (Lwl) [m] =	<input type="text"/>	Length Construction (Lc) [m] =	<input type="text"/>	G/N [m] =	<input type="text"/>
Length (Lpp) [m] =	<input type="text"/>	Plate Breadth Calculation [mm] =	<input type="text"/>	Total Hatch Breadth =	<input type="text"/> of Ship's Breadth
Breadth (B) [m] =	<input type="text"/>	Selected Plate Breadth	<input type="text"/>	Side Girder	<input type="text"/>
Height (H) [m] =	<input type="text"/>	Flat Keel Plate Breadth [mm] =	<input type="text"/>	Max Side Girder Distance =	<input type="text"/> m
Draught (T) [m] =	<input type="text"/>	Bilge Keel Plate Breadth [mm] =	<input type="text"/>	Selected Side Girder Distance =	<input type="text"/> m
Coefficient Block =	<input type="text"/>	Sheerstrake Plate Breadth [mm] =	<input type="text"/>		
H Double Bottom [mm] =	<input type="text"/>	Plate Breadth [mm] =	<input type="text"/>		
H Tween Deck [m] =	<input type="text"/>				
Speed (V0) [m] =	<input type="text"/>				
R&H [N/mm ²] =	<input type="text"/>				
<input type="button" value="Back"/>		<input type="button" value="Start"/>	<input type="button" value="Draw"/>	<input type="button" value="Review"/>	<input type="button" value="Clear"/>
				<input type="button" value="Close"/>	

Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasar Rule Biro Klasifikasi Indonesia

Main Page | Input | Result | [Modulus Section, Moment Inertia, Weight | Profile](#)

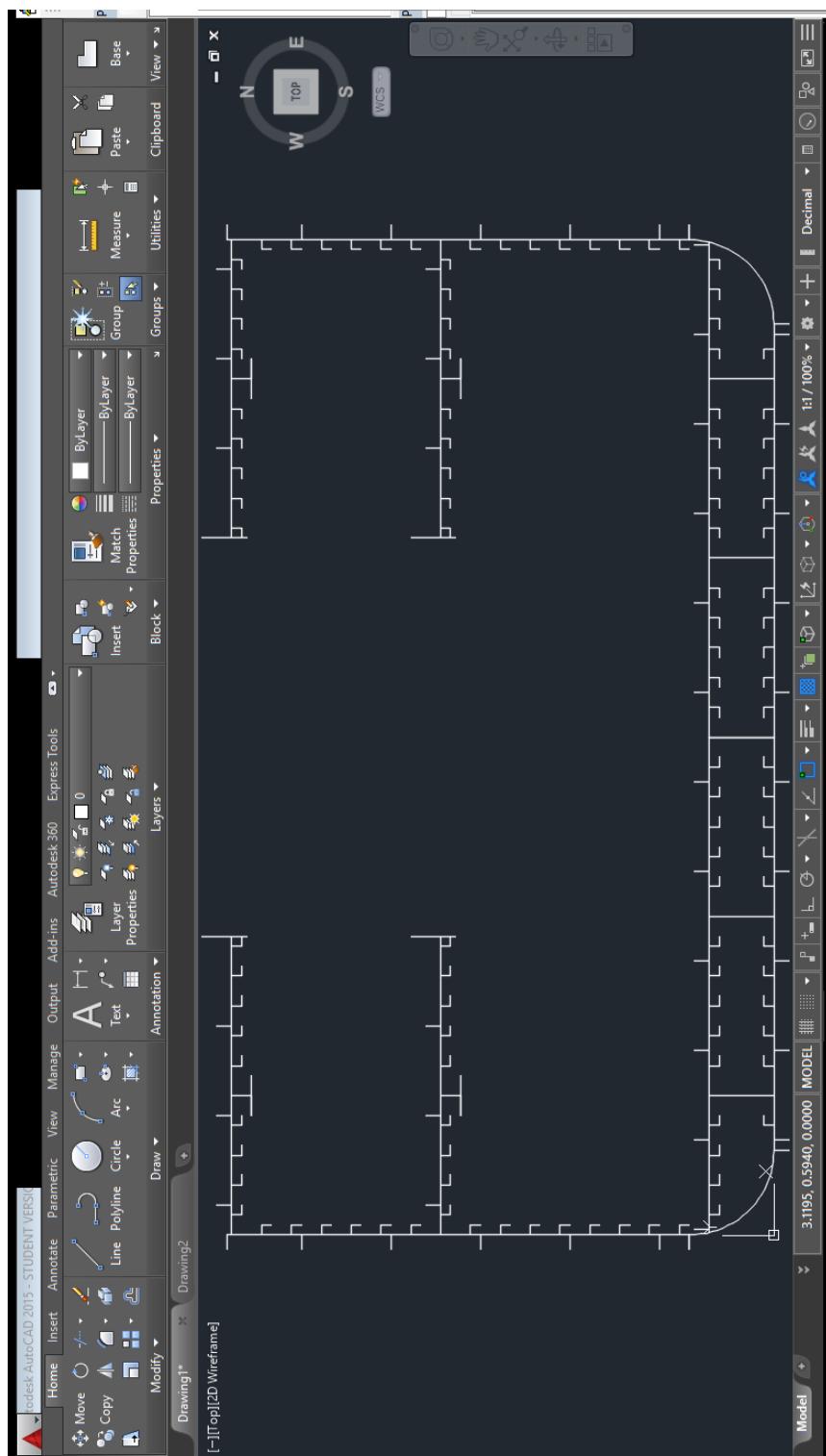
ship's type	ship's name	LC	T	GV
framing system	Framing System	B	CB	SR
	H	V		
Initial	W Minimum [cm ³] =			
	W Deck [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Bottom [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Min M Inertia [m ⁴] =			
	Ina [m ⁴] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Construction [ton] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =
Increased	W Minimum [cm ³] =			
	W Deck [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Bottom [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Min M Inertia [m ⁴] =			
	Ina [m ⁴] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Construction [ton] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =
Optimized	W Minimum [cm ³] =			
	W Deck [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Bottom [cm ³] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Min M Inertia [m ⁴] =			
	Ina [m ⁴] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	W Construction [ton] =			
	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =	Difference [%] =
	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =	Conclusion =

[Increase All Profile Initial Value](#) | [Restore Increased Value to Initial Value](#) | [Optimize Increased Value](#) | [Reacquire Result](#) | [Close](#)

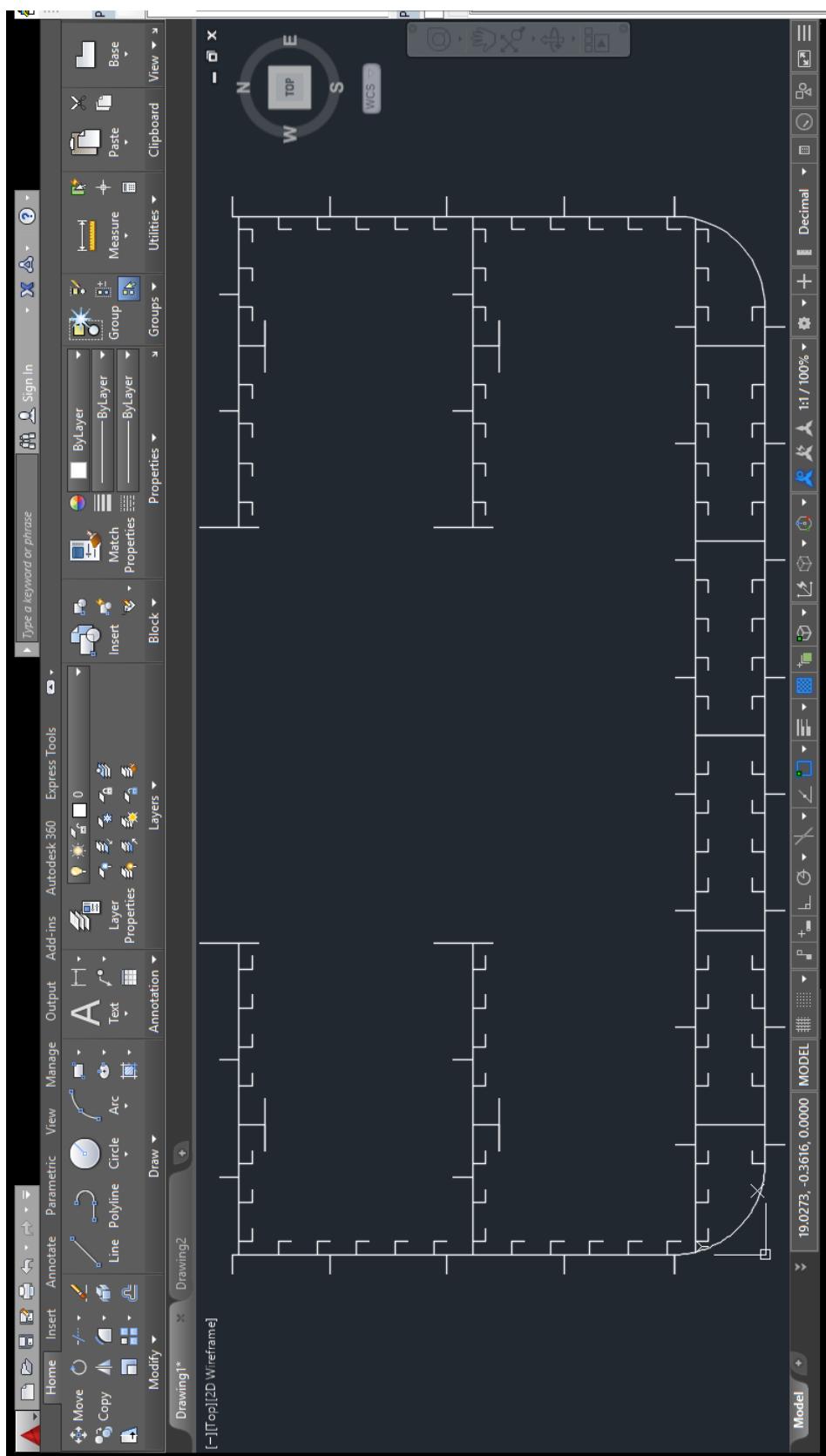
Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasar Rule Biro Klasifikasi Indonesia					
Main Page		Input		Result	
Modulus Section, Moment Inertia, Weight			Profile		
Bottom and Deck		Side 1	Side 2		
Initial Profile					
No	z [m]	BxTxW [cm ³]	Profile [mm]	Profile W [cm ³]	
1					Increased Profile
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Optimized Profile					
No	z [m]	BxTxW [cm ³]	Profile [mm]	Profile W [cm ³]	
1					Increased Profile
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Bulb Profile					
No	z [m]	BxTxW [mm]	Bulb Profile [mm]	Bulb Profile W [cm ³]	
1					Increased Initial Value
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
Restore Increased Value to Initial Value					
Optimize Increased Value					
Restore Optimized Value to Increased Value					

Perancangan Aplikasi Perhitungan dan Optimisasi Konstruksi Profil pada Midship Kapal Berdasar Rule Biro Klasifikasi Indonesia					
Main Page		Input		Result	
Modulus Section, Moment Inertia, Weight			Profile		
Bottom and Deck Side 1 Side 2					
Initial Profile	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Increased Profile					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Optimized Profile					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Bulb Profile					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Restore Increased Value to Initial Value					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Optimize Increased Value					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Restore Optimized Value to Increased Value					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
Increase Initial Value					
	No	z [m]	BxI W [cm^3]	Profile [mm]	Profile W [cm^3]
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				

LAMPIRAN E HASIL SKETSA



Sketsa Data Kapal Pertama dan Kedua



Sketsa Data Kapal Ketiga

LAMPIRAN F

DATABASE KATALOG PROFIL

Profile L Database		Profile T Database	
Modulus	Profile L	Modulus	Profile T
600	L 250x90 x16	1332	T 533x305x12x20
530	L 250x90 x14	965	T 457x305x17x28
470	L 200x100x16	776	T 420x292x16x27
460	L 250x90 x12	644	T 418x292x14x19
410	L 200x100x14	609.5	T 300x400x26x14
380	L 250x90 x10	447.3	T 300x350x24x13
360	L 200x100x12	295.3	T 300x294x20x12
330	L 180x90 x14	261.9	T 300x200x11x17
300	L 200x100x10	168.5	T 200x250x16x10
290	L 180x90 x12	147.1	T 400x200x21x13
280	L 150x100x14	124.2	T 200x225x14x 9
260	L 160x80 x14	103.5	T 350x175x19x12
250	L 180x90 x10	88.5	T 200x200x13x 8
240	L 150x100x12	76.3	T 199x198x11x 7
230	L 160x80 x12	63.5	T 300x150x15x10
230	L 150x90 x12	59.2	T 175x175x11x 7
200	L 150x100x10	39.4	T 125x250x14x 9
190	L 160x80 x10	23.5	T 125x125x 9x 6
190	L 150x90 x10	0	-
180	L 150x75 x11		
175	L 120x80 x14		
165	L 130x75 x12		
155	L 130x90 x10		
155	L 120x80 x12		
150	L 150x75 x 9		
135	L 130x75 x10		
130	L 120x80 x10		
125	L 130x65 x10		
110	L 130x75 x 8		
105	L 100x75 x11		
105	L 120x80 x 8		

Modulus	Profile L
100	L 130x65 x 8
96	L 100x65 x11
88	L 100x75 x 9
78	L 100x65 x 9
74	L 100x50 x10
66	L 100x75 x 7
64	L 80 x65 x10
61	L 100x65 x 7
59	L 90 x75 x 7
59	L 100x50 x 8
57	L 90 x60 x8
52	L 80 x65 x8
47	L 75 x55 x9
45	L 100x50 x6
44	L 75 x50 x9
43	L 90 x60 x6
39	L 80 x65 x6
37	L 80 x40 x8
37	L 75 x55 x7
37	L 65 x50 x9
35	L 75 x50 x7
29	L 65 x50 x7
29	L 80 x40 x6
27	L 75 x55 x5
25	L 75 x50 x5
22	L 60 x40 x7
21	L 65 x40 x7
19	L 60 x40 x6
16	L 60 x40 x5
0	-

Profile Bulb Database

Modulus [cm³]	Profile B [mm]	Section Area [cm³]	Center of Gravity x [mm]	Center of Gravity y [mm]	I_x [cm⁴]	I_y [cm⁴]
801.6	430x20	115.58	263.5	19.3	21123.62	402.4
767	430x19	111.28	265.4	19	20355.95	386.65
732.2	430x18	106.98	267.4	18.8	19579.84	371.35
679.1	430x17	102.68	269.6	18.5	18794.22	356.44
626	430x15	94.08	274.6	18.1	17189.22	327.65
589.9	430x14	89.78	277.5	18	16366.61	313.68
566.1	400x16	89.38	250.2	17.2	14160.53	266.45

Modulus [cm³]	Profile B [mm]	Section Area [cm³]	Center of Gravity x [mm]	Center of Gravity y [mm]	I_x [cm⁴]	I_y [cm⁴]
535.5	400x15	85.38	252.5	17	13521.89	254.79
504.7	400x14	81.38	255.1	16.8	12872.91	243.41
478.4	370x16	80.7	228.6	16.1	10935.9	204.14
474.5	400x13	77.43	257.9	16.6	12234.74	232.34
452.5	370x15	77	230.7	15.9	10440.07	194.68
426.5	370x14	73.3	233	15.7	9936.79	185.49
401	370x13	69.64	235.5	15.5	9444.05	176.62
387.8	370x12.5	67.79	236.9	15.4	9184.55	172.23
377	340x15	68.94	209.2	14.8	7886.99	145.8
355.2	340x14	65.54	211.3	14.6	7504.42	138.47
334.1	340x13	62.18	213.5	14.3	7131.73	131.44
323.1	340x12.5	60.48	214.7	14.2	6934.97	127.98
311.9	340x12	58.78	216	14.1	6736.3	124.57
311.5	320x14	60.54	197	13.9	6136.59	112.48
301.9	320x13.5	58.94	198	13.7	5977.59	109.44
293.1	320x13	57.39	199	13.6	5831.26	106.51
283.4	320x12.5	55.79	200.1	13.5	5669.75	103.58
273.6	320x12	54.19	201.3	13.4	5506.76	100.69
263.8	320x11.5	52.59	202.5	13.3	5342.16	97.86
254.9	300x13	52.73	184.6	12.9	4706.64	85.27
238	300x12	49.73	186.7	12.7	4443.49	80.39
220.8	300x11	46.73	189.1	12.4	4175.43	75.68
219.6	280x13	48.22	170.5	12.2	3743.56	67.37
205	280x12	45.42	172.4	11.9	3532.99	63.29
190.2	280x11	42.62	174.5	11.7	3318.79	59.39
187	260x13	43.85	156.5	11.6	2927.94	52.45
182.7	280x10.5	41.22	175.7	11.6	3210.1	57.5
174.6	260x12	41.25	158.2	11.3	2762	49.07
162	260x11	38.65	160.1	11	2593.45	45.86
149.2	260x10	36.05	162.3	10.7	2421.72	42.8
146.8	240x12	37.23	144.3	10.6	2117.5	37.39
141.5	240x11.5	36.03	145.1	10.5	2052.6	36.06
136.2	240x11	34.83	145.9	10.3	1987.2	34.78
130.8	240x10.5	33.63	146.9	10.2	1921.25	33.52
125.4	240x10	32.43	147.9	10	1854.67	32.3
124.2	230x11	32.97	138.9	10	1724.98	30.05
121.6	220x12	33.34	130.5	10	1586.73	27.94
120	240x9.5	31.23	148.9	9.9	1787.4	31.12
117.2	220x11.5	32.24	131.2	9.8	1537.57	26.87
112.7	220x11	31.14	132	9.7	1488.07	25.83
103.8	220x10	28.94	133.7	9.3	1387.89	23.86

Modulus [cm³]	Profile B [mm]	Section Area [cm³]	Center of Gravity x [mm]	Center of Gravity y [mm]	I_x [cm⁴]	I_y [cm⁴]
98.9	200x12	29.6	117	9.4	1157.23	20.43
95.3	200x11.5	28.6	117.6	9.2	1120.89	19.57
95.2	220x9	26.78	135.5	9.1	1290.48	22.01
91.7	200x11	27.6	118.3	9	1084.33	18.75
84.4	200x10	25.6	119.7	8.7	1010.47	17.18
77.4	200x9	23.63	121.3	8.4	939.14	15.75
75.8	180x11.5	25.1	104.3	8.6	790.81	13.9
73.7	200x8.5	22.63	122.2	8.2	901.07	15.06
72.9	180x11	24.2	104.8	8.4	764.6	13.25
67.1	180x10	22.4	106	8.1	711.72	12.03
61.6	180x9	20.63	107.4	7.7	661.09	10.92
58.7	160x11.5	21.74	91.3	8.1	535.93	9.6
56.5	160x11	20.94	91.7	7.9	517.81	9.09
55.6	180x8	18.83	109	7.4	606.55	9.89
52	160x10	19.34	92.6	7.5	481.31	8.15
47.7	160x9	17.78	93.7	7.1	446.7	7.31
43	160x8	16.18	95.1	6.8	409.27	6.54
38.4	160x7	14.58	96.7	6.5	371.1	5.85
0	-	-	-	-	-	-

BIODATA PENULIS



Aditya Rachman dilahirkan di Jakarta pada 29 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis adalah anak dari Ir. Rachmad Hariadi dan Ir. Junida Rizal. Sejak lahir hingga lulus SMA, penulis dibesarkan dan menempuh pendidikan formal di Jakarta Timur. Penulis menempuh pendidikan formal pada TK Islam Al Muhajirin Pondok Kopi, kemudian melanjutkan ke SD Islam Al-Azhar 13 Rawamangun, SMP Islam Al-Azhar 12 Rawamangun dan SMAN 81 Jakarta. Mengikuti jejak orang tua yang menempuh pendidikan di ITS, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Konstruksi dan Kekuatan Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis juga pernah menjadi panitia kegiatan Dialog Interaktif SAMPAN 8 2013/2014, panitia Dialog Interaktif SAMPAN 9 2014/2015 serta kepala divisi Departemen Kajian Strategis HIMATEKPAL ITS 2015/2016. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi *grader* untuk pelatihan AutoCAD mata kuliah Menggambar Teknik semester ganjil 2014/2015.

Email: aditya.rachman118@outlook.com , adtr118@hotmail.com