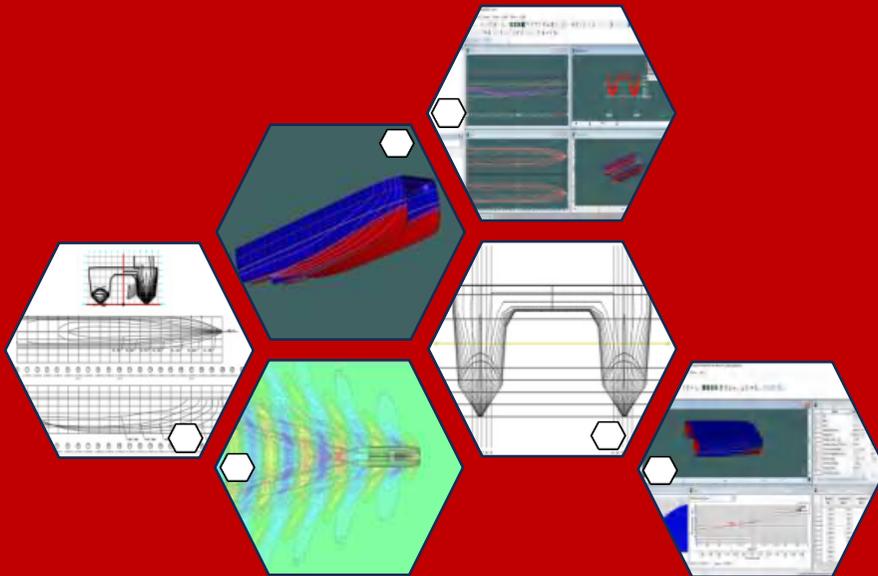


**STUDI TAHANAN KAPAL KATAMARAN DENGAN VARIASI JARAK
LAMBUNG INVERTED BOW MENGGUNAKAN MAXSURF**



MUHAMMAD AKBAR

D031201076

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**STUDI TAHANAN KAPAL KATAMARAN DENGAN VARIASI JARAK
LAMBUNG INVERTED BOW MENGGUNAKAN MAXSURF**

MUHAMMAD AKBAR

D031201076



PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**STUDI TAHANAN KAPAL KATAMARAN DENGAN VARIASI JARAK
LAMBUNG INVERTED BOW MENGGUNAKAN MAXSURF**

MUHAMMAD AKBAR

D031201076

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Teknik Perkapalan

Pada

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



SKRIPSI

STUDI TAHANAN KAPAL KATAMARAN DENGAN VARIASI JARAK
LAMBUNG INVERTED BOW MENGGUNAKAN MAXSURF

MUHAMMAD AKBAR
D031201076

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Teknik Perkapalan pada tanggal
8 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada



Program Studi Teknik Perkapalan
Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa

Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,




Ar Baso, ST., MT.
12 1 002

Mengetahui:
Ketua Program Studi,




Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
NIP. 19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul “Studi Tahanan Kapal Katamaran Dengan Variasi Jarak Lambung Inverted Bow Menggunakan Maxsurf” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.** sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 8 Agustus 2024



MUHAMMAD AKBAR

D031201076



UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Studi Tahanan Kapal Katamaran Dengan Variasi Jarak Lambung Inverted Bow Menggunakan Maxsurf" yang diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Terkhusus kedua orang tua saya yaitu Bapak **Rusdaman, S.Sos.** dan Ibu **Erni Erawati, S.Pd.** atas segala kasih sayang, dukungan maupun materi, beserta doa yang tiada hentinya diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk semua pengorbanan tulus yang tentunya tidak akan pernah bisa terbalaskan.
2. Kepada saudara saya yaitu Kakak **Erman Susanto** dan Adik **Muh. Fadil Zulfikar**, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis. Berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini baik itu tenaga, materi, waktu dan dukungannya.
3. Bapak **Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Sekaligus dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini
4. Ibu **Ir. Rosmani, MT.** dan bapak **Ir. Lukman Bochary, MT.** selaku dosen penguji tugas akhir ini yang telah memberikan masukan dan saran terhadap tugas akhir ini.
5. **Dosen-Dosen Teknik Perkapalan** yang telah memberikan ilmu serta pengalamannya selama dalam proses perkuliahan.
6. **Tenaga Kependidikan Departemen Teknik Perkapalan** atas kebaikan dalam membantu segala administrasi selama kuliah.
7. Seluruh teman-teman kapal angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan pengalaman yang berharga selama penulis menuntut ilmu di Departemen Teknik Perkapalan.
8. Semua pihak yang telah membantu, dalam bentuk fisik maupun dalam bentuk doa. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik.

Penulis menyadari dalam proses pengerjaan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat kekurangan. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya dan kepada pembaca pada umumnya.



Penulis,

MUHAMMAD AKBAR

ABSTRAK

MUHAMMAD AKBAR. **Studi Tahanan Kapal Katamaran Dengan Variasi Jarak Lambung Inverted Bow Menggunakan Maxsurf** (dibimbing oleh Suandar Baso).

Dalam merancang suatu kapal katamaran, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah tahanan kapal. Berbagai bentuk desain kapal yang dikembangkan untuk memenuhi kriteria desain kapal katamaran yang optimum salah satunya adalah kapal katamaran dengan bentuk haluan inverted bow. Selain itu, jarak antar lambung dapat mempengaruhi performa dari kapal katamaran. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besar perubahan tahanan kapal katamaran terhadap variasi jarak antar lambung dengan bentuk haluan inverted bow. Penelitian ini terdapat 5 variasi jarak antar lambung yang divariasikan dengan jarak 1,9 m, 2,4 m, 3,4 m, 3,9 m dan 4,4 m, kemudian digunakan 5 Froude number yaitu 0,334, 0,367, 0,4, 0,434 dan 0,467. Perhitungan tahanan dari setiap jarak antar lambung tersebut dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf Resistance. Dari hasil penelitian nilai tahanan kapal mengalami peningkatan seiring bertambahnya Froude number. Variasi jarak antar lambung yang memiliki nilai tahanan total yang kecil dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu variasi 5 dengan jarak 4,4 m. Nilai tahanan variasi 5 sebesar 18 kN, 21,9 kN, 26,8 kN, 34,8 kN dan 43 kN. Besar perubahan tahanan kapal katamaran setelah dilakukan 5 variasi jarak antar lambung memiliki nilai tahanan yang kecil ketika jarak antar lambungnya diperbesar. Rata-rata persentase perubahan nilai tahanan untuk variasi 1 dengan jarak 1,9 m sebesar 7,9%, untuk variasi 2 dengan jarak 2,4 m sebesar 4,1%, untuk variasi 3 dengan jarak 3,4 m sebesar 4,4%, untuk variasi 4 dengan jarak 3,9 m sebesar 8,6% dan untuk variasi 5 dengan jarak 4,4 m sebesar 12,6%.

Kata Kunci: Katamaran; Inverted Bow; Tahanan; Maxsurf



ABSTRACT

MUHAMMAD AKBAR. Study of Catamaran Ship Resistance with Variations in Hull Distance Inverted Bow Using Maxsurf (supervised by Suandar Baso).

In designing a catamaran ship, one of the things that needs to be considered is ship resistance. Various forms of ship design have been developed to meet the optimum catamaran ship design criteria, one of which is a catamaran ship with an inverted bow shape. In addition, the distance between the hulls can affect the performance of the catamaran ship. This study aims to determine the magnitude of changes in catamaran ship resistance to variations in the distance between hulls with an inverted bow shape. This study has 5 variations of distance between hulls that are varied with a distance of 1.9 m, 2.4 m, 3.4 m, 3.9 m and 4.4 m, then 5 Froude numbers are used, namely 0.334, 0.367, 0.4, 0.434 and 0.467. The calculation of the resistance of each distance between the hulls is done using Maxsurf Resistance software. From the study results, the value of ship resistance increases as the Froude number increases. The variation of the distance between the hulls that has a small total resistance value compared to other variations is variation 5 with a distance of 4.4 m. The resistance value of variation 5 is 18 kN, 21.9 kN, 26.8 kN, 34.8 kN and 43 kN. The amount of change in the resistance of the catamaran ship after 5 variations of the distance between the hulls has a small resistance value when the distance between the hulls is enlarged. The average percentage change in resistance value for variation 1 with a distance of 1.9 m is 7.9%, for variation 2 with a distance of 2.4 m is 4.1%, for variation 3 with a distance of 3.4 m is 4.4%, for variation 4 with a distance of 3.9 m is 8.6% and for variation 5 with a distance of 4.4 m is 12.6%.

Keywords: Catamaran; Inverted Bow; Resistance; Maxsurf



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
UCAPATAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Teori	2
1.2.1. Kapal Katamaran.....	2
1.2.2. Tahanan Kapal	3
1.2.3. Aliran Fluida.....	6
1.2.4. Jenis-Jenis Haluan Kapal	8
1.2.5. Inverted Bow.....	11
1.2.6. Maxsurf Pro	12
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	15
BAB II. METODE PENELITIAN	16
2.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
2.2. Jenis Penelitian	16
2.3. Metode Pengumpulan Data	16
2.3.1. Pengolahan Data.....	16
2.3.2. Data Kapal	16
2.3.3. Modelan Kapal Katamaran	17
2.3.4. Variasi Jarak Antar Lambung Model Kapal Katamaran	21
2.3.5. Penghitung Tahanan Model Kapal Dengan Maxsurf Resistance	22



2.4.5. Penarikan Kesimpulan.....	26
2.5. Kerangka Pikir.....	26
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
3.1. Pemodelan Bentuk Awal Kapal dan Tahanannya	27
3.2. Variasi Jarak Antar Lambung	29
3.2.1 Variasi 1 Jarak Antar Lambung	30
3.2.2 Variasi 2 Jarak Antar Lambung	32
3.2.3 Variasi 3 Jarak Antar Lambung	35
3.2.4 Variasi 4 Jarak Antar Lambung	37
3.2.5 Variasi 5 Jarak Antar Lambung	39
3.3. Pola Aliran Pada Variasi Jarak Antar Lambung	42
3.4. Perbandingan Nilai Tahanan Pada Variasi Jarak Antar Lambung.....	44
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
4.1. Kesimpulan	49
4.2. Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52



DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Ukuran utama kapal.....	17
2. Ukuran variasi jarak antar lambung	21
3. Kondisi bentuk awal kapal.....	27
4. Nilai tahanan bentuk awal kapal	28
5. Ukuran jarak antar lambung kapal yang diteliti	30
6. Nilai tahanan kapal variasi 1	31
7. Nilai tahanan kapal variasi 2	33
8. Nilai tahanan kapal variasi 3	35
9. Nilai tahanan kapal variasi 4	38
10. Nilai tahanan kapal variasi 5	40
11. Hasil tahanan setiap variasi jarak antar lambung.....	45



DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Bentuk lambung katamaran	2
2. Penampang <i>body plan</i> katamaran	3
3. Contoh aliran streamline yang melintasi suatu body	6
4. Aliran laminar	7
5. Aliran transisi	7
6. Aliran turbulen	8
7. Haluan Kapal Plumb Bow/Straight Bow	8
8. Haluan Kapal Raked Bow	9
9. Haluan Kapal Clipper Bow	9
10. Haluan Kapal Spoon Bow	9
11. Haluan Kapal Bulbous Bow	10
12. Haluan Kapal Ram Bow	10
13. Haluan Kapal Axe Bow	10
14. Haluan Kapal Inverted Bow	11
15. Model AHTS Bourbon Orca	11
16. Sistem koordinat 3D model Maxsurf	13
17. <i>Lines plan</i> kapal katamaran	17
18. Tampilan <i>profile</i>	18
19. Tampilan <i>add surface</i>	18
20. Tampilan <i>duplicate surface</i>	19
21. Tampilan setelah <i>bond edge</i> setiap <i>surface</i>	19
22. Pembuatan model lambung	20
23. Tampilan data <i>design grid</i> untuk <i>section, buttock, waterline</i>	20
24. Tampilan model kapal katamaran	21
25. Tampilan menu variasi jarak	22
<i>an</i> kapal setelah variasi jarak	22
Maxsurf Resistance	23
<i>an surface</i>	23
<i>Hotrop</i>	24



30. Pemilihan kecepatan model.....	24
31. Nilai tahanan hasil perhitungan.....	25
32. Kurva nilai tahanan	25
33. Kerangka pikir penelitian.....	26
34. Tampak <i>perspective</i> kapal Katamaran yang diteliti.....	27
35. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number bentuk awal kapal.....	28
36. Hubungan tahanan gesek dan Froude number bentuk awal kapal.....	28
37. Hubungan tahanan sisa dan Froude number bentuk awal kapal.....	29
38. Hubungan tahanan total dan Froude number bentuk awal kapal.....	29
39. Variasi jarak antar lambung 1	30
40. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number variasi 1.....	31
41. Hubungan tahanan gesek dan Froude number variasi 1	31
42. Hubungan tahanan sisa dan Froude number variasi 1	32
43. Hubungan tahanan total dan Froude number variasi 1	32
44. Variasi jarak antar lambung 2	33
45. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number variasi 2.....	33
46. Hubungan tahanan gesek dan Froude number variasi 2	34
47. Hubungan tahanan sisa dan Froude number variasi 2	34
48. Hubungan tahanan total dan Froude number variasi 2	34
49. Variasi jarak antar lambung 3	35
50. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number variasi 3.....	36
51. Hubungan tahanan gesek dan Froude number variasi 3	36
52. Hubungan tahanan sisa dan Froude number variasi 3	36
53. Hubungan tahanan total dan Froude number variasi 3.....	37
54. Variasi jarak antar lambung 4	37
55. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number variasi 4.....	38
56. Hubungan tahanan gesek dan Froude number variasi 4	38
57. Hubungan tahanan sisa dan Froude number variasi 4	39
58. Hubungan tahanan total dan Froude number variasi 4	39
59. Variasi jarak antar lambung 5	40
60. Hubungan koefisien tahanan total dan Froude number variasi 5.....	40
61. Hubungan tahanan gesek dan Froude number variasi 5	41



62. Hubungan tahanan sisa dan Froude number variasi 5	41
63. Hubungan tahanan total dan Froude number variasi 5	41
64. Kontur gelombang tampak atas yang terjadi pada variasi setiap jarak antar lambung dengan Froude number 0,334	42
65. Kontur gelombang tampak samping yang terjadi pada variasi setiap jarak antar lambung dengan Froude number 0,334.....	43
66. Perbandingan antara nilai koefisien tahanan total dengan Froude number pada setiap variasi jarak antar lambung	47
67. Perbandingan antara nilai tahanan gesek dengan Froude number pada setiap variasi jarak antar lambung.....	47
68. Perbandingan antara nilai tahanan sisa dengan Froude number pada setiap variasi jarak antar lambung	48
69. Perbandingan antara nilai tahanan total dengan Froude number pada setiap variasi jarak antar lambung	48



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut	Halaman
1. Hasil analisis tahanan kapal.....	53
2. Pola aliran pada variasi jarak antar lambung	59



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan	Satuan
LOA	Length of All	m
LWL	Length of Waterline	m
B	Lebar Kapal	m
H	Tinggi Kapal	m
T	Sarat Kapal	m
V	Kecepatan Kapal	m/s
R _n	Angka Reynold	
C _f	Koefisien Gesek	
ν	Viskositas Air	
Slr	Rasio Kecepatan dan Panjang Kapal	
R _T	Tahanan Total	N
ρ	Massa Jenis Fluida	Kg/m ³
C _T	Koefisien Tahanan Total	
S	Luas Bidang Basah	m ²
F _n	Froude number	
G	Percepatan Gravitasi	m/s ²



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal adalah sebuah kendaraan air yang dirancang untuk mengapung di atas permukaan air dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti transportasi penyeberangan, pengangkutan barang, penangkapan ikan, penelitian ekosistem laut dan keperluan militer. Kapal dapat bervariasi dalam ukuran dan desain, dan digunakan untuk berlayar di perairan dalam skala kecil hingga besar.

Dalam perancangan suatu kapal, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah tahanan kapal. Dalam istilah hidrodinamika suatu kapal, tahanan adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan dalam dunia perkapalan merupakan suatu hal yang teramat penting untuk dikalkulasikan secara tepat karena sangat berkaitan dengan penentuan daya mesin. Untuk menyesuaikan besar daya mesin dengan kecepatan yang diinginkan, maka harus diketahui besar tahanan yang terjadi pada kapal tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menentukan besar tahanan suatu kapal untuk mengetahui estimasi kebutuhan daya yang efektif agar kapal bisa bergerak sesuai dengan kecepatan yang direncanakan.

Ada berbagai tipe kapal yang berlayar di Indonesia, salah satunya adalah kapal katamaran. Kapal katamaran memiliki 2 lambung kapal atau memiliki 2 badan kapal. Sampai saat ini jenis kapal ini digunakan untuk kapal-kapal penumpang. Kapal katamaran merupakan kapal dengan struktur *demihull* yang menghubungkan struktur menyerupai jembatan di bagian tengah kapal. Kapal katamaran dengan bentuk lambungnya yang ramping dan terpisah dapat mengurangi tercelupnya air pada badan kapal, sehingga gangguan pada permukaan air dapat berkurang. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi besaran hambatan yang ditimbulkan.

Dalam dunia perkapalan, desain haluan kapal memiliki peranan yang krusial terhadap performa dan efisiensi kapal. Salah satu inovasi terbaru dalam desain ini adalah haluan inverted bow. Desain haluan inverted bow yang merupakan inovasi relatif baru dalam arsitektur kapal yang telah menarik industri perkapalan dan penelitian maritim. Hal ini terutama karena potensi untuk memperbaiki kinerja hidrodinamis kapal, salah satunya dalam hal tahanan terhadap gerakan melalui air. Inverted bow mengacu pada jenis haluan kapal di mana bagian terpanjang tidak berada di bagian atas, melainkan terletak di bagian bawah lambung.

Salah satu faktor yang mempengaruhi performa kapal katamaran adalah jarak antar lambungnya. Jamaluddin (2010) telah mengkaji penelitian mengenai interaksi hambatan gelombang pada kapal lambung ganda, dari hasil kajian tersebut bahwa



jarak antar lambung kapal dapat mempengaruhi pola aliran gelombang di bagian besar jarak antar lambung maka semakin kecil tekanan dan hambatan yang terjadi diantara kedua lambung. Selain itu, kajian yang dilakukan terhadap jarak antar lambung secara sistematis telah diteliti oleh Insel dan Hidayat (2010) dan hasilnya menunjukkan bahwa jarak antar lambung tersebut berkesimpulan bahwa dengan perubahan jarak antar lambung akan memberikan pengaruh interferensi yang signifikan terhadap tahanan kapal. Selain itu, di samping itu, interferensi gelombang juga dapat berpengaruh

terhadap *wave profile drag* akibat perubahan jarak antara lambung kapal katamaran. Semakin besar jarak antar kedua lambung katamaran maka akan menghasilkan interferensi gelombang yang kecil begitupun sebaliknya.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terhadap kapal katamaran dengan variasi jarak lambung inverted bow. Variasi jarak lambung tersebut diharapkan dapat mengetahui desain yang paling optimal untuk mengurangi tahanan saat kapal bergerak di air. Sehingga peneliti mengangkat judul “**Studi Tahanan Kapal Katamaran Dengan Variasi Jarak Lambung Inverted Bow Menggunakan Maxsurf**”.

1.2 Teori

1.2.1 Kapal Katamaran

Katamaran adalah tipe kapal yang memiliki dua buah lambung (*demihull*) yang dihubungkan oleh suatu konstruksi sehingga menjadi sebuah kesatuan sebagai suatu kapal. Kedua *demihull* ini tersusun dengan rangkaian bridging. Struktur bridging ini merupakan sebuah keuntungan katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*). Sehingga kemungkinan terjadi *deck wetness* dapat dikurangi. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah (Putro, 2012).

Kapal katamaran sering digunakan untuk kapal penumpang dikarenakan tersedianya area geladak yang lebih luas dan mempunyai derajat stabilitas melintang terbesar dibandingkan jenis kapal lainnya sehingga memiliki karakteristik stabilitas dan *seakeeping* yang nyaman untuk penumpang. Kapal katamaran memiliki kebutuhan daya yang lebih rendah dibandingkan dengan kapal displacement *monohull* dengan panjang yang sama untuk kecepatan yang sama, namun katamaran mempunyai kapasitas payload yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *monohull* (Putra dan Utama, 2020).

Bentuk lambung katamaran pada berbagai kapal tidaklah sama. Terdapat banyak model bentuk badan katamaran, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari katamaran yaitu sebagai berikut:

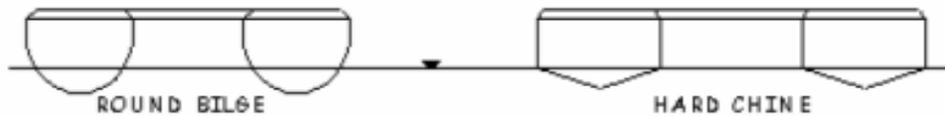
- Simetris
- Asimetris dengan bagian dalam lurus
- Asimetris dengan bagian luar lurus

Bentuk improvisasi aliran air yang akan melewati ketiga bentuk tersebut dapat dilihat dari Gambar 1 (Prastowo dkk, 2016).



Sedangkan penampang *body plan* katamaran dibedakan menjadi 2, yaitu dapat dilihat pada Gambar 2:

- a. Round bilge
- b. Hard chine



Gambar 2. Penampang *body plan* katamaran

Sumber: Putro, 2012

Bentuk lambung tipe *hard chine* agak sederhana dan mudah dalam pengerjaan konstruksinya. Tipe lambung ini memiliki luas bidang basah statik yang lebih besar sehingga dapat memperbesar hambatan gesek pada kecepatan rendah. Sedangkan pada kecepatan tinggi, luas bidang basah akan berkurang dengan sendirinya akibat timbulnya gaya angkat (*dynamic lift*).

Lambung dengan tipe *round bilge* sangat sesuai dengan untuk muatan yang lebih banyak dan kecepatan rendah. Lambung tipe ini memiliki gerakan yang relatif kecil dan tidak mudah mengalami hempasan gelombang (*slamming*) sehingga dapat memberikan rasa nyaman pada kondisi gelombang ekstrim. Biasanya tipe lambung ini dilengkapi dengan *spray* pada bagian depan (*bow*) untuk menurunkan efek sibakan air atau *water spray* (Putro, 2012).

Adapun kelebihan dari kapal katamaran yaitu sebagai berikut:

1. Pada kapal dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong dan kecepatannya relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih besar.
3. Volume yang tercelup air dan luas permukaan basah lebih kecil.
4. Stabilitas kapal yang baik karena memiliki dua lambung.
5. Karena memiliki tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil.
6. Kekhawatiran penumpang pada faktor kapal terbalik menjadi lebih kecil, sehingga penumpang merasa aman.

Sedangkan kekurangan kapal katamaran adalah teknik pembuatan lebih rumit sehingga membutuhkan keahlian khusus dan dengan memiliki dua lambung manuver katamaran kurang baik jika dibandingkan dengan *monohull* (Romadhoni dkk, 2022).

1.2.2 Tahanan Kapal



kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut merupakan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal

Dalam merencanakan kapal, faktor umum adalah tahanan yang dialami oleh kapal pada waktu bergerak. Suatu bentuk kapal dengan tahanan kecil atau sekecil mungkin menjadi tujuan perencana kapal, sebab akan berarti pemakaian tenaga mesin akan menjadi hemat dengan begitu penggunaan bahan bakar menjadi hemat, berarti mesin penggerak lebih ringan sehingga menambah daya muat kapal tersebut. Tahanan kapal pada dasarnya berasal dari dua jenis media yang mengelilingi kapal tersebut yaitu media udara yang berpengaruh pada bagian kapal yang berada di atas permukaan air, dan media cairan yang berpengaruh pada bagian kapal yang berada di bawah permukaan air (Hadi dkk, 2012).

Untuk Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengangapung di air adalah:

a. Tahanan Gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

1) Angka Reynolds (*Reynolds number, Rn*)

Bilangan Reynolds adalah rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskositas yang mengkualifikasikan hubungan gaya tersebut dengan suatu kondisi laminar dan turbulent. Rumus bilangan Reynolds dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$R_n = \frac{v \times L}{\nu} \quad (1)$$

Dimana :

V : Kecepatan kapal (m/s)

L : Panjang kapal (m)

ν : Viskositas air (cP)

2) Koefisien gesek (*friction coefficient, Cf*)

Rumus koefisien gesek dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (2)$$



dan panjang kapal (*speed length ratio, Slr*)

cepatan dan panjang kapal dapat dilihat pada Persamaan 3.

$$Slr = \frac{V}{\sqrt{L}} \quad (3)$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (m) dan V adalah kecepatan kapal (m/s)

b. Tahanan Sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari:

1) Tahanan Gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

2) Tahanan Udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas (*Superstructure*) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

3) Tahanan Bentuk (*Form Resistance*)

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

4) Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi (Arwini, 2018).

Tahanan total (*Total Resistance*) terdiri dari beberapa komponen tahanan, komponen tahanan dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan pada Persamaan 4.

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times C_T \times S \times V^2 \quad (4)$$

Dimana :

- R_T = Tahanan total (N)
- ρ = Massa jenis fluida (Kg/m^3)
- C_T = Koefisien tahanan total
- S = Luas bidang basah (m^2)
- V = Kecepatan kapal (m/s)

Froude number adalah angka tanpa dimensi yang menghubungkan gravitasi (g), anjang kapal (L). Angka Froude dapat menjadi tolak ukur dalam pal apakah dalam kategori kapal cepat dan kapal non-cepat yang koefisien bentuk kapal dalam rancangan (Rizqi, 2013). Berikut



- = $F_n < 0,20$
- = $0,20 < F_n < 0,35$
- = $F_n > 0,35$

Rumus Froude number dapat dilihat pada Persamaan 5.

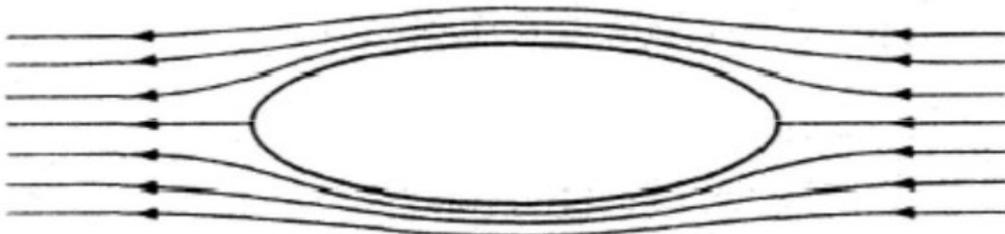
$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g.L}} \quad (5)$$

Dimana :

- Fn = Froude number
 V = Kecepatan kapal (m/s)
 g = Percepatan gravitasi (m/s²)
 L = Panjang kapal (m)

1.2.3 Aliran Fluida

Fluida adalah zat yang mengalir atau berubah bentuk dan memiliki kecenderungan untuk mengalir. Ketika fluida mengalir melalui suatu titik atau jalur, terdapat berbagai parameter yang terkait dengan aliran fluida berubah dalam pola yang berbeda. Hidrodinamika klasik mengarahkan pada bagaimana bentuk pola aliran fluida yang melintasi suatu body sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3 (Adji, 2009).



Gambar 3. Contoh aliran streamline yang melintasi suatu body
 Sumber: Adji, 2009

Teori hidrodinamika sederhana senantiasa bekerja dengan fluida tanpa viskositasnya. Di Dalam suatu sistem fluida *non-viscous*. Suatu body yang ditenggelamkan dan digerakkan pada sistem fluida *non-viscous* tersebut, maka body tersebut tidak mengalami adanya tahanan (*resistance*) meskipun fluida tersebut dilalui oleh gerakan body, maka kondisi fluida tersebut kembali ke bentuk awalnya setelah dilintasi body tersebut, ada sejumlah gaya-gaya lokal yang bekerja pada body tersebut, akan tetapi gaya-gaya tersebut saling meniadakan ketika diintegrasikan pada seluruh body. Gaya-gaya lokal tersebut terjadi sebagai akibat terjadinya perubahan tekanan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan kecepatan di dalam aliran fluida (Adji, 2009).

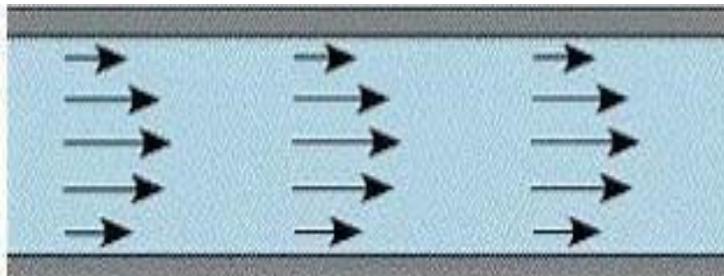
Fenomena aliran yang terkait dengan bentuk lambung kapal adalah aliran laminar, transisi dan turbulen. Hal yang paling berpengaruh terhadap bagaimana aliran lambung kapal adalah bentuk dari lambung kapal itu sendiri. Untuk aliran laminar atau turbulen, biasanya digunakan formulasi yang Reynold number. Reynold number dirumuskan sebagai sebuah rasio antara kecepatan dan panjang benda (kapal) dibagi dengan dilaluinya. Pada nilai Reynold number yang tinggi, lapisan fluida lapisan batas laminar bergulung-gulung dan berputar dalam



gumpalan-gumpalan. Pada kondisi ini *noise* dan *skin friction* menjadi semakin besar. Daerah pada lapisan ini dikenal dengan lapisan batas turbulen. Sedangkan area perubahan dari laminar ke turbulen disebut daerah transisi (Sardjaji, 2003). Sehingga dapat dijabarkan bahwa:

1. Aliran Laminer ($Re < 2300$)

Aliran laminar adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminar, partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminar. Aliran laminar bersifat steady maksudnya alirannya tetap. Hal ini menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan alirannya tidak berubah menurut waktu. Bentuk pola aliran laminar dapat dilihat pada Gambar 4 (Senoaji, 2015).

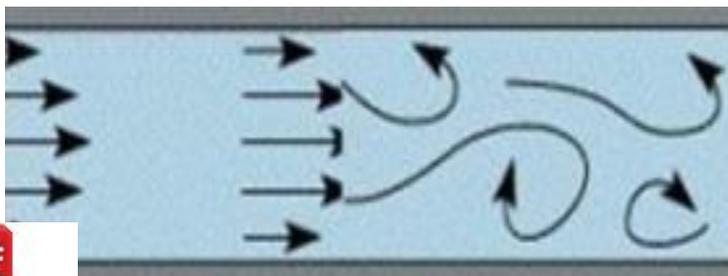


Gambar 4. Aliran laminar

Sumber: Senoaji, 2015

2. Aliran Transisi ($2300 < Re < 4000$)

Aliran transisi adalah dimana kondisi partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menuju kondisi acak, pada kondisi nyatanya kondisi seperti ini sangat sulit terjadi. Bentuk pola aliran transisi dapat dilihat pada Gambar 5 (Senoaji, 2015).



n transisi
i, 2015

3. Aliran Turbulen ($Re > 4000$)

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan ciri dari aliran turbulen yaitu tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah. Bentuk pola aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 6 (Senoaji, 2015).



Gambar 6. Aliran turbulen

Sumber: Senoaji, 2015

1.2.4 Jenis-Jenis Haluan Kapal

Berikut ini adalah jenis-jenis haluan kapal atau tipe bow yaitu sebagai berikut:

1. Plumb Bow/Straight Bow

Jenis haluan kapal yang sejajar sempurna dengan lunas. Ini merupakan bentuk yang sederhana dan umum digunakan untuk kapal yang berlayar di laut. Tipe haluan ini memberikan stabilitas yang memadai dan memastikan perjalanan kapal semulus mungkin. Haluan Plumb Bow/Straight bow dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Haluan Kapal Plumb Bow/Straight Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

2. Raked Bow



Haluan kapal yang memiliki bentuk panjang dan miring, sering digunakan pada kapal kayu untuk meningkatkan kemampuan berlayar. Desain ini sering digunakan pada kapal mewah dan kapal penumpang selama beberapa dekade. Ciri khas dari raked bow adalah kelengkungan cekungnya yang melengkung ke atas yang sangat tipis di permukaan air. Haluan Raked Bow dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Haluan Kapal Raked Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

3. Clipper Bow

Awalnya dirancang dengan tujuan khusus untuk menjadi kapal yang cepat dan ramping. Nama “clipper” berasal dari bentuk haluan kapal. Ini dirancang dengan sisi yang tinggi dan tampilan yang sangat lurus ke depan dengan bentuk yang hampir tajam. Busur jenis ini sangat cocok untuk berlayar karena dapat menembus air dengan hambatan minimum. Clipper bow dirancang untuk kapal sangat cepat dan bisa berlari lebih cepat dan mengalahkan sebagian besar kapal lain. Haluan Clipper Bow dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Haluan Kapal Clipper Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

4. Spoon Bow

Tipe haluan kapal dengan desain busur yang cembung ke geladak. Alasan disebut haluan kapal “sendok” adalah karena bentuk lekukan di bagian atasnya dengan kurva menyerupai sendok. Desain bow seperti ini dapat menghasilkan *wave making resistance* karena kelengkungan pada penampangnya. Haluan Spoon Bow dapat dilihat pada Gambar 10.



Haluan Kapal Spoon Bow
Ilmu kapal dan logistik, 2023



5. Bulbous Bow

Tipe haluan yang paling sering ditemui di banyak kapal karena keuntungannya dalam pemakaian ini. Bulbous adalah bentuk khas lambung kapal jika dilihat dari permukaan air, yang disebabkan oleh haluan yang bulat lebih dalam di dalam air daripada buritan. Haluan Bulbous Bow dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Haluan Kapal Bulbous Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

6. Ram Bow

Jenis haluan kapal dengan bentuk perpanjangan yang lebih dibangun di bawah air pada bawah lambung kapal. Ram bow ini merupakan desain panjang dan ramping yang membantu kapal menembus air dengan efisiensi maksimum, sehingga berbentuk seperti anak panah yang mengarah ke depan. Haluan Ram Bow dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Haluan Kapal Ram Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

7. Axe Bow

Tipe bow kapal yang memiliki bentuk tajam dan runcing ke depan. Axe bow ini biasanya digunakan untuk jenis kapal cepat yang memotong jalan melalui apapun yang dilewati kapal. Alasan disebut axe bow karena bagian depan lambung yang panjang, dalam dan sempit yang menyerupai kapak. Haluan Axe Bow dapat dilihat pada Gambar 13.



Haluan Kapal Axe Bow
Ilmu kapal dan logistik, 2023



8. Inverted Bow

Inverted Bow, yang juga dikenal X-Bow, mengacu pada jenis haluan kapal di mana bagian terpanjang tidak berada di bagian atas, melainkan terletak di bagian bawah lambung. Seperti desain bow kapak, haluan ini mengurangi lemparan (gerakan naik turun) dan bantingan, menciptakan pengalaman perjalanan yang lebih baik bagi kru kapal. Haluan Inverted Bow dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Haluan kapal Inverted Bow

Sumber: Ilmu kapal dan logistik, 2023

1.2.5 Inverted Bow

Bow pada kapal secara teoritis dengan bentuk tertentu bekerja dengan cara mempercepat aliran fluida di daerah haluan kapal, sehingga menimbulkan daerah dengan tekanan yang rendah di permukaan fluida. Daerah bertekanan rendah tersebut kemudian bereaksi dengan tekanan gelombang di haluan di mana reaksi yang terjadi bersifat mengurangi efek dari gelombang yang datang dari haluan sehingga mengurangi tekanan pada lambung dan mengurangi hambatan. Pada kasus-kasus yang umumnya terjadi, penggunaan bow dapat mempengaruhi nilai daya dorong efektif yang diperlukan untuk menggerakkan kapal, hal ini dapat dimengerti karena seperti yang diketahui bahwa daya dorong efektif berhubungan langsung dengan fungsi besarnya hambatan pada lambung kapal serta kecepatan kapal (Priyasambada dan Utama, 2019).

Pada tahun 2005, Ulstein Group Industries memperkenalkan X-Bow yang diperkenalkan penggunaannya pada kapal *Anchor Handling Tug Supply (AHTS) Bourbon Orca* dapat dilihat pada Gambar 15.



HTS Bourbon Orca

Pada Gambar 15, X-Bow memiliki karakteristik bow yang mengarah kebelakang kapal dimulai dari ujung paling depan kapal. Desain bow ini diuji dan dipergunakan untuk mendapatkan kecepatan kapal yang tinggi, hambatan kapal yang rendah serta mengurangi penggunaan bahan bakar minyak. Hasil pengujian yang dilakukan, penggunaan X-Bow dapat memecah gelombang haluan secara halus dan mengurangi *speed loss* pada saat kapal beroperasi. Dalam desain kapal, inverted bow memaksimalkan panjang garis air dan meningkatkan kecepatan kapal, serta memiliki drag hidrodinamik yang lebih baik daripada bow biasa. Di sisi lain, inverted bow memiliki daya apung yang lebih kecil dan cenderung menyelam di bawah gelombang, bukannya menusuk atau melewatinya. Kemudian jenis bow ini dikembangkan dan dimodifikasi menjadi inverted bow (Priyasambada dan Utama, 2019).

Inverted Bow, yang juga dikenal X-Bow, mengacu pada jenis haluan kapal di mana bagian terpanjang tidak berada di bagian atas, melainkan terletak di bagian bawah lambung. Seperti desain bow kapak, haluan ini mengurangi lemparan (gerakan naik turun) dan bantingan, menciptakan pengalaman perjalanan yang lebih baik bagi kru kapal. Bentuk haluan ini dapat memaksimalkan garis air, meningkatkan kecepatan lambung secara signifikan, dan memberikan hambatan hidrodinamik yang lebih baik dibandingkan dengan busur konvensional (Alfaridzi, 2023).

1.2.6 Maxsurf Pro

Maxsurf adalah program spesialis dalam bidang teknik perkapalan, teknologi lepas pantai, dan rekayasa struktur. Program ini dapat memvisualisasikan dan mengoptimalkan desain kapal dengan pengaturan lengkap yang telah diintegrasikan. Maxsurf terdiri dari beberapa sub-program aplikasi yaitu sebagai berikut:

1. Maxsurf Modeller
2. Maxsurf Motion
3. Maxsurf Resistance
4. Maxsurf Stability
5. Maxsurf Structure
6. Maxsurf Fitting
7. Maxsurf Link
8. Maxsurf VPP

Beberapa fungsi pada program ini seperti membuat bentuk lambung yang seimbang sesuai dengan persyaratan stabilitas, tahanan kapal, seakeeping, dan kekuatan kapal. Setelah data ukuran utama kapal didapatkan untuk pembuatan model *lines plan*, data ukuran dari *lines plan* akan dibuat lagi dalam bentuk model 3D menggunakan program Maxsurf Modeller. *Lines plan* ini merupakan kunci utama dalam desain sebelum model dilakukan analisa hidrodinamika, dan pendetailan lebih lanjut (Bentley, 2013).

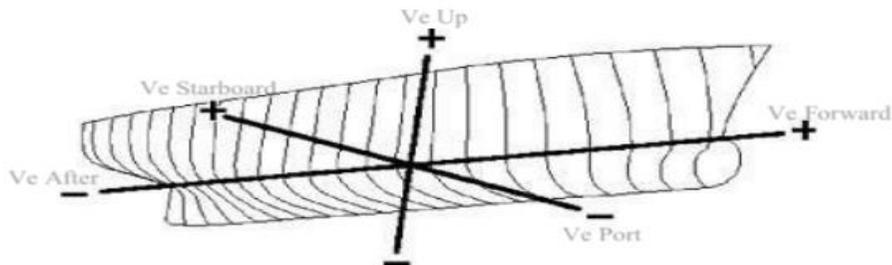


A. Maxsurf Modeller

Terdapat beberapa dasar pengaturan dan menu/*setup* dalam penggunaan Maxsurf Modeller yaitu sebagai berikut:

1. Sistem koordinat

Tampilan umum dan prinsip dasar pada pengoperasian Maxsurf Modeller dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Sistem koordinat 3D model Maxsurf

Sumber: Bentley, 2013

- Window* : Tampak pandangan
 - Body Plan* : Tampak depan haluan dan buritan
 - Profile View* : Tampak samping kanan, *starboard side*
 - Plan View* : Tampak dari bawah, *starboard above the centerline*
2. *Setting frame of reference* dan *zero point*
Digunakan untuk mengatur posisi *baseline*, sarat kapal dan posisi *zero point*.
 3. Pengaturan satuan
Digunakan untuk mengatur unit/satuan sebagai standar satuan ukuran desain model.
 4. Pengaturan *desain grid*
Digunakan untuk menentukan jarak-jarak *section*, *buttock lines*, *waterline*, dan diagonal.
 5. *View assembly* dan *properties*
Digunakan untuk menampilkan *assembly* dan *properties*, berfungsi untuk mempermudah saat pengoperasian *modeling*, mengatur *properties* tampilan warna *surface* dan jenis kehalusan (*surface stiffness*) dll.

Sedangkan dalam desain dan permodelan yang digunakan aplikasi Maxsurf Modeller terdiri atas beberapa langkah yaitu sebagai berikut:



surface

ini digunakan untuk memilih jenis *surface*/bentuk lambung, ada *surface* antara lain :

Plane : *surface* dengan bentuk melintang

Elliptical : *surface* dengan bentuk penampang air

Conic : *surface* dengan bentuk membujur

Jenis-jenis *surface* tersebut memiliki fungsi yang sama dan dapat dijadikan sesuai metode permodelan yang akan kita gunakan.

2. *Size surface*

Pilihan menu ini digunakan untuk memasukkan ukuran *surface*/ukuran rencana kapal.

3. *Curve* dan *extrude surface (curve)*

Pilihan menu ini digunakan untuk melakukan permodelan dengan bentuk yang lebih spesifik seperti memodelkan sebuah tangki atau ruangan tertentu/*compartment*.

4. *Trimming*

Pilihan menu ini digunakan pada saat kita melakukan permodelan tangki atau ruangan tertentu/*compartment* terjadi bagian yang melebihi model lain (*overlap*). Untuk itu guna menghilangkan bagian tersebut digunakan fungsi *trimming*.

5. *Background*

Pilihan menu ini digunakan untuk menyesuaikan permodelan dengan gambar *Lines Plan* yang telah disetujui dan dapat dijadikan acuan permodelan. Sehingga proses permodelan dapat sesuai dengan karakteristik bentuk dan model kapal yang direncanakan.

B. Maxsurf Resistance

Merupakan sub-program yang tersedia dalam aplikasi Maxsurf. Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung dan menganalisis tahanan kapal dengan teori dan metode yang telah digunakan pada bidang ilmu perkapalan. Adapun tahapan pengoperasian Maxsurf Resistance yaitu sebagai berikut:

1. *Open model*

Menu : file > open design > pilih design

Pilihan menu ini digunakan untuk membuka file dari Maxsurf Modeller, gunakan opsi pemilihan *measure all* untuk dasar perhitungan seluruh model *body* kapal yang tercelup air.

2. *Analysis*

Menu : Analysis > methods

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan metode yang akan digunakan dalam analysis. Beberapa metode yang digunakan yaitu sebagai berikut:

a. Planning

- a) Savitsky pre-planning
- b) Savitsky planning
- c) Blount and fox
- d) Lahtiharju



l
nt
)
on

- f) KR barge resistance
 - c. Yachts
 - a) Delft I,II
 - b) Delft III
 - d. Analytical
 - a) Slender body
3. *Speed*
 Menu : *Analysis > speed > input kecepatan*
 Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan kecepatan uji coba dalam analisis tahanan.
4. *Efficient*
 Menu : *Analysis > efficient > klik*
 Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan besar efisiensi dalam analisis tahanan.
5. *Solve*
 Menu : *Analysis > solve resistance > klik*
 Pilihan menu ini digunakan untuk memulai analisis perhitungan tahanan pada Maxsurf Resistance dengan mengacu pada beberapa input diatas. Beberapa output dari *solve* antara lain :
- a. *Graph*
 - b. *Result table*
 - c. *Data table*
 - d. *Curve of areas*
6. *Calculate free surface*
 Menu : *Analysis > calculate free surface > klik*
 Pilihan menu ini digunakan untuk mengetahui karakteristik permukaan air yang berhubungan dengan pengujian kecepatan dan tahanan kapal (Bently, 2013).

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Menentukan besar perubahan tahanan kapal katamaran terhadap variasi jarak antar lambung dengan bentuk haluan inverted bow menggunakan aplikasi Maxsurf Resistance.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai referensi untuk menambah wawasan mengenai pengaruh jarak antar lambung dengan bentuk haluan inverted bow terhadap tahanan kapal katamaran.
2. Sebagai bahan pertimbangan dalam mendesain kapal katamaran yang bentuk haluan inverted bow.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrodinamika Kapal Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pelaksanaan penelitian ini terhitung mulai dari bulan Februari 2024 sampai Agustus 2024.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini berbasis simulasi numerik menggunakan *software* Maxsurf Resistance. Dalam *software* tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal katamaran dengan berbagai jarak lambung inverted bow.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah informasi yang diperoleh dari sumber yang sudah ada, data yang diperoleh melalui bahan-bahan tertulis dari sumber data yang erat kaitannya dengan penelitian. Data sekunder dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- A. Kajian Pustaka, merupakan metode pengambilan data dengan cara mempelajari literatur yang relevan dengan studi yang dilakukan.
- B. Data Umum Kapal
 - a. Type Kapal = Kapal Penumpang
 - b. *Gross Tonage* = 100 MT
 - c. Jenis Material Kapal = Aluminium
- C. Ukuran Utama Kapal
- D. Rencana Garis Air (*lines plan*) Kapal Katamaran

2.4 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan bantuan *software* Maxsurf Modeller untuk melakukan pemodelan kapal serta *software* Maxsurf Resistance untuk melakukan proses analisa tahanan berbagai variasi jarak antar lambung kapal katamaran. Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan analisa data. Kegiatan mengolah data ini terdiri dari beberapa tahapan, secara garis besar sebagai berikut:

2.4.1. Data Kapal

Kapal yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kapal ferry jenis katamaran. Kapal akan dimodelkan dengan menggunakan *software* Maxsurf ukuran utama dapat dilihat pada Tabel 1 dan *lines plan* kapal dapat dilihat pada Gambar 17.

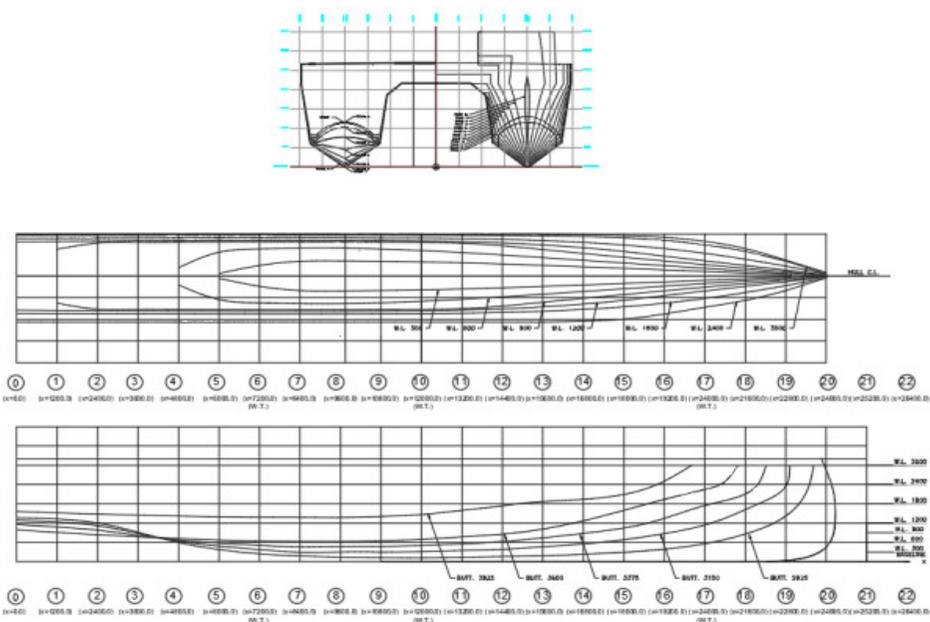


A. Ukuran Utama Kapal

Tabel 1. Ukuran utama kapal

No	Ukuran Utama	Nilai	Satuan
1	Length Over All (LOA)	24,26	m
2	Length Water Line (LWL)	24,26	m
3	Breadth (B)	8	m
4	Depth (H)	3,23	m
5	Draught (T)	1,804	m
6	Kecepatan (V)	12	Knot
7	Daya Mesin Induk	2 x 399	kW

B. Rencana Garis Air (*Lines Plan*)



Gambar 17. *Lines plan* kapal katamaran

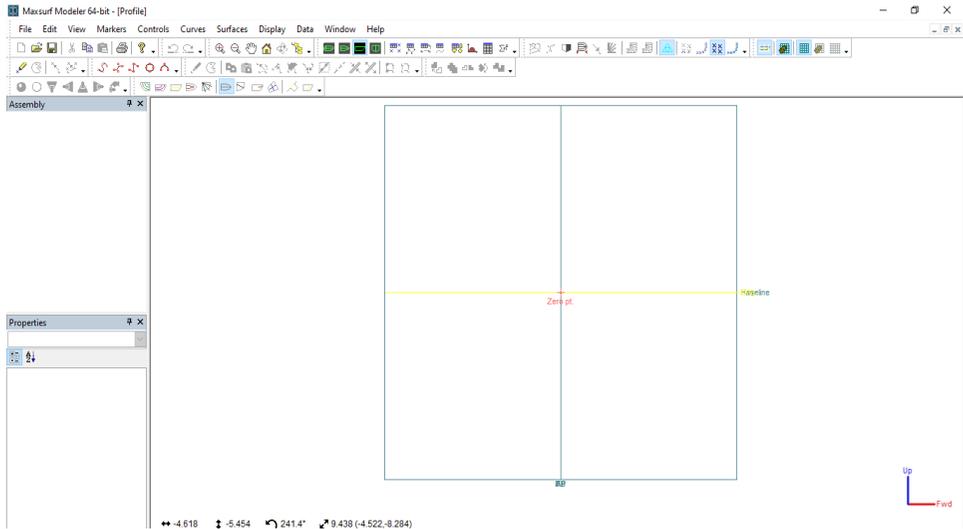
Gambar akan dimodelkan 3D di *software* Maxsurf Modeller sesuai dengan *lines plan* kapal katamaran dalam penelitian ini. Setelah itu, dilakukan variasi jarak antar lambung dengan 5 variasi jarak antar lambung. Setelah kapal dimodelkan dengan beberapa variasi jarak antar lambung, maka akan dilakukan perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan bantuan *software* Maxsurf Resistance.



Kapal Katamaran

akan pemodelan 3D kapal katamaran sesuai dengan *lines plan*. langkah pembuatan model kapal katamaran di *software* Maxsurf ai berikut:

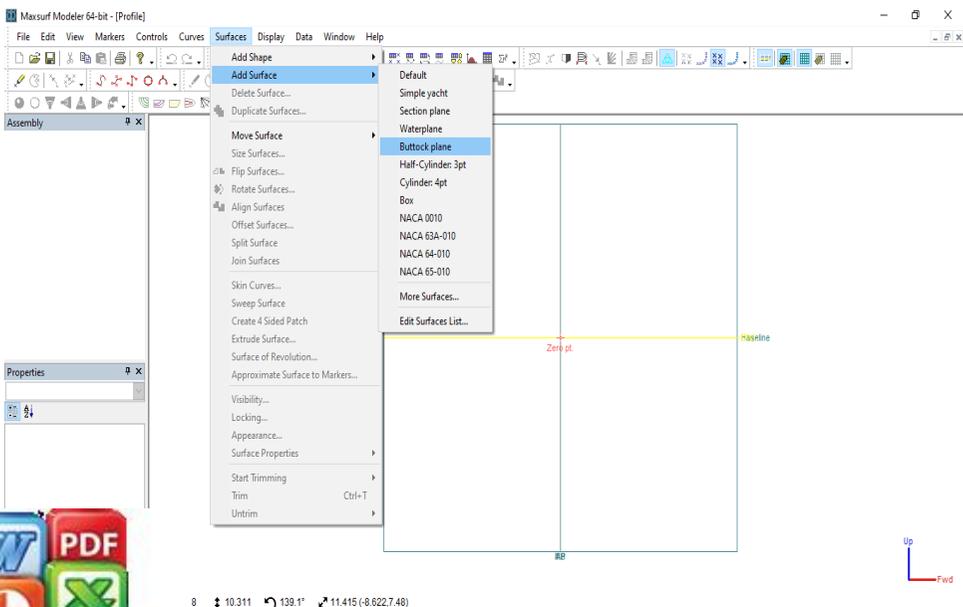
1. Membuka program Maxsurf Modeller, lalu pilih *profile* atau tampak samping yang dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Tampilan *profile*

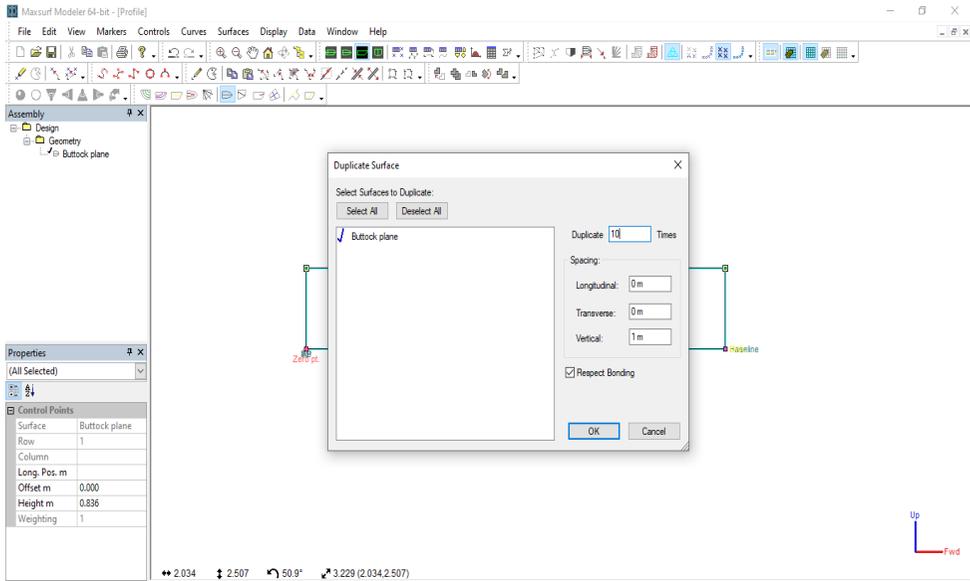
Sumber: Hasil olah data

2. Pilih menu *surface* lalu *add surface* dan pilih *buttock plane*. Selanjutnya, masukkan ukuran panjang kapal LOA di tampilan *long pos* yang dapat dilihat pada Gambar 19.



mpilan *add surface*
ah data

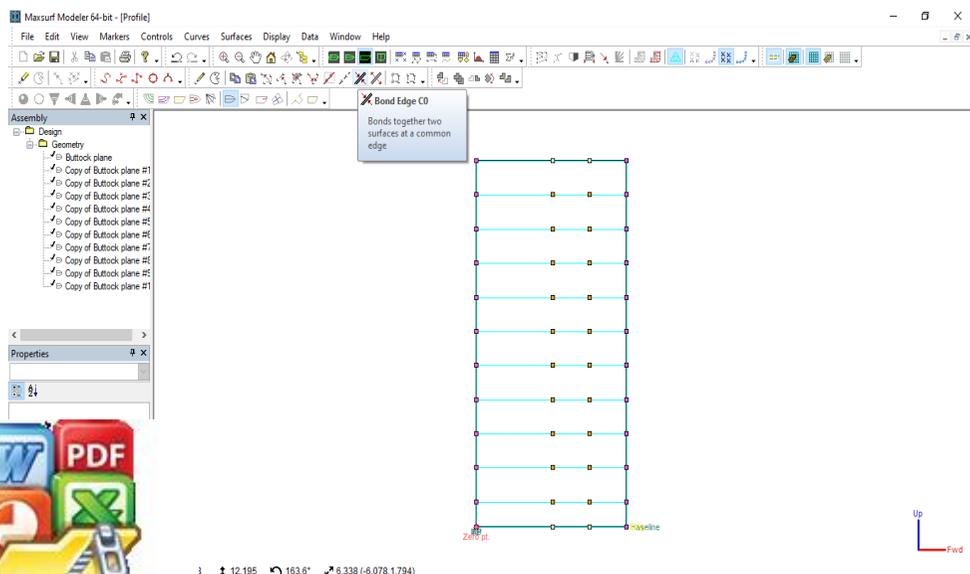
3. Selanjutnya tambahkan *add control point*. Setelah itu, pilih menu *surface* lalu *duplicate surface* sebanyak 10 karena yang di desain adalah kapal katamaran maka harus diperbanyak *surface* yang dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Tampilan *duplicate surface*

Sumber: Hasil olah data

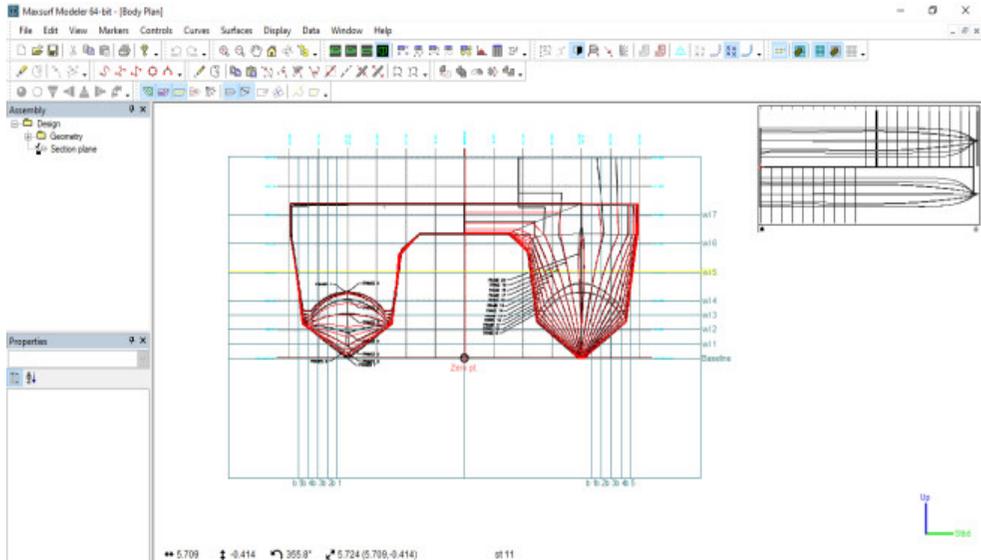
4. Setelah *duplicate surface* kemudian disambungkan masing-masing *surface* dengan memblok *surface* lalu pilih menu *bond edge* yang dapat dilihat pada Gambar 21.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

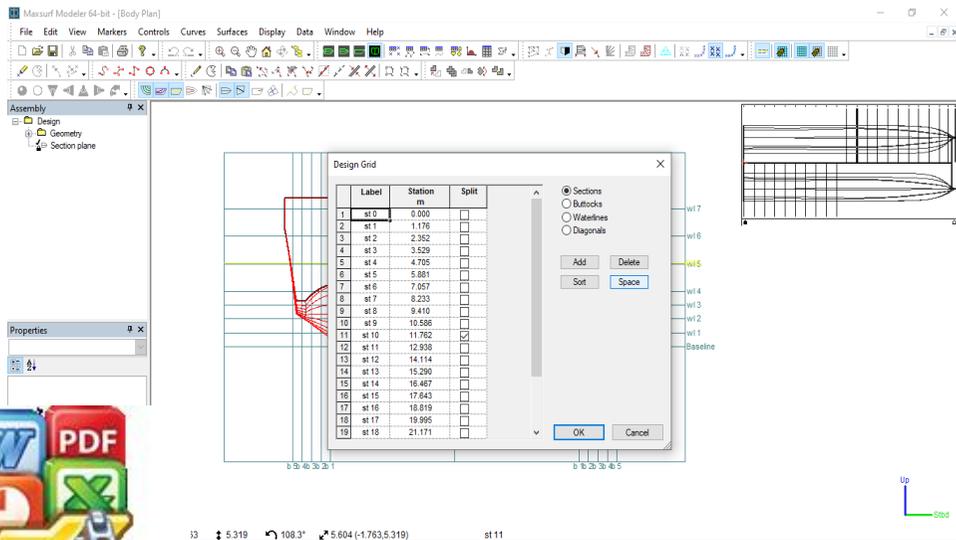
Tampilan setelah *bond edge* setiap *surface*
ah data

- Selanjutnya masuk ditampak *body plan*, lalu *surface* tersebut kita buka satu persatu. Selanjutnya kita sesuaikan bentuk lambung pada kapal katamaran yang dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Pembuatan model lambung
Sumber: Hasil olah data

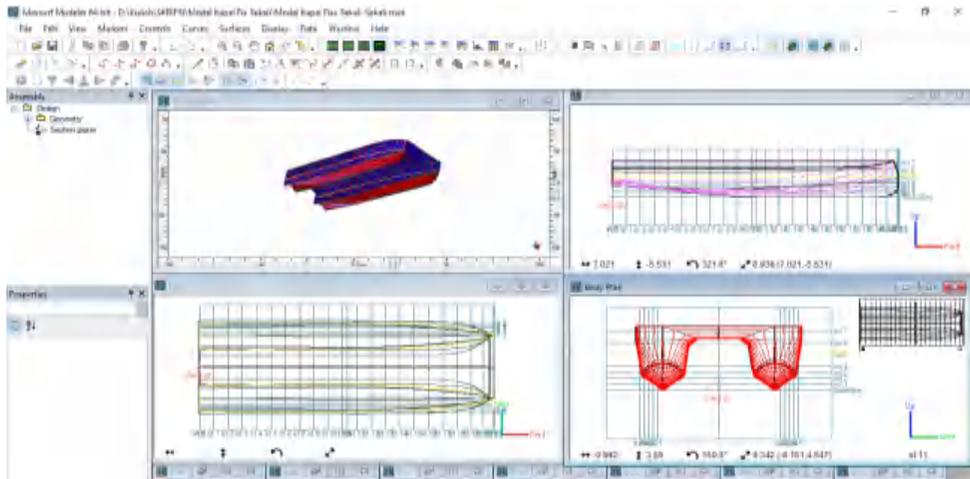
- Setelah bentuk lambung atau *body plan*nya sudah jadi. Pilih menu *data* lalu *design grid*, tambahkan jumlah *section*, *buttock*, dan *waterline* yang dapat dilihat pada Gambar 23.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

mpilan data *design grid* untuk *section*, *buttock*, *waterline*
ah data

7. Jadilah model 3D kapal katamaran sesuai dengan *lines plan* kapal tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Tampilan model kapal katamaran
Sumber: Hasil olah data

2.4.3. Variasi Jarak Antar Lambung Model Kapal Katamaran

Dalam tahapan ini, dilakukan variasi jarak antar lambung pada model kapal yang telah dibuat menggunakan program Maxsurf Modeller digunakan 5 variasi jarak antar lambung dapat dilihat pada Tabel 2.

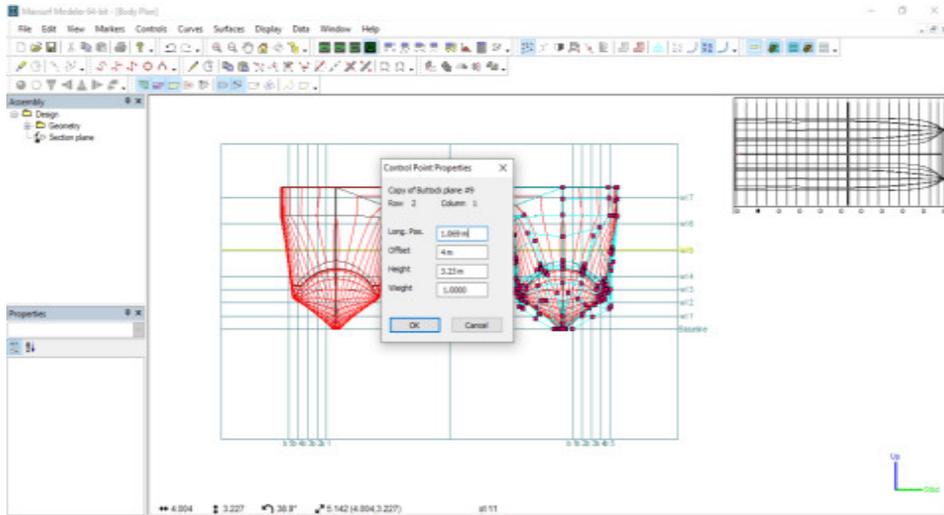
Tabel 2. Ukuran variasi jarak antar lambung

No	Variasi	Jarak (m)
1	Variasi 1	1,9
2	Variasi 2	2,4
3	Bentuk Awal Kapal	2,9
4	Variasi 3	3,4
5	Variasi 4	3,9
6	Variasi 5	4,4

Langkah-langkah dalam memberikan variasi jarak antar lambung menggunakan program Maxsurf Modeller yaitu sebagai berikut:

1. Setelah model kapal katamaran selesai dibuat dengan menggunakan Maxsurf yang sudah jadi tersebut diubah jarak antar lambungnya dengan ilan *body plan* diblok lambung kapalnya lalu pilih menu *group*, 1 salah satu *control point* pada lambungnya. Maka akan muncul *point properties*, pada menu tersebut terdapat nilai *offset* lalu sesuai dengan penambahan perubahan jarak lambungnya yang akan mengalami perubahan jarak antar lambungnya sebagaimana a Gambar 25.

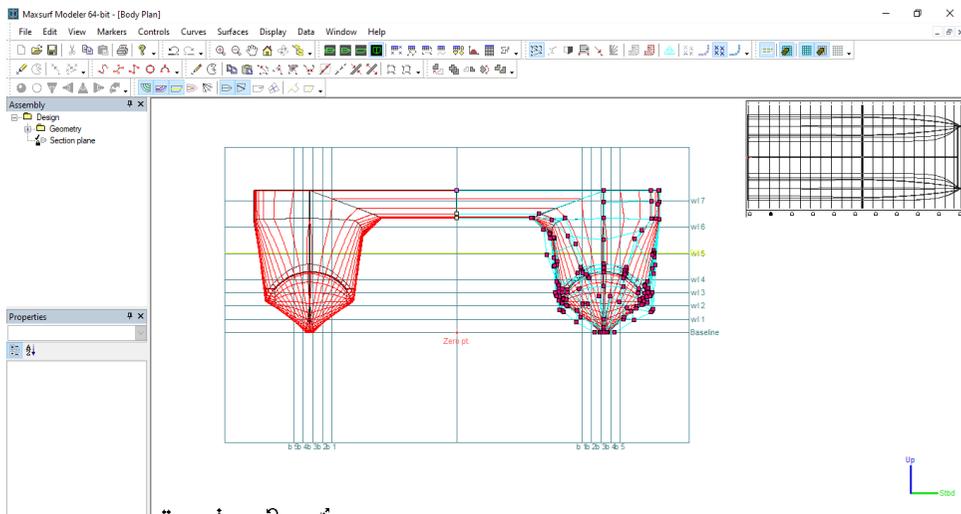




Gambar 25. Tampilan menu variasi jarak

Sumber: Hasil olah data

2. Model akan mengalami perubahan penambahan jarak antar lambung yang dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 26. Tampilan *body plan* kapal setelah variasi jarak

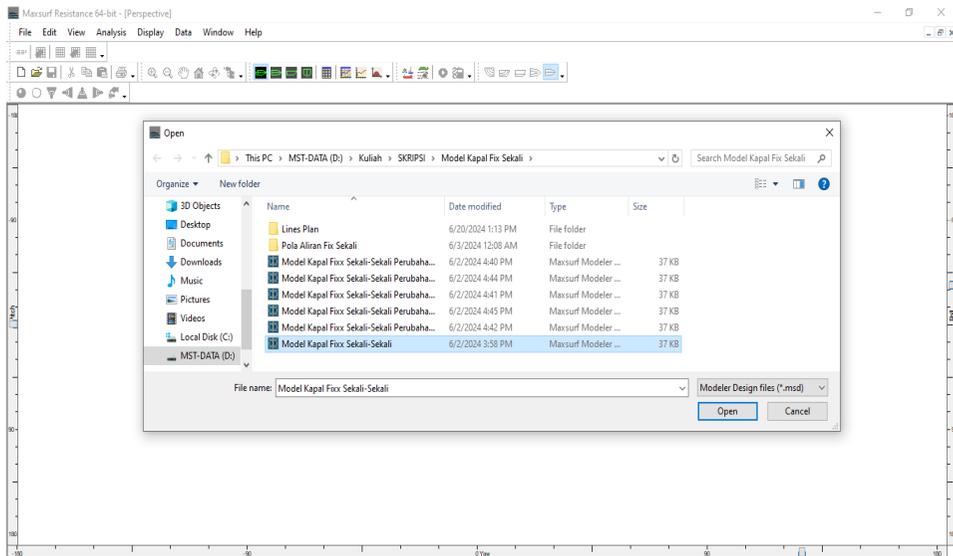
Sumber: Hasil olah data



g Tahanan Model Kapal dengan Maxsurf Resistance

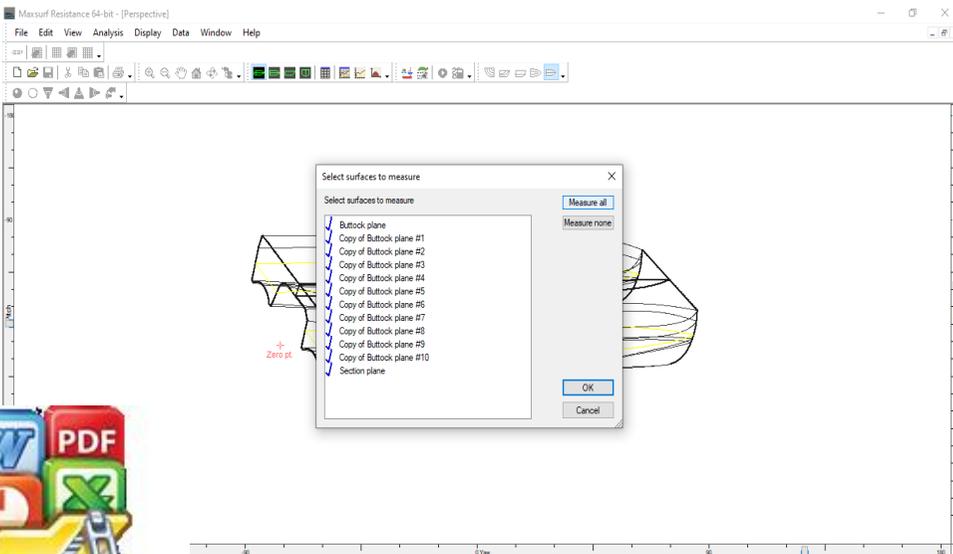
lel kapal yang sudah dibuat dihitung nilai tahanannya dengan le *Holtrop* dalam *software* Maxsurf Resistance. Adapun langkahnya diuraikan sebagai berikut:

1. Membuka program Maxsurf Resistance dan membuat lembar kerja baru dengan memilih *file* lalu *open design*. Selanjutnya, membuka *file* yang telah dibuat di Maxsurf Modeller dapat dilihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Tampilan awal Maxsurf Resistance
 Sumber: Hasil olah data

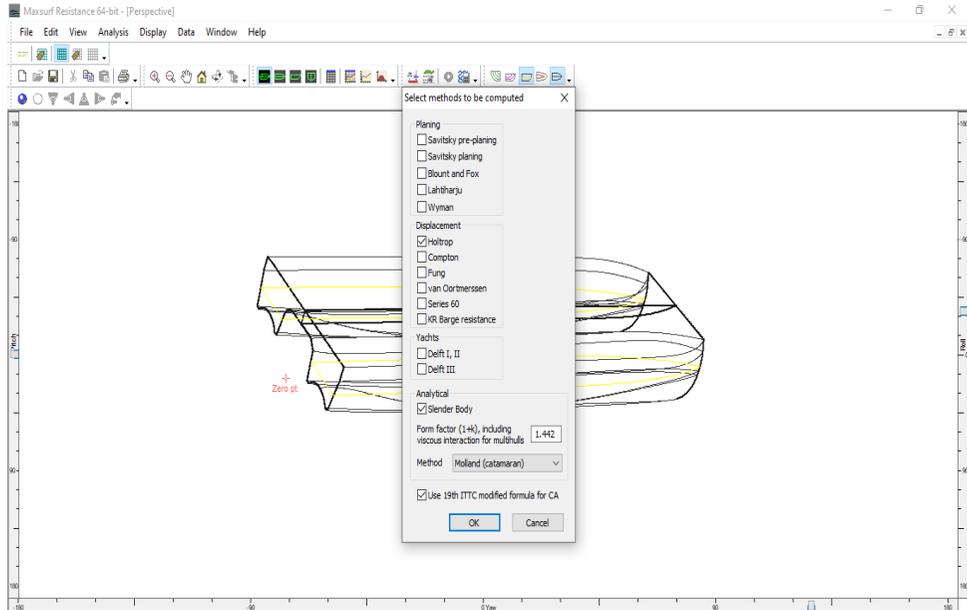
2. Setelah membuka *file* model kapal yang sudah diubah jarak antar lambungnya. Kemudian, akan muncul katalog baru untuk memilih *surface* yang akan dihitung, lalu pilih *measure all* dapat dilihat pada Gambar 28.



Optimized using
 trial version
www.balesio.com

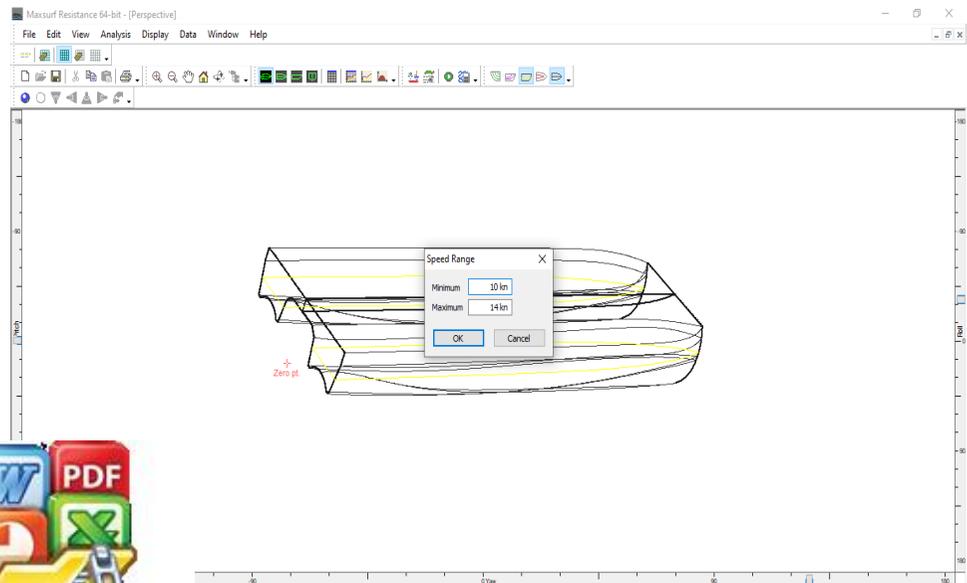
tampilan pemilihan *surface*
 ah data

- Langkah selanjutnya yaitu memilih menu *analysis* kemudian akan muncul pilihan *methode*, *speeds*. Untuk metode perhitungan tahanannya digunakan metode *Holtrop*, untuk *speeds* atau kecepatan diatur mulai dari 10 knots sampai 14 knots dapat dilihat pada Gambar 29 dan Gambar 30.



Gambar 29. Pemilihan metode *Holtrop*

Sumber: Hasil olah data



nilihan kecepatan model kapal
ah data

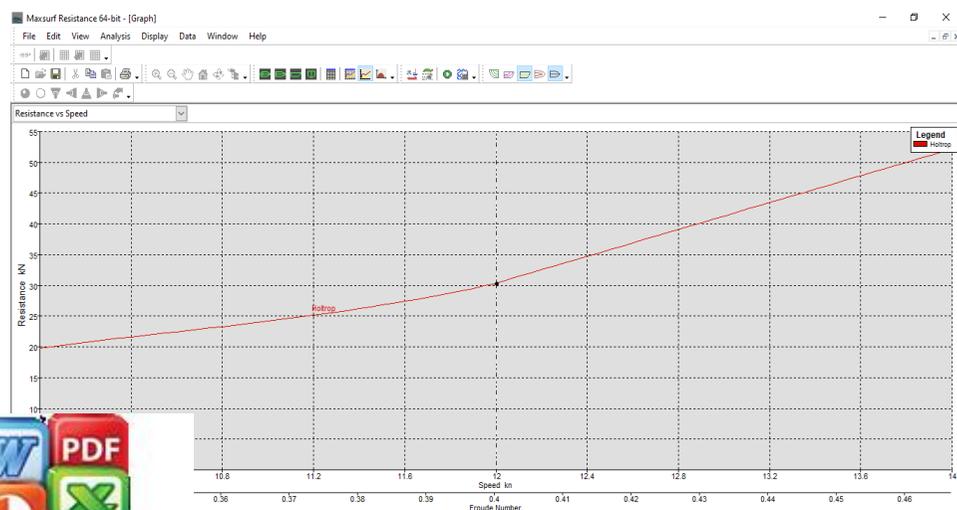
Pada tahap ini model kapal cepat katamaran yang telah dihitung tahanannya, dianalisa untuk mengetahui berapa nilai tahanan pada tiap jarak antar lambung. Adapun langkah-langkah dalam menganalisa nilai tahanan model kapal katamaran pada tiap jarak antar lambung dilakukan sebagai berikut:

1. Membuka data hasil perhitungan tahanan dengan menggunakan metode *Holtrop* dengan cara membuka kotak *result* dan *graph* dapat dilihat pada Gambar 31 dan kurva nilai tahanan pada Gambar 32.

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)	Slender body Resist. (kN)	Slender body Power (kW)
1	10.000	0.334	0.752	19.8	127.210	calc.	calc.
2	10.100	0.337	0.759	20.3	131.588	calc.	calc.
3	10.200	0.340	0.767	20.7	135.922	calc.	calc.
4	10.300	0.344	0.774	21.2	140.218	calc.	calc.
5	10.400	0.347	0.782	21.6	144.493	calc.	calc.
6	10.500	0.350	0.789	22.0	148.767	calc.	calc.
7	10.600	0.354	0.797	22.5	153.066	calc.	calc.
8	10.700	0.357	0.804	22.9	157.418	calc.	calc.
9	10.800	0.360	0.812	23.3	161.856	calc.	calc.
10	10.900	0.364	0.819	23.7	166.412	calc.	calc.
11	11.000	0.367	0.827	24.2	171.118	calc.	calc.
12	11.100	0.370	0.834	24.7	176.010	calc.	calc.
13	11.200	0.374	0.842	25.1	181.121	calc.	calc.
14	11.300	0.377	0.849	25.7	186.485	calc.	calc.
15	11.400	0.380	0.857	26.2	192.138	calc.	calc.
16	11.500	0.384	0.864	26.8	198.115	calc.	calc.
17	11.600	0.387	0.872	27.4	204.453	calc.	calc.
18	11.700	0.390	0.879	28.1	211.190	calc.	calc.
19	11.800	0.394	0.887	28.8	218.365	calc.	calc.
20	11.900	0.397	0.894	29.5	226.019	calc.	calc.
21	12.000	0.400	0.902	30.4	234.331	calc.	calc.
22	12.100	0.404	0.909	31.5	244.753	calc.	calc.

Gambar 31. Nilai tahanan hasil perhitungan

Sumber: Hasil olah data



va nilai tahanan
ah data

2.4.5. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan terhadap analisis yang dilakukan dalam penelitian.

2.5 Kerangka Pikir

Untuk mempermudah dalam proses pelaksanaan penelitian ini, maka disusunlah kerangka pikir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 33.

