



TUGAS AKHIR -MN 184802

**OPTIMISASI BENTUK LAMBUNG CATAMARAN DESAIN
KAPAL PENUMPANG BERTENAGA SURYA DI PULAU GILI
KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*NONLINEAR***

**Zhafran Fajar Bagaskoro
NRP 0411154000095**

**Dosen Pembimbing
Hasanudin, S.T., M.T.
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR - MN 184802

**OPTIMISASI BENTUK LAMBUNG CATAMARAN DESAIN
KAPAL PENUMPANG BERTENAGA SURYA DI PULAU GILI
KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*NONLINEAR***

**Zhafran Fajar Bagaskoro
NRP 0411154000095**

**Dosen Pembimbing
Hasanudin, S.T., M.T.
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - MN 184802

**OPTIMIZATION OF CATAMARAN HULL FORM OF SOLAR
PASSENGER VESSEL DESIGN ON GILI KETAPANG
ISLAND USING NONLINEAR METHOD**

**Zhafran Fajar Bagaskoro
NRP 0411154000095**

**Supervisor
Hasanudin, S.T., M.T.
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMISASI BENTUK LAMBUNG CATAMARAN DESAIN KAPAL PENUMPANG BERTENAGA SURYA DI PULAU GILI KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *NONLINEAR*

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

ZHAFRAN FAJAR BAGASKORO
NRP 0411154000095

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I



Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
NIP 19761029 200212 1 003



Hasanudin, S.T., M.T.
NIP 19800623 200604 1 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 17 Juli 2019

LEMBAR REVISI

OPTIMISASI BENTUK LAMBUNG *CATAMARAN* DESAIN KAPAL PENUMPANG BERTENAGA SURYA DI PULAU GILI KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *NONLINEAR*

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 3 Juli 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ZHAFRAN FAJAR BAGASKORO
NRP 0411154000095

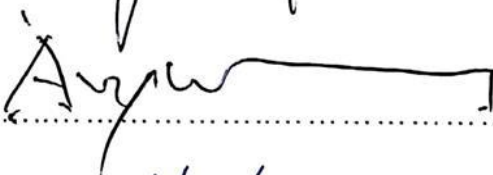
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., MT.



.....

2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



.....

3. Danu Utama, S.T., M.T.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Hasanudin, S.T., M.T.



.....

2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.



.....

SURABAYA, 17 Juli 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

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

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

1. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
4. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., MT., dan Danu Utama, S.T., M.T. sebagai dosen penguji;
5. Kepada orang tua penulis, Bapak Aris dan Ibu Titik, dan Mbak Vicha atas kasih sayang, nasihat, motivasi, dan doa yang berlimpah;
6. Kepada “teman” dekat, yang selalu memberikan semangat, Ilma;
7. Teman-teman yang telah membantu penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, Bagas, Fathan, Koalisi Kost Gang Makam serta Arif, dan Trevin;
8. Teman saya Norman, yang telah membantu penulis dalam mengoreksi perintah-perintah pemrograman;
9. Semua teman-teman yang tidak bisa disebutkan, yang jasanya telah banyak membantu penulis.

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, 7 Juli 2019

Zhafran Fajar Bagaskoro

OPTIMISASI BENTUK LAMBUNG CATAMARAN DESAIN KAPAL PENUMPANG BERTENAGA SURYA DI PULAU GILI KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *NONLINEAR*

Nama Mahasiswa : Zhafran Fajar Bagaskoro
NRP : 0411154000095
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Hasanudin, S.T., M.T.
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Pulau Gili Ketapang merupakan objek wisata yang menjadi tujuan wisatawan domestik maupun mancanegara. Pulau tersebut memiliki sarana transportasi berupa kapal tradisional. Berdasarkan Tugas Akhir Hamdan, (2018), Desain Kapal Penumpang Bertenaga Surya Sebagai Sarana Transportasi Di Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Probolinggo, Surabaya: ITS, didapatkan desain kapal katamaran bertenaga surya sebagai pengganti kapal tradisional di Pulau Gili Ketapang. Sebagai kelanjutan dari proses desain, dikembangkan optimasi desain yang berasal dari *concept design* kapal katamaran bertenaga surya. Optimasi yang dilakukan bertujuan untuk mencari bentuk lambung yang memiliki hambatan total paling minimum dengan batasan-batasan tertentu. Pada Tugas Akhir ini, proses optimasi dilakukan dengan cara menggunakan media *Visual Basic for Application* atau VBA pada *Microsoft Excel* untuk membuat *self-programing*. Program ini memanfaatkan VBA yang ada pada *Maxsurf Automation* untuk melakukan proses optimasi. VBA akan menjalankan program dengan mengubah bentuk lambung dari kapal katamaran secara berulang untuk mencari nilai minimum dari hambatan yang dihasilkan. Batasan model yang dipakai ada tiga, yaitu lambung awal, lambung *flat inside* dan lambung *flat outside*. Ukuran utama dari lambung awal juga menjadi batasan dengan ukuran (Loa) = 14.120 m, (Lwl) = 13.850 m, (B) = 5.000 m, (B1) = 1.480 m, (H) = 3.900 m, (T) = 1.200 m, dan (S) = 3.520 m. Hasil yang diperoleh dari program optimasi yang dijalankan menunjukkan model 581 dari bentuk lambung *flat inside* memiliki nilai hambatan total minimum sebesar 2.962 kN.

Kata Kunci – Lambung Katamaran, Optimasi, *Self-Programing*, *Visual Basic for Application*, *Maxsurf Automation*.

**OPTIMIZATION OF CATAMARAN HULL FORM OF SOLAR
PASSENGER VESSEL DESIGN ON GILI KETAPANG ISLAND USING
NONLINEAR METHOD**

Author : Zhafran Fajar Bagaskoro
Student Number : 0411154000095
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : 1. Hasanudin, S.T., M.T.
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

Gili Ketapang Island is a tourist destination where it's a destination for domestic and foreign tourists. The island has transportation facilities in the form of traditional boats. Based on Hamdan Final Project, (2018), Solar Powered Passenger Ship Design as a Transportation Facility on Gili Ketapang Island, Probolinggo Regency, Surabaya: ITS, found a solar powered catamaran ship design as a alternate of traditional vessels on Gili Ketapang Island. As a continuation of the design process, design optimization was developed which originated from the concept design of solar powered catamaran vessels. Optimization carried out aims to find the form of the hull that has the minimum total resistance with certain limitations. In this Final Project, the optimization process is done by using Visual Basic for Application or VBA media in Microsoft Excel to create self-programming. This program utilizes VBA which is in Maxsurf Automation to perform the optimization process. VBA will run the program by changing the hull form of the catamaran vessel repeatedly to find the minimum value of the resistance produced. There are three limitations for the model used, namely the initial hull, the flat inside hull and the flat outside hull. The main size of the initial hull is also a limitation with size (Loa) = 14,120 m, (Lwl) = 13,850 m, (B) = 5,000 m, (B1) = 1,480 m, (H) = 3,900 m, (T) = 1,200 m, and (S) = 3,520 m. The results obtained from the program shows the model 581 of the flat inside hull form has a minimum total resistance value of 2,962 kN.

Keywords – Catamaran Hull, Optimization, Self-Programing, Visual Basic for Application, Maxsurf Automation.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1.Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.Perumusan Masalah	2
I.3.Tujuan	2
I.4.Batasan Masalah.....	2
I.5.Manfaat.....	2
BAB II STUDI LITERATUR	3
II.1.Proses Desain Kapal	3
II.1.1. <i>Concept Design</i>	3
II.1.2. <i>Preliminary Design</i>	4
II.1.3. <i>Contract Design</i>	4
II.1.4. <i>Detail Design</i>	4
II.2.Jenis Lambung Katamaran.....	4
II.3. <i>Visual Basic for Application</i>	5
II.3.1.Variabel.....	6
II.3.2.Konstanta	7
II.3.3.Struktur Percabangan	7
II.3.4.Struktur Pengulangan.....	7
II.3.5.Prosedur	8
II.4. <i>Maxsurf Automation</i>	8
II.4.1. <i>Maxsurf Modeler</i>	9
II.4.2. <i>Maxsurf Resistance</i>	9
II.5. <i>Exhaustive Search</i>	10
II.6.Tinjauan Pustaka.....	10
BAB III METODOLOGI	13
III.1.Proses Pengerjaan	13
III.1.1.Pengumpulan Data.....	13
III.1.2.Studi Literatur.....	13
III.1.3.Pemodelan <i>Maxsurf Modeler</i>	13
III.1.4.Perhitungan Hambatan	13
III.1.5.Pembuatan <i>Interface Software</i>	14
III.1.6.Analisis Hasil.....	14
III.1.7.Kesimpulan dan Saran	14

III.2.Bagan Alir	15
BAB IV PEMBUATAN PROGRAM	17
IV.1.Pendahuluan	17
IV.2.Algoritma Pemrograman	17
IV.3.Pemodelan <i>Catamaran</i> pada <i>Maxsurf</i>	20
IV.4.Aktivasi <i>Maxsurf Link Automation Library</i>	21
IV.5.Membuat Lembar Kerja pada <i>Microsoft Excel</i>	23
IV.5.1.Membuat Tabel <i>Control Points</i>	23
IV.5.2.Membuat <i>Command button</i>	24
IV.5.3.Membuat Tabel Hasil <i>Maxsurf Resistance</i>	25
IV.5.4.Membuat Grafik Dari Hasil <i>Maxsurf Resistance</i>	25
IV.6.Membuat Perintah Program dengan <i>Visual Basic</i>	26
IV.6.1.Perintah untuk Membuat Aplikasi.....	26
IV.6.2.Perintah untuk Membuka <i>File Maxsurf Modeler</i>	26
IV.6.3.Perintah untuk Mengubah Model <i>Maxsurf Modeler</i>	27
IV.6.4.Perintah untuk Membuka <i>File Maxsurf Resistance</i>	28
IV.6.5.Perintah untuk Menjalankan <i>Maxsurf Resistance</i>	29
IV.6.6.Perintah untuk Menyalin Hasil <i>Maxsurf Resistance</i>	29
IV.6.7.Perintah untuk Menampilkan Nilai <i>Displacement</i>	30
IV.6.8.Perintah untuk Menjalankan Aplikasi	31
IV.6.9.Perintah untuk Membuat Grafik.....	32
IV.7.Pengoperasian <i>Interface</i> Program pada <i>Microsoft Excel</i>	33
BAB V ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN	37
V.1.Pendahuluan.....	37
V.2.Analisis Pembuatan <i>Software Automation</i>	37
V.3.Analisis Hambatan Gelombang (<i>Wave Resistance</i>)	44
V.4.Analisis Hambatan Kekentalan (<i>Viscous Resistance</i>)	44
V.5.Analisis Hambatan Total (<i>Total Resistance</i>)	45
V.6.Hambatan Total Minimum	46
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	49
VI.1.Kesimpulan.....	49
VI.2.Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	
Lampiran A Gambar Model Hasil Pengoperasian Program	
Lampiran B Hasil Perhitungan <i>Maxsurf Resistance</i>	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 <i>Spiral Ship Design</i>	3
Gambar II. 2 Jenis Lambung Katamaran	5
Gambar II. 3 Tampak Depan Model Awal Kapal Katamaran	11
Gambar II. 4 Contoh Bagan Alir Pemrograman	12
Gambar III. 1 Bagan Alir Umum	15
Gambar IV. 1 Hubungan <i>Excel</i> , <i>Maxsurf Modeler</i> dan <i>Maxsurf Resistance</i>	17
Gambar IV. 2 Bagan Alir Pemrograman	18
Gambar IV. 3 Model Awal 3D Katamaran	20
Gambar IV. 4 <i>Surface</i> yang sudah dihapus	21
Gambar IV. 5 Peringatan Penghapusan <i>Surface</i>	21
Gambar IV. 6 <i>cmd Windows</i>	22
Gambar IV. 7 Menu <i>Trust Center</i>	22
Gambar IV. 8 Menu <i>References</i>	23
Gambar IV. 9 Contoh <i>Command Button</i>	24
Gambar IV. 10 Tombol Membuat Grafik	35
Gambar V. 1 Model 3D Lambung Awal	38
Gambar V. 2 Tampak Atas Lambung Awal	39
Gambar V. 3 <i>Assembly Menu</i>	39
Gambar V. 4 Model 3D <i>Flat Inside Catamaran</i>	40
Gambar V. 5 Tampak Atas <i>Flat Inside Catamaran</i>	40
Gambar V. 6 Model 3D <i>Flat Outside Catamaran</i>	41
Gambar V. 7 Tampak Atas <i>Flat Outside Catamaran</i>	41
Gambar V. 11 Perbandingan Body Plan	47

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1 Tabel <i>Original Hull</i>	24
Tabel IV. 2 Tabel <i>Asymmetric Hull</i>	24
Tabel IV. 3 Tabel <i>Blend Hull</i>	24
Tabel IV. 4 Hasil n <i>Running</i>	25
Tabel IV. 5 Tabel Untuk Membuat Grafik.....	25
Tabel IV. 6 Contoh Perintah Membuat Aplikasi.....	26
Tabel IV. 7 Fungsi Perintah Membuat Aplikasi.....	26
Tabel IV. 8 Contoh Perintah Membuka <i>File Maxsurf Modeler</i>	26
Tabel IV. 9 Fungsi Perintah Membuka File	27
Tabel IV. 10 Contoh Perintah untuk Mengubah Model	27
Tabel IV. 11 Fungsi Perintah Mengubah <i>Control Point</i>	28
Tabel IV. 12 Contoh Perintah Membuka <i>File Maxsurf Resistance</i>	28
Tabel IV. 13 Fungsi Perintah Membuka <i>File Maxsurf Resistance</i>	28
Tabel IV. 14 Contoh Perintah Menjalankan <i>Maxsurf Resistance</i>	29
Tabel IV. 15 Fungsi Perintah Menjalankan <i>Maxsurf Resistance</i>	29
Tabel IV. 16 Contoh Perintah Menyalin Hasil <i>Maxsurf Resistance</i>	30
Tabel IV. 17 Fungsi Perintah Menyalin Hasil.....	30
Tabel IV. 18 Contoh Perintah Menampilkan <i>Displacement</i>	30
Tabel IV. 19 Fungsi Perintah Menampilkan <i>Displacement</i>	31
Tabel IV. 20 Contoh Perintah Menjalankan Aplikasi	31
Tabel IV. 21 Fungsi Perintah Menjalankan Aplikasi	31
Tabel IV. 22 Contoh Perintah Membuat Grafik	32
Tabel IV. 23 Fungsi Perintah Membuat Grafik.....	32
Tabel IV. 24 Jumlah Iterasi	33
Tabel IV. 25 <i>Original Hull</i>	33
Tabel IV. 26 <i>Asymmetric Hull</i>	34
Tabel V. 1 Nilai Hambatan Model Awal.....	37
Tabel V. 2 Perbandingan <i>Displacement</i> Katamaran.....	42
Tabel V. 3 Perbandingan <i>Displacement</i> Dalam Persen.....	43
Tabel V. 4 Nilai Batasan Metode <i>Slender Body</i>	44
Tabel V. 5 Nilai Hambatan Gelombang	44
Tabel V. 6 Nilai Hambatan Kekentalan.....	45
Tabel V. 7 Nilai Hambatan Total	45
Tabel V. 8 Hambatan Total Minimum	46
Tabel V. 9 Perbandingan Nilai Hambatan Total	47

DAFTAR SIMBOL

C_{tot} = Koefisien hambatan total

C_f = Koefisien hambatan gesek

C_w = Koefisien hambatan gelombang

Loa = *Length Overall*

Lwl = *Length of waterline*

S = Jarak antar *demihull*

B = Lebar kapal

B₁ = Lebar *demihull*

C_b = Koefisien blok

F_n = *Froude Number*

T = Sarat

H = Tinggi

V_s = Kecepatan dinas

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Gili Ketapang adalah sebuah desa dan pulau kecil di Selat Madura, yang berjarak 8 km dari lepas pantai utara Probolinggo. Pulau ini secara administratif adalah bagian dari Kecamatan Sumberasih, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Gili Ketapang merupakan salah satu tujuan wisata alam di Kabupaten Probolinggo. Perahu motor merupakan satu-satunya transportasi yang menghubungkan Pulau Gili Ketapang dengan Pulau Jawa melalui Pelabuhan Tanjung Tembaga, Kota Probolinggo, dengan waktu tempuh sekitar 30 menit. Oleh sebab itu, dibutuhkan kapal penumpang yang dapat dijadikan transportasi menuju Pulau Gili Ketapang yang lebih layak, aman, dan lebih *modern* dengan memanfaatkan energi terbarukan. Menggunakan masalah tersebut, telah dilakukan pembuatan *design* kapal penumpang bertenaga surya pada Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018) dengan menggunakan *Parent Design Approach*. Kapal yang digunakan sebagai *parent ship* adalah kapal “SUN CAT 46” buatan dari “*Horizon Group*”. Tetapi desain kapal tersebut masih memiliki beberapa kekurangan. Pertama, kapal tersebut belum dilakukan proses optimisasi lambung. Kedua, kapal ini memiliki daya mesin induk yg cukup besar untuk kapal tenaga surya, yaitu sebesar 80 Hp dengan hambatan yang tidak terlalu besar sekitar 8.8 kN. Atas dasar kedua hal tersebut, dapat dilakukan optimisasi lambung untuk desain kapal tersebut. Proses optimisasi lambung itu sendiri dapat meminimumkan hambatan yang ditimbulkan oleh lambung *catamaran*. Sehingga daya yang diperlukan untuk kecepatan penuh akan lebih kecil dan optimum.

Proses optimisasi bentuk lambung dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan *Self Programing* (Zhang and Zhang, 2019). *Self Programing* merupakan bentuk optimisasi yang menggunakan program untuk menjalankan proses optimisasi secara otomatis. Cara ini dapat menggunakan program yang telah disediakan *developer* aplikasi desain ataupun dengan menggunakan program buatan sendiri. Salah satu contoh program yang telah disediakan adalah *Maxsurf Automation*. Program ini disediakan oleh *Bentley* untuk digunakan oleh pengguna melakukan proses otomatisasi desain. Program ini juga

menggunakan *Visual Basic* sebagai salah satu bahasa pemrograman yang tersedia pada *Microsoft*.

I.2. Perumusan Masalah

Ditinjau dari latar belakang yang ada, terdapat beberapa permasalahan yang akan diselesaikan meliputi:

1. Bagaimana membuat program *Visual Basic for Application* pada *Microsoft Excel* yang terhubung dengan *Maxsurf* untuk proses optimasi?
2. Bagaimana menentukan bentuk lambung kapal yang memiliki hambatan minimum?

I.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah

1. Membuat program *Visual Basic for Application* pada *Microsoft Excel* yang dihubungkan dengan *Maxsurf*.
2. Menghasilkan bentuk lambung optimal yang memiliki hambatan minimum.

I.4. Batasan Masalah

Ditinjau dari pekerjaan yang akan dilakukan, terdapat beberapa batasan yang selanjutnya menjadi fokus, meliputi:

1. Kapal yang dioptimasi dalam Tugas Akhir ini adalah kapal *catamaran* bertenaga surya pada Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018).
2. Koefisien blok, jarak antar *demihull* dan *depth* konstan.
3. Tidak melakukan perhitungan *Computational Fluid Dynamic*.
4. *Control point* yang digunakan berjumlah sama antara bentuk awal kapal dan bentuk akhir kapal.

I.5. Manfaat

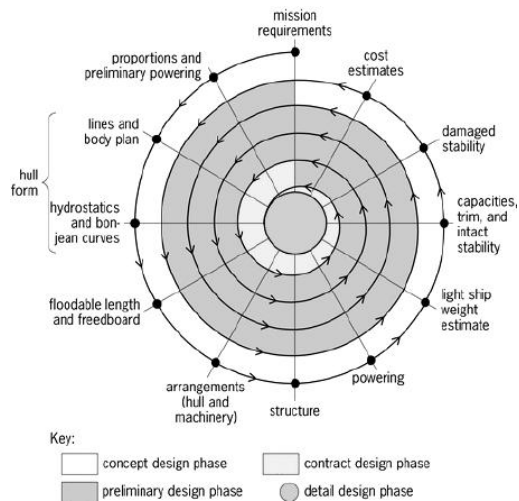
Adapun manfaat dari Tugas Akhir terhadap permasalahan yang ada di bidang ilmu, pengetahuan dan teknologi, meliputi:

1. Menghasilkan desain kapal penumpang yang memiliki bentuk lambung dengan hambatan minimum serta dapat mengurangi konsumsi daya motor.
2. Aplikasi yang dibuat dapat dimanfaatkan untuk mengoptimasi bentuk lambung kapal *catamaran*.

BAB II STUDI LITERATUR

II.1. Proses Desain Kapal

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Proses desain yang dilakukan secara berulang-ulang tersebut merupakan salah satu cara atau metode untuk menghasilkan gambar desain yang sesuai dengan spesifikasi produk yang akan dicapai. Hal itu berlaku pada saat proses desain kapal. Perencanaan dan analisis desain kapal dilakukan secara berulang kali agar mencapai hasil yang diinginkan. Desain ini digambarkan sebagai *spiral design* yang terlihat pada gambar II. 1.



Gambar II. 1 *Spiral Ship Design*

(sumber : Evans, 1959)

Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Watson, 1998).

II.1.1. *Concept Design*

Concept design atau konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi desainer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk

mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal.

II.1.2. Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan diagram spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan merupakan lintasan kedua pada diagram spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain

II.1.3. Contract Design

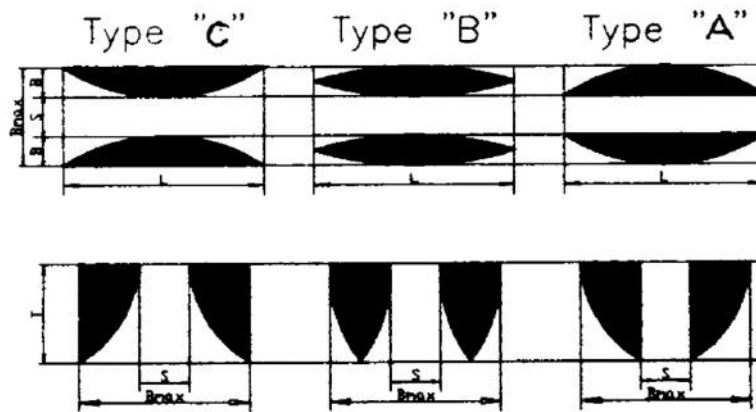
Tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*, yakni tahap pengembangan pendesainan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal.

II.1.4. Detail Design

Detail design adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang lebih detail secara menyeluruh. Tahapan ini mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk proses produksi.

II.2. Jenis Lambung Katamaran

Katamaran merupakan kapal yang memiliki dua buah lambung. Terdapat tiga jenis lambung katamaran yang terlihat pada gambar II. 2 sebagai berikut :



Gambar II. 2 Jenis Lambung Katamaran
(sumber : Hydrodynamic Optimization of Fast Displacement Catamarans, 1996)

Menurut gambar II. 2 di atas, jenis lambung katamaran dibagi menjadi tipe C, tipe B, dan tipe A. Tipe C merupakan katamaran asimetris dengan bagian dalam lurus. Lambung Tipe B merupakan katamaran simetris yang artinya kedua sisinya mempunyai bentuk sama. Jenis lambung terakhir adalah tipe A, dengan bentuk lambung asimetris dengan bagian luar lurus. Terlihat pada gambar II. 2 beberapa keterangan yang dijelaskan sebagai berikut:

- S = jarak antar sisi dalam *demihull*
- Bmax = lebar kapal katamaran
- B = lebar *demihull*
- L = *length overall*

II.3. Visual Basic for Application

Visual basic for application atau VBA, merupakan bahasa pemrograman yang diciptakan oleh *Microsoft*. VBA merupakan pengembangan dari *visual basic .NET* yang sudah ada di setiap produk dari *Microsoft*. Sehingga produk dari *Microsoft* dapat berjalan pada sistem komputer manapun asalkan terinstal *.NET Framework* (Hidayatullah, 2015). VBA juga digunakan pada *platform* lain seperti *AutoCAD* dan *Maxsurf*. Penggunaan VBA pada *Maxsurf*, memungkinkan pengguna untuk menghubungkannya pada aplikasi milik *Microsoft* seperti *Excel* dan *Word*. Hubungan antara keduanya dapat menghasilkan program yang memiliki banyak fungsi, contohnya otomatisasi. Program tersebut memungkinkan pengguna untuk melakukan pekerjaan lebih cepat yang seharusnya memakan waktu lama. Contoh program otomatisasi adalah perubahan *control point*.

Visual basic memiliki struktur data, struktur data sendiri adalah cara penyimpanan, penyusunan dan pengaturan data di dalam media penyimpanan komputer sehingga data tersebut dapat digunakan secara efisien. Pemahaman mengenai struktur data sangat penting

karena dapat berpengaruh terhadap keberhasilan program yang dibuat. Menurut Hidayatullah, dalam buku *Visual Basic .NET*, Informatika, Bandung, 2015 terdapat beberapa struktur data utama pada *visual basic* yaitu variable, konstanta, struktur percabangan, struktur pengulangan, dan prosedur.

II.3.1. Variabel

Variabel merupakan sebuah tempat yang memiliki nama, jenis, jenis masukan dan kapasitas. Setiap variabel yang digunakan, harus dideklarasikan terlebih dahulu. Deklarasi pada *visual basic* memiliki fungsi, yaitu meminta sistem operasi untuk mengalokasikan memori sesuai dengan kapasitas tipe data variabel yang digunakan. Variabel harus memiliki nama, karena nama tersebut dapat digunakan untuk memanggil jenis variabel dari nama tersebut ketika dibutuhkan. Nama variabel mempunyai batasan sebagai berikut:

1. Terdiri dari huruf, angka dan *underscore* (`_`).
2. Dimulai dengan huruf atau *underscore* (`_`).
3. Tidak boleh memakai nama perintah pada *visual basic*.

Variabel memiliki beberapa tipe data dengan fungsi yang berbeda. Secara garis besar tipe data dalam *visual basic* dibagi menjadi 5, sebagai berikut:

1. Tipe Data Numerik

Merupakan tipe data yang digunakan untuk menyimpan bilangan atau angka. Antara lain *integer*, *long*, *single*, dan *double*. *Integer* dan *long* digunakan untuk menyimpan bilangan bulat, sedangkan *single* dan *double* digunakan untuk menyimpan bilangan desimal.

2. Tipe Data *String*

String merupakan tipe data yang menyimpan data berjenis karakter.

3. Tipe Data *Boolean*

Tipe data *Boolean* adalah tipe data yang digunakan untuk menyimpan informasi yang hanya memiliki dua kemungkinan yaitu *true* atau *false*.

4. Tipe Data *Date*

Merupakan tipe data yang digunakan untuk menyimpan informasi waktu dan tanggal.

5. Tipe Data *Variant*

Merupakan tipe data untuk menyimpan segala jenis informasi namun memiliki kekurangan yaitu memori yang dipakai sangat boros.

II.3.2. Konstanta

Konstanta mirip dengan variabel tetapi nilainya tidak berubah selama program dijalankan. Nilai tersebut dapat berubah jika dideklarasikan oleh pengguna. Perintah konstanta dideklarasikan dengan menggunakan *Const* atau dapat langsung ditulis dengan menggunakan sama dengan (=).

II.3.3. Struktur Percabangan

Percabangan digunakan pada waktu suatu aksi akan dijalankan jika kondisi tertentu terpenuhi. Kondisi pada sebuah percabangan dapat berupa satu ataupun banyak. Begitu juga dengan aksi, dapat dijalankan satu ataupun banyak aksi. Beberapa bentuk percabangan dijelaskan sebagai berikut:

1. *If ... Then*

Bentuk ini apabila kondisi percabangan terpenuhi, maka aksi akan dilakukan. Jika kondisi percabangan tidak terpenuhi maka tidak ada yang dikerjakan.

2. *If...Then....Esle*

Variasi ini akan menjalankan aksi jika kondisi *true* terpenuhi. Jika kondisi tidak terpenuhi, maka aksi lain akan dijalankan sesuai dengan kondisi *false*.

3. *If...Then....Else If...Else*

Variasi ini sama dengan variasi nomor dua. Perbedaannya ada pada *Else If*, perintah ini digunakan untuk menjalankan kondisi yang bernilai *false* dengan kondisi yang banyak.

II.3.4. Struktur Pengulangan

Pengulangan adalah proses mengeksekusi sebuah atau beberapa pernyataan secara berulang-ulang sampai kondisi yang membatasi pengulangan tersebut terpenuhi. Apabila suatu pengulangan tidak mempunyai kondisi yang membatasi proses pengulangan, maka akan terjadi pengulangan abadi (*infinite looping*). Berikut beberapa struktur pengulangan:

1. *For Each Next*

Perintah ini melakukan pengulangan untuk semua nilai yang disebutkan pada kondisi yang diberikan. Variabel yang diulang adalah variabel bertipe *array* atau grup.

2. *For.... Next*

Perintah ini melakukan pengulangan untuk semua nilai yang disebutkan pada kondisi yang diberikan. Variabel yang diulang adalah variabel bertipe numerik atau angka.

3. *Do While ... Loop*

Pengulangan ini berjalan selama kondisi yang diberikan masih bernilai benar atau *true*. Jika bernilai salah atau *false*, maka pengulangan akan berhenti.

II.3.5. Prosedur

Prosedur merupakan sebuah blok program yang di dalamnya dapat dituliskan kode program. Pada prosedur tidak ada nilai output atau *return value*. Sebuah prosedur dapat memiliki parameter ataupun tidak. Parameter pada prosedur dapat berjumlah lebih dari satu. Parameter berfungsi untuk memberikan nilai masukan atau *input* ke dalam prosedur. Pernyataan pada prosedur akan dieksekusi apabila prosedur tersebut dipanggil. Sebuah prosedur didefinisikan dengan kata kunci *Sub* dan *End Sub* sedangkan pernyataan dari prosedur ditulis di antara keduanya.

II.4. Maxsurf Automation

Maxsurf Automation merupakan sebuah fitur yang diberikan oleh *Bentley* yang fungsinya untuk memprogram produk *Maxsurf* untuk dapat dijalankan menggunakan *Visual Basic for Application* baik secara otomatisasi. Otomatisasi pada *Maxsurf*, memberikan akses kepada pengguna ke berbagai obyek yang dapat digunakan untuk mengontrol aplikasi dan data pada *Maxsurf* menggunakan perintah-perintah VBA. Karena akses tersebut, *Maxsurf Modeler*, dan *Maxsurf Resistance* dapat dikontrol menggunakan *Microsoft Excel* sehingga memudahkan proses desain kapal. *Maxsurf Automation* menggunakan teknologi COM yaitu *Microsoft's Component Object Model* sehingga *Maxsurf Automation* juga dapat digunakan menggunakan bahasa lain seperti *Visual C++*, *Java*, *Compaq Visual Fortran* dan bahasa lain yang menggunakan COM (*Automation Manual, 2013*). Banyak hal yang dapat dilakukan oleh *Maxsurf Automation*, salah satunya adalah mengubah posisi *control point* pada model

kapal. Fitur ini juga memungkinkan penggabungan proses otomatisasi antara *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance*.

II.4.1. Maxsurf Modeler

Maxsurf Modeler adalah sistem pemodelan *surface* tiga dimensi yang digunakan dalam bidang desain bangunan laut termasuk kapal. Selain itu juga digunakan untuk proses optimisasi dari desain kapal. *Maxsurf Modeler* dilengkapi dengan perhitungan hidrostatik sehingga pengguna dapat mudah melakukan percobaan dengan mengkesplorasi bentuk dan desain parameter dari perhitungan tersebut. *Maxsurf Modeler* juga memiliki kemampuan untuk memproses *surface* lebih dari satu, sehingga dapat memberikan keleluasaan pengguna dalam mendesain bentuk lambung (*Modeler Manual*,2013). Program ini juga menyediakan bentuk *linesplan* dari model tiga dimensi kapal.

II.4.2. Maxsurf Resistance

Maxsurf Resistance merupakan program dari *Bentley* untuk memprediksi hambatan dari lambung kapal. Program ini dapat menghitung berbagai jenis lambung *monohulls* dan *multihulls* (*Resistance Manual*,2013). Program ini dapat menghasilkan prediksi hambatan dengan memberikan jangka kecepatan minimum dan maksimum, dan tergantung dengan metode yang dipakai. Perlu digaris bawahi, bahwa perhitungan prediksi hambatan bukan merupakan ilmu pasti dan hanya sebatas algoritma yang diterapkan pada *software* ini. Walaupun hasil yang ditampilkan dapat berguna untuk mengestimasi hambatan kapal. Secara garis besar komponen total hambatan dirumuskan pada (2.1).

$$\text{Total Resistance} = \text{Wave} + \text{Viscous} = \text{Residuary} + \text{Friction} \quad (2.1)$$

Adapun rumus hambatan total untuk kapal *multihull* (Molland et al., 2011) ditunjukkan pada (2.2).

$$C_{tot} = (1 + \beta k) * C_f + \tau * C_w \quad (2.2)$$

Maxsurf Resistance menyediakan metode yang cocok digunakan untuk kapal katamaran yaitu metode *Slender Body*. Metode ini berdasarkan dari *viscous resistance* ITTC'57 dengan menggunakan koefisien gesek dan menggunakan rumus (2.2) untuk katamaran. Metode *Slender Body* merupakan metode yang mengasumsikan bentuk badan kapal yang ramping dengan rasio panjang dan lebar kapal.

II.5. Exhaustive Search

Exhaustive search adalah teknik pencarian solusi secara *brute force* untuk masalah yang melibatkan pencarian elemen dengan sifat khusus. Pencarian solusi terbaik dari objek-objek dengan criteria tertentu dengan menggunakan algoritma *Exhaustive search* adalah dengan mencari semua kombinasi dan permutasi dari objek-objek yang ada. Semakin banyak objek, semakin banyak juga kemungkinan solusinya. Biasanya kompleksitas waktu dari algoritma *Exhaustive search* masih heksponensial, sehingga algoritma ini cenderung untuk dihindari walaupun solusi yang ditemukan adalah solusi yang terbaik. Untuk mempercepat pencarian solusi dengan *exhaustive search* dapat digunakan suatu teknik yang disebut teknik *heuristic* (Wilson,1999). Salah satu teknik ini adalah mengeliminasi kemungkinan solusi yang tidak mungkin menjadi solusi terbaik, ataupun mengadopsi metode lain.

II.6. Tinjauan Pustaka

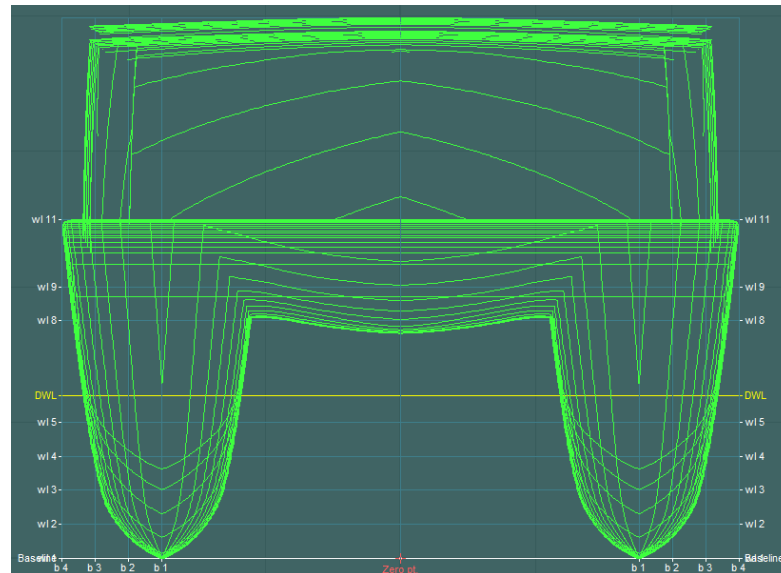
Ada dua tinjauan pustaka yang dipakai referensi dalam pengerjaan kasus ini. Pertama adalah Tugas Akhir Abdul Hamdan dengan judul “Desain Kapal Penumpang Bertenaga Surya Sebagai Sarana Transportasi di Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Problinggo”. Kedua adalah Tugas Akhir Varisha Zumar dengan judul “Desain Multipurpose Landing Craft Tank (LCT) Menggunakan Metode Optimisasi Global dan Lokal”.

1. Tugas Akhir Abdul Hamdan

Kapal yang digunakan untuk proses optimasi menggunakan *Maxsurf Automation* adalah kapal dari Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018) yang merupakan kapal katamaran bertenaga surya dengan rute Probolinggo - Gili Ketapang. Kapal ini memiliki ukuran utama sebagai berikut:

Panjang kapal seluruh (Loa)	=	14.120	m
Panjang kapal yang tercelup air (Lwl)	=	13.850	m
Lebar kapal (B)	=	5.000	m
Lebar <i>demihull</i> (B1)	=	1.480	m
Tinggi kapal (H)	=	2.500	m
Sarat (T)	=	1.200	m
Koefisien blok (Cb)	=	0.57	
Jarak antar <i>demihull</i> (S)	=	3.520	m
Kecepatan dinas (VS)	=	8.100	knot

Tampak depan dari kapal tersebut dapat dilihat pada gambar II. 3. Gambar II.3 memiliki 24 *surface* termasuk *surface* bangunan atas. *Surface* yang dipakai pada optimasi bentuk lambung hanya *surface* yang membentuk lambung kapal dan *surface* yang berada di bawah garis air.



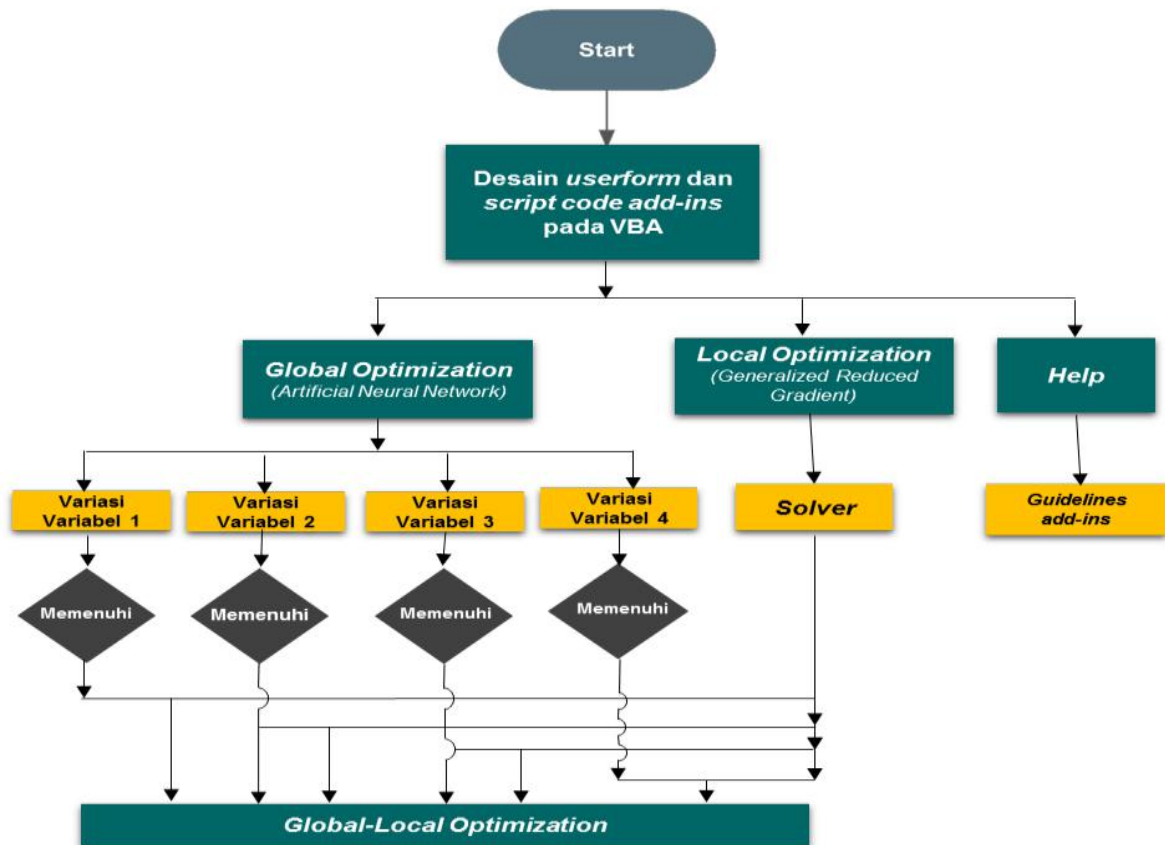
Gambar II. 3 Tampak Depan Model Awal Kapal Katamaran

(sumber: Desain Kapal Penumpang Bertenaga Surya Sebagai Sarana Transportasi di Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Problinggo,2018)

2. Tugas Akhir Varisha Zumar

Tugas Akhir Varisha Zumar (2018) membahas mengenai optimasi biaya pembangunan kapal menggunakan bantuan dari *Visual Basic* pada *Excel*. Pembuatan program tersebut terdiri atas dua tahap utama, yaitu penyusunan *userform* dan melakukan *coding* program. Cara kerja program hampir serupa dengan *add-ins solver* yang tersedia di *Excel*, namun pada program ini range dari variabel minimum dan maksimum dapat ditentukan sendiri. Sehingga pengguna dapat mendapatkan kombinasi variabel sesuai dengan kebutuhan. Contoh bagan alir pemrograman pada Tugas Akhir Varisha Zumar dapat dilihat pada gambar II.4. Terdapat 2 metode yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan optimisasi yaitu optimisasi global dan lokal. Optimisasi global mengacu pada menemukan nilai optimal dari fungsi yang diberikan di antara semua solusi yang mungkin, sedangkan optimisasi lokal menemukan nilai optimal pada kandidat solusi. Optimisasi global maupun lokal masing-masing mempunyai kelemahan. Jika optimisasi hanya dilakukan dengan metode lokal maka pemecahan masalah hanya terbatas pada optima lokal yang nilai yang didapatkan berpeluang cukup jauh dari optima global dan dapat beresiko nilai yang didapatkan terjebak pada wilayah yang terendah

sehingga menghasilkan nilai yang kurang optimal. Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika metode optimisasi hanya menggunakan optimisasi global, maka nilai yang didapatkan bersifat umum/global namun hasil yang didapatkan kurang mampu mencapai nilai yang tertinggi (nilai optima), optimisasi global membutuhkan kalkulasi yang panjang agar nilai optima yang didapatkan akurat.



Gambar II. 4 Contoh Bagan Alir Pemrograman (sumber: Desain Multipurpose Landing Craft Tank (LCT) Menggunakan Metode Optimisasi Global dan Lokal,2018)

BAB III METODOLOGI

III.1. Proses Pengerjaan

Tugas akhir mengenai optimisasi bentuk lambung kapal penumpang, dalam pengerjaan terdapat beberapa tahapan di dalamnya. Tahap-tahap tersebut dapat dilihat pada gambar III.1. Adapun secara garis besar, tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir meliputi:

III.1.1. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini adalah data *linesplan* kapal penumpang pada Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018) dalam bentuk file *Maxsurf*. Data ini didapatkan dengan cara menghubungi pihak yang bersangkutan. Sedangkan data pendukung lainnya didapatkan dari laporan Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018). Data tersebut selanjutnya diubah sesuai dengan kebutuhan untuk mencari nilai hambatan kapal awal dan sebagai model acuan dalam pembuatan program.

III.1.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan agar lebih memahami permasalahan yang ada, sehingga dapat menjadi landasan yang selanjutnya digunakan dan disusun menjadi sebuah hipotesa awal. Studi literatur yang dilakukan adalah pemahaman mengenai bentuk lambung *catamaran*, variabel bentuk lambung yang mempengaruhi hambatan, metode perhitungan hambatan dan pemahaman mengenai bahasa pemrograman *Visual Basic*. Studi literatur didapatkan dari jurnal internasional, buku, dan manual.

III.1.3. Pemodelan *Maxsurf Modeler*

Pemodelan kasus optimisasi optimisasi pada tugas akhir ini memiliki beberapa langkah, mulai dari pemodelan kapal pada *Maxsurf Modeler* hingga proses perhitungan hambatan menggunakan *Maxsurf Resistance*. Model awal dibuat dengan *Maxsurf Modeler* dan diubah sesuai dengan kebutuhan optimisasi. Model tersebut nantinya akan divariasikan menjadi bentuk lain menggunakan perintah dari VBA.

III.1.4. Perhitungan Hambatan

Metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung hambatan berasal dari sebuah jurnal mengenai hambatan yang ditimbulkan kapal *catamaran* (Molland, 1991). Program yang

dipakai adalah *Maxsurf Resistance* dengan menggunakan metode *Slender Body*. Proses perhitungan ini nantinya akan dikontrol menggunakan bahasa *visual basic*. Perhitungan hambatan ini dilakukan setelah *Maxsurf Modeler* membuat variasi bentuk lambung. Setiap model dari variasi bentuk lambung, dihitung secara otomatis menggunakan VBA atau *Visual Basic for Application*. Setiap hasil yang didapatkan dari proses tersebut akan ditampilkan di *Excel* sebagai data hasil perhitungan hambatan.

III.1.5. Pembuatan *Interface Software*

Proses *interface* atau penghubungan antara *Microsoft Excel* dengan *Maxsurf Modeler* dilakukan setelah model kapal pada *maxsurf* dibuat. Kedua *software* tersebut dapat dihubungkan dengan menggunakan bahasa pemrograman *visual basic*. Bahasa pemrograman tersebut digunakan untuk melakukan perintah dari *Microsoft Excel* ke *Maxsurf Modeler* secara otomatis. Beberapa perintah yang digunakan adalah perintah untuk membuka file *maxsurf* dan perintah merubah *control point*. Proses *Interface* juga dilakukan terhadap *Microsoft Excel* dengan *Maxsurf Resistance*. Hal tersebut dilakukan agar program dapat menghitung nilai hambatan secara otomatis. Proses ini juga dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *visual basic*.

III.1.6. Analisis Hasil

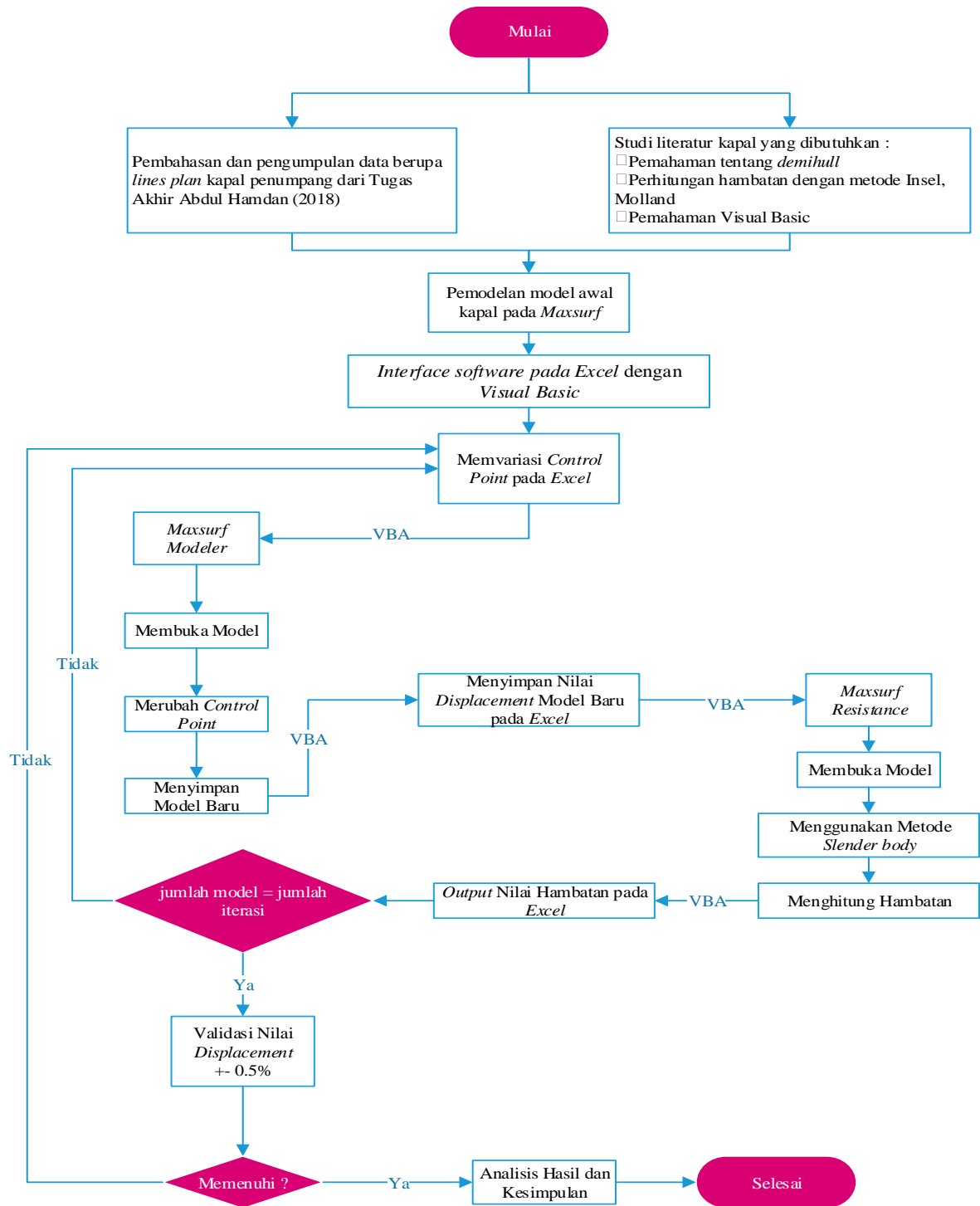
Setelah membuat dan mengoperasikan *interface software*, maka selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan validasi terhadap nilai *displacement*. Setelah validasi selesai dan memenuhi kriteria yang diinginkan maka langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil dari perhitungan hambatan tersebut. Analisis yang dilakukan mengacu pada literatur dan teori yang sudah ada. Bahasa pemrograman juga dibahas untuk menjelaskan alur pemrograman atau logika pemrograman.

III.1.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, hasil analisis, evaluasi beserta masukan yang didapat dalam pengembangan tugas akhir dirangkum dan disimpulkan untuk dilakukan pengembangan lebih lanjut.

III.2. Bagan Alir

Penjelasan pada subbab III.1 digambarkan dengan bagan alir atau *flowchart* pada gambar III.1 di bawah ini. Bagan alir tersebut merupakan bagan alir umum yang mencakup proses pengumpulan data, studi literatur, alur program hingga kesimpulan.



Gambar III. 1 Bagan Alir Umum

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PEMBUATAN PROGRAM

IV.1. Pendahuluan

Pembuatan program merupakan bagian penting untuk bias mendapatkan suatu desain lambung kapal yang optimum. Langkah pengerjaan pembuatan program dibahas dan dijelaskan pada bab ini. Mulai dari pemodelan lambung *catamaran* pada *Maxsurf Modeler*, aktivasi *Maxsurf Link* pada *Microsoft Excel*, penulisan program dengan *visual basic for application* dan *running* program pada *Microsoft Excel*. Fungsi objektif (*objective function*) yang merupakan tujuan utama dalam proses optimisasi program ini adalah meminimalkan nilai hambatan total kapal katamaran dengan *constrain* nilai *displacement* kapal dan variabelnya adalah koordinat *control points*.

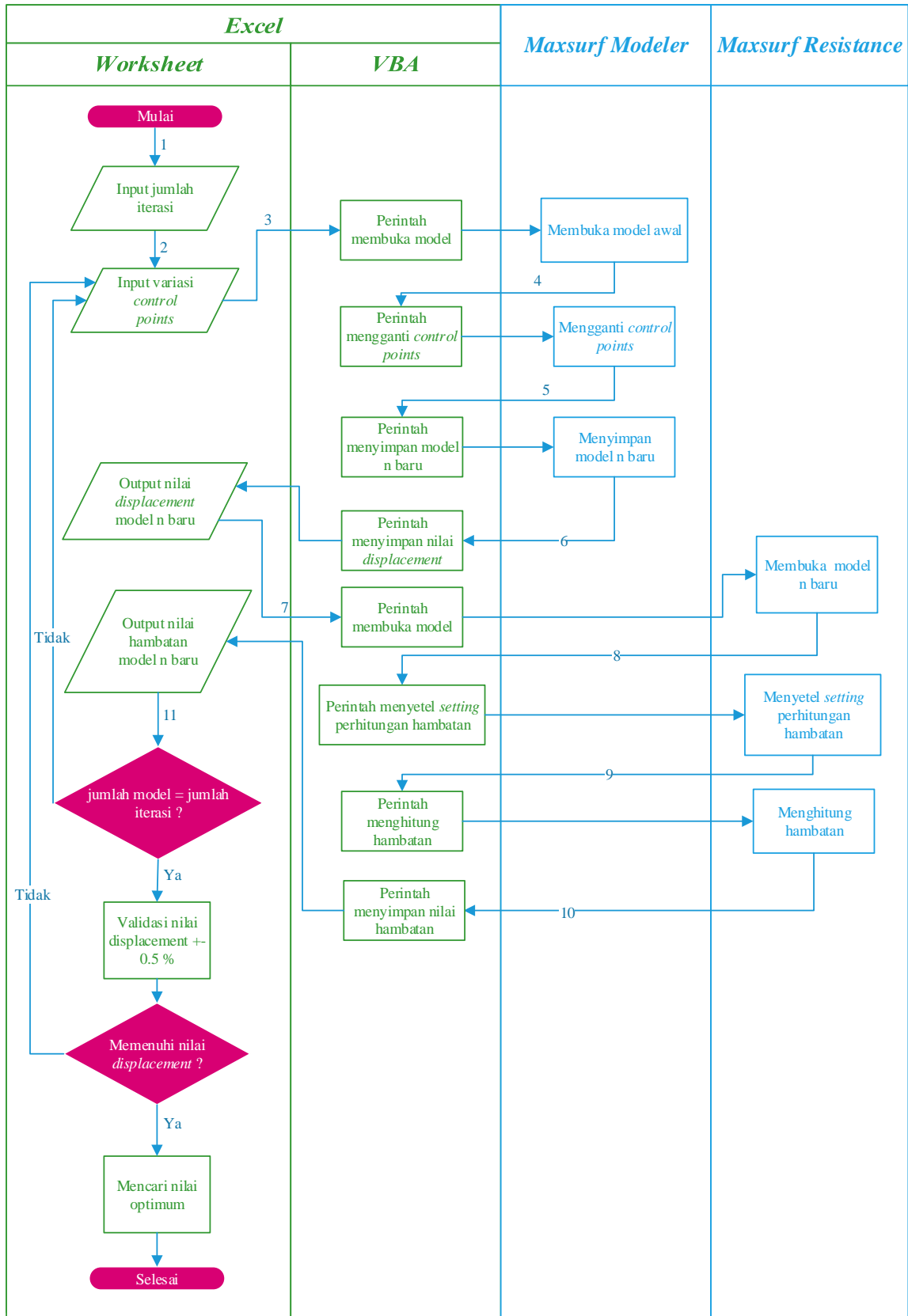
IV.2. Algoritma Pemrograman

Algoritma pemrograman adalah alur atau langkah program untuk menyelesaikan suatu masalah yang diberikan. Algoritma yang dimaksud pada program ini adalah langkah-langkah bagaimana *Excel* dapat merubah model pada *Maxsurf Modeler* dan dapat menghitung hambatan pada *Maxsurf Resistance*. Lebih jelasnya hubungan antara *Excel*, *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance* dapat dilihat pada gambar IV.1 berikut.



Gambar IV. 1 Hubungan *Excel*, *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance*

Antara *Excel* dengan *Maxsurf Modeler* dan antara *Excel* dengan *Maxsurf Resistance* dihubungkan dengan VBA. VBA digunakan oleh *Excel* untuk mengontrol perintah-perintah yang diberikan kepada *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance* untuk melakukan pekerjaan tertentu. *Input* dan *output* dari program ini diisi dan disajikan di lembar kerja pada *Excel*. *Input* meliputi variasi *control points* dan jumlah iterasi sedangkan *output* meliputi hasil perhitungan hambatan total dari *Maxsurf Resistance*. Perintah-perintah yang ditulis di program untuk melakukan proses optimisasi ini menggunakan bahasa *Visual Basic* yang dijelaskan pada subbab IV.6. Langkah-langkah dari pemrograman ini dapat dilihat pada bagan alir pemrograman di gambar IV.2.



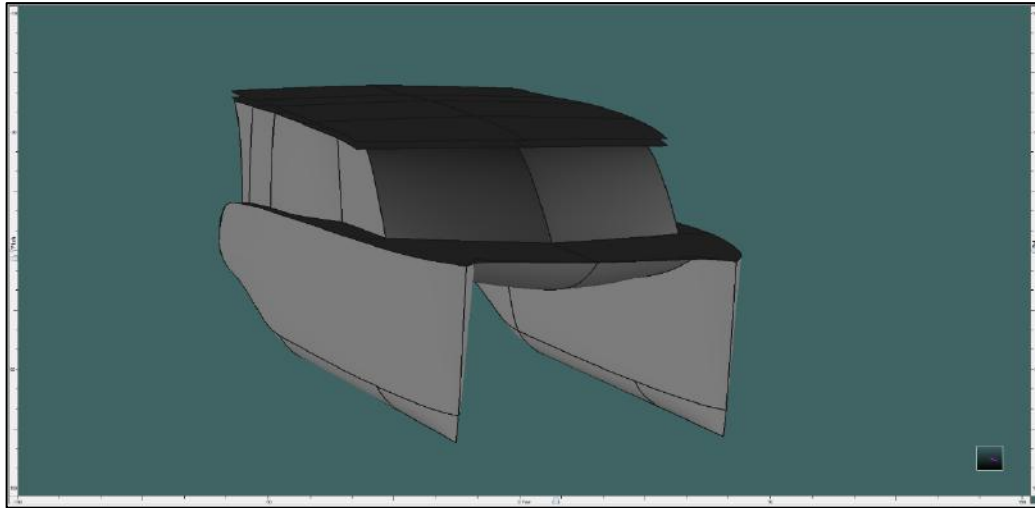
Gambar IV. 2 Bagan Alir Pemrograman

Penjelasan bagan alir pemrograman dijelaskan dengan poin-poin berikut :

1. Pada *Excel*, jumlah iterasi diinput secara manual. Jumlah iterasi ini dipakai untuk menentukan berapa banyak model yang akan dihasilkan.
2. Pada *Excel*, *control points* divariasikan untuk mendapatkan rasio perubahan model. Rumus yang dipakai ditunjukkan pada (5.1), (5.2), (5.3), dan (5.4). Rumus tersebut berguna untuk menjaga ke-*smooth* bentuk *linesplan*
3. *Excel* menjalankan aplikasi *Maxsurf Modeler* menggunakan perintah VBA pada tabel IV.6 dan *Maxsurf Modeler* membuka *file* model *parent hull* dengan menggunakan perintah VBA pada tabel IV.8.
4. *Maxsurf Modeler* merubah koordinat *control points* dengan menggunakan perintah VBA pada tabel IV.10.
5. *Maxsurf Modeler* lalu menyimpan *file* model baru dengan perintah VBA pada tabel IV.20.
6. *Excel* menyalin nilai *displacement* model baru dengan perintah VBA pada tabel IV.18.
7. *Excel* menjalankan aplikasi *Maxsurf Resistance* menggunakan perintah VBA pada tabel IV.6 dan *Maxsurf Resistance* membuka *file* model baru dengan menggunakan perintah VBA pada tabel IV.12.
8. *Maxsurf Resistance* menyetel *setting* perhitungan hambatan dengan perintah VBA pada tabel IV.14.
9. *Maxsurf Resistance* menghitung hambatan model baru dengan perintah VBA pada tabel IV.14.
10. *Excel* menyalin nilai hambatan yang dihasilkan dari perhitungan hambatan model baru dengan menggunakan perintah VBA pada tabel IV.16.
11. *Excel* memeriksa jumlah iterasi perubahan model. Jika jumlah model yang dihasilkan belum sama dengan jumlah iterasi, maka alur proses akan kembali ke poin 2. Jika sudah, *Excel* akan memvalidasi nilai *displacement* setiap model yang dihasilkan dengan model awal dengan batasan selisih 0.5%. Jika model memenuhi nilai validasi, maka langkah selanjutnya *Excel* akan mencari nilai hambatan total optimum lalu selesai.

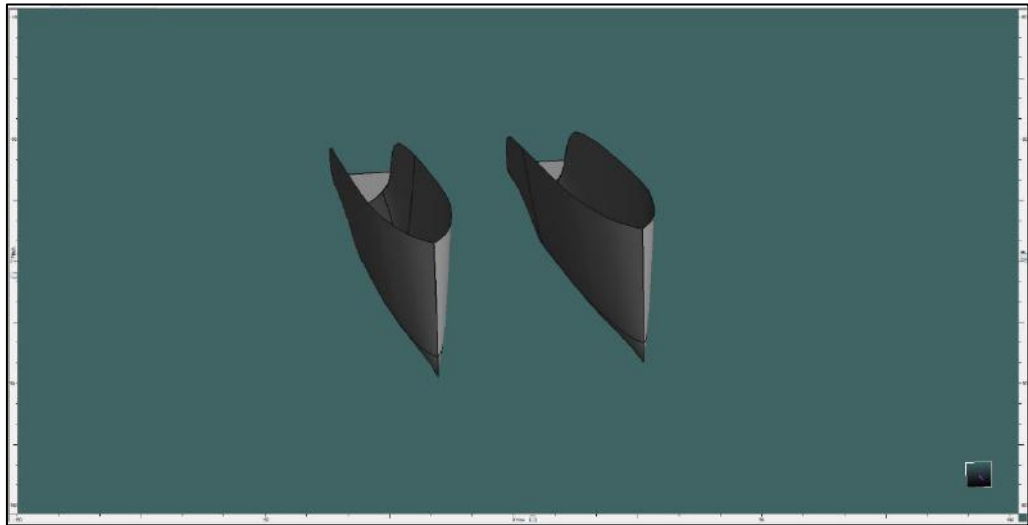
IV.3. Pemodelan *Catamaran* pada *Maxsurf*

Model kapal yang digunakan berasal dari tugas akhir Abdul Hamdan (2018) dalam format “.msd” ditunjukkan pada gambar IV. 3. *Surface* pada kapal harus dihilangkan beberapa saat pembuatan program agar tidak membebani kerja program. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

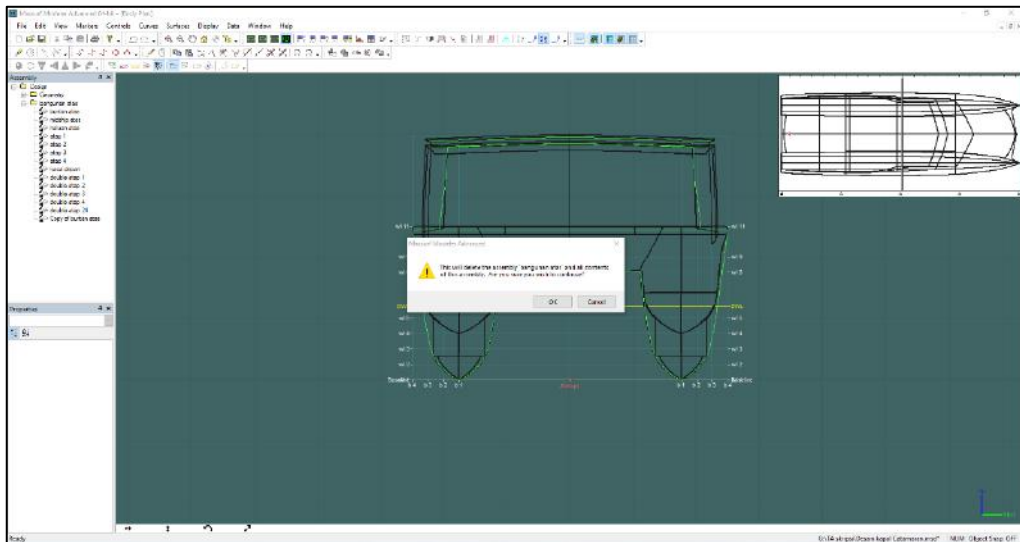


Gambar IV. 3 Model Awal 3D Katamaran

1. Membuka file menggunakan *Maxsurf Modeler*, lalu pada *toolbar assembly* > *bangunan atas* > klik kanan > *delete* > akan ada dialog peringatan seperti pada gambar IV. 3 > tekan *yes*, maka *surface* bangunan atas akan hilang.
2. *Surface* selanjutnya yang harus hilang adalah *cross deck* dan *deck*, dengan cara memblok *cross deck* pada tampilan *perspective* > klik kanan > *delete surface*, maka *surface cross deck* akan hilang. Hasil akhir yang didapat berupa *surface* lambung dan *transom*.
3. Membuat variasi bentuk lambung kapal yang berbentuk *flat inside* dan *flat outside* secara manual untuk nantinya diambil *control point*-nya.



Gambar IV. 4 *Surface* yang sudah dihapus



Gambar IV. 5 Peringatan Penghapusan *Surface*

IV.4. Aktivasi *Maxsurf Link Automation Library*

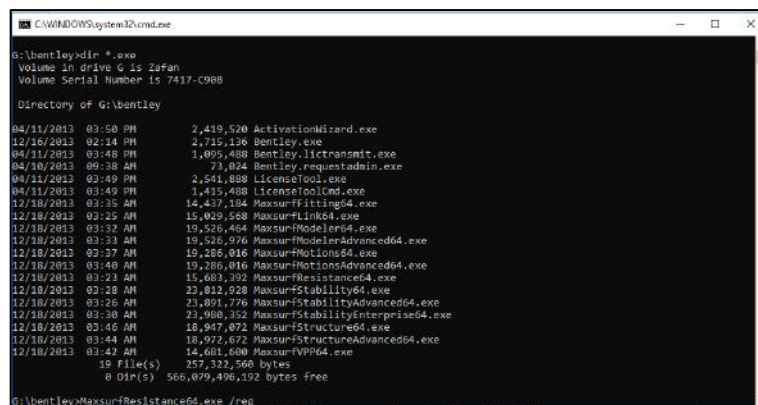
Program ini memerlukan 3 (tiga) *software* utama yaitu *Maxsurf Modeler*, *Maxsurf Resistance*, dan *Microsoft Excel*. Ketiga-tiganya harus saling terhubung, agar program dapat berjalan. Langkah-langkah berikut perlu dilakukan untuk mengaktifkan koneksi antara ketiga program.

1. Memastikan *Maxsurf* sudah teregistrasi pada *windows registry*, dengan cara membuka *cmd.exe* > tulis perintah dimana *file maxsurf modeler* berada dan diawali dengan `cd "G:\bentley"` > tulis `dir *.exe`, maka akan muncul program *maxsurf* jendela `cmd` > tulis `MaxsurfResistance64.exe /reg` > `enter` > tulis

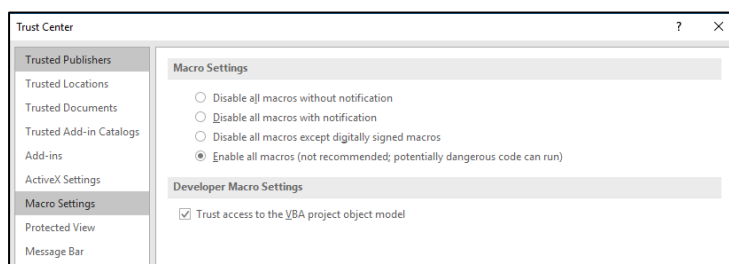
MaxsurfModelerAdvance64.exe /reg (terdapat pada gambar IV. 6) > *enter*. Maka maxsurf sudah teregistrasi pada *windows registry*.

2. Mengaktifkan *macro VBA Project* pada *Mircrosoft Excel*. Pertama buka dokumen baru *Microsoft Excel* > *file* > *option* > *trust center* > *trust center setting* > *macro settings* > *enable all macros* dan centang *trust access to VBA project* (terdapat pada gambar IV. 7). Maka *file excel* dapat menggunakan *VBA project*.
3. Mengaktifkan *reference VBA Project* pada *Microsoft Excel*. Pertama buka tab *Developer*, (jika belum ada klik *file* > *option* > *customize ribbon* lalu centang *developer tab*) > klik *Visual Basic* lalu akan muncul jendela *Visual Basic* > klik *tools* > *references* lalu centang *Bentley Link 1.1 automation library*, *Bentley Modeler 1.1 automation library*, *Bentley Resistance 1.1 automation library* (terdapat pada gambar IV. 8).

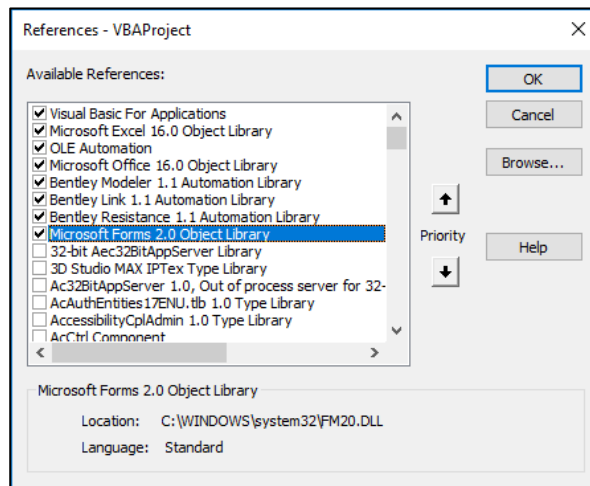
Setelah langkah di atas selesai, maka *Microsoft Excel* dapat terhubung dengan program *Maxsurf* dengan menggunakan *VBA* atau *Visual Basic for Application*. Pada subbab IV.5 akan membahas mengenai pembuatan *worksheet* dan tabel-tabel yang digunakan oleh penulis untuk menjalankan program *VBA*.



Gambar IV. 6 *cmd Windows*



Gambar IV. 7 *Menu Trust Center*



Gambar IV. 8 Menu *References*

IV.5. Membuat Lembar Kerja pada *Microsoft Excel*

Ketiga program yang telah terhubung, selanjutnya dapat dibuat *worksheet* pada *Mircosft Excel*. Lembar kerja atau *worksheet* yang pertama berisi tabel *control point*, dan *command button*. Lembar kerja kedua berisi tabel hasil perhitungan *Maxsurf Resistance*, sedangkan lembar kerja ketiga berisi grafik hasil perhitungan dari lembar kerja kedua. Selanjutnya lembar kerja pertama diberi nama “*controlpoint*”, lembar kerja kedua diberi nama “*Hasil*”, dan lembar kerja ketiga bernama “*grafik*”. Langkah pembuatan dijelaskan pada subbab selanjutnya.

IV.5.1. Membuat Tabel *Control Points*

Terdapat 3 tabel *control point* yang dibuat, yaitu tabel *original hull*, *asymmetric hull* dan *blend hull*. Tabel *original hull* berisikan koordinat *control point* yang berasal dari *surface* lambung *catamaran* awal, dalam hal ini merupakan model dari Tugas Akhir Abdul Hamdan (2018). Tabel *asymmetric hull* berisi koordinat *control point* dari *surface* lambung *catamaran* dengan bentuk lambung *flat inside* dan lambung *flat outside*. Koordinat ini nantinya digunakan untuk membuat koordinat interpolasi. Tabel *blend hull* merupakan tabel interpolasi koordinat dari tabel *original hull* dengan tabel *asymmetric hull*. Tabel *blend hull* juga yang digunakan sebagai *input* dari perubahan bentuk lambung secara otomatis pada *Maxsurf Modeler* dengan menggunakan perintah VBA. Masing-masing tabel berisi 5 kolom yaitu “*Row*” atau baris *control point*, “*Col*” atau kolom *control point*, “*Pos*” atau posisi memanjang, “*Height*” atau posisi ketinggian, dan “*Offset*” atau posisi lebar dari *control point*.

Tabel IV. 1 Tabel *Original Hull*

Original Hull				
Row	Col	Pos	Height	Offset
i		i		
i		i		
i		i		
i		i		

Tabel IV. 2 Tabel *Asymmetric Hull*

Asymmetric Hull				
Row	Col	Pos	Height	Offset
i		i		
i		i		
i		i		
i		i		

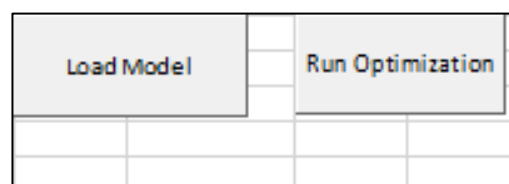
Tabel IV. 3 Tabel *Blend Hull*

Blend Hull				
Row	Col	Pos	Height	Offset
i		i		
i		i		
i		i		
i		i		

IV.5.2. Membuat *Command button*

Command button merupakan perintah pada *visual basic* yang berbentuk tombol. Tombol ini digunakan untuk memudahkan *user* atau pengguna dalam menggunakan program optimasi. Salah satu fungsinya adalah membuka file dan menjalankan program optimasi. Tombol tersebut terhubung dengan perintah perubahan *control point* menggunakan bahasa pemrograman pada *visual basic*. Berikut cara untuk membuat *command button* pada lembar kerja *Microsoft Excel*:

1. Pada *tab developer*, klik *Insert*
2. Lalu pilih *command button*



Gambar IV. 9 Contoh *Command Button*

Selanjutnya contoh perintah dalam *command button* ditulis menggunakan *visual basic* yang dijelaskan pada subbab IV.6.

IV.5.3. Membuat Tabel Hasil *Maxsurf Resistance*

Tabel hasil *Maxsurf Resistance* merupakan tabel yang berisikan hasil perhitungan dari *Maxsurf Resistance*. Tabel ini dibuat dengan menggunakan perintah VBA dan berisikan Cf, Cr, Cv, Cw, Ct, Rf, Rr, Rv, Rw, Rt, v, dan Power. Tabel ini secara otomatis akan terisi seiringan dengan berjalannya program dan pergantian model. Metode yang digunakan untuk mengisi nilai tabel ini adalah metode *Slender Body One Plus K* dengan *Molland*. Selanjutnya *value* dari tabel ini digunakan secara otomatis untuk membuat grafik pada lembar kerja ketiga. Berikut tabel IV. 4 merupakan tampilan tabel hasil *Maxsurf Resistance*:

Tabel IV. 4 Hasil n *Running*

Hasil n Running												
Velocity [knot]	Velocity [m/s]	Friction resistance coefficient	Residuary resistance coefficient	Wave resistance coefficient	Viscous resistance coefficient	Total resistance coefficient	Friction resistance [N]	Residuary resistance [N]	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]	Total Power (W)

IV.5.4. Membuat Grafik Dari Hasil *Maxsurf Resistance*

Grafik yang ada pada lembar kerja ketiga berisikan *value* dari tabel hasil perhitungan *Maxsurf Resistance* pada lembar kerja kedua. Grafik ini berjenis *scatter* dan dibuat secara otomatis dengan menggunakan perintah VBA. Sebelum pembuatan grafik, nilai dari tabel hasil dipindahkan dari lembar kerja “Hasil” ke lembar kerja “grafik” dengan menggunakan perintah VBA. Dengan begitu, setiap perubahan model akan tercatat pada lembar kerja “Hasil” yang satu persatu dipindahkan secara berurutan ke lembar kerja “grafik” yang akan digunakan untuk pembuatan grafik. Dalam grafik, sumbu x merupakan perubahan model

Tabel IV. 5 Tabel Untuk Membuat Grafik

Hasil n Running												
Sumbu X	Sumbu Y											
Model	Velocity [m/s]	Friction resistance coefficient	Residuary resistance coefficient	Wave resistance coefficient	Viscous resistance coefficient	Total resistance coefficient	Friction resistance [N]	Residuary resistance [N]	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]	Total Power (W)

sedangkan sumbu y merupakan nilai hasil dari perhitungan *Maxsurf Resistance*. Contoh tabel pada lembar kerja “grafik” dapat dilihat pada tabel IV. 5.

IV.6. Membuat Perintah Program dengan *Visual Basic*

Perintah atau *syntax* yang dituliskan dengan bahasa pemrograman *Visual Basic* dibutuhkan untuk dapat menjalankan program optimasi dari/ke proses pengerjaan *Microsoft Excel* ke/dari proses perubahan *Maxsurf Modeler* dan proses perhitungan *Maxsurf Resistance*. Perintah-perintah ini ditulis di *Visual Basic for Application* yang sudah ada pada *Microsoft Excel*. Perintah-perintah yang terdapat pada *Excel* dapat dilihat pada *Object Browser* atau dengan menekan *keyboard* F2, termasuk perintah pada *Maxsurf Link*. Untuk lebih jelasnya, setiap perintah akan dijelaskan pada subbab berikut :

IV.6.1. Perintah untuk Membuat Aplikasi

Berikut merupakan perintah untuk membuat aplikasi *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance* pada *Excel*:

Tabel IV. 6 Contoh Perintah Membuat Aplikasi

```
Public MaxMod As New BentleyModeler.Application
Public MaxRes As New BentleyResistance.Application
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 7 di bawah ini.

Tabel IV. 7 Fungsi Perintah Membuat Aplikasi

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
Public MaxMod As New BentleyModeler.Application	>"Public" merupakan <i>routine</i> perintah >"MaxMod" adalah nama program >"As New" merupakan perintah membuat program >"BentleyModeler.Application" merupakan jenis program dari <i>Maxsurf Modeler</i>
Public MaxRes As New BentleyResistance.Application	>"Public" merupakan <i>routine</i> perintah >"MaxRes" adalah nama program >"As New" merupakan perintah membuat program >"BentleyModeler.Application" merupakan jenis program dari <i>Maxsurf Resistance</i>

IV.6.2. Perintah untuk Membuka *File Maxsurf Modeler*

Berikut merupakan perintah untuk membuka *file* ".msd" yaitu tipe *file* dari *Maxsurf Modeler* :

Tabel IV. 8 Contoh Perintah Membuka *File Maxsurf Modeler*

```
Sub LoadModel()
```



```
MaxMod.Design.Open ".....", False, False
End Sub
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 9 di bawah ini.

Tabel IV. 9 Fungsi Perintah Membuka File

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
Sub LoadModel()	>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah >"LoadModel()" adalah nama subprogram
MaxMod.Design.Open ".....", False, False	>"MaxMod.Design.Open"....." merupakan perintah membuka <i>file</i> .

IV.6.3. Perintah untuk Mengubah Model *Maxsurf Modeler*

Berikut merupakan perintah untuk mengubah model *Maxsurf Modeler* secara otomatis:

Tabel IV. 10 Contoh Perintah untuk Mengubah Model

```
Sub ChangeControlPoint()

    Dim hullDesign As BentleyModeler.Design
    Set hullDesign = MaxMod.Design
    Dim NumRows As Long
    .....
        MaxMod.Design.Surfaces(a).....
            For r = 1 To NumRows
                For C = 1 To NumCols
                    MaxMod.Design.....
                        n = n + 1
                        Next C
                    Next r
                .....
                b = b + 1
                MaxMod.Design.Surfaces(a).....
                .....Cells(n, 17), Cells(n, 18), Cells(n, 19)
                n = .....
                .....
                .....
            Loop
        End If
    End Sub
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 11 di bawah ini.

Tabel IV. 11 Fungsi Perintah Mengubah *Control Point*

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>Sub ChangeControlPoint() Dim hullDesign As BentleyModeler.Design</pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah</p> <p>>"ChangeControlPoint()" adalah nama subprogram</p>
<pre>If Worksheets("controlpoint").Cells(b, 14) = 0 Then Do</pre>	<p>>" If Worksheets("controlpoint").Cells(b, 14) = 0 Then" merupakan perintah <i>if</i> dengan syarat <i>true</i> jika "<i>Cells(b, 14) = 0</i>"</p>
<pre>MaxMod.Design.Surfaces(a).</pre>	<p>>" MaxMod.Design.Surfaces(a). merupakan perintah untuk memberi koordinat pada <i>Maxsurf Modeler</i> dan menjadi koordinat baru</p>
<pre>Next C Next r Loop End If End Sub</pre>	<p>>" Next C Next r Loop" merupakan perintah pengulangan untuk setiap C dan R</p> <p>>"End If" merupakan perintah untuk mengakhiri <i>if</i></p> <p>>"End Sub" merupakan perintah untuk mengakhiri subprogram</p>

IV.6.4. Perintah untuk Membuka *File Maxsurf Resistance*

Berikut merupakan perintah pada *Visual Basic* untuk membuka *file ".msd"* dengan *Maxsurf Resistance*:

Tabel IV. 12 Contoh Perintah Membuka *File Maxsurf Resistance*

<pre>Sub LoadModelRes() b = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5) + 1 MaxRes.Design.DesignOpen End Sub</pre>

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 13 di bawah ini.

Tabel IV. 13 Fungsi Perintah Membuka *File Maxsurf Resistance*

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>Sub LoadModelRes() b = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5) + 1</pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah</p> <p>>"LoadModelRes()" adalah nama subprogram</p> <p>> "b = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5) + 1" konstanta b yang digunakan untuk menamai <i>file ".msd"</i> yang nilainya ada pada baris 4 kolom 5 dan + 1</p>
<pre>MaxRes.Design.DesignOpen End Sub</pre>	<p>>"MaxRes.Design.DesignOpen " " merupakan perintah untuk membuka file dengan menggunakan <i>Maxsurf Resistance</i></p>

IV.6.5. Perintah untuk Menjalankan *Maxsurf Resistance*

Berikut merupakan perintah *Visual Basic* untuk melakukan perhitungan pada *Maxsurf Resistance*:

Tabel IV. 14 Contoh Perintah Menjalankan *Maxsurf Resistance*

```

Sub calResistance()

    MaxRes.Design.Velocities.....
    MaxRes.Design.Velocities.....
    MaxRes.Design.Methods.Select(hsMTSlenderBody.....
        MaxRes.Design.CalculateResistance
    For r = 1 To nR
        .....Value = MaxRes.Design.ResistanceResults.Item(hsMTSlenderBody, r).Cv
        MaxRes.Design.ResistanceResults.Item(hsMTSlenderBody, r).Power
    Next r
End Sub
    
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 15 di bawah ini.

Tabel IV. 15 Fungsi Perintah Menjalankan *Maxsurf Resistance*

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
Sub calResistance() MaxRes.Design.Velocities. MaxRes.Design.Methods.Select(hsMTSlender Body)	>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah >"calResistance()" adalah nama subprogram >"MaxRes.Design.Velocities" merupakan perintah untuk menyetel kecepatan >"MaxRes.Design.Methods.Select(hsMTSlenderBody) = True" merupakan perintah untuk menyetel metode perhitungan <i>Slender Body</i> >"MaxRes.Design.Methods.SlenderBodyOnePlusK" merupakan perintah untuk menyetel metode perhitungan
MaxRes.Design.CalculateResistance	>"MaxRes.Design.CalculateResistance" merupakan perintah untuk melakukan perhitungan <i>resistance</i>
Worksheets("Hasil").Cells(10, 9).Offset(r, 10).Value = MaxRes.Design.ResistanceResults.Item(hsMTSlenderBody, r).Power	>Merupakan perintah untuk menampilkan hasil Power pada baris 10 ke bawah dan kolom 9 dengan offset 10

IV.6.6. Perintah untuk Menyalin Hasil *Maxsurf Resistance*

Berikut merupakan perintah untuk menyalin hasil dari lembar kerja "Hasil" ke lembar kerja "grafik" secara otomatis menggunakan VBA :

Tabel IV. 16 Contoh Perintah Menyalin Hasil *Maxsurf Resistance*

```

Sub copyHasil()
Dim copyRange As String
n = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5)
Row = 300 + n
Let copyRange = "E" & Row & ":" & "O" & Row
Worksheets.....Value = Worksheets.....Value
End Sub
    
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 17 di bawah ini.

Tabel IV. 17 Fungsi Perintah Menyalin Hasil

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre> Sub copyHasil() Dim copyRange As String n = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5) Row = 300 + n </pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah</p> <p>>"copyHasil()" adalah nama subprogram</p> <p>>"Dim copyRange As String" merupakan konstanta "copyRange" yang berjenis <i>string</i></p> <p>>"n = Worksheets("controlpoint").Cells(4, 5)" merupakan konstanta n yang memiliki nilai pada lembar kerja "controlpoint" baris 4 dan kolom 5</p> <p>>"Row = 300 + n" merupakan konstanta Row yang bernilai 300 + konstanta "n"</p>
<pre> Let copyRange = "E" & Row & ":" & "O" & Row Worksheets.....Value = Worksheets.....Value End Sub </pre>	<p>>"Let copyRange = "E" & Row & ":" & "O" & Row" merupakan konstanta "copyRange" yang berisi posisi tabel</p> <p>>"Worksheets.....Value = Worksheets.....Value" merupakan perintah untuk menyalin nilai tabel dari lembar kerja "Hasil" ke "grafik"</p> <p>>"End Sub" merupakan perintah untuk mengakhiri subprogram</p>

IV.6.7. Perintah untuk Menampilkan Nilai *Displacement*

Berikut merupakan perintah pada *Visual Basic* untuk menampilkan nilai *displacement* pada setiap perubahan model:

Tabel IV. 18 Contoh Perintah Menampilkan *Displacement*

```

Sub callHydrostatic()
MaxMod.Design.Hydrostatics.Calculate .....
.....
End Sub
    
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 19 di bawah ini.

Tabel IV. 19 Fungsi Perintah Menampilkan *Displacement*

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>Sub callHydrostatic() MaxMod.Design.Hydrostatics.Calculate</pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah >"<i>callHydrostatic()</i>" adalah nama subprogram >"MaxMod.Design.Hydrostatics.Calculate..." merupakan perintah program untuk menghitung <i>hydrostatic</i></p>

IV.6.8. Perintah untuk Menjalankan Aplikasi

Berikut merupakan perintah untuk menjalankan program dari mengubah posisi *control point* hingga menjalankan perhitungan hambatan:

Tabel IV. 20 Contoh Perintah Menjalankan Aplikasi

```
Sub OptimizationHull()
  Dim a As Integer
  For a = 1 To Worksheets.....
    Worksheets("controlpoint").Cells.....
    Call ChangeControlPoint
    Call callHydrostatic
    MaxMod.Design.SaveAs .....
    .....
  Next
End Sub
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 21 di bawah ini.

Tabel IV. 21 Fungsi Perintah Menjalankan Aplikasi

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>Sub OptimizationHull() Dim a As Integer For a = 1 To Worksheets("controlpoint").Cells.....</pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah >"<i>OptimizationHull()</i>" adalah nama subprogram > "Dim a As Integer" merupakan konstanta "ae" yang berjenis <i>integer</i> > "For a = 1 To Worksheets....." merupakan perintah pengulangan</p>
<pre>Call ChangeControlPoint Call callHydrostatic</pre>	<p>>" Call ChangeControlPoint " merupakan perintah untuk memanggil subprogram <i>ChangeControlPoint</i></p>

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>MaxMod.Design.SaveAs Next End Sub</pre>	<p>>" Call callHydrostatic" merupakan perintah untuk memanggil subprogram</p> <p>>"MaxMod.Design.SaveAs" merupakan perintah untuk menyimpan <i>file</i> hasil dari perubahan bentuk</p> <p>>"End Sub" merupakan perintah untuk mengakhiri subprogram</p>

IV.6.9. Perintah untuk Membuat Grafik

Berikut merupakan perintah untuk membuat grafik pada lembar kerja "grafik":

Tabel IV. 22 Contoh Perintah Membuat Grafik

```
Sub makeGraph()
Dim regionNum As Integer
Dim co As ChartObject
Dim ct As Chart
.....
For regionNum = 2 To 11
Set co = Worksheets.....
    Set ct = .....
    With ct
        .HasLegend = .....
        .HasTitle = .....
        With ser1
            .Name = .....
        End With
    End With
End With
Next regionNum
End Sub
```

Perintah pemrograman di atas dijelaskan arti/fungsinya pada tabel IV. 23 di bawah ini.

Tabel IV. 23 Fungsi Perintah Membuat Grafik

PERINTAH	ARTI / FUNGSI
<pre>Sub makeGraph() Dim regionNum As Integer Dim co As ChartObject Dim ct As Chart</pre>	<p>>"Sub" merupakan <i>routine</i> perintah</p> <p>>"makeGraph()" adalah nama subprogram</p> <p>> "Dim regionNum As Integer" merupakan konstanta "regionNum" yang berjenis <i>integer</i></p> <p>> "Dim co As ChartObject" merupakan konstanta "co" yang berjenis <i>ChartObject</i></p> <p>> "Dim ct As Chart" merupakan konstanta "ct" yang berjenis <i>Chart</i></p>
<pre>Set co = Worksheets.....</pre>	<p>>" Set co = Worksheets....." merupakan perintah untuk membuat grafik</p>
<pre> With ct .HasLegend =HasTitle =</pre>	<p>>" With ct" merupakan perintah untuk mendeklarasikan perintah khusus untuk "ct"</p> <p>>" HasLegend =</p>
<pre>With ser1</pre>	<p>>" With ser1" merupakan perintah untuk mendeklarasikan perintah khusus untuk "ser1"</p>

IV.7. Pengoperasian *Interface Program* pada *Microsoft Excel*

Program ini dapat berjalan dengan beberapa langkah yang harus dilakukan oleh operator atau pengguna. Karena terdapat data yang harus diinput secara manual. Berikut adalah langkah-langkah yang harus dilakukan pengguna untuk menjalankan program automasi:

1. Mengisi Banyaknya Iterasi Perubahan Bentuk

Langkah pertama yang dilakukan pengguna adalah mengisi banyaknya iterasi perubahan bentuk model. Semakin banyak jumlah iterasi maka waktu yang dibutuhkan program untuk menjalankan perintah juga akan semakin lama, namun proses optimasi yang dihasilkan akan lebih detail karena rasio perbandingan perubahan bentuk model akan semakin kecil. Tabel pengisian banyaknya iterasi dapat dilihat pada tabel IV. 24 berikut:

INPUT >>>	Jumlah Iterasi	1000
	Iterasi ke	5

Tabel IV. 24 Jumlah Iterasi

Tabel IV. 24 di atas menunjukkan bahwa iterasi yang dilakukan sebanyak 1000 kali. Sedangkan “iterasi ke” menunjukkan perubahan bentuk lambung ke-5 dari 1000 kali perubahan. Seiring dengan perubahan bentuk, tabel “iterasi ke” juga akan berubah. Tabel IV. 24 juga digunakan untuk membuat rasio perubahan bentuk.

2. Mengisi Tabel *Control Point* Awal dan Akhir

Langkah selanjutnya yang dilakukan pengguna adalah mengisi tabel koordinat *control point* dari hasil pemodelan di *Maxsurf Modeler* ke tabel yang sudah disiapkan pada lembar kerja. Koordinat yang diisikan pada tabel adalah koordinat model awal dan koordinat model *flat inside* atau *flat outside*. Contoh tabel koordinat *control point* dapat dilihat pada tabel IV. 25 dan tabel IV. 26 di bawah ini.

Tabel IV. 25 *Original Hull*

<i>Original Hull</i>				
<i>Row</i>	<i>Col</i>	<i>Pos</i>	<i>Height</i>	<i>Offset</i>
0	0	-0.495	1.172	1.42
0	1	-0.002	1.121	2.194
0	2	0.563	1.099	2.212
0	3	1.112	1.079	2.24
0	4	1.779	1.061	2.286
0	5	2.571	1.05	2.32

<i>Original Hull</i>				
<i>Row</i>	<i>Col</i>	<i>Pos</i>	<i>Height</i>	<i>Offset</i>
0	6	3.368	1.036	2.364
1	0	-0.495	1.179	1.325
1	1	0	1.142	1.47
1	2	0.563	1.129	1.553
1	3	1.112	1.125	1.609

Tabel IV. 26 *Asymetric Hull*

<i>Asymetric Hull</i>				
<i>Row</i>	<i>Col</i>	<i>Pos</i>	<i>Height</i>	<i>Offset</i>
0	0	-0.495	1.436	1.42
0	1	-0.002	1.121	2.194
0	2	0.563	1.099	2.212
0	3	1.112	1.079	2.24
0	4	1.779	1.061	2.286
0	5	2.571	1.05	2.32
0	6	3.368	1.036	2.364
1	0	-0.495	1.487	1.325
1	1	0	1.45	1.47
1	2	0.563	1.437	1.553
1	3	1.112	1.433	1.609

3. Menekan Tombol “*Load Model*”

Langkah selanjutnya yang dilakukan pengguna adalah menekan tombol “*Load Model*” yang telah disediakan di lembar kerja “*controlpoint*”. Tombol tersebut merupakan tombol untuk membuka file model awal *catamaran* pada *Maxsurf Modeler*. Nama *file* dan lokasi *file* yang akan dibuka haruslah nama *file* dan lokasi *file* yang sudah disebutkan pada perintah VBA. Jika tidak, tombol tidak akan bias membuka *file* model. Tombol ini dapat dilihat pada gambar IV. 9.

4. Menekan Tombol “*Run Optimization*”

Langkah selanjutnya yang dilakukan pengguna adalah menekan tombol “*Run Optimization*” yang telah disediakan bersebelahan dengan tombol “*Load Model*”. Tombol ini berfungsi untuk menjalankan perintah utama untuk merubah dan menghitung hambatan setiap perubahan model yang terjadi. Secara visual perubahan model dapat dilihat pada jendela *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Resistance* yang akan terbuka ketika proses optimasi berjalan. Tombol ini dapat dilihat pada gambar IV. 9.

5. Menekan Tombol “Membuat Grafik”

Langkah terakhir yang dilakukan pengguna adalah menekan tombol “Membuat Grafik” yang ada pada lembar kerja “grafik”. Tombol ini berfungsi untuk membuat grafik dari hasil perhitungan hambatan yang telah disalin pada lembar kerja “grafik” Tombol ini dapat dilihat pada gambar IV. 10 di bawah ini.



Gambar IV. 10 Tombol Membuat Grafik

Setelah kelima langkah tersebut dilakukan, model dari hasil perubahan bentuk dapat dilihat pada *folder* yang telah disebutkan dalam perintah VBA sedangkan hasil perhitungan beserta grafik hambatan dapat dilihat pada lembar kerja “grafik”.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. Pendahuluan

Hasil dan analisis dari pembuatan dan pengoperasian *software automation* yang dibahas diantaranya adalah analisis pembuatan *software automation*, dan analisis besarnya hambatan yang dihasilkan dari pengoperasian *software automation* yaitu berupa hambatan gelombang, hambatan sisa, hambatan kekentalan, hambatan gesek, dan hambatan total. Hambatan kapal *catamaran* dihitung menggunakan model *software Maxsurf Resistance* dengan menggunakan metode *slender body*. Kelebihan dari program ini adalah dapat mengurangi waktu optimasi pencarian bentuk lambung yang biasanya dilakukan perubahan secara manual dari perubahan model hingga perhitungan hambatan. Sebelumnya telah dilakukan pengecekan nilai hambatan kapal dengan model awal yang ditunjukkan pada tabel V.1. Menggunakan data tersebut, optimisasi dilakukan untuk mendapatkan bentuk lambung dengan hambatan yang minimum.

Tabel V. 1 Nilai Hambatan Model Awal

Model Awal		
<i>Wave resistance</i> [N]	<i>Viscous resistance</i> [N]	<i>Total resistance</i> [N]
1083.156622	2146.559481	3483.428715

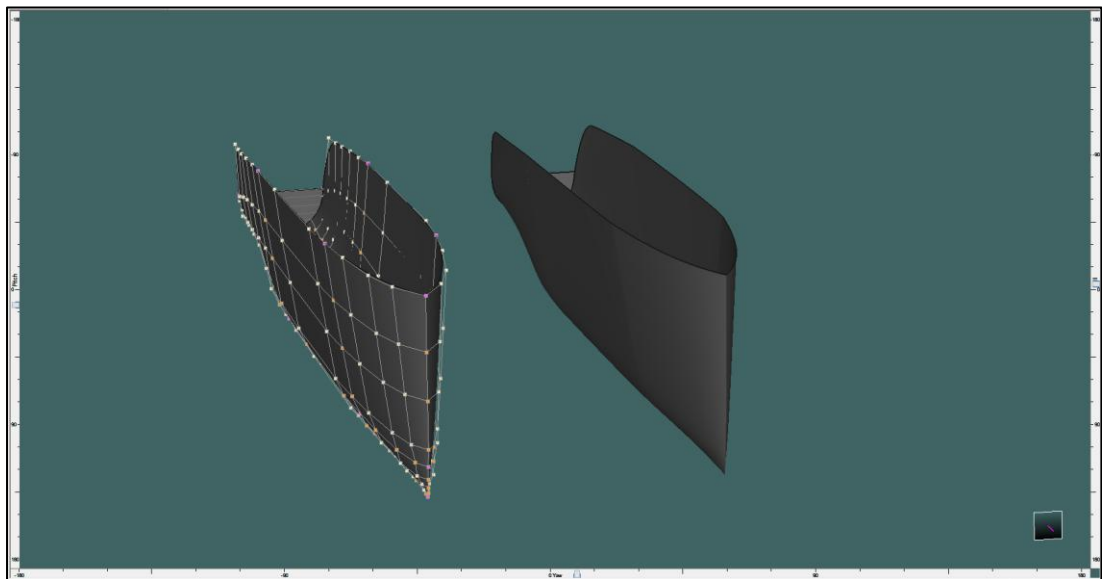
V.2. Analisis Pembuatan *Software Automation*

Spiral desain pada proses optimasi, merupakan bagian dari tahap *preliminary design*. Lambung kapal yang dioptimasi merupakan hasil dari tahap sebelumnya yaitu *concept design*. Ukuran utama kapal dan rasio geometri didapatkan dari pengumpulan data. Ditunjukkan sebagai berikut:

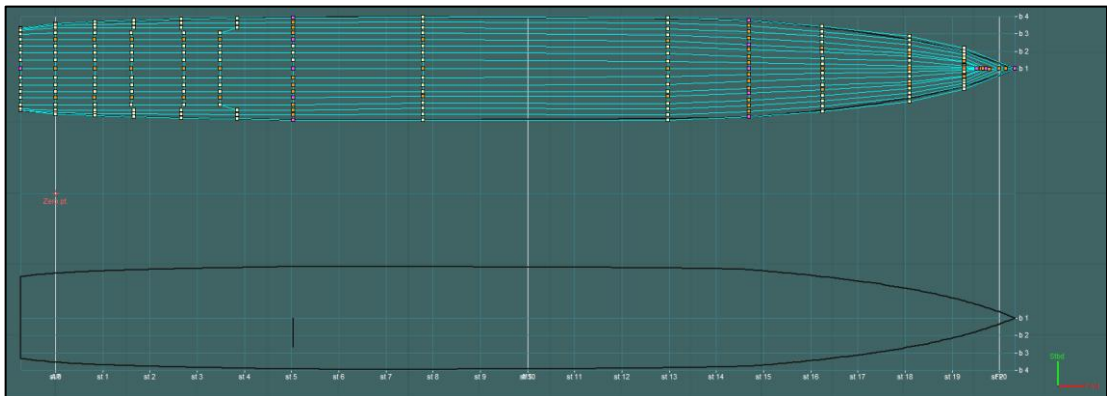
Panjang kapal seluruh (Loa)	=	14.120	m
Panjang kapal yang tercelup air (Lwl)	=	13.850	m
Lebar kapal (B)	=	5.000	m
Lebar <i>demihull</i> (B1)	=	1.480	m
Tinggi kapal (H)	=	2.500	m
Sarat (T)	=	1.200	m

Koefisien blok (C_b)	=	0.57	
Jarak antar <i>demihull</i> (S)	=	3.520	m
Kecepatan dinas (VS)	=	8.100	knot

Bentuk lambung yang optimal bisa didapatkan melalui optimasi dengan cara merubah-ubah bentuk dari lambung *catamaran*. Kapal ini akan berubah bentuk dari bentuk *flat inside catamaran* ke *flat outside catamaran*. Proses tersebut dilakukan secara otomatis pada software *Maxsurf Modeler*, *Maxsurf Resistance* dan *Microsoft Excel*. *Microsoft Excel* berfungsi sebagai media untuk menulis bahasa pemrograman yaitu *Visual Basic for Application*, sebagai tempat *input* data koordinat *control point* dan sebagai tempat *output* hasil dari perhitungan pada *Maxsurf Resistance*. *Maxsurf Modeler* digunakan untuk memvisualisasikan bentuk lambung, sedangkan *Maxsurf Resistance* digunakan untuk menghitung hambatan tiap model yang dihasilkan dari proses optimasi. Model *Maxsurf* dari desain awal dapat dilihat pada gambar V. 1 dibawah ini.

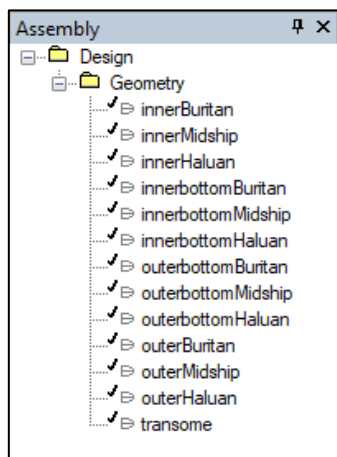


Gambar V. 1 Model 3D Lambung Awal



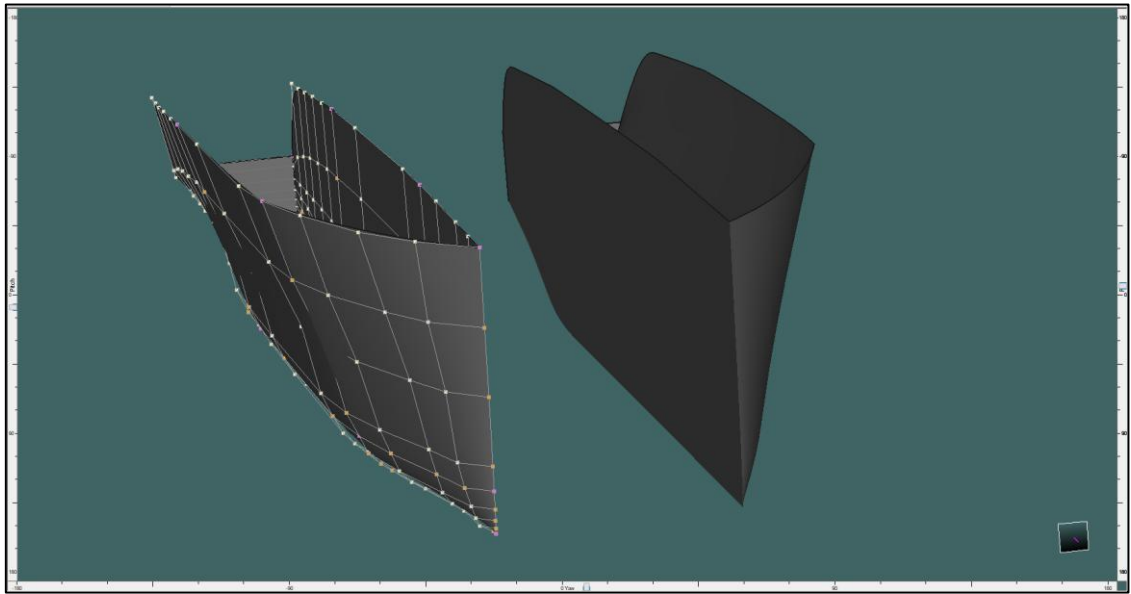
Gambar V. 2 Tampak Atas Lambung Awal

Model tersebut merupakan hasil dari pengurangan *surface* yang sudah dilakukan pada proses sebelum program dijalankan. Pengurangan *surface* ini berguna untuk mengurangi waktu pengoperasian program automasi, karena *surface* yang dibutuhkan untuk perhitungan hambatan hanya komponen *surface* yang tercelup air. Jumlah *surface* akhir setelah pengurangan *surface* dapat dilihat pada gambar V. 3 berikut:

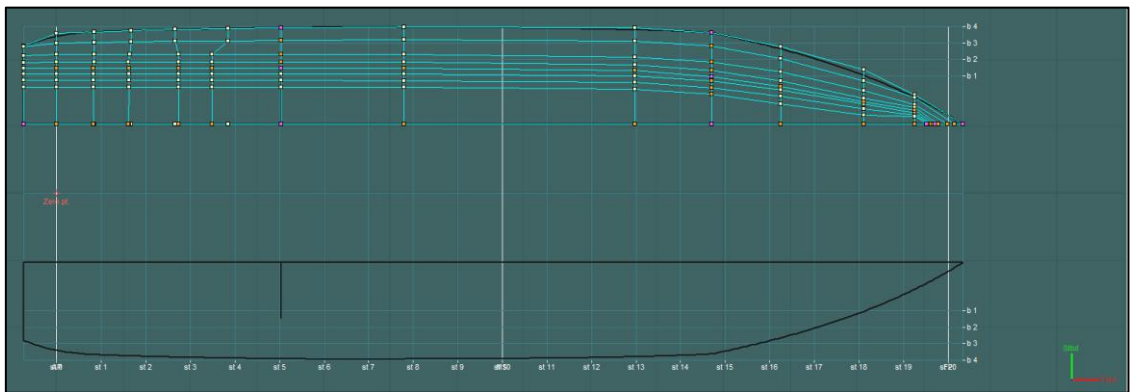


Gambar V. 3 Assembly Menu

Jumlah *surface* akhir adalah 13 *surface*, yang kemudian dibuat model kedua dan ketiga yaitu *flat inside catamaran* dan *flat outside catamaran*. Model tersebut digunakan sebagai batasan perubahan *control point*. Bentuk *flat inside catamaran*, dapat dilihat pada gambar V. 4 dibawah ini.



Gambar V. 4 Model 3D Flat Inside Catamaran

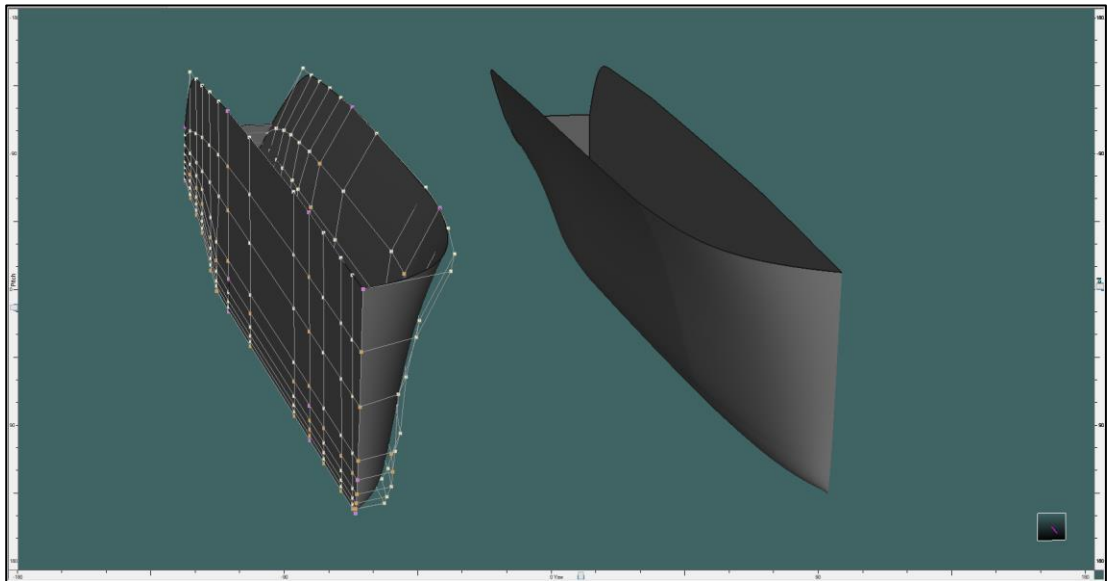


Gambar V. 5 Tampak Atas Flat Inside Catamaran

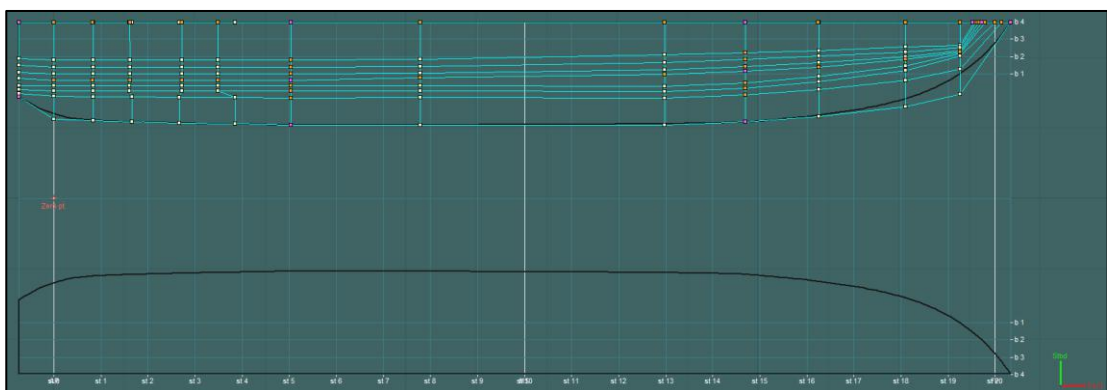
Model *flat inside catamaran* tersebut memiliki ukuran utama yang sama dengan model dari desain awal dengan beberapa perbedaan pada rasio geometri. Di bawah ini merupakan ukuran utama dan rasio geometri dari *flat inside catamaran*, ditunjukkan sebagai berikut:

Panjang kapal seluruh (Loa)	=	14.120	m
Panjang kapal yang tercelup air (Lwl)	=	13.850	m
Lebar kapal (B)	=	5.000	m
Lebar <i>demihull</i> (B1)	=	1.480	m
Tinggi kapal (H)	=	2.500	m
Sarat (T)	=	1.200	m
Koefisien blok (Cb)	=	0.609	
Jarak antar <i>demihull</i> (S)	=	3.520	m

Model selanjutnya adalah *flat outside catamaran* dengan 13 *surface*. Model tersebut dapat dilihat pada gambar V. 6 di bawah ini.



Gambar V. 6 Model 3D *Flat Outside Catamaran*



Gambar V. 7 Tampak Atas *Flat Outside Catamaran*

Model *flat outside catamaran* tersebut memiliki ukuran utama yang sama dengan model dari desain awal dengan beberapa perbedaan pada rasio geometri. Di bawah ini merupakan ukuran utama dan rasio geometri dari *flat outside catamaran*, ditunjukkan sebagai berikut:

Panjang kapal seluruh (Loa)	=	14.120	m
Panjang kapal yang tercelup air (Lwl)	=	13.850	m
Lebar kapal (B)	=	5.000	m
Lebar <i>demihull</i> (B1)	=	1.480	m
Tinggi kapal (H)	=	2.500	m
Sarat (T)	=	1.200	m

$$\begin{aligned} \text{Koefisien blok (Cb)} &= 0.657 \\ \text{Jarak antar demihull (S)} &= 3.520 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Program kemudian dijalankan untuk mendapatkan variasi model dengan ketentuan perubahan *control point* yang tetap menjaga kemulusan *linesplan*. Hal ini dilakukan dengan memberikan skala perpindahan pada sumbu x, y, dan z pada *control point*. Formula yang digunakan untuk mengatur perpindahan *control point* ditunjukkan pada rumus (5.1), (5.2), dan (5.3) sebagai berikut:

$$x_i = (x_o * R) + (x * (1 - R)) \quad (5.1)$$

$$y_i = (y_o * R) + (y * (1 - R)) \quad (5.2)$$

$$z_i = (z_o * R) + (z * (1 - R)) \quad (5.3)$$

$$R = 1 - (n/N) \quad (5.4)$$

keterangan : x_i, y_i, z_i = *control point* pada perubahan ke-i

x_o, y_o, z_o = *control point* desain model awal

x, y, z = *control point* desain *flat inside catamaran* dan *flat outside catamaran*

R = rasio perubahan bentuk

N = total perubahan bentuk

n = perubahan bentuk ke-i

Program dijalankan sebanyak 1000 kali iterasi perubahan bentuk untuk masing-masing model *catamaran* yaitu *flat inside* dan *flat outside*. Perubahan *displacement* terjadi pada setiap perubahan bentuk model. Oleh karena itu, terdapat batasan *displacement* kapal sebesar 0.5%. Hasil dari setiap perubahan *displacement* pada setiap perubahan bentuk dapat dilihat pada tabel V. 2 di bawah ini.

Tabel V. 2 Perbandingan *Displacement* Katamaran

Model	<i>Displacement</i>	
	<i>Flat Inside</i>	<i>Flat Outside</i>
1	22.65277779	22.65284182
2	22.65266486	22.65279292
3	22.65255193	22.65274402
4	22.652439	22.65269511
5	22.65232607	22.65264621
6	22.65221315	22.65259731

Model	<i>Flat Inside</i>	<i>Flat Outside</i>
7	22.65210022	22.6525484
8	22.6519873	22.6524995
....
994	22.54124773	22.60437713
995	22.54113603	22.60432842
996	22.54102434	22.60427972
997	22.54091265	22.60423101
998	22.54080096	22.60418231
999	22.54068927	22.6041336
1000	22.54057759	22.60408489

Hasil diatas lalu dibandingkan dengan *displacement* awal sebesar 22.653 ton. Tabel perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel V. 3 di bawah ini.

Tabel V. 3 Perbandingan *Displacement* Dalam Persen

Perbandingan dengan <i>Displacement</i> Awal (%)			
Model	<i>Flat Inside</i>	<i>Flat Outside</i>	Range $\pm 0.5\%$
1	0.000498552	0.000215899	Lolos
2	0.000997086	0.000431781	Lolos
3	0.001495609	0.000647659	Lolos
4	0.001994128	0.000863538	Lolos
5	0.002492643	0.001079418	Lolos
6	0.002991154	0.001295299	Lolos
7	0.003489661	0.001511182	Lolos
8	0.003988165	0.001727066	Lolos
.....
993	0.492349126	0.213945729	Lolos
994	0.492842194	0.214160745	Lolos
995	0.493335257	0.214375756	Lolos
996	0.493828314	0.214590768	Lolos
997	0.494321365	0.214805775	Lolos
998	0.49481441	0.215020782	Lolos
999	0.495307449	0.2152358	Lolos
1000	0.495800482	0.215450841	Lolos

Hasil diatas menunjukkan bahwa semua perubahan bentuk model memenuhi batasan *displacement* yaitu sebesar 0.5%, sehingga proses perhitungan secara otomatis menggunakan *Maxsurf Resistance* dapat dilakukan. Metode yang digunakan pada perhitungan hambatan adalah Metode *Slender Body*. Metode ini memiliki batasan terkait dimensi model yang dapat diproses. Adapun nilai batasan dimensi model dapat dilihat pada tabel V. 4 di bawah ini.

Tabel V. 4 Nilai Batasan Metode *Slender Body*

Batasan	Nilai	<i>Flat Inside</i>	<i>Flat Outside</i>	Keterangan
Dimensional	$4 \text{ or } 5 < L/V^{1/3} < \text{no limit}$	5.04	5.04	Memenuhi

V.3. Analisis Hambatan Gelombang (*Wave Resistance*)

Hambatan gelombang merupakan hambatan yang disebabkan oleh kapal yang melaju di air tenang, sehingga menimbulkan gelombang yang mengakibatkan bagian belakang kapal terkena gaya. Metode perhitungan hambatan yang digunakan adalah *slender body* dan hasil perhitungan ditampilkan pada tabel V.5. Kecepatan minimum dan maksimum yang digunakan pada metode ini adalah 0 knot dan 8.1 knot dengan $S/L = 0.25$, dan $F_n = 0.35$. Grafik yang dihasilkan dengan metode *slender body* menggambarkan pola hambatan gelombang yang cenderung membesar ke arah model dengan bentuk *flat outside catamaran* yang besarnya pada model nomor 1000 adalah 11.067 kN. Berbeda pada model *flat inside catamaran*, pola hambatan gelombang cenderung mengecil yang besarnya pada model nomor 1000 adalah 0.428 kN.

Tabel V. 5 Nilai Hambatan Gelombang

<i>Flat Inside</i>		<i>Flat Outside</i>	
<i>Wave resistance</i> [N] $S/L = 0.25, F_n = 0.35$		<i>Wave resistance</i> [N] $S/L = 0.25, F_n = 0.35$	
<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>	<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>
1080 - 836.3	1-100	1086.2-1471.6	1-100
830.5-686.1	101-200	1476.4-2036.4	101-200
685.1-598.7	201-300	2042.8-2762.1	201-300
598.1-548.8	301-400	2770-3629.4	301-400
548.3-520.6	401-500	3638.7-4618.5	401-500
520.3-502.4	501-600	4618.5-5711.7	501-600
502.3-490.71	601-700	5723.1-6902.6	601-700
490.6-478	701-800	6915.1-8191.2	701-800
477.9-457	801-900	8191.2-9577.2	801-900
456.7-428	901-1000	9591.6-11067.9	901-1000

V.4. Analisis Hambatan Kekentalan (*Viscous Resistance*)

Hambatan kekentalan disebabkan oleh faktor kekentalan fluida serta seluruh tekanan yang terjadi akibat turbulensi di sekitar permukaan lambung kapal di bawah garis air yang dilewati kapal. Metode perhitungan hambatan yang digunakan adalah *slender body* dan hasil perhitungan ditampilkan pada tabel V.6. Kecepatan minimum dan maksimum yang digunakan pada metode ini adalah 0 knot dan 8.1 knot dengan $S/L = 0.25$, dan $F_n = 0.35$. Grafik yang dihasilkan dengan metode *slender body* menggambarkan pola hambatan *viscous* yang

cenderung membesar ke arah model dengan bentuk *flat inside catamaran* yang besarnya pada model nomor 1000 adalah 2.291 kN. Sedangkan pada model *flat outside catamaran*, terus membesar pada model 1000. Nilai hambatan pada model nomor 1000 adalah 2.286 kN.

Tabel V. 6 Nilai Hambatan Kekentalan

<i>Flat Inside</i>		<i>Flat Outside</i>	
<i>Viscous resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>		<i>Viscous resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>	
<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>	<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>
2146.6 - 2149.9	1-100	2146.6-2149.2	1-100
2145 - 2155.5	101-200	2149.2-2154.1	101-200
2155.5-2163.1	201-300	2154.2-2161.3	201-300
2163.2-2172.8	301-400	2161.4-2170.7	301-400
2173-2185.1	401-500	2170.9-2182.3	401-500
2185.3-2200	501-600	2182.6-2196.8	501-600
2200.1-2217.5	601-700	2196.9-2213.9	601-700
2217.7-2238.4	701-800	2214.1-2234.6	701-800
2238.6-2262.8	801-900	2234.3-2258.3	801-900
2263-2291.3	901-1000	2258.5-2286.3	901-1000

V.5. Analisis Hambatan Total (*Total Resistance*)

Hambatan total merupakan hasil penjumlahan hambatan gelombang dengan hambatan kekentalan. Metode perhitungan hambatan yang digunakan adalah *slender body* dan hasil perhitungan ditampilkan pada tabel V.7. Kecepatan minimum dan maksimum yang digunakan pada metode ini adalah 0 knot dan 8.1 knot dengan $S/L = 0.25$, dan $F_n = 0.35$. Terlihat pada grafik yang dihasilkan dengan metode *slender body* menggambarkan pola hambatan *total* yang cenderung membesar ke arah model dengan bentuk *flat outside catamaran* yang besarnya pada model nomor 1000 adalah 13.624 kN. Sedangkan pada model dengan bentuk *flat inside* hambatan total cenderung menurun yang nilai hambatannya pada model 1000 sebesar 2.990 kN.

Tabel V. 7 Nilai Hambatan Total

<i>Flat Inside</i>		<i>Flat Outside</i>	
<i>Total resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>		<i>Total resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>	
<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>	<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>
3480.2 - 3240.3	1-100	3486.5-3879.7	1-100
3238.3 - 3095.3	101-200	3879.7-4445.1	101-200
3095.3-3017.5	201-300	4451.7-5178.8	201-300
3017-2978.6	301-400	5186.9-6056.7	301-400
2978.3-2963.9	401-500	6066.1-7058.9	401-500
2963.9-2962.4	501-600	7069.5-8168.1	501-600
2962.5-2970.5	601-700	8179.7-9378.3	601-700

<i>Flat Inside</i>		<i>Flat Outside</i>	
<i>Total resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>		<i>Total resistance [N] S/L = 0.25, Fn = 0.35</i>	
<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>	<i>Range Nilai</i>	<i>Range Model</i>
2970.6-2981.1	701-800	9390.9-10689.6	701-800
2981.2-2987.4	801-900	10703.3-12102.4	801-900
2987.4-2990.3	901-1000	12117.1-13624.5	901-1000

V.6. Hambatan Total Minimum

Nilai hambatan total minimum didapatkan dari perhitungan pada *Maxsurf Resistance* yang diambil dari tabel V.8 pada lembar kerja “grafik”. Cara untuk mendapatkan nilai minimum dari tabel V.8 adalah menggunakan formula yang ditunjukkan pada rumus (5.5). Berdasarkan iterasi model yang dilakukan, yaitu sebanyak 2000 kali iterasi atau bisa dikatakan terdapat 2000 variasi lambung yang dihasilkan dari program ini, didapatkan nilai hambatan total minimum pada model nomor 581 dengan nilai hambatan total sebesar 2.962 kN. Model ini berada pada variasi model ke arah bentuk *flat inside catamaran*.

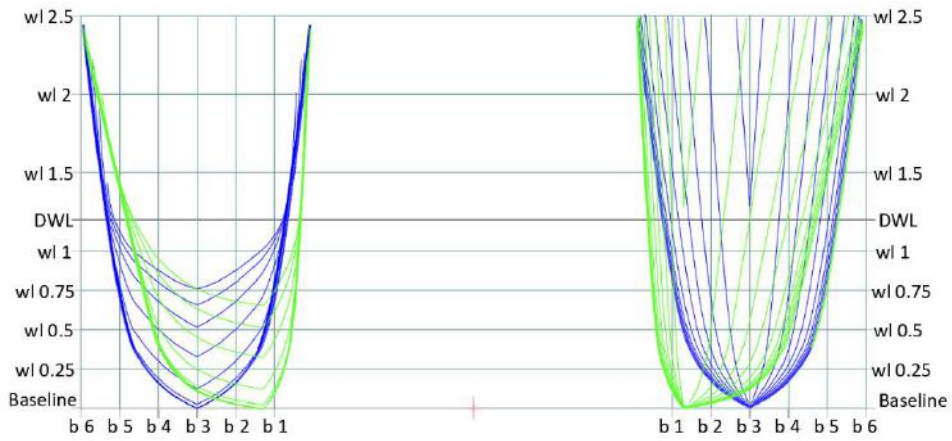
Tabel V. 8 Hambatan Total Minimum

Model	<i>Total resistance [N]</i>
1	3480.227896
2	3477.040574
3	3473.868142
4	3470.751349
5	3467.657466
6	3464.584472
....
581	2962.08084
....
999	2990.259628
1000	2990.284535

CELL("address",INDEX(AB300:AB1300,MATCH(MIN(AB300:AB1300),AB300:AB1300,0))).....(5.5)

Dapat dilihat formula *Excel* pada (5.5), AB300:AB1300 adalah posisi dari nilai hambatan total yang terdapat pada tabel V.8. Membandingkan model 581 dengan model awal yaitu model 0 didapatkan gambar *body plan* yang ditunjukkan pada gambar V.11. *Body plan* dengan warna biru adalah model 0 sedangkan *body plan* warna hijau adalah model 581 dari

lambung *flat inside* katamaran. Perbandingan dari nilai hambatan model awal dan model 581 dapat dilihat pada tabel V.9



Gambar V. 8 Perbandingan Body Plan

Tabel V. 9 Perbandingan Nilai Hambatan Total

Model	Hambatan Total [N]	Selisih
0 (Awal)	3483.428715	14.97%
581	2962.08084	

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Program yang dibuat dengan menggunakan VBA pada *Microsoft Excel* dapat mengubah bentuk lambung secara otomatis dengan menggunakan *Maxsurf Modeler*, dan dapat menghasilkan perhitungan hambatan secara otomatis dengan menggunakan *Maxsurf Resistance*.
2. Model lambung yang menghasilkan *total resistance* paling kecil adalah model nomor 581 dari variasi bentuk lambung *flat inside catamaran* dengan nilai hambatan sebesar 2.962 kN. Selisih hambatan antara model 581 dengan model awal sebesar 14.97 %.

VI.2. Saran

Masih banyak pengerjaan pada Tugas Akhir ini yang kurang sempurna. Maka untuk menyempurnakannya, terdapat beberapa saran untuk Tugas Akhir Ini, sebagai berikut:

1. Perhitungan menggunakan *Computational Fluid Dynamic* perlu dilakukan untuk mencari nilai hambatan.
2. Perlu adanya pengembangan *software* untuk selanjutnya dihubungkan dengan produk *Bentley* yang lain, seperti *Maxsurf Stability*.
3. Perlu dikembangkan perintah-perintah program agar dapat digunakan pada lambung monohul dan lambung dari kapal yang lain.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley Co.(2013). Manual. Maxsurf Automation Manual. Dublin
- Bentley Co.(2013). Manual. Maxsurf Modeler Manual. Dublin
- Bentley Co.(2013). Manual. Maxsurf Resistance Manual. Dublin
- Evans, J. (1959). Basic Design Concepts. Naval Engineers Journal
- Hamdan, Abdul. 2018. Desain Kapal Penumpang Bertenaga Surya Sebagai Sarana Transportasi di Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Probolinggo. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Hidayatullah, P. (2015). Visual Basic .NET Membuat Aplikasi Database dan Program Kreatif. Informatika. Bandung
- ITTC 1957, Propulsion, Performance Propulsion Test, 22nd International Towing Tank Conference, Seoul/Shanghai, Quality Manual, Procedure 4.9-03-03-01, Revision 00.
- Iqbal, Muhammad dan Andi Trimulyono. 2014. Optimization of Catamaran Demihull Form in Early Stages of the Design Process. Semarang: Universitas Diponegoro
- Jamaluddin, A., Utama, I. K. A. P. & Hamdani, M. A. Kajian Interferensi Koefisien Hambatan pada Lambung Katamaran melalui Komputasi Slender Body Method. ITS. Surabaya.
- Manen, J. D., & Oossanen, P. V. 1988. *Principles of Naval Architecture*. In E. V. Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Molland, A.F., Turnock, S.R., Hudson, D.A., 2011. Ship resistance and propulsion: practical estimation of ship propulsive power. Cambridge University Press, New York.
- Nasirudin, A., Chao, R., & Utama, I. K. A. P. 2016. *Solar Powered Boat Design Optimization*, MARTEC, Surabaya
- Papanikolaou, A. D., Kaklis, P. D., Koskinas, C. A., & Spanos, D. A. 1996. Hydrodynamic Optimization of Fast Displacement Catamarans. National Technical University of Athens, Greece.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Wilson, R.A., Keil, F.C. (Eds.), 1999. The MIT encyclopedia of the cognitive sciences. MIT Press, Cambridge, Mass.

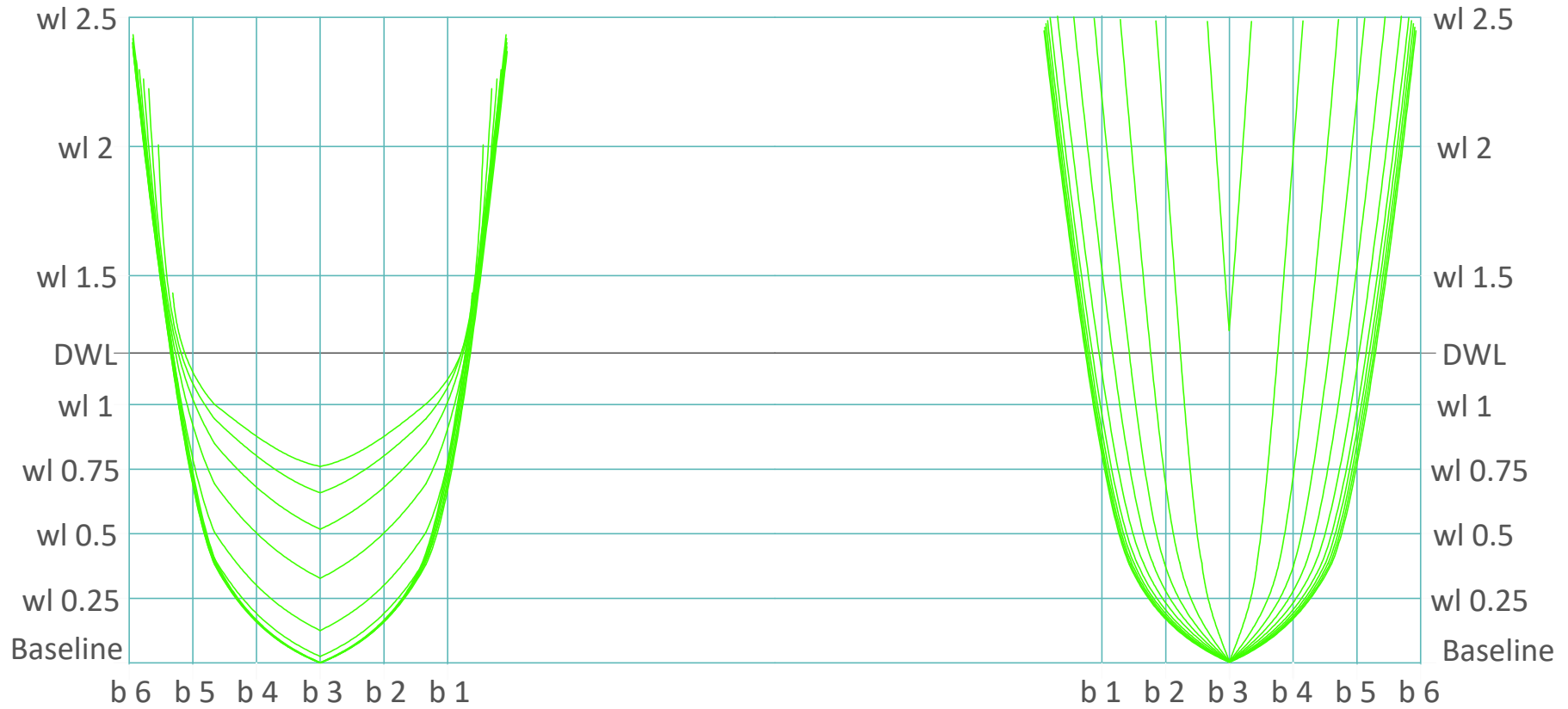
- Zhang, B.-J., Zhang, S.-L., 2019. Research on Ship Design and Optimization Based on Simulation-Based Design (SBD) Technique. Springer, Singapore.
- Zumar, V. V. dan Hasanudin. 2018. Desain Multipurpose Landing Craft Tank (LCT) Menggunakan Metode Optimisasi Global dan Lokal. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

LAMPIRAN

Lampiran A Gambar Model Hasil Pengoperasian Program
Lampiran B Hasil Perhitungan Maxsurf Resistance

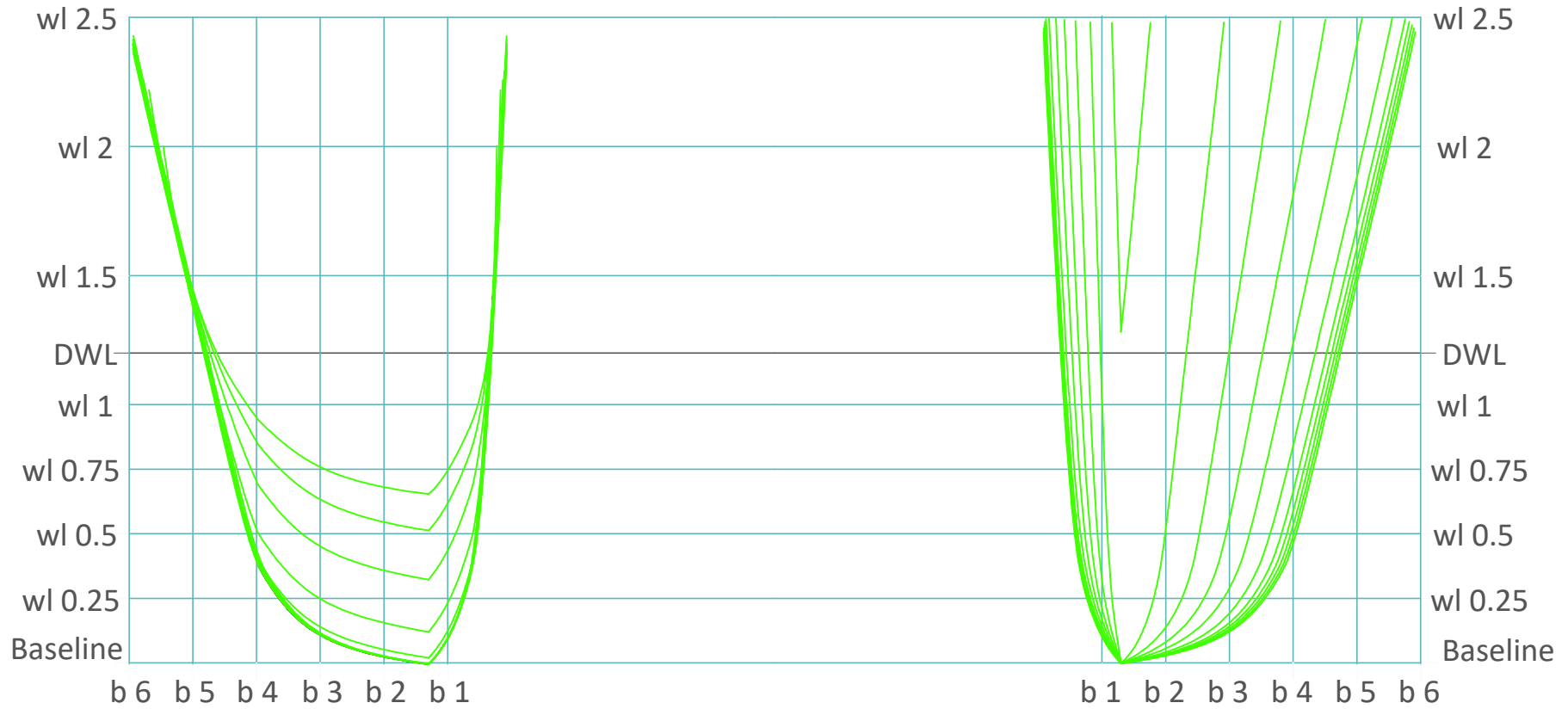
Lampiran A
Gambar Model Hasil Pengoperasian Program

BODY PLAN AWAL LAMBUNG KATAMARAN



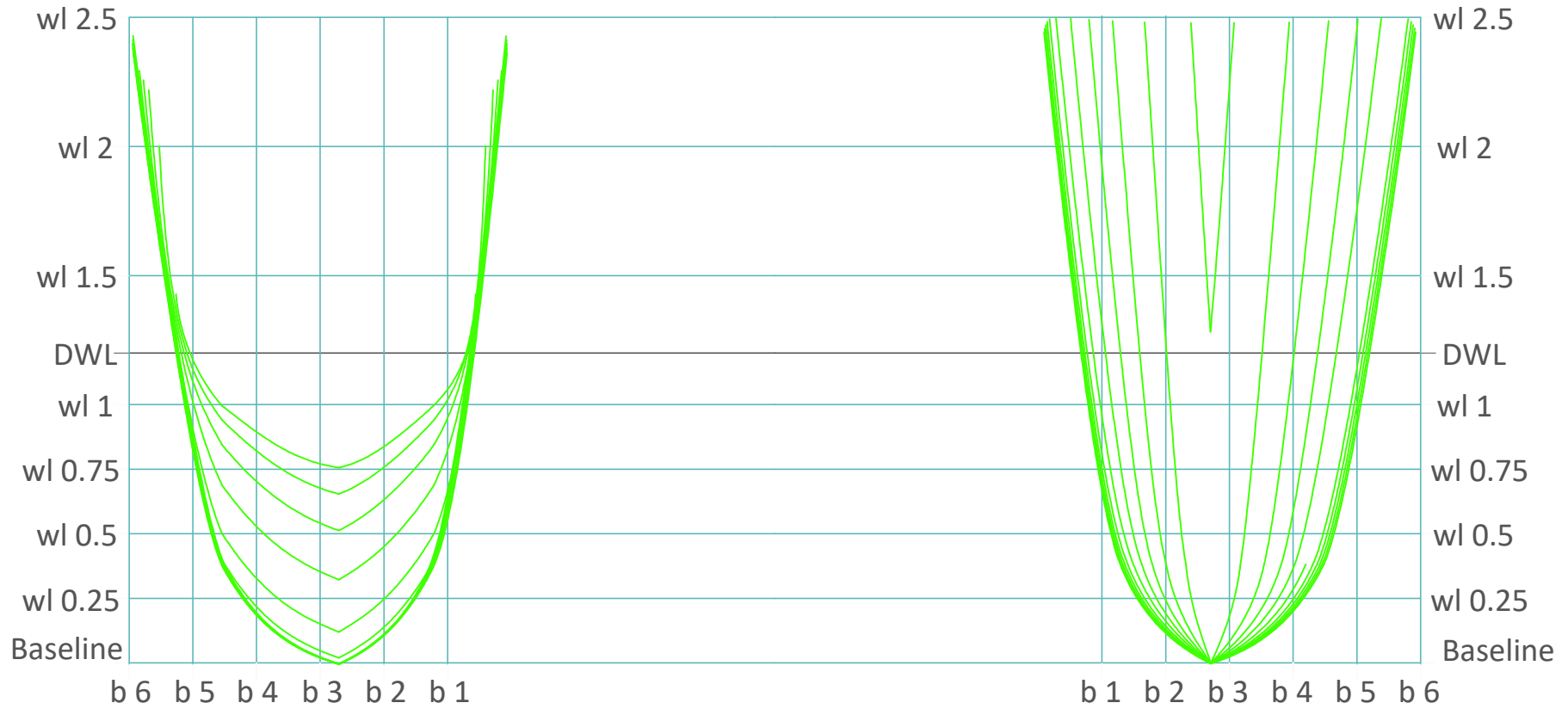
BODY PLAN 581

LAMBUNG KATAMARAN OPTIMUM



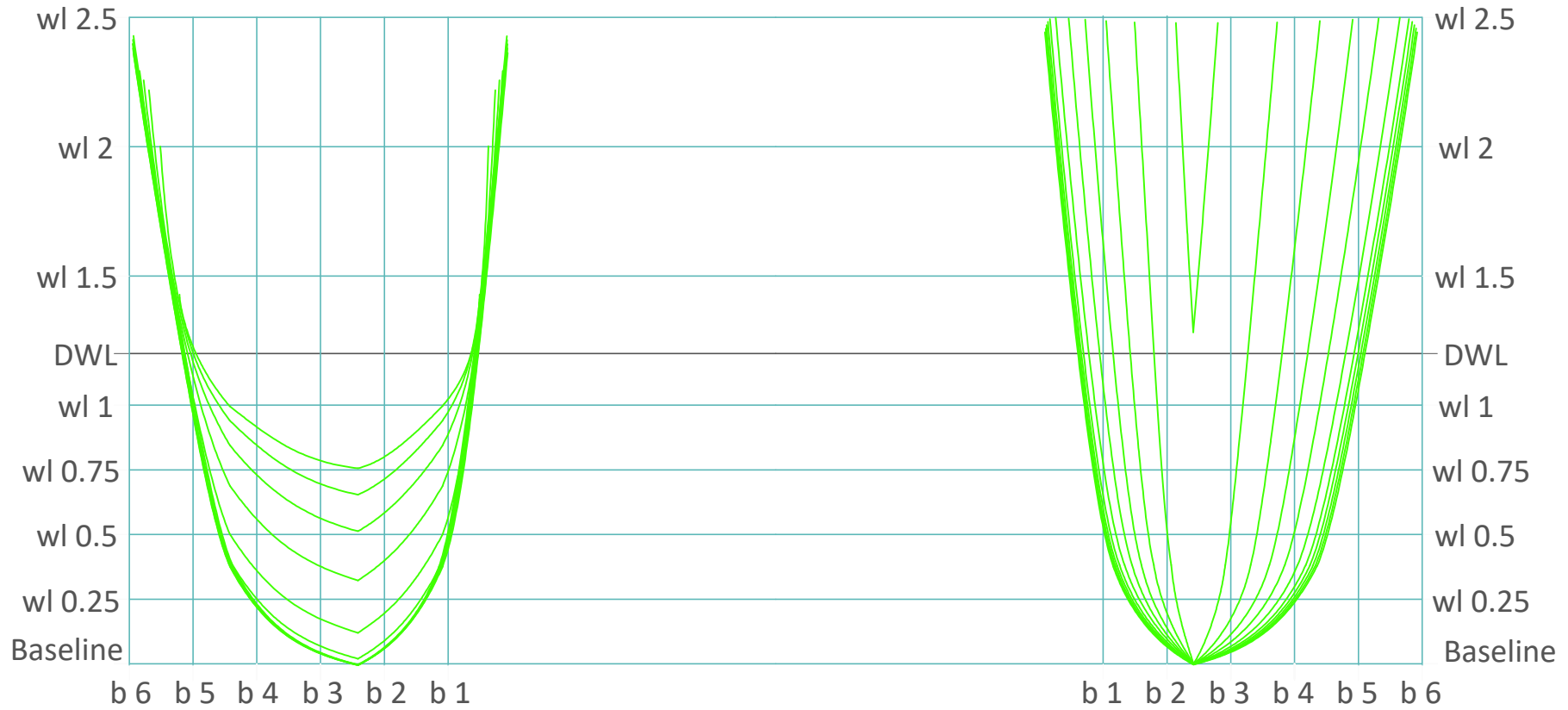
BODY PLAN 100

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



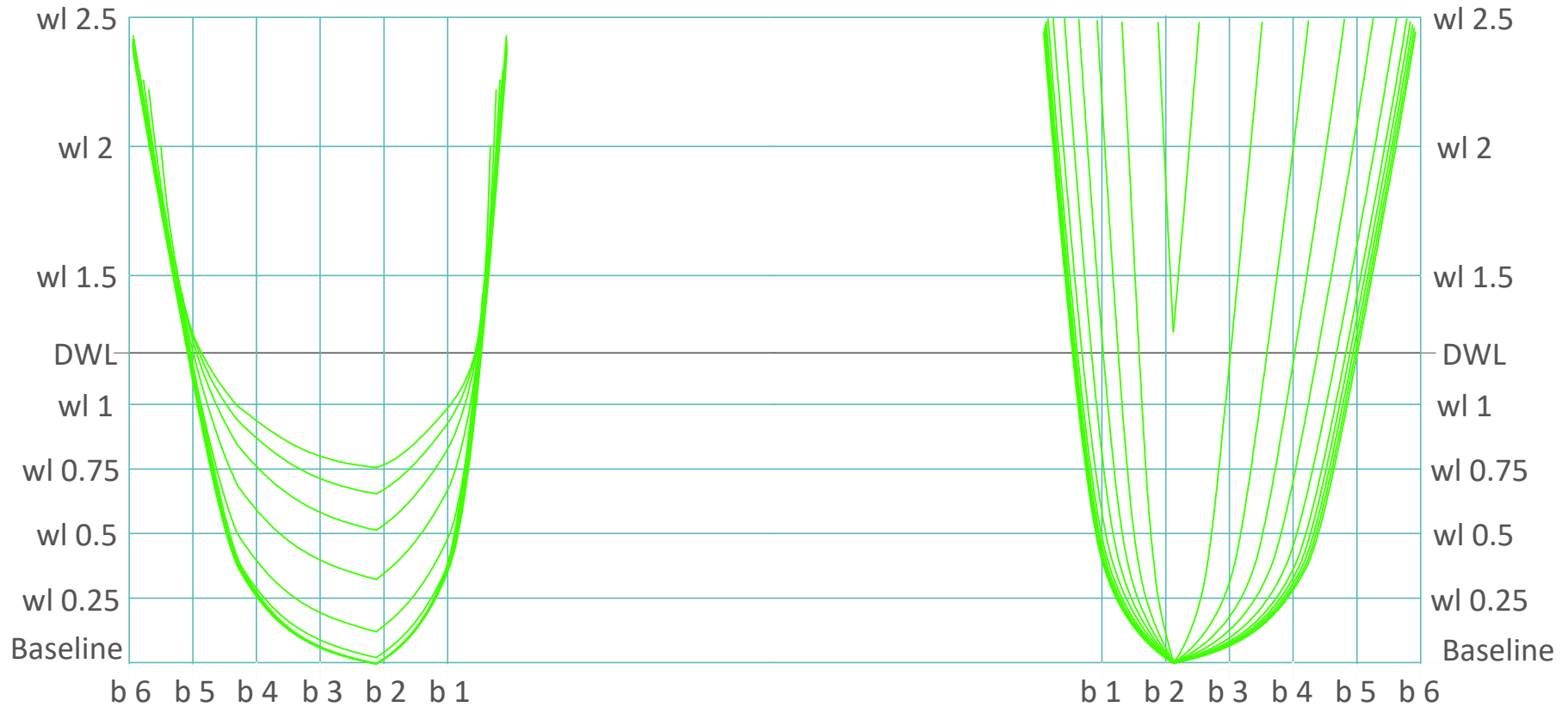
BODY PLAN 200

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



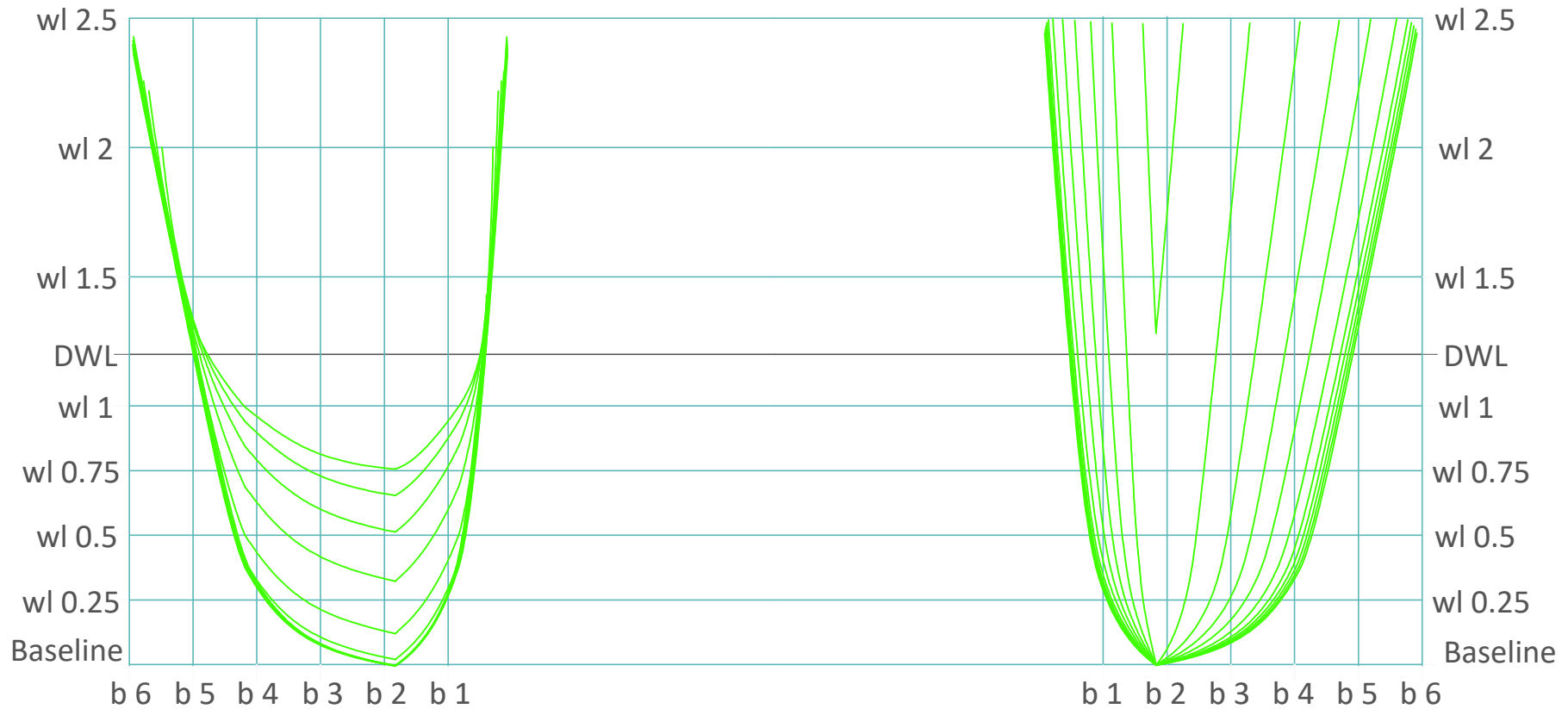
BODY PLAN 300

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



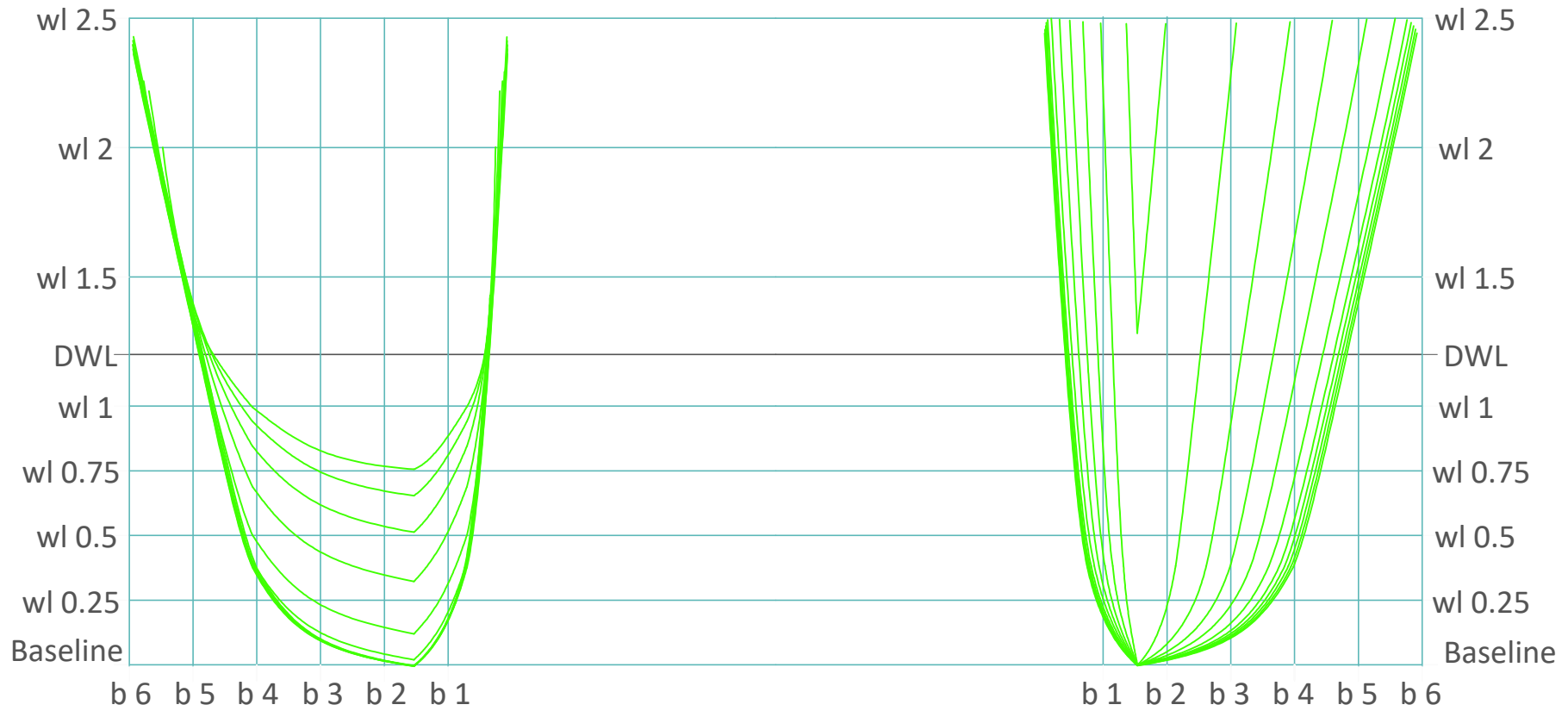
BODY PLAN 400

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



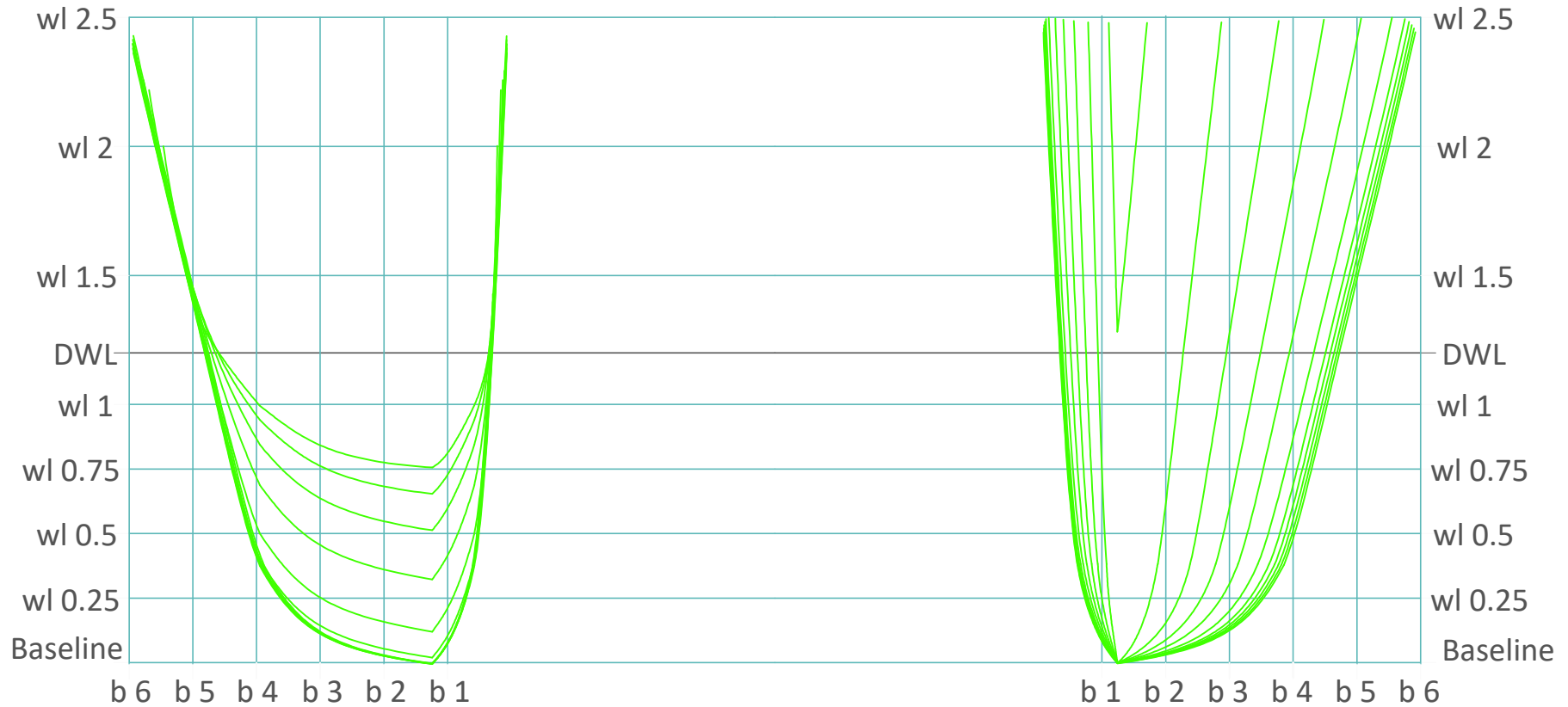
BODY PLAN 500

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



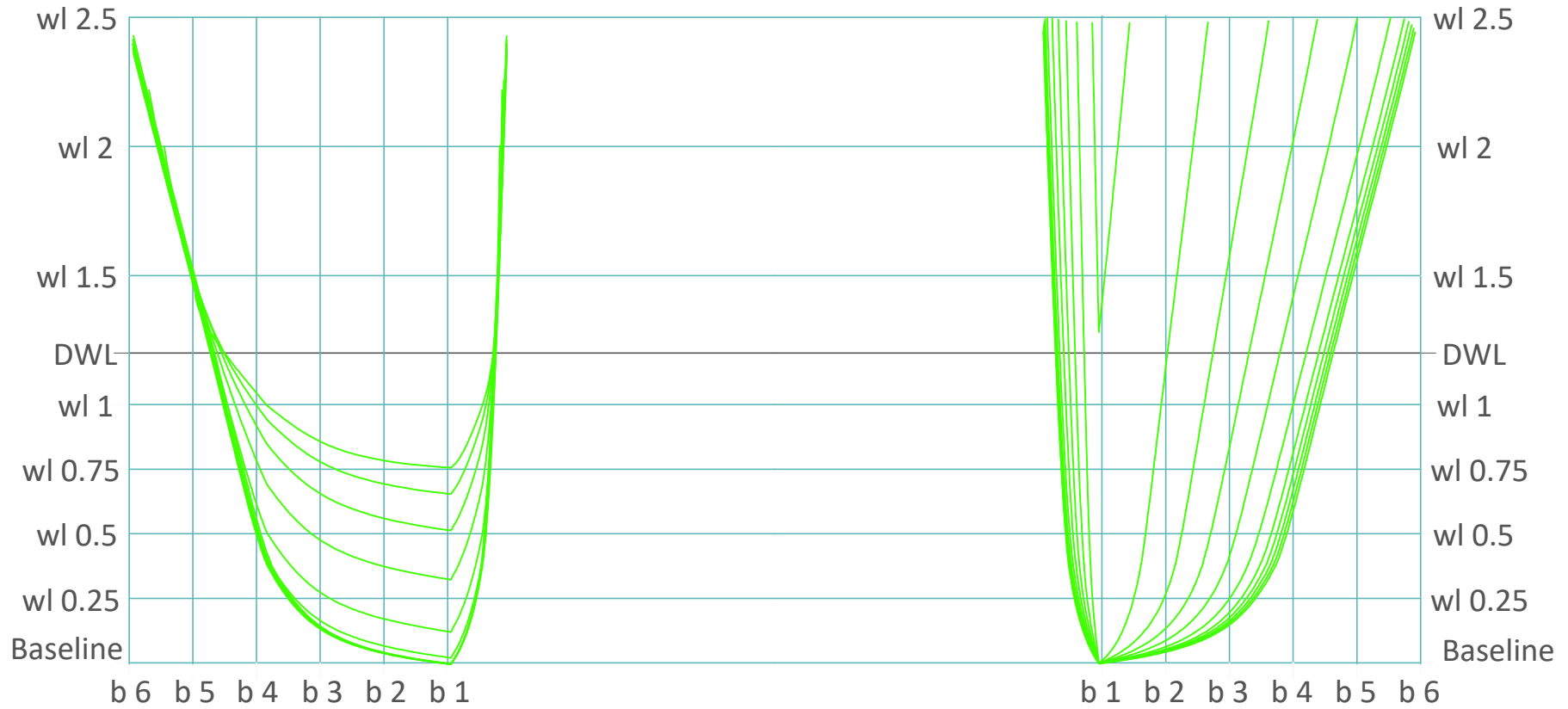
BODY PLAN 600

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



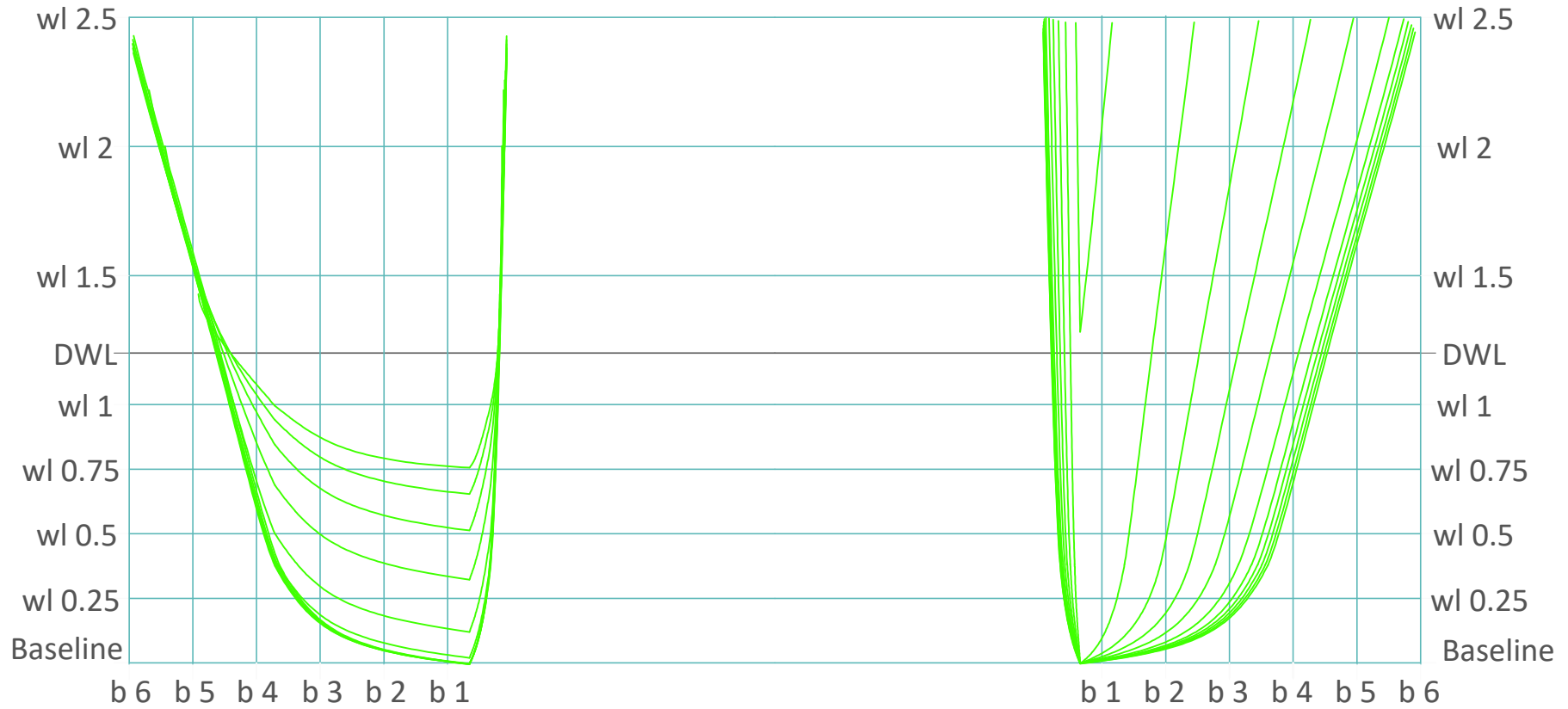
BODY PLAN 700

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



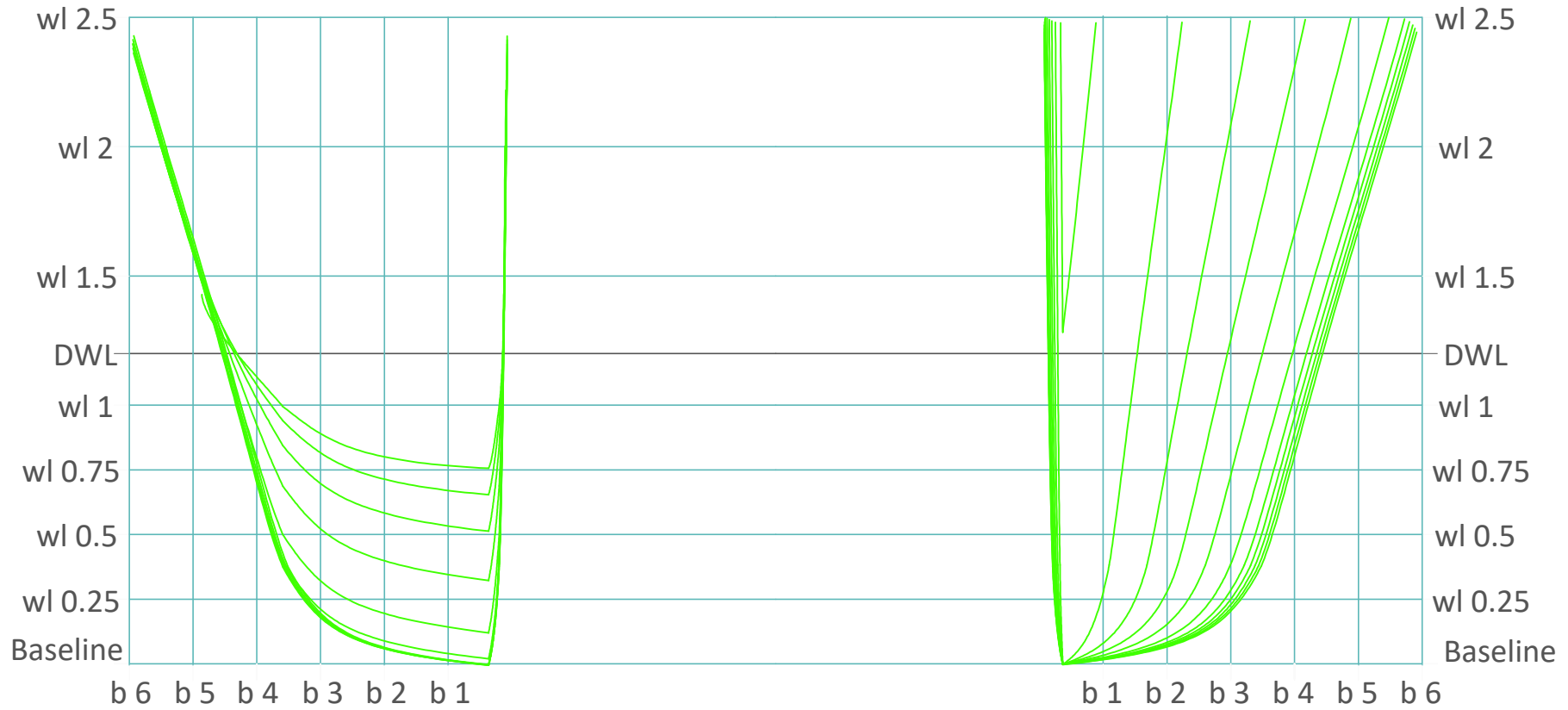
BODY PLAN 800

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



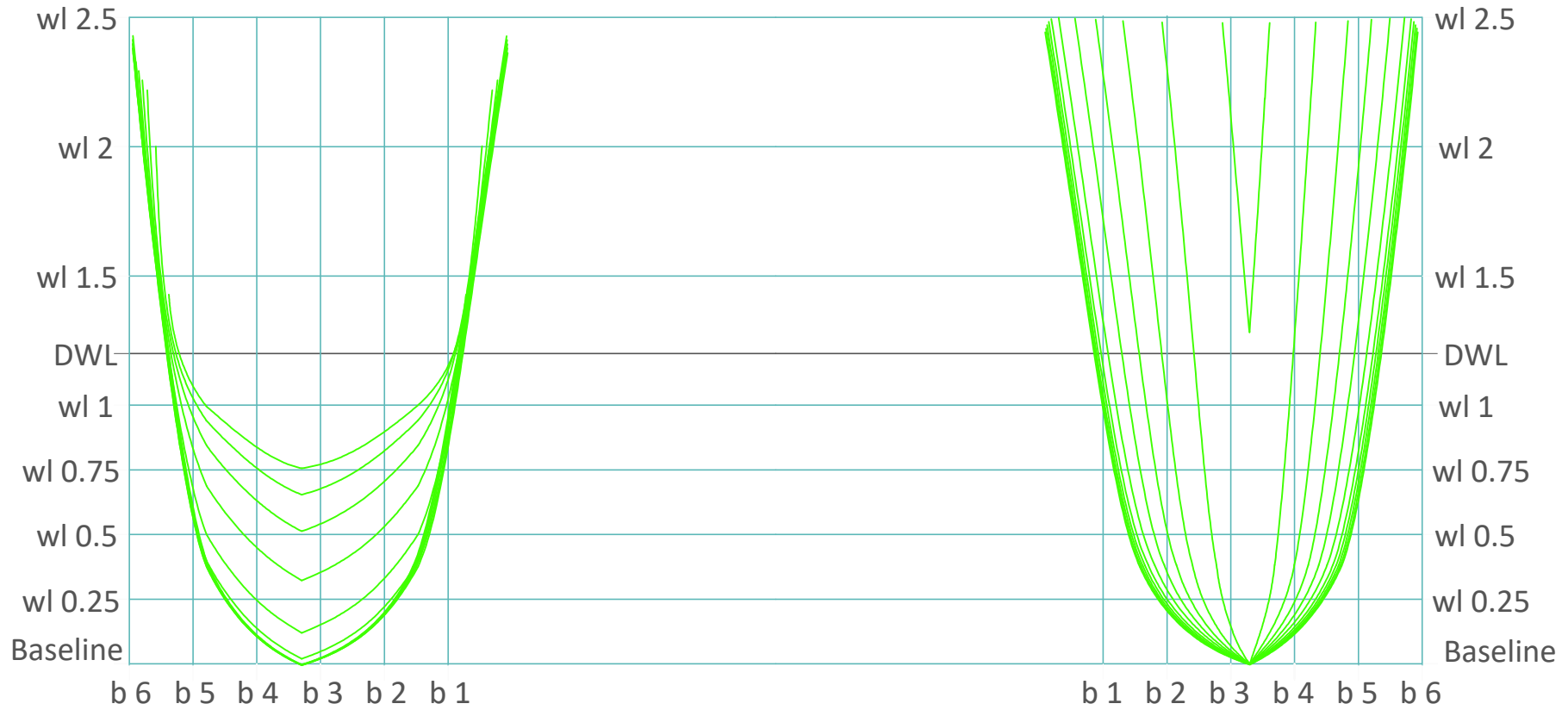
BODY PLAN 900

LAMBUNG KATAMARAN FLAT INSIDE



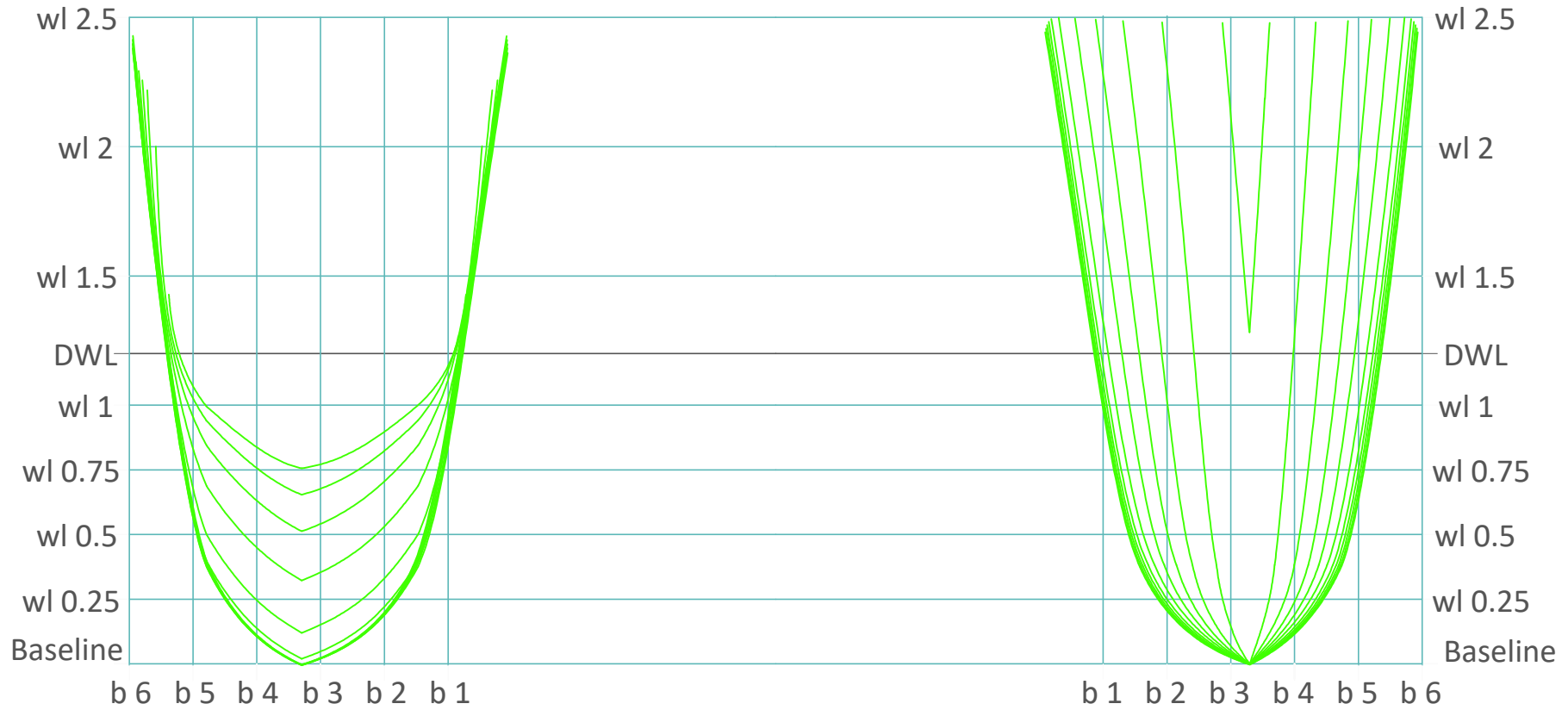
BODY PLAN 100

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



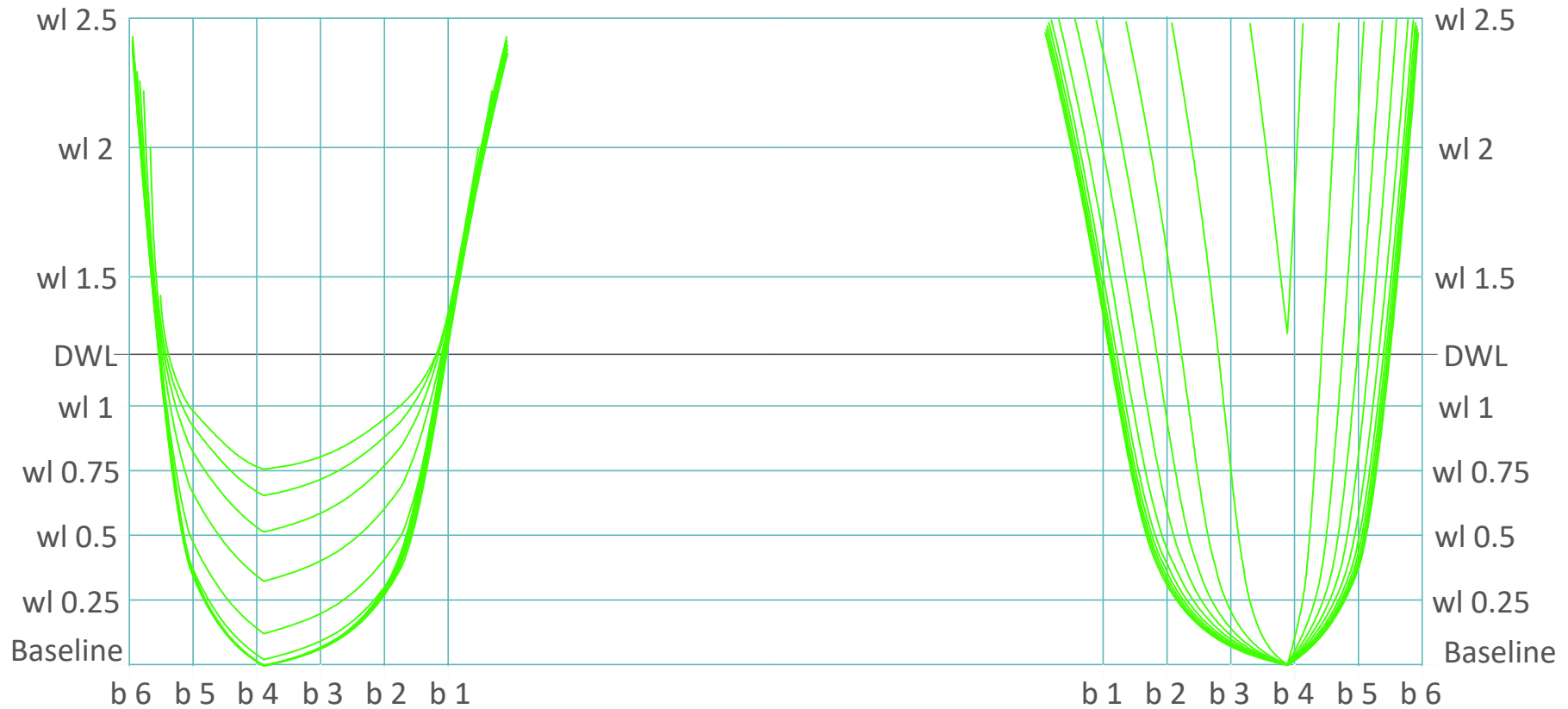
BODY PLAN 200

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



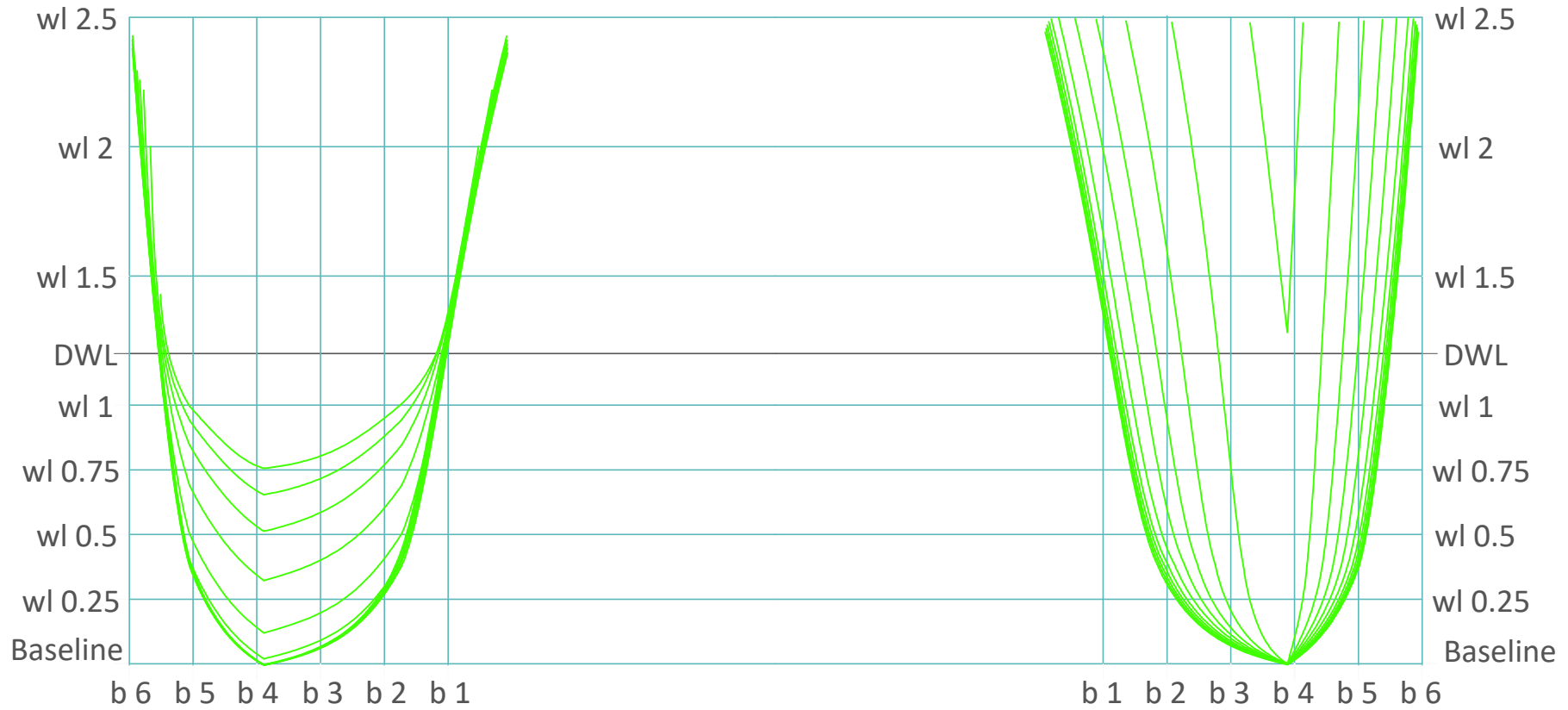
BODY PLAN 300

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



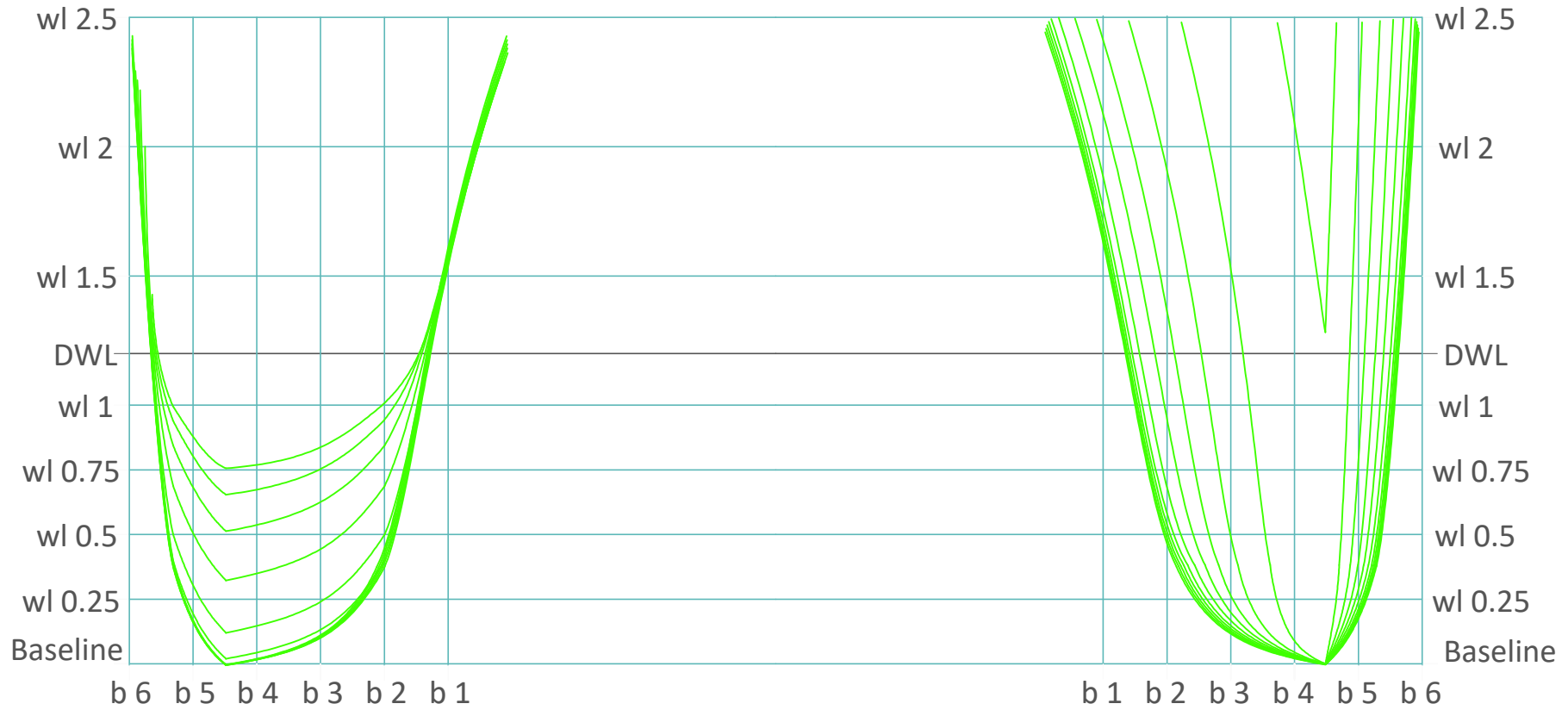
BODY PLAN 400

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



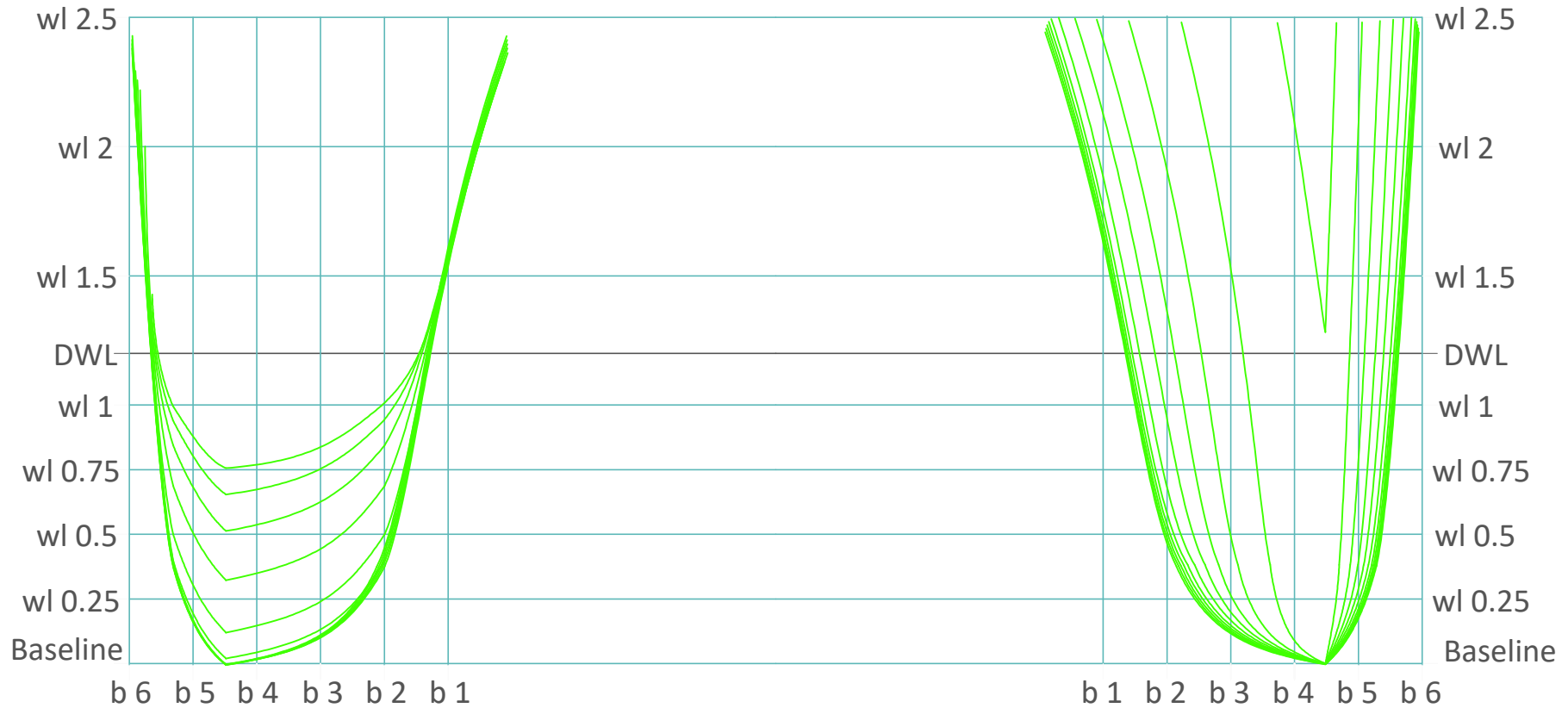
BODY PLAN 500

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



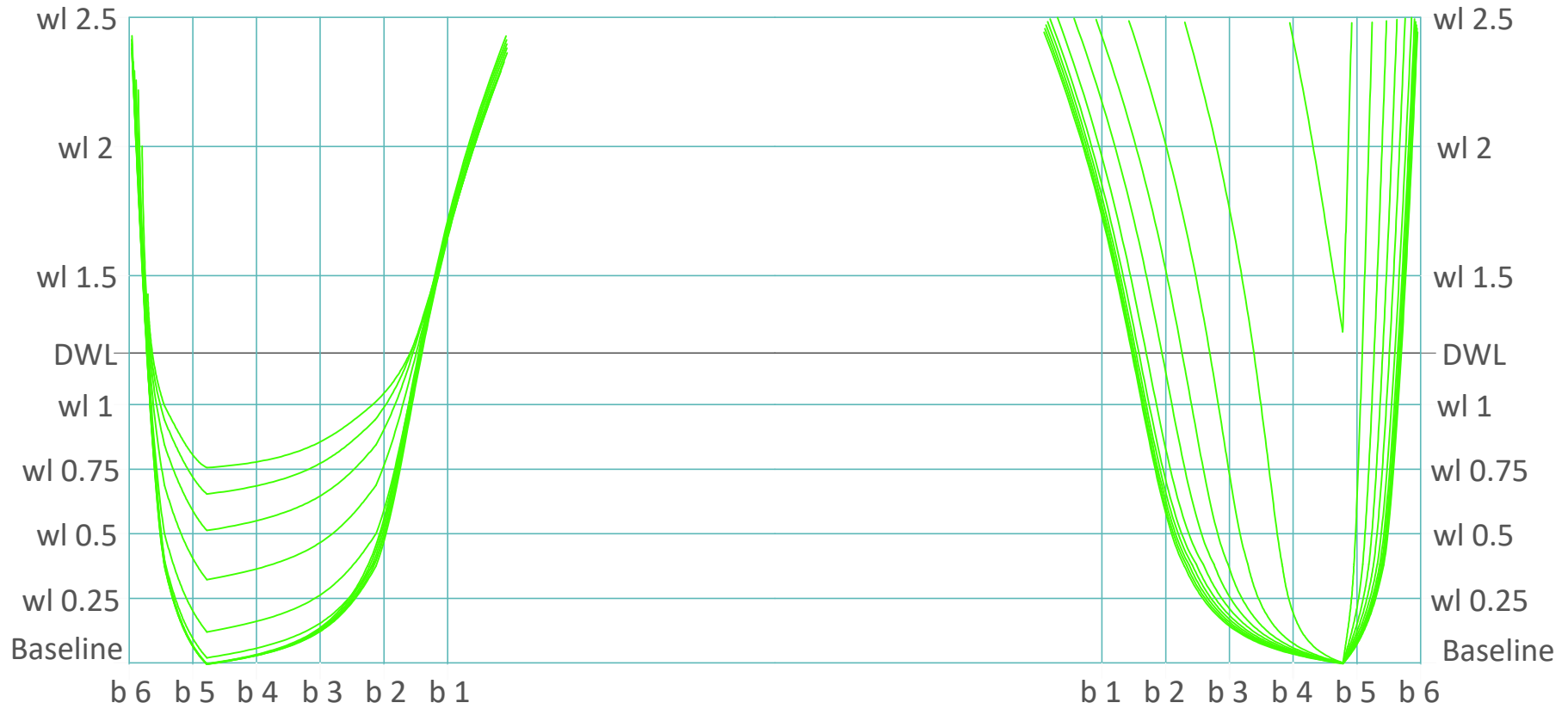
BODY PLAN 600

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



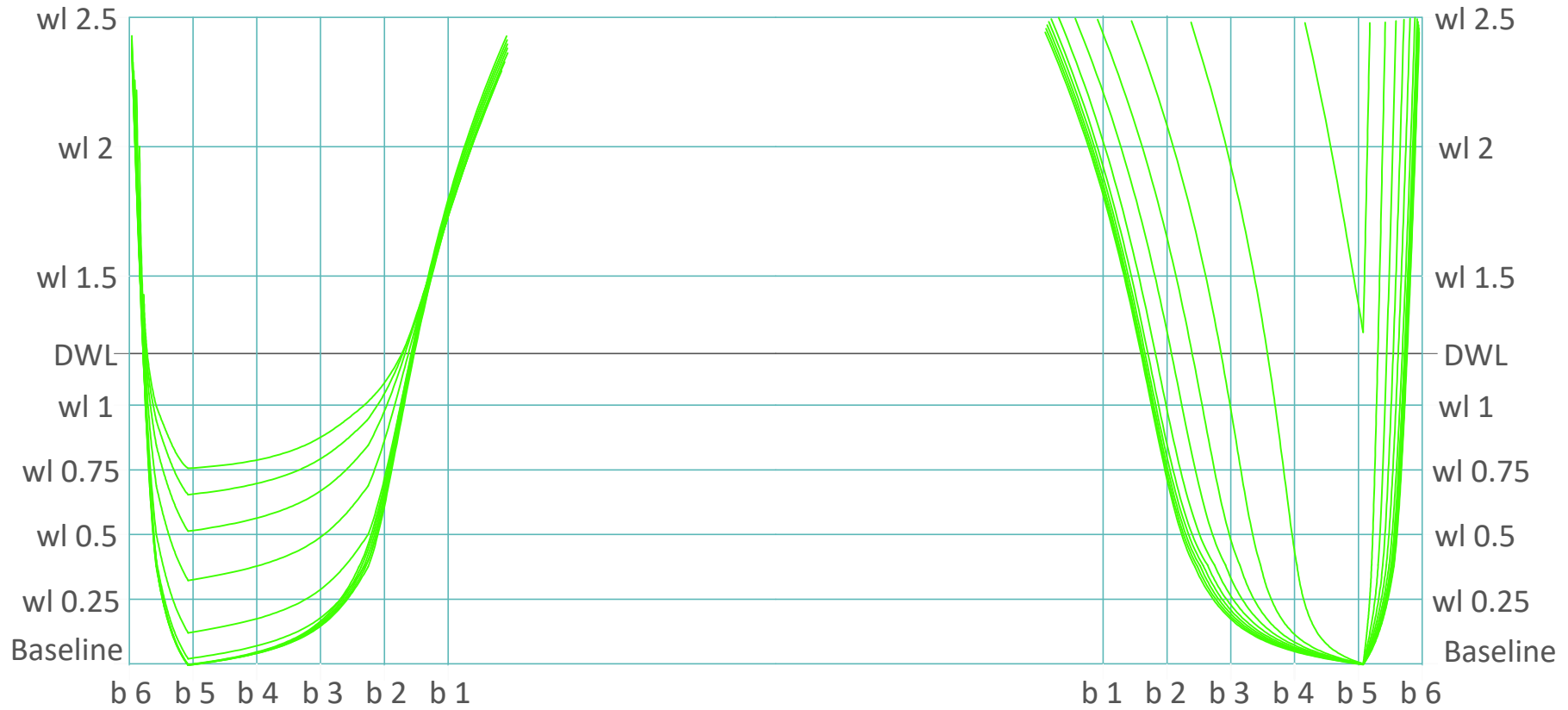
BODY PLAN 700

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



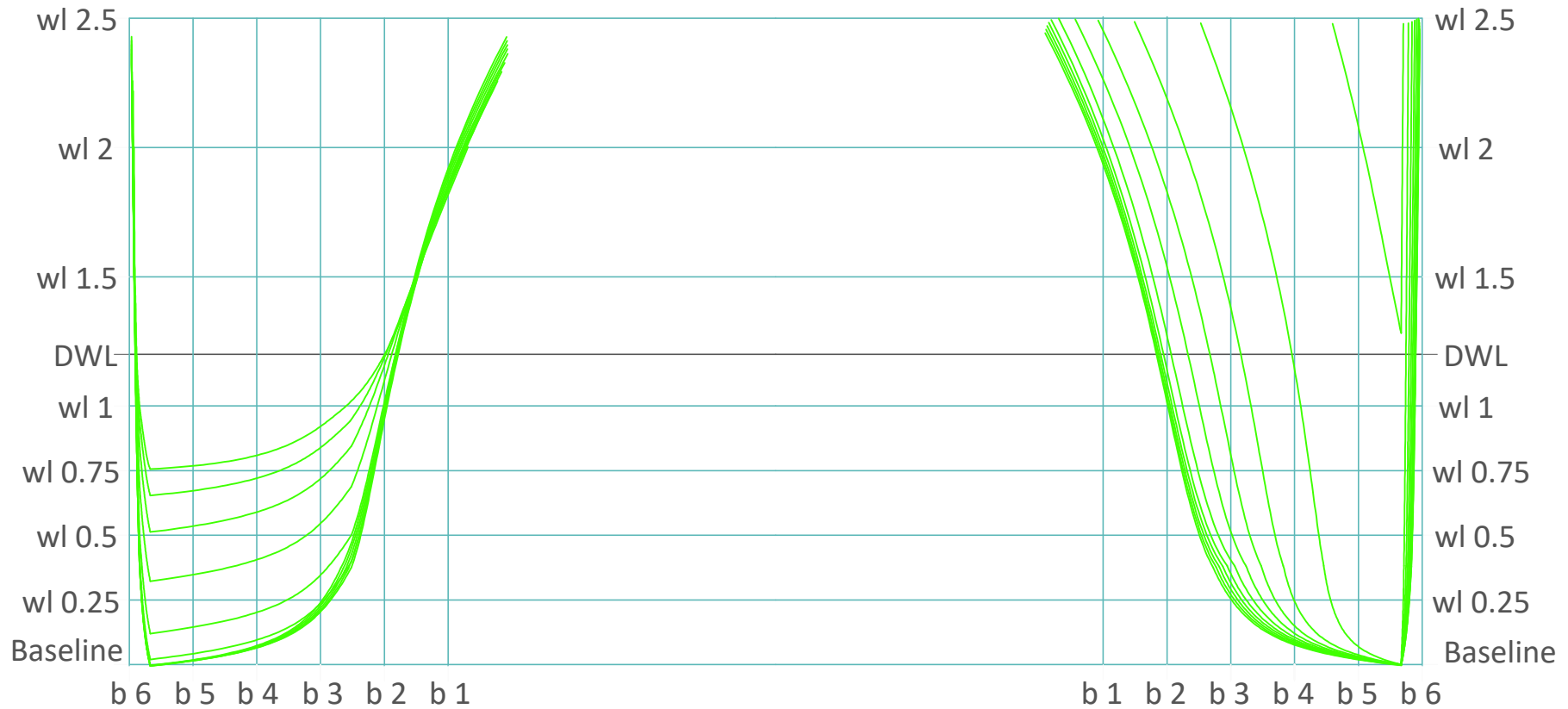
BODY PLAN 800

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



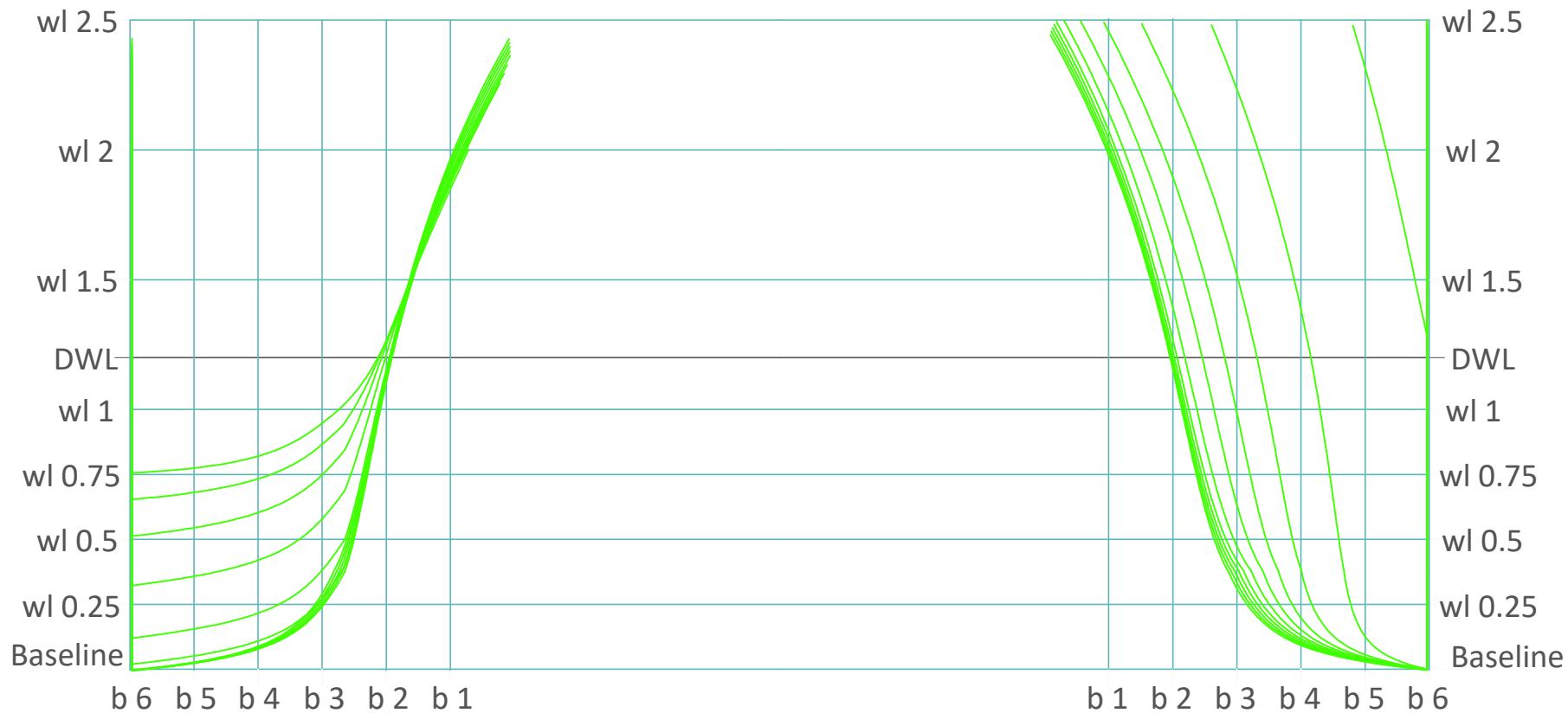
BODY PLAN 900

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



BODY PLAN 1000

LAMBUNG KATAMARAN FLAT OUTSIDE



Lampiran B
Hasil Perhitungan Maxsurf Resistance

FLAT INSIDE

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
1	1079.931691	2146.580893	3480.227896
2	1076.719988	2146.602546	3477.040574
3	1073.522912	2146.624433	3473.868142
4	1070.381162	2146.646601	3470.751349
5	1067.261991	2146.669067	3467.657466
6	1064.163466	2146.691748	3464.584472
7	1061.096188	2146.714673	3461.542997
8	1058.049975	2146.737868	3458.522889
9	1055.015218	2146.761295	3455.514497
10	1051.993782	2146.785013	3452.519751
11	1048.994637	2146.808947	3449.547537
12	1046.016969	2146.833139	3446.597089
13	1043.062475	2146.857609	3443.670126
14	1040.130973	2146.882242	3440.766339
15	1037.221871	2146.907196	3437.885308
16	1034.32363	2146.932453	3435.015477
17	1031.438429	2146.957873	3432.158869
18	1028.580271	2146.98356	3429.329604
19	1025.746193	2147.009521	3426.524724
20	1022.933289	2147.035686	3423.741246
21	1020.139491	2147.062132	3420.977187
22	1017.355701	2147.088827	3418.223416
23	1014.527327	2147.115693	3415.425255
24	1011.709768	2147.14292	3412.638307
25	1008.913005	2147.170285	3409.872315
26	1006.138456	2147.197962	3407.128882
27	1003.385424	2147.225864	3404.407218
28	1000.654819	2147.254038	3401.708285

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
29	997.9456461	2147.282429	3399.031028
30	995.2440902	2147.311038	3396.361632
31	992.5515051	2147.339947	3393.70154
32	989.8806306	2147.369031	3391.063356
33	989.8806306	2147.369031	3391.063356
34	984.6014054	2147.427996	3385.850404
35	981.9909767	2147.457853	3383.273528
36	979.3868145	2147.48791	3380.703145
37	976.7730779	2147.518212	3378.123461
38	974.1665709	2147.548778	3375.551302
39	971.5800264	2147.579591	3372.99938
40	969.0149489	2147.610641	3370.469191
41	966.4710921	2147.641907	3367.960464
42	963.9483682	2147.673376	3365.4731
43	961.4508825	2147.705166	3363.011328
44	958.9564409	2147.737129	3360.552798
45	956.4697078	2147.769336	3358.102247
46	954.0062881	2147.801807	3355.675305
47	951.566812	2147.834496	3353.272551
48	949.1478644	2147.867435	3350.890604
49	946.7459129	2147.900614	3348.525921
50	944.3786655	2147.934001	3346.196175
51	942.0100435	2147.967629	3343.865325
52	939.6509704	2148.001503	3341.544299
53	937.3144412	2148.035561	3339.246024
54	934.9970246	2148.069955	3336.967233
55	932.7002937	2148.10449	3334.709288
56	930.4231472	2148.139287	3332.47122

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
57	928.1665595	2148.174309	3330.253963
58	925.8832305	2148.209602	3328.010266
59	923.609037	2148.245093	3325.775928
60	921.3548947	2148.280795	3323.561877
61	919.122701	2148.316733	3321.370039
62	916.8859931	2148.352966	3319.174014
63	914.6559706	2148.389362	3316.984859
64	912.4439499	2148.426018	3314.813996
65	910.197752	2148.462869	3312.609173
66	907.9477517	2148.499999	3310.40086
67	905.7159227	2148.537342	3308.210956
68	903.5004969	2148.574903	3306.0377
69	901.3024158	2148.612727	3303.882082
70	899.1253574	2148.650733	3301.747691
71	896.9432063	2148.688957	3299.608452
72	894.7253694	2148.727442	3297.433817
73	892.5204173	2148.766159	3295.272326
74	890.3330431	2148.805082	3293.128645
75	888.1652143	2148.844211	3291.00474
76	886.0165477	2148.883634	3288.900324
77	883.8914968	2148.923249	3286.81974
78	881.7276332	2148.963092	3284.700596
79	879.5405207	2149.003148	3282.558444
80	877.3720128	2149.043428	3280.435146
81	875.2222629	2149.083962	3278.330889
82	873.0910409	2149.124701	3276.245391
83	870.9788168	2149.165646	3274.17912
84	868.8869236	2149.206808	3272.133425

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
85	866.6773272	2149.248272	3269.97036
86	864.467559	2149.289872	3267.807279
87	862.2766332	2149.331743	3265.663342
88	860.1028761	2149.373855	3263.536843
89	857.9476988	2149.41618	3261.429161
90	855.8110711	2149.458698	3259.340246
91	853.6694652	2149.501446	3257.24661
92	851.4522171	2149.544446	3255.077613
93	849.2444976	2149.587616	3252.918336
94	847.0449478	2149.631035	3250.767508
95	844.8637348	2149.67466	3248.635245
96	842.6996199	2149.718559	3246.520385
97	840.5544186	2149.762655	3244.424661
98	838.4265152	2149.80694	3242.346446
99	836.3197922	2149.851468	3240.289684
100	834.2495133	2149.896276	3238.269676
101	832.1874007	2149.941245	3236.258018
102	830.1433824	2149.98638	3234.26464
103	828.1170313	2150.031794	3232.28924
104	826.1082805	2150.077479	3230.331741
105	824.1148488	2150.123309	3228.389726
106	822.1389937	2150.169389	3226.465568
107	820.1832566	2150.215681	3224.561762
108	818.2152115	2150.262188	3222.645891
109	816.2578099	2150.308933	3220.740928
110	814.3181988	2150.355886	3218.853988
111	812.3852409	2150.403089	3216.973981
112	810.4691504	2150.450458	3215.111029

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
113	808.570546	2150.498054	3213.265815
114	806.6905731	2150.545868	3211.439478
115	804.8326231	2150.593966	3209.635479
116	802.9768973	2150.642192	3207.833848
117	801.138935	2150.690665	3206.050259
118	799.3176245	2150.739384	3204.283595
119	797.5133022	2150.788332	3202.534173
120	795.7328365	2150.837462	3200.808814
121	793.9733129	2150.886769	3199.104596
122	792.2371088	2150.936363	3197.424017
123	790.5217709	2150.986147	3195.764517
124	788.8122537	2151.036157	3194.111089
125	787.1183667	2151.086388	3192.473541
126	785.4454243	2151.13684	3190.857181
127	783.7949806	2151.187501	3189.263556
128	782.1670207	2151.238356	3187.692632
129	780.5631055	2151.289421	3186.145987
130	778.9797268	2151.340764	3184.620189
131	777.3942385	2151.392299	3183.092495
132	776.1058864	2151.444	3181.862126
133	774.4540636	2151.495926	3180.268536
134	772.8122134	2151.548141	3178.685241
135	771.1831898	2151.600513	3177.114949
136	769.560057	2151.653106	3175.550795
137	767.9541588	2151.705908	3174.00411
138	766.3445623	2151.758979	3172.454025
139	764.7523742	2151.81222	3170.921541
140	763.1630298	2151.865662	3169.392124

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
141	761.5843663	2151.919322	3167.873633
142	760.021771	2151.973262	3166.371522
143	758.4759589	2152.02735	3164.886361
144	756.9469367	2152.081648	3163.418225
145	755.4201695	2152.136214	3161.952642
146	753.8813607	2152.190967	3160.475227
147	752.3537647	2152.245924	3159.009253
148	750.8464725	2152.301095	3157.563823
149	749.357166	2152.356516	3156.136657
150	747.8850392	2152.412139	3154.726896
151	746.4305384	2152.467902	3153.334921
152	744.988828	2152.523939	3151.95604
153	743.5326053	2152.580244	3150.562944
154	742.0935069	2152.636649	3149.187091
155	740.6680121	2152.69336	3147.825178
156	739.2374067	2152.750232	3146.458337
157	737.8252151	2152.807357	3145.110191
158	736.4379148	2152.864658	3143.787135
159	735.0692842	2152.922185	3142.483
160	733.6787645	2152.979951	3141.157244
161	732.2911047	2153.037907	3139.834559
162	730.9215366	2153.096067	3138.530195
163	729.5923772	2153.15445	3137.26649
164	728.2864908	2153.213072	3136.026323
165	726.9823331	2153.27185	3134.788061
166	725.6847499	2153.330863	3133.556636
167	724.377079	2153.390122	3132.315398
168	723.0411023	2153.449608	3131.046106

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
169	721.7179559	2153.509231	3129.789801
170	720.4101783	2153.569104	3128.549143
171	719.1199478	2153.629171	3127.326249
172	717.8437234	2153.689535	3126.117691
173	716.5772833	2153.750015	3124.919051
174	715.305631	2153.810754	3123.715486
175	713.9857507	2153.871652	3122.463874
176	712.6891809	2153.93281	3121.235859
177	711.4109991	2153.994203	3120.026495
178	710.1483626	2154.055744	3118.832845
179	708.9028963	2154.117529	3117.656637
180	707.6727273	2154.179571	3116.496011
181	706.4590194	2154.241744	3115.351996
182	705.263581	2154.304188	3114.226552
183	704.0626356	2154.366841	3113.095834
184	702.8727084	2154.429674	3111.976337
185	701.6981878	2154.492737	3110.872502
186	700.5363467	2154.556008	3109.781581
187	699.3823692	2154.619506	3108.698775
188	698.2428296	2154.683208	3107.630637
189	697.1235099	2154.747075	3106.582905
190	696.0251009	2154.811211	3105.556381
191	694.9377854	2154.875566	3104.541198
192	693.8237579	2154.940091	3103.499492
193	692.6790598	2155.004837	3102.427364
194	691.5499321	2155.069809	3101.371056
195	690.4394791	2155.135017	3100.333687
196	689.3390373	2155.200415	3099.306544

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
197	688.253828	2155.266011	3098.294855
198	687.1835779	2155.331807	3097.298348
199	686.1277762	2155.39785	3096.316565
200	685.0638353	2155.464042	3095.326811
201	683.9949371	2155.530538	3094.332437
202	682.9387682	2155.597201	3093.35098
203	681.8976163	2155.664089	3092.384792
204	680.8720168	2155.731166	3091.434368
205	679.864041	2155.798483	3090.501836
206	678.871273	2155.865995	3089.58473
207	677.8932016	2155.933705	3088.682542
208	676.9302642	2156.001629	3087.795728
209	675.9373706	2156.069788	3086.879219
210	674.9577596	2156.138186	3085.976259
211	673.9912334	2156.20669	3085.086507
212	673.0318533	2156.275477	3084.204214
213	672.0897399	2156.344473	3083.339422
214	671.160498	2156.413696	3082.487754
215	670.2425849	2156.483138	3081.647661
216	669.3390904	2156.552753	3080.82218
217	668.4163631	2156.622561	3079.977683
218	667.4498563	2156.692662	3079.089731
219	666.5012685	2156.762939	3078.219898
220	665.5673478	2156.833357	3077.36489
221	664.6468685	2156.904101	3076.523686
222	663.7376889	2156.975	3075.693955
223	662.835736	2157.046095	3074.871672
224	661.9489302	2157.117426	3074.064798

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
225	661.0751142	2157.188976	3073.271159
226	660.1512846	2157.260724	3072.427728
227	659.2364757	2157.332681	3071.593552
228	658.3377578	2157.404849	3070.775703
229	657.4422976	2157.477288	3069.961413
230	656.548177	2157.549835	3069.148586
231	655.6745701	2157.622649	3068.35657
232	654.8177755	2157.695678	3067.581606
233	653.9608816	2157.768942	3066.806806
234	653.062229	2157.84239	3066.090453
235	652.1188493	2157.916032	3065.329592
236	651.188045	2157.98991	3064.581568
237	650.2707239	2158.064001	3063.847265
238	649.3667824	2158.138312	3063.126587
239	648.4767873	2158.212812	3062.420069
240	647.5996344	2158.287548	3061.726657
241	646.7344244	2158.362466	3061.04539
242	645.8822368	2158.437625	3060.377416
243	644.9291015	2158.513009	3059.720744
244	643.9594154	2158.588591	3059.074744
245	643.0027407	2158.664364	3058.439197
246	642.0591634	2158.740378	3057.813562
247	641.1293331	2158.816559	3057.197899
248	640.2089353	2158.893025	3056.592364
249	639.2923699	2158.969649	3056.000019
250	638.3847597	2159.046488	3055.421233
251	637.457634	2159.123563	3054.856067
252	636.4749505	2159.200858	3054.304519

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
253	635.5056968	2159.278348	3053.766447
254	634.528889	2159.356059	3053.242948
255	633.5644779	2159.434022	3052.732500
256	632.6134073	2159.512137	3052.234937
257	631.6740661	2159.590475	3051.749542
258	630.7491477	2159.669035	3051.276207
259	629.8295162	2159.747828	3050.814945
260	628.9193132	2159.826804	3050.365742
261	628.0222725	2159.905993	3049.928510
262	627.1387171	2159.985416	3049.503293
263	626.2482943	2160.065082	3049.090087
264	625.3499549	2160.144936	3048.688941
265	624.4606745	2160.22498	3048.298916
266	623.5918207	2160.305237	3047.919923
267	622.7348912	2160.385762	3047.552062
268	621.8904396	2160.466456	3047.195232
269	621.0666151	2160.547355	3046.849337
270	620.2320397	2160.628464	3046.514270
271	619.3998657	2160.709841	3046.189911
272	618.5791284	2160.791378	3045.876160
273	617.7717023	2160.873175	3045.572917
274	616.9584008	2160.955176	3045.280084
275	616.1582902	2161.037379	3044.997653
276	615.3514923	2161.119823	3044.725624
277	614.5536403	2161.202459	3044.463895
278	613.7484486	2161.285308	3044.212467
279	612.9484145	2161.368361	3043.970450
280	612.1602292	2161.45162	3043.737751

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
281	611.3859061	2161.535126	3028.451366
282	610.6217815	2161.61888	3027.781066
283	609.8705081	2161.702778	3027.123779
284	609.1079051	2161.786931	3026.455446
285	608.3605195	2161.871279	3025.802551
286	607.6263752	2161.955884	3025.163182
287	606.9054318	2162.04069	3024.537239
288	606.1788269	2162.12569	3023.905852
289	605.4620578	2162.21087	3023.284505
290	604.7584224	2162.296353	3022.676626
291	604.0685575	2162.382002	3022.082705
292	603.3916249	2162.467872	3021.501964
293	602.7281838	2162.553988	3020.934988
294	602.0479165	2162.64028	3020.351385
295	601.3688403	2162.726813	3019.76924
296	600.6923056	2162.813542	3019.189857
297	600.0259602	2162.900544	3018.620967
298	599.37406	2162.9877	3018.066696
299	598.7273772	2163.075066	3017.517879
300	598.0719851	2163.162672	3016.96062
301	597.4179436	2163.250553	3016.405016
302	596.7772194	2163.338571	3015.862886
303	596.1494192	2163.426839	3015.333958
304	595.5056781	2163.51529	3014.789296
305	594.8630174	2163.604052	3014.246058
306	594.2302488	2163.692956	3013.712874
307	593.6092041	2163.782059	3013.191636
308	593.0020148	2163.871412	3012.684532

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
309	592.4059465	2163.961015	3012.188829
310	591.8226838	2164.050771	3011.706104
311	591.2573247	2164.140804	3011.241592
312	590.6715324	2164.231057	3010.75689
313	590.0901995	2164.321497	3010.276858
314	589.4770646	2164.412156	3009.76527
315	588.860512	2164.50303	3009.250505
316	588.2555897	2164.594166	3008.747662
317	587.6630077	2164.685493	3008.257373
318	587.0830924	2164.777017	3007.779973
319	586.5157607	2164.868762	3007.315402
320	585.9598508	2164.96077	3006.862546
321	585.4163787	2165.052951	3006.422323
322	584.8739383	2165.145383	3005.983412
323	584.3430649	2165.238066	3005.556348
324	583.7574735	2165.330932	3005.07477
325	583.1636698	2165.424002	3004.585209
326	582.5491444	2165.517294	3004.075175
327	581.9339794	2165.610845	3003.56479
328	581.330474	2165.704591	3003.066284
329	580.7394101	2165.79852	3002.580424
330	580.1760327	2165.892734	3002.122568
331	579.6278864	2165.987161	3001.680181
332	579.0925488	2166.081795	3001.250835
333	578.5709738	2166.176632	3000.835479
334	578.0452577	2166.271701	3000.416241
335	577.5000044	2166.367046	2999.977774
336	576.9356567	2166.462565	2999.520406

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
337	576.3839357	2166.558294	2999.075902
338	575.8461847	2166.654235	2998.645605
339	575.3315505	2166.750446	2998.238726
340	574.8257797	2166.846824	2997.840897
341	574.3142704	2166.943474	2997.437633
342	573.8027861	2167.040327	2997.034623
343	573.3023765	2167.137414	2996.642947
344	572.8143957	2167.234714	2996.26394
345	572.3376166	2167.332216	2995.89636
346	571.8737142	2167.429982	2995.541951
347	571.3893389	2167.528014	2995.167365
348	570.8946073	2167.626156	2994.782551
349	570.4118874	2167.724579	2994.41006
350	569.9405331	2167.823218	2994.049174
351	569.4809554	2167.922101	2993.70034
352	569.0334241	2168.021158	2993.363747
353	568.5973605	2168.120482	2993.038921
354	568.165645	2168.220047	2992.71871
355	567.7385974	2168.319821	2992.403401
356	567.3233679	2168.419816	2992.100158
357	566.9182516	2168.51999	2991.80723
358	566.5239806	2168.620474	2991.525492
359	566.078091	2168.721118	2991.192315
360	565.634753	2168.822024	2990.861982
361	565.2035799	2168.923116	2990.544023
362	564.7780326	2169.024504	2990.232019
363	564.3430051	2169.126055	2989.91072
364	563.9197632	2169.227815	2989.601439

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
365	563.5052909	2169.329885	2989.301273
366	563.1019953	2169.432133	2989.012483
367	562.7102722	2169.534606	2988.735518
368	562.3162133	2169.637315	2988.456481
369	561.9306886	2169.740278	2988.186261
370	561.5476059	2169.843409	2987.918673
371	561.094355	2169.946787	2987.581192
372	560.6528461	2170.050415	2987.255733
373	560.2181613	2170.154261	2986.937341
374	559.7933849	2170.258332	2986.629109
375	559.3720728	2170.362629	2986.324595
376	558.9448061	2170.467144	2986.014369
377	558.5272639	2170.571937	2985.714179
378	558.1128078	2170.676887	2985.417252
379	557.7063144	2170.782111	2985.128592
380	557.3102715	2170.887543	2984.850616
381	556.9198308	2170.993223	2984.578519
382	556.5057682	2171.099141	2984.283067
383	556.0113226	2171.205247	2983.907443
384	555.5212456	2171.311638	2983.536504
385	555.0428857	2171.418231	2983.177508
386	554.568648	2171.525042	2982.822881
387	554.1054134	2171.632061	2982.479488
388	553.6521207	2171.739359	2982.14635
389	553.2092485	2171.846911	2981.823913
390	552.7759956	2171.954633	2981.511289
391	552.3459609	2172.0626	2981.202157
392	551.9095835	2172.170795	2980.886936

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
393	551.4840593	2172.279275	2980.582886
394	551.0653104	2172.387913	2980.28579
395	550.5886287	2172.496835	2979.931078
396	550.1165025	2172.60602	2979.581214
397	549.6564099	2172.715324	2979.243519
398	549.2078287	2172.824925	2978.917668
399	548.7711509	2172.934753	2978.603972
400	548.3457006	2173.044834	2978.301788
401	547.9316457	2173.155109	2978.011215
402	547.4888384	2173.265666	2977.692206
403	547.0404737	2173.376403	2977.367843
404	546.6025922	2173.487437	2977.05429
405	546.1732051	2173.598671	2976.749459
406	545.7472069	2173.710083	2976.448216
407	545.3120688	2173.821832	2976.138208
408	544.8722772	2173.933784	2975.823775
409	544.4216594	2174.04592	2975.498722
410	543.9822307	2174.15837	2975.185206
411	543.5615631	2174.270978	2974.890631
412	543.1627614	2174.383857	2974.618225
413	542.7732844	2174.49695	2974.355382
414	542.3901885	2174.61031	2974.099219
415	542.0151095	2174.723932	2973.851365
416	541.650414	2174.837691	2973.61405
417	541.2958735	2174.95179	2973.387266
418	540.9484547	2175.066043	2973.167781
419	540.6092406	2175.180607	2972.956845
420	540.2806164	2175.295365	2972.756716

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
421	539.961646	2175.410373	2972.566522
422	539.635684	2175.525592	2972.369573
423	539.2598819	2175.641081	2972.123084
424	538.886917	2175.756813	2971.879703
425	538.5218749	2175.872728	2971.644453
426	538.1666498	2175.98898	2971.419393
427	537.8214798	2176.105366	2971.20454
428	537.4863197	2176.222052	2971.000031
429	537.1610703	2176.338977	2970.805701
430	536.840401	2176.456112	2970.616186
431	536.5203418	2176.573518	2970.427584
432	536.2102975	2176.691149	2970.249249
433	535.9180844	2176.808988	2970.088979
434	535.6369462	2176.927111	2969.940099
435	535.3672328	2177.04547	2969.802907
436	535.0808774	2177.164008	2969.649278
437	534.7982962	2177.282847	2969.499756
438	534.5089177	2177.40196	2969.343743
439	534.2128752	2177.521241	2969.181254
440	533.9265899	2177.640807	2969.028842
441	533.6498975	2177.76057	2968.886244
442	533.3743294	2177.880642	2968.745113
443	533.1054098	2178.000921	2968.610864
444	532.8457478	2178.12143	2968.48613
445	532.5955168	2178.242228	2968.371149
446	532.3549321	2178.36318	2968.265988
447	532.1228053	2178.484428	2968.169616
448	531.8932087	2178.605947	2968.076075

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
449	531.6727366	2178.727673	2967.991892
450	531.4111318	2178.849683	2967.866892
451	531.1524318	2178.971884	2967.745012
452	530.8918286	2179.094356	2967.621532
453	530.6320219	2179.217069	2967.499116
454	530.3412977	2179.34004	2967.346072
455	530.0601566	2179.463202	2967.202827
456	529.7878404	2179.586666	2967.068743
457	529.5247014	2179.710363	2966.944096
458	529.2719054	2179.834291	2966.830051
459	529.0531422	2179.958495	2966.750347
460	528.8323918	2180.082886	2966.668866
461	528.6215144	2180.207606	2966.597624
462	528.421876	2180.332537	2966.537859
463	528.226816	2180.45769	2966.482919
464	528.0063729	2180.583112	2966.402898
465	527.7876509	2180.70878	2966.324873
466	527.5797789	2180.834658	2966.257934
467	527.3823528	2180.960816	2966.201752
468	527.1955198	2181.087262	2966.156485
469	526.9982362	2181.213913	2966.100998
470	526.785727	2181.34081	2966.030559
471	526.5843429	2181.467957	2965.971527
472	526.3927949	2181.595375	2965.922631
473	526.1753399	2181.723026	2965.848091
474	525.8949466	2181.850906	2965.710869
475	525.6229013	2181.979035	2965.582274
476	525.3547634	2182.107504	2965.457963

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
477	525.0886854	2182.236105	2965.335863
478	524.8265757	2182.365023	2965.218083
479	524.5761557	2182.494136	2965.112215
480	524.3350212	2182.62362	2965.016042
481	524.1033271	2182.753244	2964.929468
482	523.8804177	2182.883126	2964.85197
483	523.6666311	2183.013343	2964.783965
484	523.461982	2183.143709	2964.725269
485	523.222735	2183.274361	2964.632293
486	522.978155	2183.405268	2964.534268
487	522.7431432	2183.536486	2964.446159
488	522.5190177	2183.667906	2964.369163
489	522.3038178	2183.799575	2964.30137
490	522.0970874	2183.931484	2964.242317
491	521.8963794	2184.063688	2964.189613
492	521.7050983	2184.196157	2964.146634
493	521.5018295	2184.328819	2964.091884
494	521.3168896	2184.461748	2964.055763
495	521.1229039	2184.594977	2964.010929
496	520.9394724	2184.728393	2963.976859
497	520.7642812	2184.862113	2963.95137
498	520.5975084	2184.996092	2963.934587
499	520.4359979	2185.130344	2963.923372
500	520.2758649	2185.264796	2963.91376
501	520.0606443	2185.399548	2963.849395
502	519.8406699	2185.534577	2963.780585
503	519.6297137	2185.669809	2963.721021
504	519.4275471	2185.805305	2963.670543

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
505	519.2340609	2185.941032	2963.629003
506	519.0489248	2186.077111	2963.596205
507	518.8752412	2186.213363	2963.575055
508	518.7115848	2186.349915	2963.564268
509	518.555674	2186.48671	2963.561498
510	518.407543	2186.623807	2963.566843
511	518.2695536	2186.761126	2963.58258
512	518.143138	2186.89868	2963.610153
513	517.9903418	2187.03654	2963.611688
514	517.8453073	2187.174619	2963.62123
515	517.7080055	2187.312966	2963.638805
516	517.5789699	2187.451606	2963.664973
517	517.3855751	2187.590454	2963.627015
518	517.1689533	2187.729641	2963.566207
519	516.9479824	2187.86903	2963.501277
520	516.7214435	2188.008699	2963.431093
521	516.5011263	2188.148631	2963.367423
522	516.2750439	2188.288865	2963.298326
523	516.0692787	2188.429294	2963.249766
524	515.8825379	2188.569981	2963.220519
525	515.7063792	2188.710998	2963.202221
526	515.541653	2188.852203	2963.195567
527	515.3876068	2188.993717	2963.199939
528	515.2453238	2189.13552	2963.216396
529	515.1206175	2189.277549	2963.250683
530	514.9926042	2189.419862	2963.28198
531	514.865896	2189.562403	2963.314839
532	514.7365944	2189.705226	2963.345419

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
533	514.5708227	2189.848352	2963.339866
534	514.3617496	2189.991711	2963.291275
535	514.164153	2190.13535	2963.254472
536	513.9790751	2190.279209	2963.230436
537	513.8047217	2190.423411	2963.217504
538	513.6374089	2190.567792	2963.211816
539	513.483151	2190.712514	2963.219563
540	513.3416699	2190.857489	2963.24037
541	513.2139834	2191.002729	2963.275268
542	513.0995491	2191.148246	2963.323727
543	512.9972397	2191.294005	2963.384583
544	512.9026041	2191.440056	2963.453438
545	512.8157667	2191.586321	2963.530333
546	512.7446333	2191.732928	2963.623312
547	512.6898824	2191.879743	2963.732907
548	512.5978648	2192.026911	2963.805629
549	512.327148	2192.174284	2963.699882
550	512.0627748	2192.321924	2963.600777
551	511.8033341	2192.46987	2963.506947
552	511.5268464	2192.618102	2963.396389
553	511.2500334	2192.766553	2963.285753
554	510.981207	2192.91526	2963.183388
555	510.7203826	2193.06429	2963.089386
556	510.4673311	2193.213606	2963.003477
557	510.2222043	2193.363144	2962.925741
558	509.9852333	2193.512989	2962.856505
559	509.7571731	2193.663103	2962.796479
560	509.5370486	2193.813517	2962.744724

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
561	509.3247424	2193.964131	2962.701013
562	509.1202514	2194.11506	2962.665469
563	508.9238635	2194.266293	2962.638367
564	508.7355494	2194.417751	2962.619592
565	508.5518832	2194.569523	2962.605814
566	508.3593753	2194.721525	2962.583454
567	508.1410088	2194.873864	2962.53561
568	507.9308167	2195.026459	2962.496228
569	507.7250383	2195.179283	2962.461515
570	507.5254162	2195.332468	2962.433362
571	507.3335225	2195.485876	2962.413187
572	507.115516	2195.639553	2962.367201
573	506.8854391	2195.793471	2962.309414
574	506.6573177	2195.94776	2962.253996
575	506.4354964	2196.10231	2962.20517
576	506.2214577	2196.257086	2962.164381
577	506.0148581	2196.412178	2962.131384
578	505.8163475	2196.567536	2962.106773
579	505.6251417	2196.723226	2962.089836
580	505.4416972	2196.879074	2962.08084
581	505.2692316	2197.035326	2962.083273
582	505.1072762	2197.191827	2962.096496
583	504.9488344	2197.348558	2962.11349
584	504.7943307	2197.505623	2962.134794
585	504.6062693	2197.662948	2962.122831
586	504.415708	2197.820534	2962.108663
587	504.2430147	2197.978417	2962.112692
588	504.0971777	2198.136625	2962.143941

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
589	503.9471755	2198.295096	2962.171321
590	503.8040216	2198.453822	2962.205833
591	503.6676502	2198.612841	2962.247456
592	503.5055463	2198.772139	2962.263657
593	503.3379266	2198.931753	2962.274696
594	503.1771075	2199.091591	2962.292787
595	503.0253089	2199.251777	2962.320288
596	502.8805804	2199.41225	2962.355178
597	502.7386505	2199.572953	2962.393126
598	502.5832981	2199.734015	2962.418051
599	502.434241	2199.895279	2962.449499
600	502.2923385	2200.056874	2962.488471
601	502.1572714	2200.218734	2962.534576
602	502.0291956	2200.380933	2962.588049
603	501.9104859	2200.543398	2962.651187
604	501.771637	2200.706117	2962.694469
605	501.6298463	2200.869148	2962.73516
606	501.4965559	2201.032454	2962.784657
607	501.3739877	2201.196089	2962.845244
608	501.2580669	2201.359988	2962.912776
609	501.1498	2201.524155	2962.988259
610	501.0451698	2201.688643	2963.067739
611	500.9354271	2201.853376	2963.142381
612	500.8189191	2202.018453	2963.210641
613	500.6686944	2202.183759	2963.245442
614	500.5255598	2202.349438	2963.287747
615	500.3906481	2202.515388	2963.338581
616	500.2547996	2202.681564	2963.38873

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
617	500.1250547	2202.848126	2963.445414
618	499.9955058	2203.014895	2963.502527
619	499.8679852	2203.182011	2963.562055
620	499.7474381	2203.349396	2963.628857
621	499.6350264	2203.517075	2963.704125
622	499.5086179	2203.685063	2963.76574
623	499.3854235	2203.853325	2963.830875
624	499.269334	2204.0219	2963.903467
625	499.1573422	2204.190757	2963.980471
626	499.0475782	2204.359921	2964.060047
627	498.9443771	2204.529358	2964.146489
628	498.8478291	2204.699115	2964.239944
629	498.7576967	2204.869209	2964.34019
630	498.6742564	2205.039491	2964.44734
631	498.5977419	2205.210188	2964.561878
632	498.5275807	2205.381058	2964.682966
633	498.4156617	2205.552322	2964.762734
634	498.2674005	2205.723848	2964.806452
635	498.1241254	2205.895669	2964.855489
636	497.9830901	2206.067838	2964.907152
637	497.848461	2206.240221	2964.965463
638	497.7204503	2206.412996	2965.03083
639	497.5986825	2206.586003	2965.102698
640	497.4833444	2206.759346	2965.181373
641	497.3746398	2206.932933	2965.266954
642	497.2723494	2207.106881	2965.359353
643	497.1785261	2207.281113	2965.460537
644	497.0914324	2207.455642	2965.568782

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
645	497.0106754	2207.63048	2965.68371
646	496.9235672	2207.805602	2965.792604
647	496.8303253	2207.981049	2965.895728
648	496.7447123	2208.156808	2966.006829
649	496.6658205	2208.332818	2966.124934
650	496.5816004	2208.509198	2966.238122
651	496.5033043	2208.685836	2966.357523
652	496.4279112	2208.862773	2966.480163
653	496.3534591	2209.040055	2966.604127
654	496.2768623	2209.217585	2966.726227
655	496.1167766	2209.395519	2966.765287
656	495.9460965	2209.573671	2966.793998
657	495.781515	2209.752156	2966.82918
658	495.6230431	2209.930905	2966.870767
659	495.4711953	2210.110025	2966.919392
660	495.3299767	2210.2894	2966.978932
661	495.2008503	2210.469139	2967.050971
662	495.0777523	2210.649168	2967.129363
663	494.9608476	2210.829462	2967.214245
664	494.8496965	2211.010106	2967.305271
665	494.7440822	2211.191037	2967.402155
666	494.6412868	2211.37231	2967.50224
667	494.5439326	2211.553856	2967.608073
668	494.4522998	2211.735726	2967.71999
669	494.3666538	2211.917918	2967.838252
670	494.2830992	2212.100409	2967.95894
671	494.1779406	2212.283199	2968.058361
672	494.0757089	2212.466294	2968.161046

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
673	493.9795273	2212.649739	2968.270176
674	493.8894178	2212.833466	2968.385691
675	493.8074717	2213.017537	2968.509755
676	493.7138452	2213.201917	2968.622484
677	493.5742573	2213.386574	2968.689562
678	493.4390279	2213.571569	2968.761376
679	493.2791002	2213.75686	2968.808823
680	493.1081663	2213.942505	2968.845659
681	492.9407779	2214.128391	2968.886311
682	492.7791004	2214.314633	2968.933073
683	492.6233654	2214.501205	2968.986145
684	492.4709967	2214.688083	2969.042925
685	492.325004	2214.875301	2969.106461
686	492.1838702	2215.062801	2969.175173
687	492.0481844	2215.250621	2969.24969
688	491.9186218	2215.438818	2969.33075
689	491.7954123	2215.627228	2969.418405
690	491.6781463	2215.816025	2969.512433
691	491.5663076	2216.005101	2969.612203
692	491.4573117	2216.194534	2969.715214
693	491.3535128	2216.384232	2969.823718
694	491.2554748	2216.574301	2969.938398
695	491.1630555	2216.764706	2970.059072
696	491.0447491	2216.955351	2970.154129
697	490.928848	2217.146427	2970.252071
698	490.8184761	2217.337711	2970.355776
699	490.713529	2217.529386	2970.465343
700	490.614287	2217.721329	2970.580915

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
701	490.52135	2217.91364	2970.703204
702	490.4233832	2218.106274	2970.820823
703	490.304903	2218.299219	2970.918276
704	490.1885615	2218.492478	2971.018221
705	490.0756549	2218.686048	2971.121948
706	489.9621032	2218.879961	2971.225413
707	489.8479754	2219.074176	2971.32864
708	489.7391334	2219.268767	2971.437572
709	489.6321733	2219.463672	2971.548739
710	489.5175889	2219.658861	2971.652598
711	489.4083793	2219.854404	2971.762229
712	489.3013671	2220.050252	2971.874396
713	489.1876805	2220.246435	2971.980267
714	489.080376	2220.442912	2972.092846
715	488.9782396	2220.639791	2972.211043
716	488.8802885	2220.836996	2972.33379
717	488.7873108	2221.034448	2972.461788
718	488.699518	2221.232285	2972.595401
719	488.6172661	2221.430403	2972.734868
720	488.5401132	2221.628878	2972.879835
721	488.4516731	2221.827675	2973.013873
722	488.3438111	2222.026838	2973.128899
723	488.2414276	2222.226319	2973.249759
724	488.1376453	2222.426076	2973.36953
725	488.0358497	2222.626233	2973.491734
726	487.930553	2222.826658	2973.610736
727	487.785507	2223.027491	2973.690446
728	487.6454948	2223.228618	2973.775519

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
729	487.5112029	2223.430048	2973.86665
730	487.3823676	2223.63183	2973.963632
731	487.2587585	2223.83391	2974.066175
732	487.1316751	2224.036385	2974.165683
733	487.0047128	2224.239169	2974.265658
734	486.8708073	2224.442296	2974.359073
735	486.7451479	2224.645753	2974.461105
736	486.6255825	2224.849522	2974.569578
737	486.5044079	2225.053666	2974.676862
738	486.3801378	2225.258082	2974.781355
739	486.2495702	2225.462895	2974.879995
740	486.1148981	2225.66798	2974.974833
741	485.9849556	2225.873461	2975.074845
742	485.859863	2226.079271	2975.180074
743	485.7398056	2226.285388	2975.290682
744	485.6248164	2226.491869	2975.406765
745	485.5146703	2226.698674	2975.528053
746	485.4117611	2226.905839	2975.656981
747	485.29851	2227.11329	2975.775887
748	485.1547911	2227.321151	2975.864783
749	485.0159548	2227.529323	2975.95891
750	484.8820382	2227.737779	2976.058276
751	484.7515142	2227.946658	2976.161505
752	484.5917469	2228.155805	2976.235791
753	484.4363407	2228.365326	2976.314858
754	484.286073	2228.575176	2976.399429
755	484.1408732	2228.785382	2976.489469
756	484.0012384	2228.995969	2976.585497

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
757	483.8663313	2229.206835	2976.686566
758	483.7365753	2229.418103	2976.793235
759	483.6113549	2229.629597	2976.904695
760	483.4912784	2229.841566	2977.021827
761	483.3660047	2230.053767	2977.134023
762	483.2304516	2230.266399	2977.236421
763	483.0998518	2230.479352	2977.344132
764	482.9746384	2230.69264	2977.457603
765	482.8528585	2230.906296	2977.574919
766	482.7261098	2231.120222	2977.687569
767	482.6043201	2231.334594	2977.805676
768	482.4871518	2231.549263	2977.928737
769	482.3545936	2231.764267	2978.036783
770	482.2146738	2231.979649	2978.137889
771	482.0794093	2232.19533	2978.243986
772	481.9484346	2232.411395	2978.354803
773	481.822594	2232.627781	2978.47111
774	481.6711871	2232.844546	2978.562277
775	481.4909689	2233.061694	2978.62506
776	481.3148679	2233.279083	2978.692231
777	481.1436354	2233.496887	2978.764734
778	480.9769223	2233.715012	2978.842116
779	480.8146906	2233.933533	2978.92442
780	480.6569566	2234.152335	2979.011538
781	480.5013928	2234.371556	2979.101295
782	480.3446876	2234.591133	2979.190307
783	480.1906943	2234.810982	2979.282337
784	480.0411908	2235.031262	2979.379337

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
785	479.8962438	2235.251834	2979.481221
786	479.7558079	2235.472817	2979.588074
787	479.6195294	2235.694086	2979.699407
788	479.4841579	2235.915756	2979.812095
789	479.3535579	2236.137782	2979.929951
790	479.2139803	2236.360105	2980.039163
791	479.0729937	2236.582842	2980.14743
792	478.9364832	2236.805882	2980.260509
793	478.8030958	2237.029351	2980.377191
794	478.6694513	2237.253102	2980.493933
795	478.5374992	2237.477242	2980.612803
796	478.4100732	2237.701745	2980.736605
797	478.2802831	2237.926566	2980.858397
798	478.1508639	2238.151798	2980.981019
799	478.0142091	2238.377296	2981.096705
800	477.8685388	2238.603251	2981.203885
801	477.7288012	2238.82946	2981.317284
802	477.5120452	2239.056127	2981.354175
803	477.2825169	2239.283154	2981.378696
804	477.0578173	2239.510448	2981.408345
805	476.8370885	2239.738166	2981.44244
806	476.6209064	2239.966209	2981.481442
807	476.4087353	2240.194656	2981.524909
808	476.2008334	2240.423461	2981.573045
809	475.9923132	2240.652547	2981.620878
810	475.7844979	2240.88205	2981.669883
811	475.5814188	2241.111874	2981.723981
812	475.3821131	2241.342127	2981.782333

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
813	475.1862167	2241.57267	2981.844419
814	474.9944409	2241.803638	2981.9111
815	474.8067261	2242.034969	2981.982248
816	474.6231587	2242.266567	2982.057843
817	474.4438305	2242.498649	2982.138217
818	474.2688284	2242.730968	2982.223185
819	474.0900537	2242.963771	2982.304918
820	473.8995525	2243.196817	2982.375199
821	473.7119337	2243.430341	2982.448895
822	473.5249139	2243.664203	2982.52357
823	473.3414686	2243.898372	2982.602161
824	473.1611861	2244.132971	2982.684397
825	472.9853027	2244.367845	2982.77134
826	472.812525	2244.603193	2982.861917
827	472.6436361	2244.838812	2982.956687
828	472.4788561	2245.074869	2983.056055
829	472.3180921	2245.311263	2983.159818
830	472.130552	2245.548015	2983.237203
831	471.8836598	2245.785156	2983.255672
832	471.638581	2246.022618	2983.276312
833	471.3861164	2246.260493	2983.29003
834	471.1377735	2246.498691	2983.308229
835	470.8849424	2246.737297	2983.322398
836	470.6356757	2246.976316	2983.340593
837	470.3913509	2247.215607	2983.364032
838	470.1511095	2247.455291	2983.391999
839	469.9151985	2247.695335	2983.424694
840	469.6825531	2247.935786	2983.461112

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
841	469.4520987	2248.176601	2983.500125
842	469.2210027	2248.417793	2983.538922
843	468.9950936	2248.659372	2983.583336
844	468.7726588	2248.901228	2983.631536
845	468.5545614	2249.14357	2983.684615
846	468.3402123	2249.386167	2983.741729
847	468.1311429	2249.629218	2983.804631
848	467.9259127	2249.872588	2983.871727
849	467.7227066	2250.116374	2983.941314
850	467.4943039	2250.360569	2983.986161
851	467.2697349	2250.605037	2984.035147
852	467.0463859	2250.84996	2984.085862
853	466.8264763	2251.095172	2984.14034
854	466.6091393	2251.340846	2984.197907
855	466.3943721	2251.586891	2984.258458
856	466.1837467	2251.833236	2984.323487
857	465.9768911	2252.080012	2984.392767
858	465.7738926	2252.327075	2984.466227
859	465.5745633	2252.574605	2984.543878
860	465.3691372	2252.822475	2984.61581
861	465.1621144	2253.070754	2984.686605
862	464.9407871	2253.319417	2984.743524
863	464.7039983	2253.568379	2984.785316
864	464.47013	2253.817787	2984.830528
865	464.2403019	2254.067499	2984.880121
866	464.0144203	2254.317689	2984.934192
867	463.7909405	2254.568129	2984.990947
868	463.5591464	2254.819043	2985.039917

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
869	463.3139868	2255.070336	2985.075946
870	463.1025915	2255.32194	2985.146085
871	462.8973605	2255.573974	2985.222872
872	462.6950405	2255.826363	2985.302964
873	462.4869348	2256.079136	2985.377704
874	462.283639	2256.332263	2985.457645
875	462.0832869	2256.585832	2985.541026
876	461.8866769	2256.839775	2985.628568
877	461.6932665	2257.093995	2985.71962
878	461.5008319	2257.34872	2985.812211
879	461.3078039	2257.603726	2985.904523
880	461.1185844	2257.859185	2986.001151
881	460.901171	2258.114943	2986.06992
882	460.6751543	2258.371144	2986.13058
883	460.4538766	2258.62777	2986.196454
884	460.2352497	2258.88467	2986.265286
885	460.0049421	2259.142051	2986.322974
886	459.7760045	2259.399721	2986.382357
887	459.5516434	2259.657822	2986.446798
888	459.3307969	2259.916238	2986.515106
889	459.1168633	2260.175137	2986.590867
890	458.9032781	2260.434413	2986.667397
891	458.6954868	2260.694015	2986.750084
892	458.4912874	2260.954015	2986.836813
893	458.2911739	2261.214386	2986.928039
894	458.0941307	2261.475172	2987.022801
895	457.8762704	2261.736347	2987.09718
896	457.6436799	2261.997853	2987.1572

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
897	457.4140517	2262.259794	2987.220667
898	457.1881824	2262.522071	2987.28827
899	456.9625321	2262.784776	2987.356571
900	456.7372499	2263.047812	2987.42561
901	456.515193	2263.311274	2987.498352
902	456.2959435	2263.575181	2987.574395
903	456.0657428	2263.839352	2987.639785
904	455.8314766	2264.10401	2987.701654
905	455.5858978	2264.368954	2987.75253
906	455.3226774	2264.634364	2987.786285
907	455.0621195	2264.900076	2987.823042
908	454.7919166	2265.166288	2987.85071
909	454.5183193	2265.43284	2987.875367
910	454.2454945	2265.699727	2987.901171
911	453.9712146	2265.967066	2987.926024
912	453.6925934	2266.234735	2987.946905
913	453.4052869	2266.502852	2987.959601
914	453.0916872	2266.771282	2987.946355
915	452.7767971	2267.040163	2987.932323
916	452.4608164	2267.309432	2987.917634
917	452.1423097	2267.579038	2987.900796
918	451.8157095	2267.849091	2987.876364
919	451.4866597	2268.119463	2987.84984
920	451.1555335	2268.390281	2987.821739
921	450.8208228	2268.661435	2987.790426
922	450.4820969	2268.933049	2987.755615
923	450.1388246	2269.20504	2987.716679
924	449.7899351	2269.47734	2987.672471

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
925	449.4350762	2269.750116	2987.622826
926	449.0728436	2270.023187	2987.566138
927	448.7018026	2270.29675	2987.501191
928	448.4671626	2270.570604	2987.57297
929	448.2408594	2270.84493	2987.653615
930	447.9869685	2271.119645	2987.707106
931	447.7372733	2271.394685	2987.765157
932	447.491538	2271.67021	2987.827709
933	447.2493467	2271.946019	2987.894124
934	447.0107743	2272.222292	2987.964676
935	446.7759098	2272.498963	2988.039381
936	446.5444274	2272.775931	2988.117802
937	446.3167737	2273.053371	2988.200579
938	446.0864274	2273.331153	2988.281044
939	445.8428259	2273.609384	2988.348758
940	445.6026325	2273.887939	2988.42024
941	445.3625196	2274.166941	2988.492305
942	445.1102135	2274.446352	2988.552633
943	444.8614882	2274.726057	2988.616871
944	444.6163359	2275.006264	2988.685243
945	444.3746417	2275.286771	2988.757408
946	444.1364407	2275.567736	2988.83358
947	443.9017647	2275.848998	2988.91361
948	443.6707764	2276.130759	2988.997884
949	443.4432662	2276.41291	2989.086071
950	443.2193701	2276.695382	2989.178233
951	442.9983345	2276.978297	2989.273752
952	442.7791246	2277.261537	2989.371459

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
953	442.5601218	2277.545267	2989.469919
954	442.3444857	2277.829296	2989.572081
955	442.1326461	2278.113821	2989.678595
956	441.9237709	2278.398686	2989.788455
957	441.7005072	2278.683899	2989.884314
958	441.430504	2278.969575	2989.933952
959	441.1637296	2279.255561	2989.987166
960	440.8989351	2279.542051	2990.042921
961	440.6351668	2279.828817	2990.100013
962	440.375166	2280.116076	2990.161424
963	440.1183749	2280.403719	2990.226474
964	439.8613254	2280.691666	2990.291606
965	439.5269209	2280.980093	2990.279919
966	439.1954701	2281.268829	2990.271532
967	438.8670984	2281.558061	2990.266777
968	438.5417226	2281.847594	2990.265357
969	438.2196956	2282.137605	2990.267819
970	437.8908781	2282.428018	2990.263939
971	437.5642804	2282.718718	2990.262602
972	437.2407886	2283.009893	2990.264901
973	436.9148472	2283.301384	2990.265104
974	436.5911986	2283.593408	2990.268195
975	436.2634869	2283.885737	2990.267566
976	435.9254515	2284.17843	2990.257018
977	435.5909665	2284.471569	2990.250522

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
978	435.2553249	2284.765051	2990.243251
979	434.919649	2285.059002	2990.23647
980	434.566089	2285.353267	2990.212157
981	434.213248	2285.648004	2990.18909
982	433.8633904	2285.943136	2990.169449
983	433.5160518	2286.23856	2990.152654
984	433.1718415	2286.534488	2990.13955
985	432.827695	2286.830681	2990.126807
986	432.4868879	2287.127409	2990.118001
987	432.1486998	2287.424411	2990.112121
988	431.8143124	2287.721914	2990.110602
989	431.4826247	2288.019811	2990.112223
990	431.1535975	2288.318009	2990.11684
991	430.8262152	2288.616685	2990.123638
992	430.5017979	2288.915671	2990.133747
993	430.1800785	2289.215155	2990.147113
994	429.8610674	2289.514925	2990.163504
995	429.5402462	2289.815189	2990.178639
996	429.2203054	2290.115805	2990.195049
997	428.9035274	2290.416782	2990.215023
998	428.5889371	2290.718215	2990.237697
999	428.2732306	2291.019983	2990.259628
1000	427.9599984	2291.322199	2990.284535

FLAT OUTSIDE

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
1	1086.246539	2146.572955	3486.533773
2	1089.334802	2146.586757	3489.637541
3	1092.389461	2146.600807	3492.707985
4	1095.465045	2146.615114	3495.799641
5	1098.560594	2146.629753	3498.911632
6	1101.675494	2146.644639	3502.043249
7	1104.813794	2146.659809	3505.198586
8	1107.975379	2146.6752	3508.377456
9	1111.155336	2146.690913	3511.575057
10	1114.335554	2146.706944	3514.773271
11	1117.530511	2146.723198	3517.986478
12	1120.744107	2146.739697	3521.218597
13	1123.978884	2146.7565	3524.472235
14	1127.233638	2146.773622	3527.746206
15	1130.507846	2146.790939	3531.039853
16	1133.802058	2146.808571	3534.353853
17	1137.116229	2146.826385	3537.68802
18	1140.438224	2146.844615	3541.030469
19	1143.769977	2146.863036	3544.382895
20	1147.121943	2146.881721	3547.755826
21	1150.493538	2146.900637	3551.148649
22	1153.885201	2146.919889	3554.561911
23	1157.297076	2146.939382	3557.995656
24	1160.728702	2146.959153	3561.449462
25	1164.180046	2146.979119	3564.923208
26	1167.651465	2146.99944	3568.417421
27	1171.142878	2147.019974	3571.931868
28	1174.654005	2147.040805	3575.466362

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
29	1178.18613	2147.061828	3579.022069
30	1181.736859	2147.083203	3582.59677
31	1185.307955	2147.104784	3586.192072
32	1188.898555	2147.126654	3589.8072
33	1192.509593	2147.148732	3593.442999
34	1196.139594	2147.171115	3597.098103
35	1199.789963	2147.193752	3600.773857
36	1203.460308	2147.216654	3604.469884
37	1207.151141	2147.239856	3608.186732
38	1210.861828	2147.263221	3611.923621
39	1214.59206	2147.286872	3615.680373
40	1218.342142	2147.310817	3619.457303
41	1222.110787	2147.334998	3623.25306
42	1225.899344	2147.359411	3627.068989
43	1229.70789	2147.384086	3630.905201
44	1233.535121	2147.409056	3634.760425
45	1237.383221	2147.434255	3638.636776
46	1241.250866	2147.459682	3642.532927
47	1245.138416	2147.485391	3646.449297
48	1249.044355	2147.511355	3650.384342
49	1252.971479	2147.537547	3654.340828
50	1256.917527	2147.563994	3658.316523
51	1260.884	2147.590725	3662.312958
52	1264.86856	2147.617705	3666.32776
53	1268.874486	2147.644913	3670.364183
54	1272.899847	2147.672345	3674.420293
55	1276.944986	2147.700077	3678.496514
56	1281.008559	2147.728035	3682.591423

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
57	1285.095016	2147.75625	3686.709502
58	1289.210962	2147.784691	3690.857325
59	1293.347253	2147.813396	3695.025787
60	1297.502375	2147.842368	3699.213379
61	1301.678406	2147.871561	3703.422126
62	1305.873167	2147.901042	3707.649924
63	1310.088478	2147.930658	3711.898428
64	1314.323253	2147.960645	3716.166805
65	1318.578305	2147.990797	3720.455648
66	1322.852327	2148.021248	3724.763792
67	1327.136232	2148.051882	3729.082028
68	1331.409421	2148.082822	3733.389884
69	1335.695634	2148.11402	3737.711056
70	1339.999455	2148.145423	3742.050063
71	1344.293665	2148.17702	3746.379681
72	1348.606436	2148.208917	3750.728191
73	1352.939099	2148.241052	3755.09686
74	1357.290233	2148.273449	3759.484293
75	1361.661479	2148.306007	3763.89202
76	1366.051649	2148.3389	3768.319043
77	1370.46288	2148.371971	3772.767329
78	1374.893342	2148.405363	3777.235201
79	1379.343808	2148.438861	3781.7232
80	1383.813116	2148.472698	3786.230417
81	1388.27646	2148.506751	3790.731912
82	1392.746731	2148.541071	3795.240631
83	1397.235998	2148.575559	3799.768538
84	1401.74431	2148.610347	3804.315822

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
85	1406.272754	2148.645382	3808.883515
86	1410.820581	2148.680638	3813.470838
87	1415.387109	2148.716113	3818.077108
88	1419.973727	2148.751827	3822.703734
89	1424.573723	2148.787777	3827.344002
90	1429.191304	2148.823987	3832.002147
91	1433.827953	2148.860402	3836.679588
92	1438.483749	2148.897057	3841.376445
93	1443.159004	2148.933938	3846.093014
94	1447.852365	2148.971098	3850.828
95	1452.565945	2149.008492	3855.583467
96	1457.29921	2149.046072	3860.358828
97	1462.051117	2149.083908	3865.153117
98	1466.821285	2149.122005	3869.965956
99	1471.611436	2149.160292	3874.798994
100	1476.42058	2149.198831	3879.651305
101	1481.216985	2149.23762	3884.491157
102	1486.023911	2149.276638	3889.341785
103	1490.850145	2149.315879	3894.211972
104	1495.695861	2149.355295	3899.101839
105	1500.560232	2149.395033	3904.010716
106	1505.443528	2149.434992	3908.938767
107	1510.346149	2149.475139	3913.886354
108	1515.26785	2149.515498	3918.85326
109	1520.209489	2149.556178	3923.840458
110	1525.170167	2149.597025	3928.846885
111	1530.149361	2149.638124	3933.872109
112	1535.147828	2149.679439	3938.916848

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
113	1540.166404	2149.720982	3943.981951
114	1545.203388	2149.762768	3949.065734
115	1550.25936	2149.804807	3954.168784
116	1555.33414	2149.847054	3959.290878
117	1560.428314	2149.889504	3964.432594
118	1565.541789	2149.932182	3969.593866
119	1570.673248	2149.975148	3974.773441
120	1575.823929	2150.018288	3979.972435
121	1580.995342	2150.061654	3985.192413
122	1586.183424	2150.105263	3990.429334
123	1591.392533	2150.14914	3995.687576
124	1596.620109	2150.19321	4000.964505
125	1601.866041	2150.237457	4006.259989
126	1607.131167	2150.281993	4011.574989
127	1612.415794	2150.326785	4016.909773
128	1617.696383	2150.371746	4022.240711
129	1622.995189	2150.416905	4027.59009
130	1628.312839	2150.462356	4032.958635
131	1633.64908	2150.508042	4038.346034
132	1639.005158	2150.553914	4043.75348
133	1644.379224	2150.600009	4049.179162
134	1649.773125	2150.646356	4054.624963
135	1655.184851	2150.692919	4060.088828
136	1660.615775	2150.739699	4065.572136
137	1666.063856	2150.786734	4071.072882
138	1671.531447	2150.833934	4076.593328
139	1677.024172	2150.881407	4082.139209
140	1682.534684	2150.929103	4087.703129

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
141	1688.064892	2150.977011	4093.28698
142	1693.614498	2151.025147	4098.890486
143	1699.181729	2151.073489	4104.511847
144	1704.768182	2151.122076	4110.152702
145	1710.374127	2151.170892	4115.813306
146	1715.999389	2151.219886	4121.493428
147	1721.641262	2151.269178	4127.190491
148	1727.304276	2151.318624	4132.908869
149	1732.984568	2151.368379	4138.644868
150	1738.685448	2151.418246	4144.401585
151	1744.403392	2151.468428	4150.175715
152	1750.136896	2151.518763	4155.965578
153	1755.87198	2151.569392	4161.757347
154	1761.62561	2151.620179	4167.567841
155	1767.398484	2151.67121	4173.397852
156	1773.189815	2151.72248	4179.246586
157	1779.000033	2151.773962	4185.114445
158	1784.825737	2151.825637	4190.998006
159	1790.670277	2151.877573	4196.900693
160	1796.533074	2151.929748	4202.821904
161	1802.413424	2151.982111	4208.760882
162	1808.314024	2152.034675	4214.720333
163	1814.2321	2152.087498	4220.697548
164	1820.170399	2152.140539	4226.69523
165	1826.081405	2152.193795	4232.66586
166	1831.999086	2152.247274	4238.643415
167	1837.935197	2152.300955	4244.639626
168	1843.889216	2152.354875	4250.654012

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
169	1849.862164	2152.409021	4256.687578
170	1855.853465	2152.463361	4262.739717
171	1861.867141	2152.517939	4268.814495
172	1867.898827	2152.572723	4274.907514
173	1873.929159	2152.627776	4280.999479
174	1879.97806	2152.683005	4287.11021
175	1886.046126	2152.738453	4293.240352
176	1892.131435	2152.794118	4299.38798
177	1898.23632	2152.850037	4305.555466
178	1904.359754	2152.906165	4311.741735
179	1910.500491	2152.962489	4317.945527
180	1916.660979	2153.01904	4324.169325
181	1922.840075	2153.07583	4330.411996
182	1929.036978	2153.132862	4336.672745
183	1935.25212	2153.190025	4342.951882
184	1941.462313	2153.247438	4349.226349
185	1947.69066	2153.305146	4355.519295
186	1953.914545	2153.363012	4361.807961
187	1960.148444	2153.421121	4368.10691
188	1966.399546	2153.4794	4374.423254
189	1972.668768	2153.537929	4380.757997
190	1978.956869	2153.596697	4387.111886
191	1985.263241	2153.65568	4393.484284
192	1991.587569	2153.714846	4399.874846
193	1997.930392	2153.774247	4406.284164
194	2004.291862	2153.83388	4412.712391
195	2010.67019	2153.89377	4419.157758
196	2017.067994	2153.953765	4425.622725

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
197	2023.483387	2154.014077	4432.105632
198	2029.915984	2154.074567	4438.605942
199	2036.364949	2154.135322	4445.122914
200	2042.836711	2154.196189	4451.662815
201	2049.328043	2154.257398	4458.222663
202	2055.837939	2154.318762	4464.801249
203	2062.366585	2154.380365	4471.398853
204	2068.913126	2154.442145	4478.014551
205	2075.478624	2154.504189	4484.649499
206	2082.060682	2154.566422	4491.301221
207	2088.661703	2154.62891	4497.972189
208	2095.281459	2154.691565	4504.66208
209	2101.919037	2154.754455	4511.370054
210	2108.574765	2154.817616	4518.096482
211	2115.248925	2154.880942	4524.841526
212	2121.941634	2154.944507	4531.605386
213	2128.651854	2155.008263	4538.386973
214	2135.380778	2155.072233	4545.187502
215	2142.126468	2155.136462	4552.005086
216	2148.892604	2155.200875	4558.843323
217	2155.67541	2155.265493	4565.698459
218	2162.47753	2155.330387	4572.573215
219	2169.296985	2155.395445	4579.465493
220	2176.134098	2155.460771	4586.375726
221	2182.989824	2155.526224	4593.304717
222	2189.864318	2155.591976	4600.252807
223	2196.757038	2155.657932	4607.219354
224	2203.633041	2155.7241	4614.169418

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
225	2210.51748	2155.790443	4621.128118
226	2217.420625	2155.857087	4628.105856
227	2224.34357	2155.923911	4635.103597
228	2231.284183	2155.990937	4642.119232
229	2238.242332	2156.058166	4649.152631
230	2245.219807	2156.125649	4656.205639
231	2252.214951	2156.193361	4663.276572
232	2259.227106	2156.261279	4670.364745
233	2266.258018	2156.3294	4677.471904
234	2273.299117	2156.397707	4684.589458
235	2280.353607	2156.466258	4691.720676
236	2287.42706	2156.535067	4698.871145
237	2294.517533	2156.60405	4706.038829
238	2301.625423	2156.673236	4713.224157
239	2308.739762	2156.742682	4720.416224
240	2315.872961	2156.812361	4727.627409
241	2323.023696	2156.882186	4734.856298
242	2330.191107	2156.952273	4742.102155
243	2337.377235	2157.022577	4749.366969
244	2344.581647	2157.093119	4756.650336
245	2351.783205	2157.16383	4763.931036
246	2358.988961	2157.234778	4771.2162
247	2366.213245	2157.305946	4778.520138
248	2373.45427	2157.377356	4785.841087
249	2380.714842	2157.448973	4793.181815
250	2387.993322	2157.520781	4800.540663
251	2395.289312	2157.592825	4807.917289
252	2402.60295	2157.665077	4815.311791

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
253	2409.934313	2157.737575	4822.724295
254	2417.283702	2157.810239	4830.155012
255	2424.650703	2157.883164	4837.603631
256	2432.033362	2157.956308	4845.068154
257	2439.436547	2158.029655	4852.553429
258	2446.855611	2158.103281	4860.054892
259	2454.277612	2158.177001	4867.559403
260	2461.704431	2158.251013	4875.069057
261	2469.148957	2158.325232	4882.596649
262	2476.611587	2158.399709	4890.142631
263	2484.090699	2158.474333	4897.705262
264	2491.588654	2158.549237	4905.287048
265	2499.10344	2158.624321	4912.885867
266	2506.623362	2158.699668	4920.490115
267	2514.127153	2158.775148	4928.078384
268	2521.649483	2158.850927	4935.685523
269	2529.189432	2158.926871	4943.310467
270	2536.745078	2159.00311	4950.951435
271	2544.320346	2159.079458	4958.612153
272	2551.911244	2159.156113	4966.288838
273	2559.522009	2159.232975	4973.985624
274	2567.147535	2159.310014	4981.69737
275	2574.793336	2159.38728	4989.429644
276	2582.455661	2159.464816	4997.178743
277	2590.135517	2159.542547	5004.945591
278	2597.808497	2159.620463	5012.705771
279	2605.489917	2159.698644	5020.474687
280	2613.186471	2159.777011	5028.258945

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
281	2620.899946	2159.855601	5036.060374
282	2628.619003	2159.934445	5043.867665
283	2636.336612	2160.013491	5051.673739
284	2644.073702	2160.09273	5059.499507
285	2651.826195	2160.172175	5067.340911
286	2659.596213	2160.251889	5075.200139
287	2667.384772	2160.331792	5083.07812
288	2675.188684	2160.411932	5090.971718
289	2683.008548	2160.492289	5098.881511
290	2690.846127	2160.572894	5106.809295
291	2698.700878	2160.653697	5114.754474
292	2706.572082	2160.734662	5122.716289
293	2714.461837	2160.815882	5130.696938
294	2722.368039	2160.897389	5138.694354
295	2730.283549	2160.97906	5146.701262
296	2738.201859	2161.060935	5154.7112
297	2746.136187	2161.14305	5162.737424
298	2754.089379	2161.22542	5170.782794
299	2762.057681	2161.307942	5178.843448
300	2770.045579	2161.390708	5186.923967
301	2778.048594	2161.47371	5195.019871
302	2786.068018	2161.556942	5203.132438
303	2794.10661	2161.64037	5211.264395
304	2802.144339	2161.724026	5219.395742
305	2810.182035	2161.807942	5227.527346
306	2818.221414	2161.89204	5235.660837
307	2826.343659	2161.976366	5243.87745
308	2834.456317	2162.060945	5252.084755

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
309	2842.576504	2162.14568	5260.29977
310	2850.713291	2162.230655	5268.53165
311	2858.868035	2162.315863	5276.781747
312	2867.039945	2162.401328	5285.049298
313	2875.226898	2162.486945	5293.332065
314	2883.432095	2162.572854	5301.633397
315	2891.653377	2162.658918	5309.950992
316	2899.892296	2162.745294	5318.286568
317	2908.149295	2162.831788	5326.640361
318	2916.421789	2162.918591	5335.009991
319	2924.703674	2163.00555	5343.389189
320	2932.987435	2163.092813	5351.770599
321	2941.268366	2163.180207	5360.14933
322	2949.548624	2163.26789	5368.527708
323	2957.840429	2163.355752	5376.917836
324	2966.144808	2163.443873	5385.320825
325	2974.461502	2163.532173	5393.736332
326	2982.789883	2163.620722	5402.163801
327	2991.178617	2163.709523	5410.651907
328	2999.642926	2163.79854	5419.215828
329	3008.117319	2163.887722	5427.790021
330	3016.601807	2163.977161	5436.374593
331	3025.083185	2164.066823	5444.956306
332	3033.57471	2164.15675	5453.548462
333	3042.079703	2164.246865	5462.154295
334	3050.593808	2164.33718	5470.769465
335	3059.117995	2164.42775	5479.395001
336	3067.647199	2164.518547	5488.025808

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
337	3076.192079	2164.609607	5496.672586
338	3084.754018	2164.700811	5505.336585
339	3093.332552	2164.79228	5514.017472
340	3101.926465	2164.883946	5522.713962
341	3110.529938	2164.975945	5531.42038
342	3119.139666	2165.067994	5540.133115
343	3127.759748	2165.160403	5548.856602
344	3136.393203	2165.252959	5557.593628
345	3145.037568	2165.345858	5566.341946
346	3153.710427	2165.43884	5575.118853
347	3162.486213	2165.532118	5583.999016
348	3171.267668	2165.625607	5592.885084
349	3179.997513	2165.719348	5601.719824
350	3188.732759	2165.813293	5610.560197
351	3197.483975	2165.907438	5619.41676
352	3206.250356	2166.001887	5628.288826
353	3215.016924	2166.096518	5637.161284
354	3223.767968	2166.191366	5646.018464
355	3232.533524	2166.286466	5654.890433
356	3241.316715	2166.381733	5663.780228
357	3250.116152	2166.47727	5672.686567
358	3258.93253	2166.57308	5681.610155
359	3267.763446	2166.669065	5690.548476
360	3276.598108	2166.76526	5699.490778
361	3285.446819	2166.86171	5708.447414
362	3294.304855	2166.958384	5717.413625
363	3303.148818	2167.055303	5726.366038
364	3312.007344	2167.152398	5735.333211

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
365	3320.882279	2167.249769	5744.317099
366	3329.773706	2167.347358	5753.317724
367	3338.643776	2167.44519	5762.297265
368	3347.523481	2167.543241	5771.286686
369	3356.419021	2167.641525	5780.2922
370	3365.33101	2167.740028	5789.31441
371	3374.258949	2167.838768	5798.352835
372	3383.203752	2167.937727	5807.408369
373	3392.163016	2168.036894	5816.478596
374	3401.138941	2168.136328	5825.565782
375	3410.126672	2168.235949	5834.664985
376	3419.131451	2168.335881	5843.781583
377	3428.150754	2168.436014	5852.912928
378	3437.186299	2168.536332	5862.060724
379	3446.206205	2168.636893	5871.193152
380	3455.233983	2168.737738	5880.333769
381	3464.278193	2168.838782	5889.491041
382	3473.338045	2168.940024	5898.664177
383	3482.397605	2169.041529	5907.837313
384	3491.46497	2169.143278	5917.01853
385	3500.548941	2169.245281	5926.216633
386	3509.648596	2169.347453	5935.430612
387	3518.762413	2169.449877	5944.659034
388	3527.893105	2169.552495	5953.904551
389	3537.03914	2169.655448	5963.16578
390	3546.201502	2169.75855	5972.443508
391	3555.37788	2169.861901	5981.735527
392	3564.570722	2169.965461	5991.044246

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
393	3573.780576	2170.069365	6000.370358
394	3583.004188	2170.173387	6009.710363
395	3592.243995	2170.277708	6019.066895
396	3601.499797	2170.382186	6028.439601
397	3610.771459	2170.486983	6037.828521
398	3620.057533	2170.59196	6047.232056
399	3629.361447	2170.697222	6056.653747
400	3638.657611	2170.802625	6066.06785
401	3647.957379	2170.908335	6075.485897
402	3657.273251	2171.014305	6084.920339
403	3666.604343	2171.12051	6094.370263
404	3675.950079	2171.226834	6103.834967
405	3685.310951	2171.33347	6113.315155
406	3694.689046	2171.440399	6122.812892
407	3704.08119	2171.547516	6132.324889
408	3713.484602	2171.65483	6141.848375
409	3722.902261	2171.762382	6151.386374
410	3732.337407	2171.870274	6160.942238
411	3741.787112	2171.97831	6170.512824
412	3751.251539	2172.086595	6180.09841
413	3760.731472	2172.19509	6189.699737
414	3770.227017	2172.303847	6199.31697
415	3779.737246	2172.412903	6208.94922
416	3789.263952	2172.522135	6218.598145
417	3798.803814	2172.631627	6228.260514
418	3808.361344	2172.741293	6237.940748
419	3817.933642	2172.851311	6247.636143
420	3827.521131	2172.961468	6257.346886

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
421	3837.113622	2173.071909	6267.062945
422	3846.710251	2173.182526	6276.783345
423	3856.324057	2173.293501	6286.521315
424	3865.952223	2173.404652	6296.273846
425	3875.595126	2173.516012	6306.041347
426	3885.254396	2173.627642	6315.825516
427	3894.916597	2173.739462	6325.612831
428	3904.585235	2173.851646	6335.406987
429	3914.269862	2173.963945	6345.217263
430	3923.9687	2174.076526	6355.042064
431	3933.681814	2174.189381	6364.881445
432	3943.381487	2174.30247	6374.707651
433	3953.083409	2174.4158	6384.536372
434	3962.801421	2174.52931	6394.381387
435	3972.534706	2174.64311	6404.241998
436	3982.283763	2174.757157	6414.118659
437	3992.047655	2174.871456	6424.010434
438	4001.818017	2174.985916	6433.908863
439	4011.591737	2175.100677	6443.810982
440	4021.376171	2175.215681	6453.724089
441	4031.147963	2175.330982	6463.624885
442	4040.933371	2175.446428	6473.539461
443	4050.733709	2175.562148	6483.469272
444	4060.549625	2175.678134	6493.414959
445	4070.380239	2175.794383	6503.375638
446	4080.225538	2175.910817	6513.351209
447	4090.07998	2176.027515	6523.336219
448	4099.930296	2176.144461	6533.317377

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
449	4109.795304	2176.261698	6543.313556
450	4119.673565	2176.379122	6553.323196
451	4129.567538	2176.496791	6563.348821
452	4139.476835	2176.614723	6573.390066
453	4149.399836	2176.732896	6583.445282
454	4159.33893	2176.851348	6593.516905
455	4169.291639	2176.969966	6603.60233
456	4179.261302	2177.088877	6613.705034
457	4189.244871	2177.208039	6623.821925
458	4199.243249	2177.327529	6633.95399
459	4209.25682	2177.447134	6644.10138
460	4219.284363	2177.567018	6654.263053
461	4229.327314	2177.687157	6664.440419
462	4239.386648	2177.807621	6674.634529
463	4249.457986	2177.928185	6684.840762
464	4259.546874	2178.049112	6695.064943
465	4269.64894	2178.170226	6705.302513
466	4279.767232	2178.291632	6715.556637
467	4289.901074	2178.413263	6725.826563
468	4300.047344	2178.535147	6736.1092
469	4310.211696	2178.657262	6746.410176
470	4320.388655	2178.779642	6756.724056
471	4330.581721	2178.902311	6767.054366
472	4340.788041	2179.02517	6777.398143
473	4351.011898	2179.14829	6787.759749
474	4361.243038	2179.27169	6798.128949
475	4371.476739	2179.395351	6808.501004
476	4381.690699	2179.519217	6818.853546

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
477	4391.918079	2179.643332	6829.219788
478	4402.162047	2179.767725	6839.602927
479	4412.417839	2179.89235	6849.99815
480	4422.660129	2180.017274	6860.380206
481	4432.870642	2180.142391	6870.730701
482	4443.089638	2180.267798	6881.090003
483	4453.323036	2180.393443	6891.463972
484	4463.570583	2180.519363	6901.852399
485	4473.834077	2180.645494	6912.257008
486	4484.110228	2180.771905	6922.674588
487	4494.402886	2180.898539	6933.108923
488	4504.685825	2181.025473	6943.533877
489	4514.960212	2181.152658	6953.950556
490	4525.24747	2181.280085	6964.380379
491	4535.550843	2181.407719	6974.826549
492	4545.867777	2181.535641	6985.286601
493	4556.199872	2181.663884	6995.762172
494	4566.546913	2181.792306	7006.252891
495	4576.906747	2181.920986	7016.756691
496	4587.282591	2182.049899	7027.276762
497	4597.671922	2182.179176	7037.810725
498	4608.077779	2182.308642	7048.361426
499	4618.496963	2182.438353	7058.925729
500	4628.929115	2182.568307	7069.503273
501	4639.377965	2182.698566	7080.097855
502	4649.841336	2182.829065	7090.707225
503	4660.318277	2182.959801	7101.330431
504	4670.81012	2183.090823	7111.968857

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
505	4681.317768	2183.22202	7122.623288
506	4691.83898	2183.353632	7133.291742
507	4702.359038	2183.485384	7143.959203
508	4712.885383	2183.617452	7154.633301
509	4723.422624	2183.749697	7165.318496
510	4733.937881	2183.882315	7175.982122
511	4744.463875	2184.015141	7186.656717
512	4755.004827	2184.148216	7197.346549
513	4765.559557	2184.281509	7208.050405
514	4776.12848	2184.415164	7218.768856
515	4786.693033	2184.54904	7229.483185
516	4797.270657	2184.68318	7240.210879
517	4807.860852	2184.817498	7250.951347
518	4818.466804	2184.952153	7261.707945
519	4829.088786	2185.087093	7272.480894
520	4839.72314	2185.222268	7283.266476
521	4850.361023	2185.357657	7294.055828
522	4861.001435	2185.493385	7304.848086
523	4871.656651	2185.629384	7315.655453
524	4882.306654	2185.765602	7326.457851
525	4892.965526	2185.902011	7337.269334
526	4903.640897	2186.038812	7348.097749
527	4914.330732	2186.175851	7358.9409
528	4925.035184	2186.313137	7369.798939
529	4935.752539	2186.450685	7380.670177
530	4946.484576	2186.588471	7391.556363
531	4957.23255	2186.726517	7402.458775
532	4967.993543	2186.864896	7413.374581

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
533	4978.770222	2187.003535	7424.306361
534	4989.559381	2187.142356	7435.250827
535	5000.364501	2187.281487	7446.211599
536	5011.182752	2187.420934	7457.185857
537	5022.015375	2187.560634	7468.174767
538	5032.861273	2187.70053	7479.177174
539	5043.703075	2187.840712	7490.175804
540	5054.554419	2187.981267	7501.184393
541	5065.408155	2188.12199	7512.195561
542	5076.226739	2188.262974	7523.171872
543	5087.057628	2188.404233	7534.160793
544	5097.901838	2188.545809	7545.163388
545	5108.762265	2188.687669	7556.18252
546	5119.634773	2188.829707	7567.213932
547	5130.523345	2188.972102	7578.261805
548	5141.425647	2189.114709	7589.323646
549	5152.342402	2189.257669	7600.400336
550	5163.272602	2189.400778	7611.49064
551	5174.22041	2189.544229	7622.59893
552	5185.179154	2189.687912	7633.718417
553	5196.152477	2189.831986	7644.852919
554	5207.140645	2189.976244	7656.002472
555	5218.142932	2190.120725	7667.166396
556	5229.159561	2190.265534	7678.345026
557	5240.191515	2190.410594	7689.539263
558	5251.236817	2190.556016	7700.747252
559	5262.297194	2190.70158	7711.970477
560	5273.369999	2190.847467	7723.20649

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
561	5284.457825	2190.99363	7734.45783
562	5295.513382	2191.140141	7745.677292
563	5306.581719	2191.286849	7756.909755
564	5317.667053	2191.433794	7768.159481
565	5328.766772	2191.581083	7779.423974
566	5339.879164	2191.728679	7790.701485
567	5351.005274	2191.876467	7801.99293
568	5362.146863	2192.024542	7813.300173
569	5373.303071	2192.17292	7824.622373
570	5384.474028	2192.321566	7835.959622
571	5395.657924	2192.470549	7847.310189
572	5406.830192	2192.619705	7858.64932
573	5417.988891	2192.769205	7869.975266
574	5429.135793	2192.918982	7881.289724
575	5440.296548	2193.069048	7892.61836
576	5451.470526	2193.219339	7903.960472
577	5462.658857	2193.369939	7915.317279
578	5473.861877	2193.5208	7926.689069
579	5485.080339	2193.672041	7938.076724
580	5496.310635	2193.823451	7949.476405
581	5507.544871	2193.97513	7960.880326
582	5518.782786	2194.127129	7972.288284
583	5530.034949	2194.279396	7983.710788
584	5541.303081	2194.431982	7995.14962
585	5552.582865	2194.584824	8006.600388
586	5563.878883	2194.737924	8018.06768
587	5575.188146	2194.891373	8029.548605
588	5586.513347	2195.045059	8041.045737

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
589	5597.850871	2195.199044	8052.555523
590	5609.202748	2195.353263	8064.079926
591	5620.568858	2195.507811	8075.618927
592	5631.950164	2195.662674	8087.173479
593	5643.339118	2195.817765	8098.735932
594	5654.7284	2195.973138	8110.29903
595	5666.130658	2196.128821	8121.875448
596	5677.546096	2196.284725	8133.465298
597	5688.95225	2196.441049	8145.046329
598	5700.313265	2196.597584	8156.582457
599	5711.687277	2196.75438	8168.131876
600	5723.077562	2196.911431	8179.697855
601	5734.48224	2197.068922	8191.278715
602	5745.883632	2197.226558	8202.856453
603	5757.291742	2197.384522	8214.441276
604	5768.713386	2197.542764	8226.039942
605	5780.150315	2197.701376	8237.654308
606	5791.600048	2197.860178	8249.281691
607	5803.045913	2198.019282	8260.905543
608	5814.505009	2198.178673	8272.542948
609	5825.978454	2198.338337	8284.195008
610	5837.466994	2198.498383	8295.862589
611	5848.970349	2198.658674	8307.545256
612	5860.486323	2198.819219	8319.24083
613	5872.016092	2198.980044	8330.950511
614	5883.563302	2199.141227	8342.678036
615	5895.122546	2199.302691	8354.417903
616	5906.694997	2199.464387	8366.171241

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
617	5918.283669	2199.626372	8377.941122
618	5929.886763	2199.788765	8389.725882
619	5941.504444	2199.951375	8401.52547
620	5953.126468	2200.11426	8413.32971
621	5964.748965	2200.27741	8425.13472
622	5976.385786	2200.440865	8436.954394
623	5988.037764	2200.604753	8448.789707
624	5999.70302	2200.768793	8460.638471
625	6011.384368	2200.933141	8472.503671
626	6023.077543	2201.097766	8484.381008
627	6034.787168	2201.262818	8496.275271
628	6046.510684	2201.428066	8508.183645
629	6058.248174	2201.593622	8520.106335
630	6070.000448	2201.759414	8532.044077
631	6081.767967	2201.925627	8543.997534
632	6093.549205	2202.092058	8555.964953
633	6105.345137	2202.258783	8567.947394
634	6117.155018	2202.425787	8579.944098
635	6128.978977	2202.593096	8591.955219
636	6140.797409	2202.760826	8603.961283
637	6152.623082	2202.928727	8615.974781
638	6164.462831	2203.096935	8628.002699
639	6176.319154	2203.265474	8640.047559
640	6188.150995	2203.434348	8652.068313
641	6199.990824	2203.603486	8664.097349
642	6211.829821	2203.772866	8676.125826
643	6223.64584	2203.942579	8688.131695
644	6235.479519	2204.112682	8700.155663

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
645	6247.323999	2204.283024	8712.190695
646	6259.18431	2204.453603	8724.241828
647	6271.060047	2204.624539	8736.308782
648	6282.948898	2204.795759	8748.389169
649	6294.853944	2204.96738	8760.4862
650	6306.771644	2205.13922	8772.596129
651	6318.703608	2205.311302	8784.720594
652	6330.646249	2205.483787	8796.856184
653	6342.565232	2205.656611	8808.968498
654	6354.497054	2205.829667	8821.093908
655	6366.44315	2206.002959	8833.23386
656	6378.390387	2206.176644	8845.375388
657	6390.343418	2206.350615	8857.523031
658	6402.312918	2206.524958	8869.68756
659	6414.294612	2206.699505	8881.864512
660	6426.293514	2206.874407	8894.059066
661	6438.305644	2207.049606	8906.267181
662	6450.333113	2207.225163	8918.491038
663	6462.373745	2207.400964	8930.728328
664	6474.430683	2207.577064	8942.982261
665	6486.501721	2207.75348	8955.250645
666	6498.586493	2207.930313	8967.533229
667	6510.686163	2208.107319	8979.830906
668	6522.800717	2208.284676	8992.143858
669	6534.884643	2208.462336	9004.426522
670	6546.979413	2208.640308	9016.720378
671	6559.092049	2208.818655	9029.032521
672	6571.217403	2208.997249	9041.357656

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
673	6583.340582	2209.17612	9053.680929
674	6595.473696	2209.35535	9066.014534
675	6607.619439	2209.53497	9078.361207
676	6619.780616	2209.714764	9090.72351
677	6631.955473	2209.894927	9103.099904
678	6644.146526	2210.075375	9115.492812
679	6656.352335	2210.256269	9127.900974
680	6668.560113	2210.437313	9140.311274
681	6680.770122	2210.618713	9152.724204
682	6692.995	2210.800426	9165.152352
683	6705.212841	2210.98247	9177.573832
684	6717.440787	2211.16491	9190.005861
685	6729.686049	2211.347532	9202.455411
686	6741.942132	2211.53054	9214.91621
687	6754.217545	2211.7138	9227.396624
688	6766.5059	2211.897503	9239.890474
689	6778.808406	2212.081418	9252.398714
690	6791.126144	2212.265658	9264.922547
691	6803.458535	2212.450227	9277.461401
692	6815.806326	2212.635177	9290.016084
693	6828.169219	2212.820377	9302.586145
694	6840.546715	2213.005882	9315.171152
695	6852.938863	2213.19172	9327.771182
696	6865.345754	2213.377859	9340.386293
697	6877.76889	2213.56442	9353.018121
698	6890.202445	2213.751208	9365.660621
699	6902.621531	2213.93831	9378.289003
700	6915.053426	2214.125776	9390.9306

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
701	6927.503754	2214.313599	9403.591032
702	6939.966586	2214.501668	9416.264241
703	6952.445817	2214.690073	9428.954225
704	6964.938171	2214.878796	9441.657688
705	6977.446269	2215.067927	9454.377352
706	6989.947201	2215.257265	9467.090082
707	7002.435247	2215.44695	9479.790312
708	7014.937702	2215.636985	9492.505343
709	7027.454949	2215.827273	9505.23545
710	7039.988542	2216.018066	9517.982465
711	7052.533675	2216.209027	9530.741211
712	7065.09599	2216.40037	9543.517563
713	7077.673777	2216.591944	9556.30965
714	7090.267018	2216.784027	9569.117756
715	7102.827379	2216.976313	9581.89321
716	7115.401909	2217.168915	9594.683187
717	7127.975117	2217.361844	9607.472208
718	7140.555314	2217.555218	9620.268715
719	7153.14922	2217.748785	9633.079148
720	7165.761645	2217.942732	9645.90852
721	7178.384505	2218.136949	9658.748635
722	7191.025705	2218.33152	9671.607484
723	7203.653719	2218.526528	9684.453634
724	7216.254165	2218.721777	9697.272487
725	7228.860206	2218.917342	9710.097288
726	7241.481046	2219.113202	9722.93722
727	7254.118928	2219.30953	9735.794715
728	7266.771294	2219.506095	9748.666959

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
729	7279.438589	2219.702987	9761.554496
730	7292.08475	2219.900172	9774.421231
731	7304.722731	2220.097845	9787.280329
732	7317.371726	2220.295739	9800.150688
733	7330.038151	2220.493946	9813.038827
734	7342.718283	2220.692463	9825.941021
735	7355.414309	2220.891348	9838.859521
736	7368.126691	2221.090684	9851.794878
737	7380.852214	2221.290226	9864.743609
738	7393.595408	2221.490094	9877.710375
739	7406.344253	2221.69029	9890.68316
740	7419.090754	2221.890947	9903.654116
741	7431.850604	2222.091864	9916.638709
742	7444.626879	2222.293069	9929.640052
743	7457.417875	2222.494602	9942.656484
744	7470.225808	2222.696627	9955.690398
745	7483.048367	2222.898842	9968.739155
746	7495.885474	2223.101401	9981.802843
747	7508.739572	2223.304303	9994.883906
748	7521.605156	2223.50756	10007.97685
749	7534.490476	2223.711265	10021.09003
750	7547.389399	2223.915184	10034.21706
751	7560.303055	2224.119411	10047.35916
752	7573.232636	2224.324	10060.51759
753	7586.178891	2224.529065	10073.69323
754	7599.139764	2224.734341	10086.88372
755	7612.115192	2224.939941	10100.08914
756	7625.107544	2225.145881	10113.31185

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
757	7638.113318	2225.352304	10126.54853
758	7651.137614	2225.558969	10139.80399
759	7664.175914	2225.76592	10153.07379
760	7677.229421	2225.973243	10166.3592
761	7690.298741	2226.1809	10179.66081
762	7703.383973	2226.389052	10192.97887
763	7716.441937	2226.597356	10206.26984
764	7729.473255	2226.806064	10219.53462
765	7742.500369	2227.015107	10232.79556
766	7755.511601	2227.224608	10246.04114
767	7768.535118	2227.434308	10259.29922
768	7781.576352	2227.644382	10272.57544
769	7794.632464	2227.854821	10285.86695
770	7807.705612	2228.065668	10299.17595
771	7820.791533	2228.276746	10312.49798
772	7833.889789	2228.488214	10325.83278
773	7846.943312	2228.700032	10339.12323
774	7859.994383	2228.912169	10352.41159
775	7873.061243	2229.12478	10365.71628
776	7886.142016	2229.337628	10379.03514
777	7899.242118	2229.550788	10392.37368
778	7912.352082	2229.764344	10405.72252
779	7925.483258	2229.97836	10419.09309
780	7938.627325	2230.192561	10432.47675
781	7951.787388	2230.407151	10445.87685
782	7964.964729	2230.622095	10459.29462
783	7978.156922	2230.837496	10472.72776
784	7991.364694	2231.053095	10486.1767

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
785	8004.590094	2231.269081	10499.64369
786	8017.829393	2231.485425	10513.12499
787	8031.083715	2231.702132	10526.62171
788	8044.35602	2231.919242	10540.13687
789	8057.642675	2232.136638	10553.6667
790	8070.945846	2232.354379	10567.21343
791	8084.26626	2232.572475	10580.7778
792	8097.600673	2232.791026	10594.35667
793	8110.951625	2233.009825	10607.95237
794	8124.317977	2233.228991	10621.56387
795	8137.690422	2233.448518	10635.18187
796	8151.033304	2233.668454	10648.77077
797	8164.393023	2233.888678	10662.37682
798	8177.766944	2234.109247	10675.99747
799	8191.15847	2234.330177	10689.63612
800	8204.564347	2234.551472	10703.28953
801	8217.987704	2234.773198	10716.9609
802	8231.427069	2234.995208	10730.6486
803	8244.881802	2235.217554	10744.35204
804	8258.272567	2235.440251	10757.9919
805	8271.661135	2235.663434	10771.63012
806	8285.036574	2235.886862	10785.25547
807	8298.425589	2236.110651	10798.89481
808	8311.830598	2236.334772	10812.55051
809	8325.250908	2236.559393	10826.22207
810	8338.687053	2236.784226	10839.90971
811	8352.138792	2237.00945	10853.61338
812	8365.608741	2237.23503	10867.33565

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
813	8379.092407	2237.460942	10881.07201
814	8392.564117	2237.687382	10894.79701
815	8406.051715	2237.914024	10908.53812
816	8419.555363	2238.141031	10922.29569
817	8433.074556	2238.368406	10936.06921
818	8446.609977	2238.596252	10949.85949
819	8460.164626	2238.824364	10963.6693
820	8473.732108	2239.052828	10977.49233
821	8487.317954	2239.281616	10991.33409
822	8500.919371	2239.510926	11005.192
823	8514.536912	2239.740498	11019.06633
824	8528.157798	2239.97042	11032.94439
825	8541.768036	2240.200676	11046.81219
826	8555.3957	2240.431303	11060.69782
827	8569.040376	2240.662435	11074.60103
828	8582.701595	2240.89381	11088.52105
829	8596.37758	2241.125521	11102.45622
830	8610.07062	2241.357605	11116.40886
831	8623.779459	2241.590209	11130.37788
832	8637.471629	2241.823031	11144.33047
833	8651.15537	2242.056245	11158.27507
834	8664.853463	2242.289764	11172.23437
835	8678.570557	2242.523831	11186.21328
836	8692.301419	2242.758122	11200.2062
837	8706.051307	2242.99279	11214.21858
838	8719.813743	2243.227797	11228.24388
839	8733.548379	2243.463181	11242.24181
840	8747.278864	2243.699086	11256.23616

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
841	8761.025178	2243.935219	11270.2466
842	8774.78683	2244.171695	11284.27277
843	8788.56672	2244.408569	11298.31761
844	8802.351178	2244.64594	11312.36758
845	8816.130747	2244.883554	11326.41293
846	8829.892091	2245.121497	11340.44042
847	8843.669322	2245.35985	11354.48426
848	8857.463771	2245.598697	11368.54587
849	8871.275277	2245.837803	11382.62483
850	8885.101117	2246.077246	11396.71849
851	8898.946458	2246.317063	11410.83208
852	8912.806322	2246.557264	11424.96062
853	8926.683831	2246.797958	11439.10736
854	8940.57847	2247.038929	11453.27153
855	8954.486672	2247.280228	11467.44963
856	8968.414175	2247.5219	11481.64746
857	8982.359064	2247.764101	11495.86326
858	8996.320506	2248.006545	11510.09588
859	9010.297297	2248.249332	11524.34424
860	9024.290949	2248.492508	11538.6099
861	9038.30286	2248.736201	11552.89439
862	9052.281328	2248.980123	11567.14569
863	9066.25777	2249.224417	11581.39539
864	9080.250593	2249.469094	11595.66189
865	9094.262183	2249.714157	11609.94759
866	9108.289259	2249.959724	11624.24934
867	9122.309699	2250.205497	11638.54469
868	9136.338007	2250.451669	11652.84835

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
869	9150.38194	2250.698236	11667.16807
870	9164.443642	2250.945306	11681.50613
871	9178.522055	2251.19262	11695.86117
872	9192.598332	2251.440286	11710.21447
873	9206.670336	2251.688346	11724.56394
874	9220.76316	2251.936929	11738.93481
875	9234.871163	2252.185723	11753.3211
876	9248.997912	2252.434901	11767.72657
877	9263.138609	2252.684472	11782.14642
878	9277.297753	2252.934429	11796.58514
879	9291.476498	2253.184898	11811.04404
880	9305.668809	2253.435569	11825.51674
881	9319.880738	2253.686658	11840.00952
882	9334.106915	2253.938117	11854.51696
883	9348.353292	2254.190105	11869.04519
884	9362.614057	2254.442292	11883.58804
885	9376.818204	2254.69491	11898.07475
886	9391.040209	2254.947867	11912.57969
887	9405.277293	2255.201388	11927.10034
888	9419.530035	2255.455125	11941.6369
889	9433.801421	2255.709244	11956.19252
890	9448.09161	2255.963746	11970.76738
891	9462.364646	2256.218627	11985.32551
892	9476.654383	2256.474029	11999.90092
893	9490.957617	2256.72966	12014.49008
894	9505.280878	2256.985684	12029.09971
895	9519.621043	2257.242118	12043.7267
896	9533.977399	2257.499057	12058.37045

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
897	9548.351176	2257.756204	12073.03186
898	9562.742053	2258.01374	12087.71079
899	9577.150793	2258.271737	12102.40811
900	9591.577956	2258.530176	12117.12434
901	9606.018833	2258.788856	12131.85456
902	9620.480095	2259.047944	12146.60562
903	9634.958303	2259.307421	12161.37405
904	9649.455471	2259.567281	12176.16188
905	9663.940286	2259.827642	12190.93792
906	9678.385428	2260.08829	12205.6746
907	9692.848019	2260.349278	12220.42911
908	9707.328783	2260.61068	12235.20226
909	9721.795059	2260.872584	12249.96148
910	9736.245261	2261.13476	12264.70493
911	9750.696008	2261.397297	12279.44933
912	9765.159926	2261.660233	12294.20734
913	9779.642267	2261.923698	12308.98438
914	9794.142796	2262.187381	12323.77984
915	9808.660128	2262.45147	12338.59256
916	9823.195095	2262.715948	12353.42335
917	9837.745381	2262.980797	12368.26987
918	9852.302373	2263.246197	12383.12372
919	9866.793783	2263.511834	12397.91225
920	9881.303235	2263.777842	12412.71924
921	9895.829395	2264.044259	12427.54339
922	9910.376413	2264.311189	12442.38897
923	9924.936186	2264.578375	12457.24759
924	9939.516549	2264.845938	12472.12723

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
925	9954.08847	2265.113905	12486.99888
926	9968.658538	2265.382379	12501.86924
927	9983.248732	2265.651099	12516.76
928	9997.840423	2265.920235	12531.65272
929	10012.38175	2266.189732	12546.49548
930	10026.93753	2266.459612	12561.35313
931	10041.51395	2266.730045	12576.23203
932	10056.10759	2267.000732	12591.12844
933	10070.71894	2267.271769	12606.04294
934	10085.34824	2267.5432	12620.97584
935	10099.99328	2267.815215	12635.92514
936	10114.65927	2268.087455	12650.89562
937	10129.33695	2268.360068	12665.87823
938	10144.0073	2268.633021	12680.85388
939	10158.59613	2268.906579	12695.74869
940	10173.20419	2269.180395	12710.66301
941	10187.83046	2269.454551	12725.59593
942	10202.47206	2269.729095	12740.54461
943	10217.13232	2270.004051	12755.51241
944	10231.80925	2270.279572	12770.49751
945	10246.50669	2270.555284	12785.50334
946	10261.2201	2270.831412	12800.5256
947	10275.94881	2271.107904	12815.56356
948	10290.69817	2271.38497	12830.62282
949	10305.45006	2271.662273	12845.68488
950	10320.15126	2271.939955	12860.69666
951	10334.86777	2272.218021	12875.7242
952	10349.60703	2272.496652	12890.7751

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
953	10364.3614	2272.775518	12905.84139
954	10379.13506	2273.054786	12920.92741
955	10393.92261	2273.334371	12936.02768
956	10408.73137	2273.614425	12951.14968
957	10423.55867	2273.895011	12966.29081
958	10438.3913	2274.175814	12981.43753
959	10453.16278	2274.457001	12996.52351
960	10467.95338	2274.738608	13011.62909
961	10482.76398	2275.020782	13026.75531
962	10497.58889	2275.303154	13041.89605
963	10512.43168	2275.585914	13057.05511
964	10527.29446	2275.869073	13072.2346
965	10542.15272	2276.152618	13087.41001
966	10556.95614	2276.436731	13102.53121
967	10571.77588	2276.72106	13117.66897
968	10586.61317	2277.005809	13132.82475
969	10601.46796	2277.290919	13147.99844
970	10616.34294	2277.576626	13163.19298
971	10631.23592	2277.862522	13178.40573
972	10646.04406	2278.148802	13193.53408
973	10660.86836	2278.435494	13208.67904
974	10675.70735	2278.722747	13223.83933
975	10690.56659	2279.010239	13239.02012
976	10705.44055	2279.298069	13254.21602
977	10720.3342	2279.586356	13269.43212
978	10735.24742	2279.874988	13284.66818
979	10750.17731	2280.164213	13299.92156
980	10765.12519	2280.453628	13315.19315

Model	Wave resistance [N]	Viscous resistance [N]	Total resistance [N]
981	10780.08988	2280.743484	13330.48204
982	10795.07523	2281.033712	13345.79201
983	10810.07526	2281.324484	13361.11727
984	10825.09418	2281.615494	13376.46168
985	10840.13284	2281.906884	13391.82626
986	10855.1882	2282.198701	13407.20801
987	10870.26281	2282.491049	13422.60962
988	10885.35352	2282.783619	13438.02756
989	10900.46549	2283.076601	13453.46723
990	10915.59327	2283.369961	13468.92314
991	10930.74097	2283.663724	13484.39941
992	10945.90325	2283.958044	13499.89088
993	10961.08566	2284.252588	13515.40274
994	10976.28664	2284.547525	13530.9336
995	10991.50682	2284.842863	13546.48411
996	11006.74557	2285.138763	13562.05382
997	11021.99847	2285.434859	13577.63791
998	11037.27326	2285.73137	13593.24434
999	11052.56638	2286.028276	13608.86955
1000	11067.87929	2286.325788	13624.51522

BIODATA PENULIS



Zhafran Fajar Bagaskoro, adalah nama lengkap penulis. Lahir di Solo pada 5 Juni 1995. Penulis adalah anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal pada tingkat dasar di TK Pembina , kemudian SDN Cemara Dua, SMPN 4 Surakarta, dan SMA tercinta SMAN 3 Surakarta. Setelah lulus SMA, penulis sempat menempuh pendidikan di Kota Jogja lalu tahun 2015 penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan, FTK, ITS.

Email: zhafranfajarb@gmail.com