



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

33465 / H / 08



65

R-SSP
623.84
Pra
9-1
2008

TUGAS AKHIR - LS 1336

**ANALISA DAN OPTIMALISASI BENTUK
THREECHAIN HULL DENGAN PENDEKATAN CFD**

SASMADU PRAYOGA
NRP 4204 100 045

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief ST, MT
Ir. Surjo W. Adji, M.Sc C.Eng FIMaEST

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2008

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	01-10-08
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	3255 232235



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LS 1336

**ANALYSIS AND OPTIMALISATION OF
THREECHAIN HULL'S SHAPE USING CFD APPROACH**

SASMADU PRAYOGA
NRP 4204 100 045

Supervisor
Irfan Syarif Arief ST, MT
Ir. Surjo W. Adji, M.Sc C.Eng FIMarEST

MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2008

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA DAN OPTIMALISASI BENTUK
THREECHAIN HULL DENGAN PENDEKATAN CFD**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SASMADU PRAYOGA
NRP. 4204 100 045

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Irfan Syarif Arief, ST., MT.
2. Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc., C.Eng



SURABAYA
JULI, 2008

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA DAN OPTIMALISASI BENTUK THREECHAIN HULL DENGAN PENDEKATAN CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SASMADU PRAYOGA
NRP. 4204 100 045

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Ir. Alam Baheramsyah, M. Sc.



SURABAYA
JULI, 2008

ANALISA DAN OPTIMALISASI BENTUK *THREECHAIN HULL* DENGAN PENDEKATAN CFD

Nama Mahasiswa : Sasmadu Prayoga
NRP : 4204 100 045
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif A, ST.,MT.
2. Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc.

Abstrak

ThreeChain Hull merupakan jenis lambung kapal "hybrid" atau penggabungan antara geometri *Planning Hull* dan *Trimaran*. Pemaduan kedua jenis bentuk lambung kapal ini dimaksudkan untuk meminimalisir efek negatif lambung *planning* yang menghasilkan sudut kemiringan yang besar pada saat kapal bermanuver dengan pengaplikasian "skirt" bergeometri *trimaran* sebagai penstabil manuver (*rolling damper*). Dengan perpaduan antara *Planning Hull* dan *Trimaran* ini diharapkan kapal tersebut mendapatkan 'lifting force' dari *planning hull* untuk meminimalisir tahanan serta kestabilan saat bermanuver dengan *Trimaran*. Penelitian yang akan dilakukan pada kajian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisa variasi bentuk *ThreeChain Hull* menyangkut efek *lifting force (planning hull)*, tahanan yang terjadi dan kecepatan fluida yang melewati *ThreeChain Hull*. Kemudian akan dilakukan studi optimalisasi dan modifikasi bentuk *ThreeChain Hull* dengan mempergunakan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sehingga diharapkan akan menghasilkan evaluasi ilmiah mengenai bentuk *ThreeChain Hull* yang lebih optimal dan rekomendasi bagi pihak pengembang ataupun referensi untuk penelitian selanjutnya.

Kata kunci : *ThreeChain-hull, Planning-hull, Trimaran, modifikasi bentuk, CFD.*

ANALYSIS AND OPTIMALISATION OF *THREECHAIN HULL'S SHAPE USING CFD APPROACH*

Name : Sasmadu Prayoga
NRP : 4204 100 045
Department : Marine Engineering Department
Advisors : 1. Irfan Syarif A, ST.,MT.
2. Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc.

Abstract

ThreeChain is a “hybrid” ship hull type or the combination of *Planning Hull* and *Trimaran* geometry. The combination of both ship hull types were aimed to minimize the *planning hull's* negative effect which cause a big rolling degree when this ship do a maneuver by a trimaran “skirt” geometry as a rolling damper. With the combination between *Planning* and *Trimaran* hull, it expect that this ship will get the lifting force from *planning hull* to minimize ship resistance and a better maneuvering stability cause by trimaran. This final project research's objective is to analyze the *ThreeChain Hull's* shape variation in the aspect of its lifting force effect (*planning hull*), ship resistance result, and fluid velocity which flow over the *ThreeChain Hull*. Then, the CFD (*Computational Fluid Dynamic*) approach will be used to study it's optimalize and *ThreeChain Hull* shape modification which is propose to results a scientific evaluation about the better *ThreeChain Hull's* shape and recommendation for the next reseacher or the further research.

Key Words: *ThreeChain-hull, Planning-hull, Trimaran, Shape Modification, CFD.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirobbil alamiin, puji syukur kehadiran Allah *Azza wa Jalla*, yang telah memberikan limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik Tugas Akhir yang berjudul "*Analisa Dan Optimalisasi Bentuk Threechain Hull Dengan Pendekatan CFD*" ini tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini merupakan sebuah studi eksperimental melalui simulasi komputer mengenai analisa modifikasi dan optimalisasi bentuk lambung kapal bergeometri "*ThreeChain*".

Dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik material maupun non-material juga turut andil dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang telah bekerja keras untuk dapat memberikan pendidikan terbaik, serta selalu mengiringkan doa demi keberhasilan penulis.
2. Bapak Irfan Syarif Arief, S.T, M.T dan Bapak Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Saran dan masukan yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Surabaya, Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI



Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Grafik	xx
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Filosofi Desain	5
2.2 Perhitungan Tahanan Kapal	7
2.3 Computational Fluid Dynamics.....	9
2.3.1 Teori Dinamika Fluida CFD	9
2.3.2 Pre Processor	11
2.3.3 Solver (Penyelesaian Perhitungan).....	14
2.3.4 Post Processor.....	16
BAB III METODOLOGI	
3.1 Prosedur Pelaksanaan	19
3.2 Alat Dan Lokasi Pengerjaan.....	20
3.3 Flowchart / Diagram Alir	20

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum	23
4.2	Penentuan Bentuk dan Dimensi Kapal	23
4.3	Penggambaran Model	23
	4.3.1 Pemodelan Tiga Dimensi	24
	4.3.2 CFD "Geometry Re-Design"	30
4.4	Simulasi Model (CFD Solver)	31
4.5	Validasi Simulasi	35
4.6	Data Hasil Simulasi	37
4.7	Pembahasan	40
	4.7.1 Perbandingan Parameter Tahanan Kapal Yang Terjadi Terhadap Variasi Kecepatan Kapal	40
	4.7.2 Perbandingan Parameter Tekanan Terdistribusi Di Seluruh Lambung Kapal Terhadap Variasi Kecepatan Kapal	43
	4.7.3 Perbandingan Parameter Gaya Angkat (<i>Lift</i>) Lambung Kapal Terhadap Variasi Kecepatan Kapal	45
	4.7.4 Perbandingan Parameter Tahanan Kapal Terhadap Gaya Angkat (<i>Lift</i>) Lambung Kapal	48
	4.7.5 Perbandingan Parameter Kecepatan Fluida Air Terhadap Variasi Kecepatan Kapal ...	49
	4.7.6 Perbandingan Parameter Kecepatan Fluida Air Terhadap <i>Froude Number</i>	52

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

BIODATA PENULIS

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i> pengerjaan tugas akhir.....	21
Gambar 4.1	Parameter modifikasi <i>ThreeChain Hull</i>	24
Gambar 4.2	Geometri “Model A”	25
Gambar 4.3	Geometri “Model B”	26
Gambar 4.4	Geometri “Model C”	26
Gambar 4.5	Geometri “Model D”	27
Gambar 4.6	Geometri “Model E”	27
Gambar 4.7	Geometri “Model F”	28
Gambar 4.8	Geometri “Model G”	28
Gambar 4.9	Geometri “Model H”	29
Gambar 4.10	Modifikasi titik pada <i>generating line</i>	29
Gambar 4.11	Model kapal <i>ThreeChain</i>	30
Gambar 4.12	Model kapal yang telah di- <i>meshing</i>	31
Gambar 4.13	Prediksi gelombang (<i>water volume fraction</i>).....	34
Gambar 4.14	Grafik kecepatan Vs tahanan	41
Gambar 4.15	Grafik kecepatan Vs tekanan	43
Gambar 4.16	Grafik kecepatan Vs gaya angkat	45
Gambar 4.17	Geometri <i>Planning Hull</i>	46
Gambar 4.18	Grafik tahanan Vs gaya angkat	48
Gambar 4.19	Kecepatan kapal Vs kecepatan fluida	50
Gambar 4.20	Kecepatan fluida Vs <i>Froude Number</i>	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Variasi Model <i>ThreeChain Hull</i>	25
Tabel 4.2 Hasil Validasi Tahanan Model	36
Tabel 4.3 Data – Data Hasil Simulasi.....	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Salah satu wahana laut maju yang dikembangkan oleh para ahli adalah *Planning Hull Ship*. Desain lambung kapal yang bergeometri mirip huruf 'V' ini menghasilkan daya angkat (lifting force) lambung pada saat kapal berlayar dengan kecepatan tinggi sehingga tahanan kapal menjadi sangat kecil. Namun dengan bentuk lambung yang menyerupai huruf 'V', kapal ini memiliki kelemahan yaitu menghasilkan sudut kemiringan yang sangat besar pada saat bermanuver, sehingga penggunaan bentuk lambung kapal jenis ini hanya digunakan pada speedboat dan kapal intai militer. Dengan potensi desain-nya yang dapat meminimalisir *wetted surface area* sehingga menyebabkan tahanan kapal turun, bentuk lambung ini tidak cocok jika diaplikasikan pada jenis kapal penumpang karena efek samping desainnya yang menghasilkan sudut kemiringan yang cukup *ekstrem* pada saat bermanuver.

Untuk mengatasi hal ini, pengaplikasian bentuk *planning hull* pada kapal ferry cepat dapat digunakan dengan memodifikasi atau men-cangkokkan bentuk *hull trimaran* sebagai media penstabil manuver (rolling damper). Sehingga dengan perpaduan antara *Planning Hull* dan *Trimaran* ini diharapkan kapal tersebut mendapatkan 'lifting force' dari *planning hull* untuk meminimalisir tahanan serta kestabilan saat bermanuver dengan *Trimaran*. Pada akhirnya diharapkan agar kapal ferry ini mendapatkan kecepatan maksimum dengan kestabilan manuver yang aman untuk penumpangnya.

Permasalahan inilah yang diangkat pada kajian tugas akhir ini. Penelitian yang akan dilakukan pada kajian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisa variasi bentuk *ThreeChain Hull* menyangkut efek *lifting force* (*planning*

hull), tahanan yang terjadi dan kecepatan fluida yang melewati ThreeChain Hull. Kemudian akan dilakukan studi optimalisasi dan modifikasi bentuk ThreeChain Hull dengan mempergunakan pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) sehingga diharapkan akan menghasilkan evaluasi ilmiah mengenai bentuk ThreeChain Hull yang lebih optimal dan rekomendasi bagi pihak pengembang ataupun referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

A. Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dan dicari pemecahannya adalah:

1. Bagaimanakah konfigurasi yang paling optimal dalam usaha “pen-cangkakan” bentuk lambung *Trimaran* pada desain geometri *Planning Hull*, berkaitan dengan kemampuannya memberikan efek *lifting force* (*planning hull*) dan stabilitas manuver (*trimaran*) pada kapal ferry cepat.
2. Bagaimanakah karakteristik aliran fluida pada desain *ThreeChain Hull* yang dimodelkan dengan software *MaxSurf* dan analisa pendekatan menggunakan CFD, sehingga didapatkan modifikasi bentuk *ThreeChain Hull* yang paling optimal.

B. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Asumsi acuan desain yang dianalisa adalah kapal ferry dengan dimensi panjang 27 meter dan lebar 8 meter.
2. Objek penelitian hanya terbatas pada analisa modifikasi bentuk lambung kapal *ThreeChain* saja tanpa membahas EPM dan *Shaft Arrangement*.

3. Model tiga dimensi dibuat dengan menggunakan software MaxSurf dan analisa karakteristik aliran fluida disimulasikan melalui pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.3. TUJUAN PENULISAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik aliran fluida dan besar tahanan yang terjadi pada desain *ThreeChain Hull* yang dimodelkan dengan software MaxSurf dan analisa pendekatan menggunakan CFD, sehingga didapatkan modifikasi bentuk *ThreeChain Hull* yang paling optimal.
2. Untuk menemukan konfigurasi yang paling optimal dalam usaha “pen-cangkakan” bentuk lambung *Trimaran* pada desain geometri *Planning Hull*, berkaitan dengan kemampuannya memberikan efek lifting force (*planning hull*) dan stabilitas manuver (*trimaran*) pada kapal ferry cepat.

1.4. MANFAAT TUGAS AKHIR

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Untuk menemukan konfigurasi *ThreeChain Hull* yang paling optimal, sehingga diharapkan dapat menghasilkan analisis yang ilmiah untuk pembangunan dan pengembangan *ThreeChain Hull* di masa depan.
2. Hasil dari analisa ini dapat digunakan sebagai informasi acuan untuk metode pengembangan *Advance Marine Vehicle (AMV)* berjenis *Hybrid Hull*.

B. Mode Semiplaning ($0,6 < F_n < 1,2$)

Pada fase semi planning berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari pada hidrostatis (yang bersamaan dengan ini akan menurun secara teratur). Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal trim. Dari berbagai pengukuran tes model didapat bahwa pada fase ini titik berat kapal akan naik. Pada sekitar $F_n=0,6$, VCG mencapai ketinggian yang sama dengan pada saat $v = 0$ knot dan selanjutnya VCG terus naik sampai kecepatan karakteristik $F_n=1,2$ dicapai. Dari kecepatan $v = 0$ knot sampai dengan $F_n=0,9$ haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan, sedangkan buritannya akan secara berangsur-angsur terbenam. Pada sekitar $0,9 < F_n < 1,2$ buritan kapal akan mulai naik lagi, tetapi tidak begitu besar sampai dengan munculnya haluan. Dengan demikian trim akan tetap naik samai dengan $F_n = 1,2$ dicapai. Pada mode semiplanning gelombang haluan mengecil dan bergeser ke belakang serta dilengkapi oleh spray. Di belakang transom (buritan rata) terjadi lembah gelombang, yang betuk serta ukurannya sangat bergantung pada bentuk buritan kapal, trim dan terutama juga pada gaya angkat hidrodinamis.

C. Mode Planning Penuh ($F_n > 1,2$)

Mode planning murni dapat ditandai dengan kondisi dimana hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik, dan hanya sebagian kecil berat kapal yang bertumpu pada gaya hidrostatis (yang juga kecil). Meskipun kapal hampir seluruhnya meluncur di permukaan air, dan permukaan basahnya menjadi sangat kecil demikian juga trim kapak mulai menurun dibandingkan dengan pada fase semiplanning, tetapi tekanan hidrodinamik menjadi sangat besar sebagai akibat kecepatan tinggi yang diperoleh dari gaya dorong propeller. Pada fase planning murni, bagian

2.1. FILOSOFI DESAIN

Kapal cepat pada saat beroperasi, mulai dari kecepatan $v=0$ knot sampai dengan kecepatan tinggi, dapat dilihat akan melampaui tiga tahapan (fase) kecepatan sebagai berikut:

A. Mode Displasemen Murni ($0,0 < F_n < 0,6$)

Kapal-kapal komersial besar hampir selalu berlayar pada mode ini, dimana berat kapal seluruhnya disangga oleh gaya angkat (buoyancy). Kapal yang berlayar dengan kecepatan cukup rendah ($F_n < 0,3$) tidak akan mengalami perubahan trim ataupun penurunan titik berat (VCG) yang berarti. Dengan naiknya kecepatan (F_n) perubahan tersebut mulai timbul. Perubahan ini terjadi akibat naiknya aliran karena bertambah terbenamnya kapal, yang selanjutnya sesuai hukum Bernoulli, akan berakibat pada penurunan tekanan di bawah kapal bagian buritan dan kenaikan tekanan di bawah haluan kapal.

Dalam kondisi ini akan menarik juga jika diamati sistem gelombang yang terbentuk oleh gerakan kapal. Pada $F_n < 0,4$

atau $\frac{V}{\sqrt{L}} < 1,25$ akan terjadi lebih dari satu gelombang

melewati sepanjang badan kapal. Pada kecepatan karakteristik

kapal $F_n = 0,43 \sim 0,5$ atau $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1,4 \sim 1,56$ tahanan

gelombangnya relatif akan mencapai maksimum. Diagram tahanan pada F_n ini akan terbentuk kurva melengkung ke atas, atau disebut hump, sehingga kecepatan kapal disebut juga kecepatan hump. Pada kecepatan yang lebih tinggi ($F_n > 0,5$), puncak gelombang kedua akan berada jauh di belakang buritan dan tahanan sedikit menurun.

B. Mode Semiplanning ($0,6 < F_n < 1,2$)

Pada fase semi planning berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari pada hidrostatik (yang bersamaan dengan ini akan menurun secara teratur). Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal trim. Dari berbagai pengukuran tes model didapat bahwa pada fase ini titik berat kapal akan naik. Pada sekitar $F_n=0,6$, VCG mencapai ketinggian yang sama dengan pada saat $v = 0$ knot dan selanjutnya VCG terus naik sampai kecepatan karakteristik $F_n=1,2$ dicapai. Dari kecepatan $v = 0$ knot sampai dengan $F_n=0,9$ haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan, sedangkan buritannya akan secara berangsur-angsur terbenam. Pada sekitar $0,9 < F_n < 1,2$ buritan kapal akan mulai naik lagi, tetapi tidak begitu besar sampai dengan munculnya haluan. Dengan demikian trim akan tetap naik samai dengan $F_n = 1,2$ dicapai.

Pada mode semiplanning gelombang haluan mengecil dan bergeser ke belakang serta dilengkapi oleh spray. Di belakang transom (buritan rata) terjadi lembah gelombang, yang betuk serta ukurannya sangat bergantung pada bentuk buritan kapal, trim dan terutama juga pada gaya angkat hidrodinamis.

C. Mode Planning Penuh ($F_n > 1,2$)

Mode planning murni dapat ditandai dengan kondisi dimana hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik, dan hanya sebagian kecil berat kapal yang bertumpu pada gaya hidrostatik (yang juga kecil). Meskipun kapal hampir seluruhnya meluncur di permukaan air, dan permukaan basahya menjadi sangat kecil demikian juga trim kapak mulai menurun dibandingkan dengan pada fase semiplanning, tetapi tekanan hidrodinamik menjadi sangat besar sebagai akibat kecepatan tinggi yang diperoleh dari gaya dorong propeller. Pada fase planning murni, bagian

kapal yang terbenam sangat kecil, sehingga gelombang yang terbentuk hampir hilang sama sekali.

2.2. PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL

Untuk kapal-kapal cepat metode perhitungan tahanannya dengan menggunakan metode Savitsky. Pada umumnya kapal cepat dengan bentuk lambung planning surface akan mempunyai sudut deadrise. Kenyataan ini akan digunakan untuk menentukan rumus yang didasarkan pada badan kapal yang tercelup dalam air akibat adanya sudut deadrise tersebut yang nantinya akan dapat ditentukan besarnya area yang tercelup ($\lambda_1 \cdot b$) dan tinggi gelombang ($\lambda \cdot b$) juga rumus koefisien gaya angkat (lift coefficient) dan diagram untuk menentukan aliran yang terjadi pada bawah kapal akibat deadrise tersebut di atas.

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung tahanan kapal dengan metode Savitsky adalah:

- $\tau^{1.1}$ (sudut trim pangkal 1.1)(2.8)
Parameter ini dibutuhkan untuk menghitung C_{LO}

- C_{LO} (koefisien gaya angkat)
 C_{LO} dapat dicari bila diketahui terlebih dahulu harga $C_{L\beta}$ dan β diketahui, kemudian harga λ untuk tiap-tiap harga τ dicari dengan menggunakan rumus :

$$\lambda = \frac{l}{b} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana l adalah panjang bagian basah dan b adalah lebar rata-rata.

- V_1 yaitu kecepatan rata-rata aliran pada dasar permukaan planning, sebagai fungsi τ dan λ dalam m/s.

$$\frac{V_1}{V} = \sqrt{1 - \frac{0,0100\tau^{1.1}}{\lambda^{\sqrt{2}} \cos \tau}} f(\beta)$$

$$V_1 = V \left(1 - \frac{0,0120\tau^{1.1}}{\lambda^{\frac{1}{2}} \cos \tau} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.10)$$

dimana V kecepatan horizontal pada permukaan planning.

- Reynold's Number

$$R_n = \frac{V_1 \lambda b}{\nu} \dots \dots \dots (2.11)$$

ν = koefisien kekentalan = $1,18 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$

- Koefisien Gaya Gesek (C_f)
Dari formula Schoenherr,

$$\text{Log}(R_n C_f) = \frac{0,242}{\sqrt{C_f}} \dots \dots \dots (2.12)$$

ΔC_f adalah tambahan koefisien gesekan karena kekasaran permukaan. Harga standard yang diberikan ATTC adalah $\Delta C_f = 0,0004$

- D_f yaitu komponen hambatan gesekan dari total hambatan,

$$D_f = \frac{(C_f + \Delta C_f) \rho V_1^2 \lambda b}{2 \cos \beta} \dots \dots \dots (2.13)$$

- $A \tan \tau$ (2.14)
Yaitu tahanan horizontal karena berat kapal.

- RT yaitu hambatan total pada kapal

$$RT = \Delta \tan \tau + \frac{D_r}{\cos \tau} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.3. COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Pada dasarnya semua jenis CFD menggunakan persamaan dasar (governing equation) dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Persamaan-persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

1. Hukum Kekekalan Massa (The Conservation of Mass)
2. Hukum Kedua Newton (Newton's Second Law of Motion)
3. Hukum kekekalan Energi

Untuk mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut selalu diikuti :

- a. Memilih prinsip fisika dasar dari hukum-hukum fisika (Hukum Kekekalan Massa, Hukum Kedua Newton, Hukum Kekekalan Energi).
- b. Menerapkan prinsip-prinsip fisika di dalam model aliran.

2.3.1. Teori Dinamika Fluida CFD

Computational Fluid Dynamics merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah pendekatan ketiga dalam studi dan pengembangan bidang dinamika fluida selain pendekatan teori dan eksperimen murni.

Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan CFD antara lain :

- Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Memiliki kemampuan system studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan scenario kecelakaan).
- Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

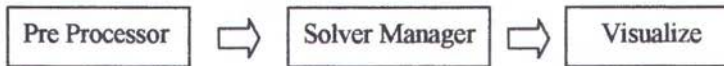
Aplikasi dari CFD untuk penyelesaian masalah aliran pada kapal telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir – akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perencanaan. Dengan CFD memungkinkan untuk memprediksi fenomena aliran fluida yang jauh lebih kompleks dengan berbagai tingkat akurasi.

Dalam desain kerjanya, problem yang ada perlu dideskripsikan ke dalam software CFD dengan menggambarkan model yang akan dianalisa, sifat – sifat fluida yang ada disekitar model dan juga penentuan kondisi batasnya. Selanjutnya dalam solver problem yang ada akan dihitung dengan pendekatan persamaan Navier Stokes. Dari hasil perhitungan kemudian didapatkan hasil output dari running program CFD.

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan analisa sistim yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait. Seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis komputer (numeric). Teknik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non-industri. Code CFD terstruktur atas logaritma numeric, sehingga dapat digunakan untuk

menyelesaikan problem pada suatu aliran fluida. Code Computational Fluid Dynamics disini terdiri atas tiga element utama yakni :

- a. Pre Processor
- b. Solver Manager
- c. Post Processor (Visualise)



2.3.2. Pre Processor

Dalam tahap ini analisa yang digunakan adalah metode CFD berbasis *Free Surface*. Metode ini dasar simulasinya berupa aliran yang bebas dari suatu fluida, baik itu bersifat homogen ataupun heterogen. Dikatakan homogen apabila pertemuan antara dua fluida dengan jelas didefinisikan dimana batas pertemuan antara dua fluida yang berbeda. Sedangkan dikatakan heterogen apabila pertemuan dua fluida tersebut tidak bisa didefinisikan hal tersebut bisa disebabkan oleh satu fase masuk kedalam fase lainnya.

Dalam setiap aliran air pada badan kapal sampai ke bagian buritan kapal, selalu terjadi *wake* / arus ikut (w) yang merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan dengan kecepatan air yang melalui baling-baling (*Sv.Aa Harvald, 1983*). *Wake* ini merupakan faktor penyebab munculnya dua macam kecepatan kapal yakni V_s (kecepatan servis kapal) serta V_a (kecepatan advance / kecepatan relatif dari partikel air yang melewati piringan baling-baling). Dimana besarnya V_a akan selalu lebih kecil daripada V_s berdasarkan rumusan:

$$\begin{aligned} (1 - w) &= V_a / V_s && \text{atau} \\ w &= 1 - (V_a / V_s) \end{aligned}$$

Wake pada kapal dapat terjadi karena pengaruh lambung kapal itu sendiri (dimana air akan mengalir menuju buritan

dan membentuk arus) atau juga karena gerakan baling-baling kapal sehingga pada daerah disekitar baling-baling mengandung arus sesuai arah gerak baling-baling tersebut.

Wake pada kapal merupakan contoh dari salah satu fase pada *free surface* yaitu fasa heterogen. Pada simulasi *free surface* model dihadapkan pada dua pilihan yaitu *homogeneous model* atau *inhomogenous model* yang nantinya akan menjadikan suatu model dihadapkan pada batasan kondisi kapan menggunakan salah satu fase yang akan digunakan untuk menguji model.

Bentuk lain dari tahanan *viscous* adalah berhubungan dengan distribusi tekanan normal pada lambung kapal. Fluida yang mengalir di sekitar badan kapal akan menimbulkan tekanan yang terdistribusi normal sepanjang badan kapal yang tercelup fluida. Pada bagian depan dari lambung kapal ada komponen dari tekanan ini yang menghambat gerakan kapal, dan pada bagian buritan komponen ini justru menjadi pendukung gerak kapal. Pada keadaan ideal gaya tekan di haluan dan buritan kapal adalah sama, pada keadaan ini dapat dikatakan tidak ada tahanan (*S.W. Adji, 2001*).

Sifat kerapatan dan sifat viskositas memegang peranan yang penting dalam hal aliran di dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup. Fluida merupakan zat yang mengalami perubahan bentuk secara terus menerus bila mengalami tegangan geser.

Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan, dan gaya ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan tersebut. Fluida diklasifikasikan menjadi fluida newton dan fluida bukan newton. Viskositas adalah sifat fluida yang memberikan dasar tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Viskositas gas meningkat dengan suhu. Gas memiliki gaya-gaya kohesi yang sangat kecil. Karena kohesi berkurang dengan naiknya suhu, maka demikian pula dengan viskositas.

Pada suatu aliran *viscous* yang melewati suatu benda tertentu, seperti plat datar, maka sedikit diatas permukaan itu akan terbentuk suatu lapisan yang disebut lapisan batas (*boundary layer*). Hanya pada lapisan tipis yang berdekatan dengan batas benda padat inilah pengaruh *viscous* penting.

Lapisan batas (*boundary layer*) diartikan sebagai daerah fluida yang dekat dengan benda padat. Di daerah benda tersebut kecepatannya sangat besar dibandingkan dengan variasi longitudinalnya, dan tegangan gesernya mempunyai arti yang penting. Ketebalan lapisan batas didefinisikan sebagai jarak dan permukaan benda dimana kecepatan sama dengan nol kesuatu titik yang kecepatannya mencapai 99% kecepatan aliran bebas U . Lapisan batas bisa laminar, turbulen, atau transisional, dan kadang - kadang disebut sabuk gesekan (*frictional belt*). Faktor-faktor yang mempengaruhi lapisan batas adalah gradien tekanan, kekasaran permukaan, perpindahan panas, *body forces*, gangguan pada aliran bebas.

Mekanika Fluida adalah ilmu yang menelaah tentang fluida yang bergerak atau diam serta akibat yang ditimbulkan oleh fluida tersebut pada batasnya. Batas tersebut dapat berupa permukaan padat atau fluida lainnya. Pelajaran tentang aliran fluida berintikan penarikan kesimpulan yang jitu antara teori dan eksperimen.

Pembahasan tentang fluida yang bergerak yaitu dengan mengembangkan persamaan-persamaan dasar untuk pengetrapan teori analisis berdasarkan volume atur. Analisis didasarkan pada volume atur, karena: Pertama, fluida sebagai media dapat mengalami distorsi dan deformasi secara terus menerus dan oleh karenanya sangat sulit sekali untuk mengidentifikasi suatu massa yang sama di setiap saat. Kedua, lebih sering berurusan dengan pengaruh dari gerakan fluida secara menyeluruh terhadap suatu peralatan maupun terhadap bangunan konstruksi tertentu.

Pada tahap awal pemrograman ini terdiri dari input masalah aliran untuk CFD melalui interface kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai dengan format yang dikehendaki oleh bagian solver. Pada tahap ini perlu dilakukan input permasalahan sesuai dengan aturan pada software meliputi :

- a. Membentuk geometri benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi
- b. Membentuk Grid Generation atau membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (sub-domain)
- c. Penentuan fenomena fisika dan kimia dari model
- d. Penentuan sifat-sifat fluida, seperti pendefinisian harga densitas, viskositas, temperatur fluida dan lain-lain
- e. Penentuan kondisi batas model geometri, lokasi pembuatan kondisi batas harus ditentukan baik pada daerah disekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan
- f. Penentuan besar kecilnya atau kekasaran Grid (Mesh)

Analisa masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan sebagai suatu daerah yang berupa simpul-simpul tiap cell. Jumlah cell dalam grid (mesh) menentukan akurasi penyelesaian CFD. Pada umumnya semakin banyak cell semakin akurasi penyelesaiannya. Daerah yang memiliki perubahan bentuk yang sangat tajam, biasanya proses meshing dilakukan dengan sangat halus, sedang untuk daerah yang lain dilakukan agak kasar.

2.3.3. Solver (Penyelesaian Perhitungan)

Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *finite difference*, *finite element* dan *finite volume*. Secara umum metode numerik solver tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Perkiraan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana
- b. Diskretisasi dengan substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan persamaan aliran yang berlaku dan berbagai rekayasa matematik, antara lain:

➤ **Massa dan Momentum**

Momentum yang terjadi pada aliran fluida yang dipengaruhi oleh massa dan kecepatan dengan vector kecepatan U , V dan W . arah yang diambil dalam perlakuan terhadap boundary adalah arah normal terhadap domain. Komponen kecepatan aliran (Cartisien Velocity Vector) adalah dengan resultant:

$$U_{inlet} = U_{spec}^j + V_{spec}^i + W_{spec}^k$$

➤ **Tekanan Total**

tekanan Total, P_{tot} , untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{stat}$$

➤ **Kecepatan Laju Aliran Massa**

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen, dimana influx massa dihitung menggunakan rumus :

$$\rho U = m / \int_s dA$$

Boundary Condition Outlet

➤ **Kecepatan outlet**

Komponen kecepatan outlet boundary adalah komponen cartisien velocity

$$U_{outlet} = U_{spec}^i + V_{spec}^j + W_{spec}^k$$

➤ **Tekanan outlet fluida**

Tekanan outlet fluida adalah tekanan static inlet ditambah perubahan tekanan yang terjadi

$$P_{tot} = P_{stat} + 1/2 \rho U^2$$

Boundary Condition Wall

- Tekanan Statis rata-rata
Walk Relativ Static Pressure adalah
$$P_{av} = \frac{1}{A} \int P dA$$
- Mass Flow Rate Out
Distribusi massa di daerah wall ditentukan oleh aliran berat massa
- Heat Transfer
Perpindahan panas di tentukan adiabatic pada Wall boundary kapal karena pengaruh energi panas yang begitu kecil terhadap nilai lift sehingga.

$$Q_{wall} = 0$$

2.3.4. Post Processor

Pada tahap ini akan ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualise aliran fluida pada model. Data numeric yang diambil adalah data nilai variable sifat fluida, data sifat fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:

- a) Density
- b) Density Viscosity
- c) Eddy Viscosity Di tahap
- d) Heat Transfer Coeffitient
- e) Mach Number
- f) Pressure
- g) Pressure Gradient
- h) Shear Strain rate
- i) Specific Capacity Heat Transfer Rate
- j) Static Entalpy
- k) Temperature

- l) Termal Conductivity
- m) Total Entalpy
- n) Total Temperatur
- o) Total Pressure
- p) Turbulence Kinetic energy
- q) Velocity
- r) Wall Shear
- s) Yplus
- t) Coordinate

Data numeric yang dapat di tampilkan oleh post processor adalah sebagai berikut:

- Data export
- Quantitativ Calculation

Dan data visualisasi model yang bisa ditampilkan oleh post processor adalah sebagai berikut:

- Gambar geometri model
- Gambar surface sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampilan vector kecepatan
- Gerakan rotasi, translasi dan penyekalaan
- Arah aliran fluida
- Hardcopy output

Dalam proses set-up dan running simulasi CFD ada tahapan identifikasi dan formulasi permasalahan aliran dengan pertimbangan fenomena fisika dan kimia. Pemahaman yang cukup baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Ada 3 konsep matematika yang digunakan dalam menentukan berhasil atau tidaknya alogaritma (AEA Technology, 1996) yaitu :

1. Konvergensi, yaitu property metode numerik untuk menghasilkan penyelesaian eksakta sebagai grid spacing, ukuran control volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol. Untuk kondisi lapangan kesamaan Lax yang menyatakan bahwa untuk permasalahan linear memerlukan konvergensi.
2. Konsistensi, yaitu urutan numerik untuk menghasilkan system persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan sama (equivalen) dengan persamaan pengendali sebagai jarak grid mendekati nol.
3. Stabilitas, yaitu penggunaan factor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembuatan path data awal maka dapat menyebabkan terjadinya osilasi atau divergensi.

BAB III METODOLOGI

3.1. PROSEDUR PELAKSANAAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam kajian Tugas Akhir ini berupa simulasi model dengan software rancang bangun tiga dimensi dan analisa melalui pendekatan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Sehingga prosedur pengerjaan Tugas Akhir ini disusun dengan urutan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Karena bentuk lambung kapal *ThreeChain* ini merupakan bentuk kapal yang baru dan masih dalam tahap pengembangan, maka langkah awal yang dilakukan adalah studi literatur mengenai geometri lambung planning, dan konfigurasi lambung *hybrid* trimaran.

b. Pemodelan

Dari geometri yang didapatkan melalui studi literatur, dilanjutkan dengan langkah pemodelan. Dalam proses ini, software-software yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

➤ Ship Building Software

Program ini dipergunakan untuk memodelkan rancang bangun bentuk lambung kapal *ThreeChain* sekaligus modifikasi geometri yang akan dianalisa lebih lanjut dengan pendekatan CFD.

➤ CFD Software

Dari hasil "*output geometry*" program Maxsurf, dilanjutkan dengan penggambaran model dengan program CFD geometry design agar dapat diperoleh bentuk benda yang solid sehingga dapat dianalisa dalam program simulatornya.

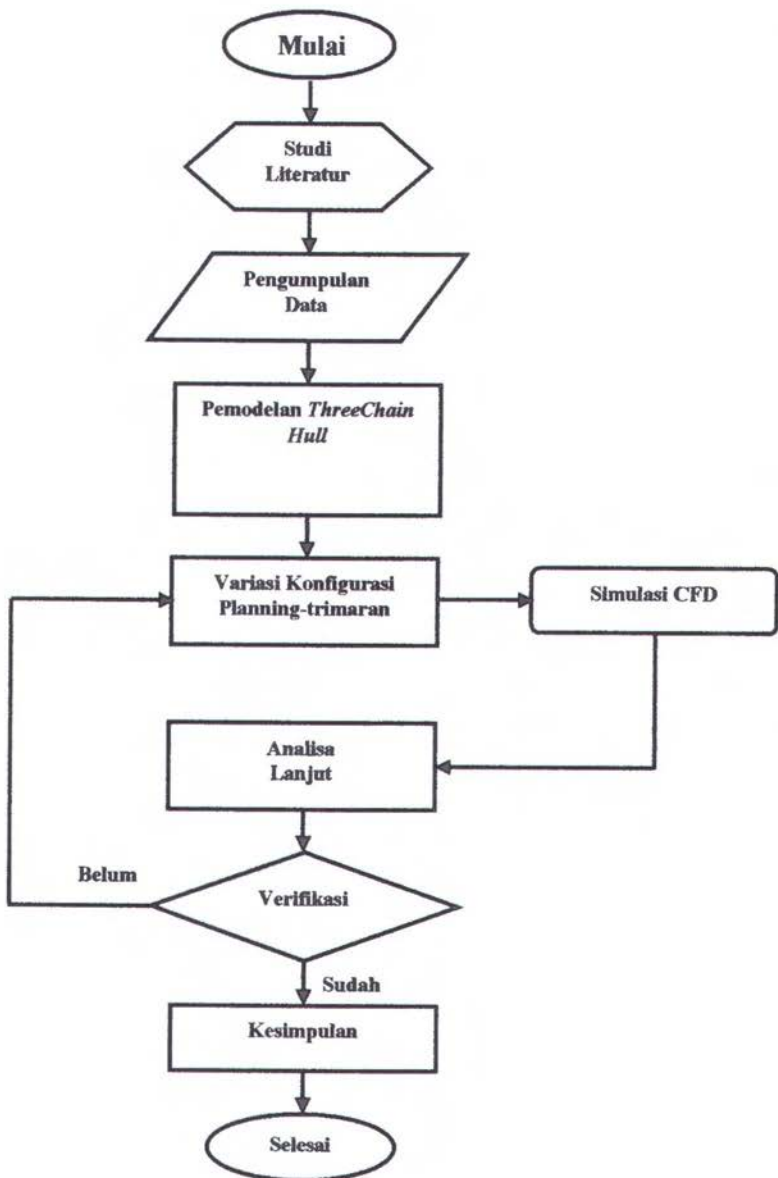
3.2. ALAT DAN LOKASI Pengerjaan

Karena penelitian dalam kajian Tugas Akhir ini dititik beratkan pada simulasi modifikasi model menggunakan program berbasis CFD, maka pengerjaannya dilakukan di Laboratorium Perancangan dan Rekayasa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan (ITS, Surabaya) dengan alat bantu berupa komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

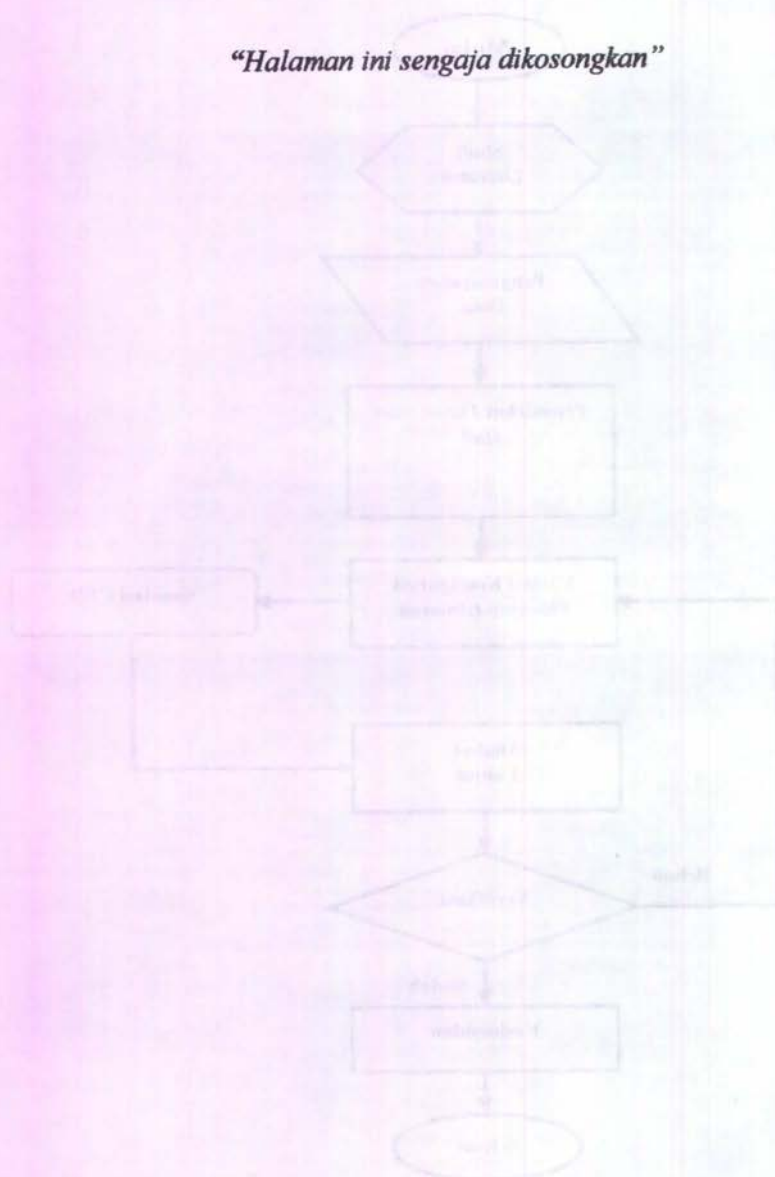
- Processor AMD Athlon X2 4200 Mhz
- MotherBoard Biostar TF 570 SLI, AGP 16x
- Physical RAM: 3 x Visipro PC 6400 1 Ghz
- VGA NVIDIA GeForce 7300 GT sli (256 MB, DDR2)
- Hard Disk Drive Western Digital 320 GB, SATA2
- OS: Microsoft Windows XP Professional, SP2

3.3. FLOWCHART / DIAGRAM ALIR

Penelitian ini dimulai dari studi literatur, yaitu dengan mempelajari geometri bentuk lambung kapal *hybrid*. Setelah hipotesa awal dibuat, kemudian dibuat model yang akan mensimulasikan desain yang diinginkan untuk disimulasikan dalam program komputer di Laboratorium Perancangan dan Rekayasa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan (ITS, Surabaya). Data yang diperoleh dari hasil simulasi kemudian diolah kembali melalui tabulasi dan penggambaran grafik *trend* hubungan antar variabel - variabel perancangan. Setelah analisa dilakukan, maka dari data hasil analisa dibuat kesimpulan untuk merangkum keseluruhan hasil penelitian. Sehingga diagram alir pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



"Halaman ini sengaja dikosongkan"



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. UMUM

Pada bab ini akan diuraikan langkah-langkah pembuatan model dan dilanjutkan dengan langkah simulasi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Perancangan model didasarkan pada batasan-batasan yang telah dijelaskan pada bab awal tulisan ini. Ada beberapa tahapan yang harus dilalui untuk bisa mendapatkan data - data hasil simulasi yang selanjutnya akan diolah untuk dianalisa lebih lanjut. Antara satu tahap dengan tahap yang lain saling terkait dan tidak bisa dipisahkan.

4.2. PENENTUAN BENTUK DAN DIMENSI KAPAL

Kapal yang digunakan sebagai objek penelitian pada kajian Tugas Akhir ini adalah kapal berlambung '*hybrid*' atau perpaduan antara geometri *Hard Chine Planning Hull* dengan konfigurasi trimaran sebagai *rolling damper*. Dari beberapa variasi bentuk model yang akan disimulasikan, ukuran utama yang dijadikan acuan adalah sebagai berikut:

LOA	: 27 m
Beam	: 8 m
Vs (max)	: 30 knots

4.3. PENGAMBARAN MODEL

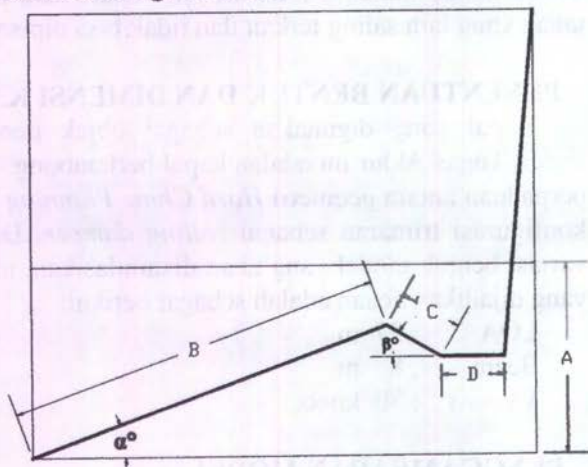
Penggambaran model *ThreeChain* secara tiga dimensi dilakukan dengan dua tahap. Tahap yang pertama adalah pemodelan lambung *ThreeChain* sekaligus modifikasi geometrinya dengan software *Ship Building*. Tahap yang kedua adalah penggambaran model pada software *CFD Geometry Design*, yang kemudian dapat disimulasikan dengan pendekatan CFD solver.

4.3.1. Pemodelan Tiga dimensi

Proses pemodelan dengan menggunakan *Ship Building* software ini merupakan tahapan pertama dalam penggambaran bentuk tiga dimensi lambung *ThreeChain* dan pemodifikasian geometrinya. Dalam proses ini ada parameter yang dijadikan acuan adalah sebagai berikut:

LOA : 27 m
 Beam : 8 m
 Vs : 30 knots

Sedangkan parameter modifikasi atau variasi geometri model adalah sebagai berikut:



gambar 4.1. Parameter modifikasi *ThreeChain* Hull

dimana:

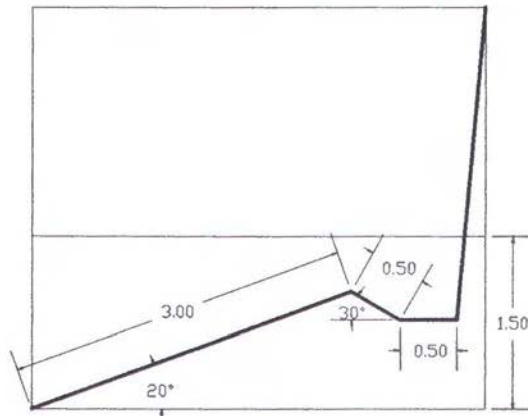
- A : Kedalaman draft kapal
- B : Panjang sisi *Hard Chine Planning Hull*
- C : Panjang sisi *Chain 1*
- D : Panjang sisi *Chain 2*
- α° : Besar sudut masuk *Hard Chine Planning Hull*
- β° : Besar sudut masuk *Chain*

Dengan beberapa parameter yang telah disebutkan diatas, maka variasi modifikasi dari geometri ThreeChain Hull adalah sebagai berikut:

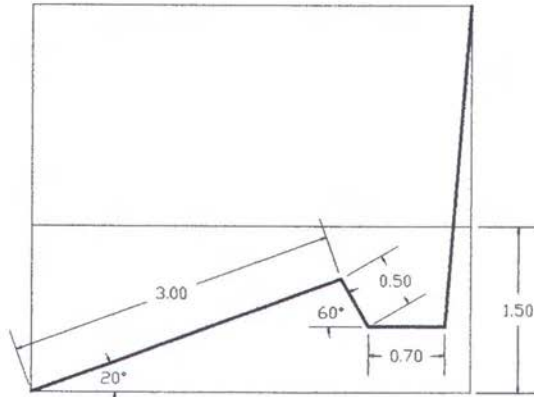
VARIASI MODEL	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
A	1.5	3	0.5	0.5	20	30
B	1.5	3	0.5	0.5	20	60
C	1.5	3	0.5	0.7	20	30
D	1.5	3	0.5	0.7	20	60
E	2	3.2	0.5	0.5	28	30
F	2	3.2	0.5	0.5	28	60
G	2	3.2	0.5	0.7	28	30
H	2	3.2	0.5	0.7	28	60

tabel 4.1 Variasi Model *ThreeChain Hull*

Pada model A, B, C dan D menggunakan acuan draft kapal atau tinggi sarat air sedalam 1,5 meter. Modifikasi yang dilakukan adalah variasi parameter sudut masuk geometri Chain sebesar 30° dan 60° serta variasi pada panjang penampang Chain sebesar 0,5 dan 0,7 meter. Berikut penjelasan gambarnya:

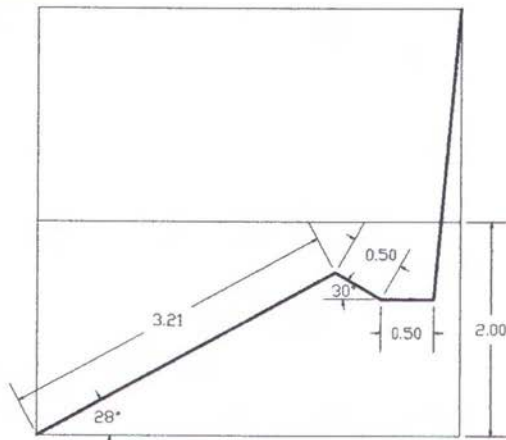


gambar 4.2. Geometri "Model A"

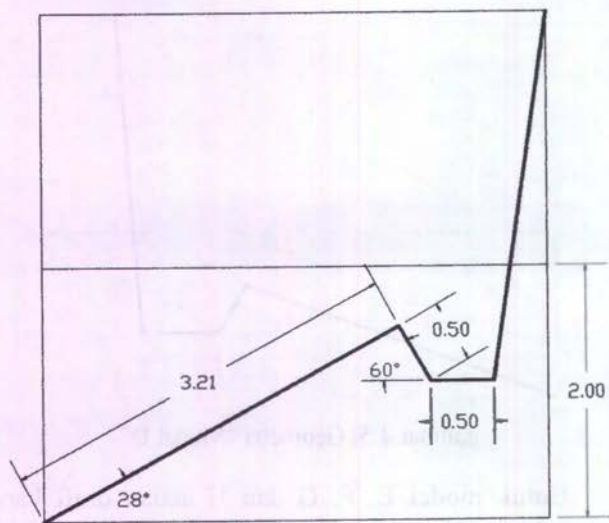


gambar 4.5. Geometri "Model D"

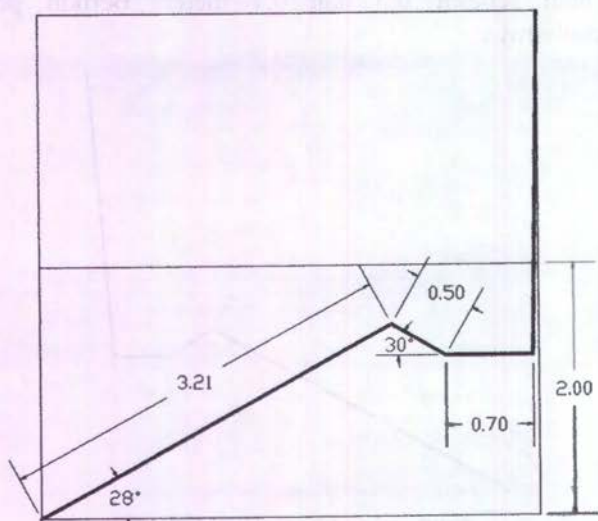
Untuk model E, F, G dan H acuan draft kapal yang digunakan sedalam 2 meter. Modifikasi yang dilakukan adalah variasi parameter sudut masuk geometri Chain sebesar 30° dan 60° serta variasi pada panjang penampang Chain sebesar 0,5 dan 0,7 meter. Berikut penjelasan gambarnya:



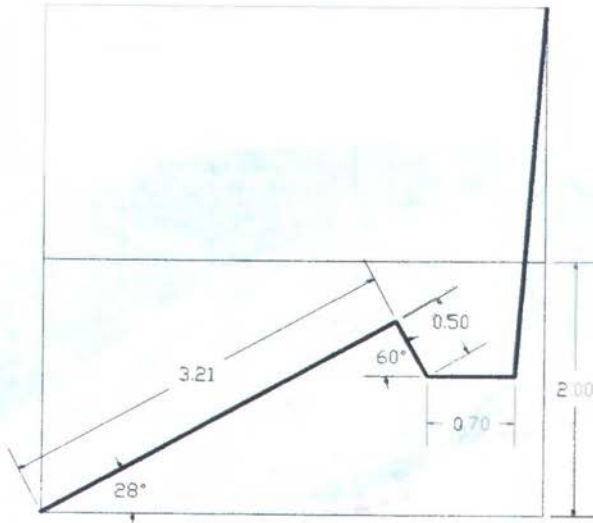
gambar 4.6. Geometri "Model E"



gambar 4.7. Geometri "Model F"

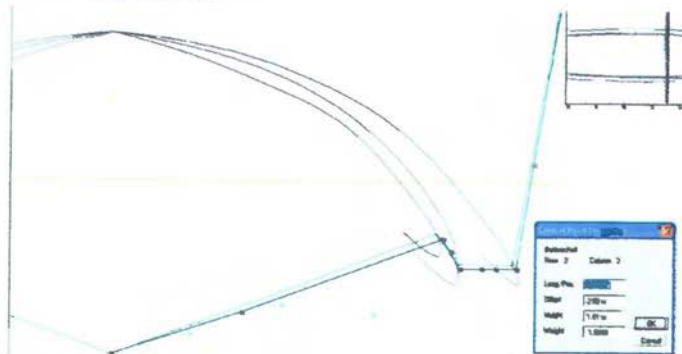


gambar 4.8. Geometri "Model G"



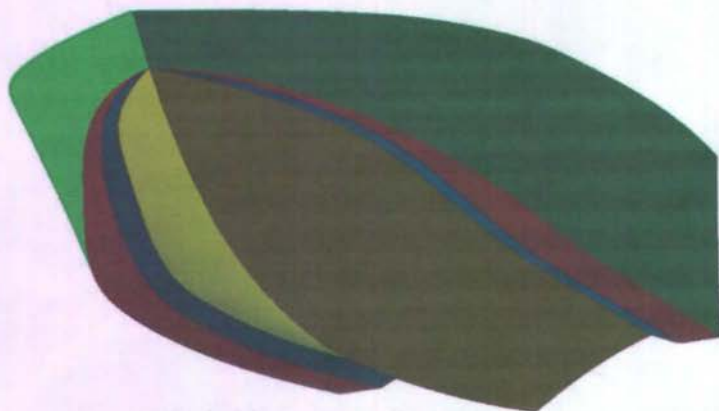
gambar 4.9. Geometri "Model H"

Setelah penentuan geometri dari masing – masing variasi tersebut, maka langkah selanjutnya adalah penggambaran model tiga dimensi dengan menggunakan *Ship Building software*. Metode penggambaran parameter geometri yang telah ditentukan ini, dilakukan dengan mengubah posisi titik acuan pada *generating line* di setiap station.



gambar 4.10. Modifikasi titik pada generating line

Gambar di bawah ini adalah modifikasi model yang telah selesai dikerjakan dengan menggunakan *Ship Building software*.



gambar 4.11. Model kapal *ThreeChain*

4.3.2. CFD “geometry Re-design”

Setelah penggambaran model tiga dimensi pada software *Ship Building* selesai, langkah selanjutnya adalah penggambaran kembali atau *Re-design* pada software CFD. Berikut ini adalah langkah – langkah dalam proses pengerjaan:

1. Peng-konversian file dari geometri model tiga dimensi *Ship Building Software* menjadi DXF file.
2. Kemudian import file geometri ber-ekstensi DXF tersebut ke dalam software CFD “*geometry Re-design*” untuk dilakukan pengaplikasian *Surface* dan *Meshing* model.

Tipe meshing yang dipakai adalah *tetragonal* dengan metode *smooth (advancing)*.



gambar 4.12. Model kapal yang telah di-meshing

4.4. SIMULASI MODEL (CFD SOLVER)

Setelah geometri model kapal selesai di-meshing, maka proses simulasi dapat dilakukan dengan CFD solver. Pada pemrograman ini parameter simulasinya berbasis *free surface*. Sehingga perlu dilakukan input parameter sesuai dengan aturan pada software meliputi :

- a. Pembentukan geometri benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi
- b. Pembentukan Grid Generation atau membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (sub-domain)
- c. Penentuan sifat-sifat fluida, seperti pendefinisian harga densitas, viskositas, temperatur fluida dan lain-lain.
- d. Penentuan kondisi batas model geometri, lokasi pembuatan kondisi batas harus ditentukan baik pada daerah disekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan



- e. Diskretisasi dengan substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan persamaan aliran yang berlaku dan berbagai rekayasa matematik, antara lain:

➤ Massa dan Momentum

Momentum yang terjadi pada aliran fluida yang dipengaruhi oleh massa dan kecepatan dengan vector kecepatan U , V dan W . arah yang diambil dalam perlakuan terhadap boundary adalah arah normal terhadap domain. Komponen kecepatan aliran (Cartisien Velocity Vector) adalah dengan resultant:

$$U_{inlet} = U_{spec}^j + V_{spec}^i + W_{spec}^k$$

➤ Tekanan Total

Tekanan Total, P_{tot} , untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{stat}$$

➤ Kecepatan Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen, dimana influx massa dihitung dengan rumus :

$$\rho U = m / \int_s dA$$

Boundary Condition Outlet

➤ Kecepatan outlet

Komponen kecepatan outlet boundary adalah komponen cartesian velocity

$$U_{outlet} = U_{spec}^i + V_{spec}^j + W_{spec}^k$$

➤ Tekanan outlet fluida

Tekanan outlet fluida adalah tekanan static inlet ditambah perubahan tekanan yang terjadi

$$P_{tot} = P_{stat} + 1/2 \rho U^2$$

Boundary Condition Wall

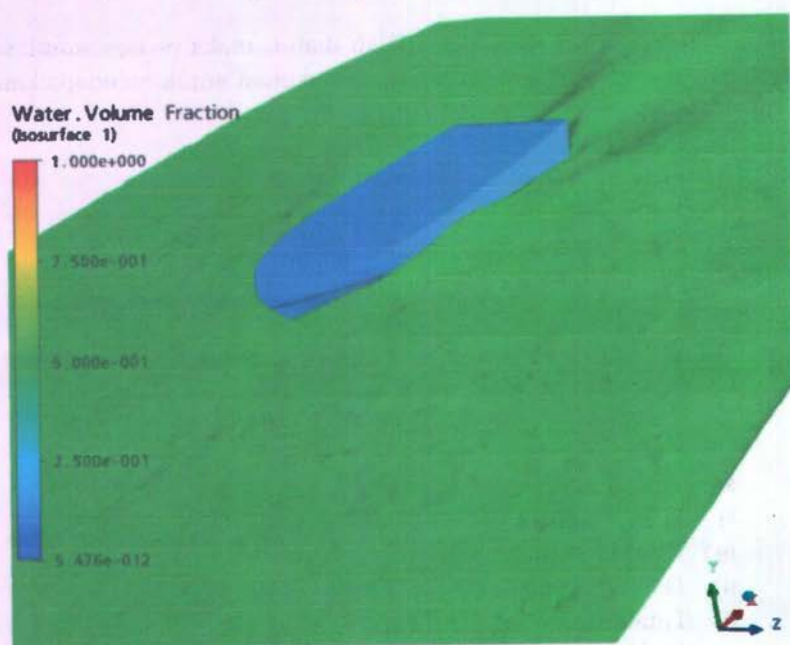
- Tekanan Statis rata-rata
Walk Relativ Static Presure adalah
$$P_{av} = \frac{1}{A} \int P dA$$
- Mass Flow Rate Out
Distribusi massa di daerah wall ditentukan oleh aliran berat massa

Setelah semua parameter telah diatur, maka proses simulasi dengan software CFD Solver dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa yang berupa data numerik seperti:

- a) Density
- b) Density Viscosity
- c) Eddy Viscosity
- d) Heat Transfer Coefficient
- e) Mach Number
- f) Pressure
- g) Pressure Gradient
- h) Shear Strain rate
- i) Specific Capacity Heat Transfer Rate
- j) Static Entalpy
- k) Total Entalpy
- l) Total Temperatur
- m) Total Pressure
- n) Temperature
- o) Total Pressure
- p) Turbulence Kinetic energy
- q) Velocity
- r) Dinamic Force (x, y, z)
- s) Wall Shear
- t) Coordinate

Selain itu data visualisasi model yang bisa ditampilkan oleh post processor adalah sebagai berikut:

- Gambar geometri model
- Gambar surface sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampilan vektor kecepatan
- Gerakan rotasi, translasi dan penyekalaan
- Arah aliran fluida
- Prediksi gelombang (Water Volume Fraction)



gambar 4.13. Prediksi Gelombang (Water Volume Fraction)

Simulasi CFD Solver dilakukan dengan parameter lima kecepatan yang berbeda, yaitu: 10, 15, 20, 25 dan 30 knot agar didapatkan hasil berupa trend line yang akan dianalisa.

4.5. VALIDASI SIMULASI

Karena simulasi pada software CFD Solver sifatnya sangat sensitif terhadap parameter input yang spesifik, maka harus dilakukan proses validasi dari hasil simulasi tersebut untuk menjamin keakuratan dan ketepatan proses simulasi. Proses validasi ini dilakukan dengan membandingkan besar tahanan kapal dari proses CFD Solver dengan hasil simulasi *Ship Building software*. Software ini digunakan sebagai validator karena simulasinya lebih bersifat "*automatic parameter input*" pada aplikasi perkapalan. Sehingga dengan input geometri lambung ThreeChain yang ada, perhitungan tahanan dapat disimulasikan langsung tanpa input parameter yang terlalu spesifik. Metode tahanan yang digunakan adalah Savitsky Pre-Planning dengan parameter tiga kecepatan antara lain: 15, 20 dan 25 knot. Hasil nya adalah sebagai berikut:

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	HullSpeed (N)	CFD (N)
A	30	15.43		224324
	25	12.86	220840	223684
	20	10.29	189440	179158
	15	7.72	118220	101392
	10	5.14		34621
B	30	15.43		180573
	25	12.86	179890	181834
	20	10.29	149380	147454
	15	7.72	109530	81667
	10	5.14		24647
C	30	15.43		214840
	25	12.86	220840	214286
	20	10.29	179440	173645
	15	7.72	98220	97153
	10	5.14		37267

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	HullSpeed (N)	CFD (N)
D	30	15.43		190219
	25	12.86	192890	190825
	20	10.29	159380	158435
	15	7.72	89530	85702
	10	5.14		28615
E	30	15.43		148846
	25	12.86	159190	154919
	20	10.29	141250	127473
	15	7.72	70220	68285
	10	5.14		22716
F	30	15.43		142906
	25	12.86	152720	150636
	20	10.29	134550	125230
	15	7.72	69170	66246
	10	5.14		22364
G	30	15.43		240184
	25	12.86	239660	237114
	20	10.29	193240	190367
	15	7.72	109160	111876
	10	5.14		40935
H	30	15.43		212617
	25	12.86	216330	214811
	20	10.29	173460	174779
	15	7.72	100610	100983
	10	5.14		32701

tabel 4.2 Hasil Validasi Tahanan Model

4.6. DATA HASIL SIMULASI

Dari delapan variasi model yang telah dibuat, simulasi CFD Solver dilakukan dengan input parameter lima kecepatan yang berbeda, yaitu: 10, 15, 20, 25 dan 30 knot. Dengan variasi lima kecepatan, akan didapatkan trendline hasil simulasi pada tiap model untuk dianalisa lebih lanjut. Dari simulasi yang telah dilakukan, data yang diambil dan dianalisa yaitu:

- Ship Resistance
Hasil data ini merupakan nilai gaya "*force (x axis)*" pada function calculator CFD Solver. Sehingga hasilnya merepresentasikan besar tahanan kapal.
- Lift Force
Hasil data ini merupakan nilai gaya "*force (y axis)*" pada function calculator CFD Solver. Sehingga hasilnya merepresentasikan besar gaya angkat (*lift force*) lambung ThreeChain.
- Average Water Velocity
Merupakan kecepatan fluida air rata – rata yang mengalir di permukaan lambung.
- Water Velocity (Specific Point)
Merupakan kecepatan fluida air pada titik posisi propeller pada model dengan koordinat (-2, 4, 1.5).
- Total Pressure
Merupakan nilai tekanan yang terdistribusi pada seluruh permukaan lambung kapal.
- Froude Number
Dari data ini akan diketahui aliran yang terjadi pada lambung kapal yang akan menentukan fase kecepatan.

Dengan parameter pendataan yang telah ditentukan, didapatkan data – data sebagai berikut:

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave) W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
A	30	15.43	224324	1983360	13.06	14.73	4595.19
	25	12.86	223684	1844590	9.99	12.39	5161.13
	20	10.29	179158	1565510	7.8	10.31	4457.19
	15	7.72	101392	1132930	5.67	8.12	3328.41
	10	5.14	34621	1229710	4.15	5.34	3409.71

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
B	30	15.43	180573	1600480	12.97	14.94	3720.39
	25	12.86	181834	1419770	9.93	12.57	4337.04
	20	10.29	147454	1286170	7.89	10.42	3713.84
	15	7.72	81667	913132	5.76	8.24	2771.15
	10	5.14	24647	1048660	4.21	5.47	2931.95

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
C	30	15.43	214840	1964060	13.11	14.79	4593.3
	25	12.86	214286	1833620	9.84	12.45	5137.6
	20	10.29	173645	1547910	7.73	10.36	4454.67
	15	7.72	97153	1093360	5.66	8.14	3257.22
	10	5.14	37267	1180940	4.14	5.4	3306.29

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
D	30	15.43	190219	1659850	13.06	15.04	3777.43
	25	12.86	190825	1449650	9.93	12.63	4497.39
	20	10.29	158435	1340300	7.84	10.5	4005.76
	15	7.72	85702	945729	5.78	8.28	2949.09
	10	5.14	28615	1076390	4.14	5.49	3097.47

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
E	30	15.43	148846	1421840	12.96	14.93	3235.74
	25	12.86	154919	1312870	10.03	12.51	3722.59
	20	10.29	127473	1049990	7.94	10.36	2984.82
	15	7.72	68285	680898	5.85	8.06	2072.11
	10	5.14	22716	805279	4.09	5.41	2262.72

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
F	30	15.43	142906	1372050	12.54	14.86	3176.44
	25	12.86	150636	1260490	9.93	12.44	3672.77
	20	10.29	125230	1028410	7.84	10.26	2949.52
	15	7.72	66246	668710	5.92	8.04	2067
	10	5.14	22364	777736	4.12	5.45	2165.17

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
G	30	15.43	240184	2072870	13.02	14.67	4928.63
	25	12.86	237114	1925630	9.96	12.36	5500.44
	20	10.29	190367	1659650	7.79	10.27	4863.28
	15	7.72	111876	1202130	5.74	8.16	3686.51
	10	5.14	40935	1277550	4.21	5.43	3659.36

Model	Speed (knots)	Speed (m/s)	Resistance (N)	Lift (N)	(Ave)W. Velocity (m/s)	Water Velocity (m/s)	Pressure (Pa)
H	30	15.43	212617	1826470	13.1	14.86	4328.57
	25	12.86	214811	1612500	10.09	12.51	5094.47
	20	10.29	174779	1497750	7.92	10.41	4514.54
	15	7.72	100983	1092470	5.83	8.27	3402.78
	10	5.14	32701	1196190	4.24	5.49	3470.74

tabel 4.3 Data – Data Hasil Simulasi

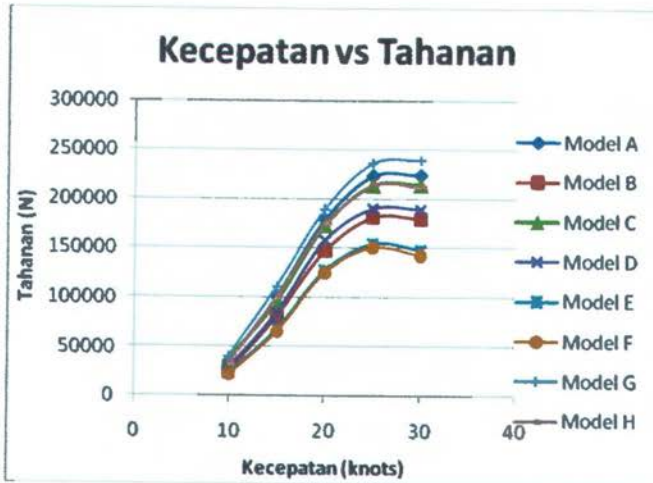
4.7. PEMBAHASAN

Sesuai dengan tujuan dari kajian Tugas Akhir ini, dimana dengan analisa yang dilakukan akan didapatkan variasi model lambung *ThreeChain* yang paling optimal dari segi tahanan kapal, gaya angkat (*lift*) lambung dan optimalisasi aliran fluida pada *Chain Tunnel* untuk efisiensi propulsif, maka dari data hasil simulasi, parameter perbandingan yang akan dianalisa adalah sebagai berikut:

- Perbandingan parameter tahanan kapal yang terjadi terhadap variasi kecepatan kapal.
- Perbandingan parameter tekanan terdistribusi di seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.
- Perbandingan parameter gaya angkat (*lift*) lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.
- Perbandingan parameter tahanan kapal terhadap gaya angkat (*lift*) lambung kapal.
- Perbandingan parameter kecepatan fluida air (*water velocity*) terhadap variasi kecepatan kapal.
- Perbandingan parameter kecepatan fluida air (*water velocity*) terhadap *Froude Number*.

4.7.1. Perbandingan parameter tahanan kapal yang terjadi terhadap variasi kecepatan kapal.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan variasi model yang paling optimal dari segi tahanan kapal yang terjadi. Dari data yang ada, hasil perbandingan tahanan yang terjadi terhadap variasi kecepatan pada setiap model adalah sebagai berikut:



gambar 4.14. Grafik Kecepatan Vs Tahanan

Pada gambar 4.14. dapat diamati korelasi antara tahanan terhadap kecepatan kapal yang menunjukkan trend dimana nilai tahanan kapal membesar pada kecepatan yang bertambah tinggi, namun pada kecepatan maksimum antara 25 – 30 knot terdapat fenomena yang menarik dimana nilai tahanan kapal mulai menurun. Dengan hasil ini, maka dapat ditarik kesimpulan awal bahwa dengan kecepatan kapal yang semakin tinggi, efek “*lifting force*” dari lambung planning semakin besar sehingga menyebabkan wetted surface area (WSA) kapal semakin kecil. Dengan mengecilnya WSA, maka tahanan kapal menurun. Hal ini menandakan bahwa dengan simulasi ini, dapat diprediksikan desain lambung ThreeChain yang paling optimal untuk menghasilkan nilai tahanan yang paling kecil.

Tinjauan Geometri

Dalam grafik korelasi antara tahanan terhadap kecepatan kapal dapat diamati bahwa, dengan kecepatan kapal yang semakin tinggi didapatkan hasil tahanan kapal yang terkecil terjadi pada

model F, E dan B, sedangkan tahanan kapal yang terbesar adalah model G, A dan H. Detail geometri adalah sebagai berikut:

Tahanan terkecil

VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
B	1.5	3	0.5	0.5	20	60
E	2	3.2	0.5	0.5	28	30
F	2	3.2	0.5	0.5	28	60

Tahanan terbesar

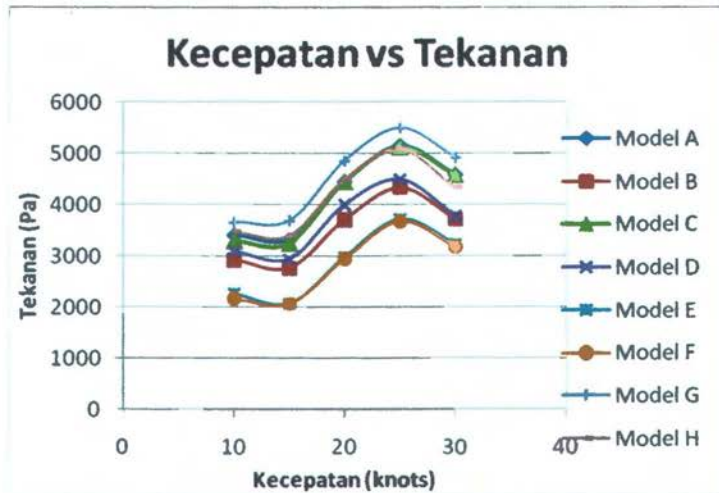
VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
A	1.5	3	0.5	0.5	20	30
G	2	3.2	0.5	0.7	28	30
H	2	3.2	0.5	0.7	28	60

Dari data tersebut dapat diamati bahwa, geometri yang 'curam' (draft 2 m, sudut masuk besar, panampang Chain kecil) menghasilkan nilai tahanan yang relatif kecil, sedangkan geometri yang lebih 'landai' (draft 1,5 m, sudut masuk kecil, panampang Chain besar) menunjukkan nilai tahanan yang relatif lebih besar. Hal ini disebabkan geometri lambung yang curam memiliki bentuk lebih "streamline" (menjorok ke arah sumbu y negatif), sehingga dengan pendekatan CFD dimana aliran fluida mengarah ke sumbu x positif didapatkan hasil nilai tahanan yang lebih kecil.

Sedangkan untuk geometri yang lebih landai, tahanan kapal yang terjadi relatif lebih besar dikarenakan "frontal" area (luasuan yang bersinggungan langsung dengan fluida) lebih besar.

4.7.2. Perbandingan parameter tekanan terdistribusi di seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan tekanan terdistribusi di seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan. Dari data yang ada, hasil perbandingan tekanan terdistribusi di seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal pada setiap model adalah sebagai berikut:



gambar 4.15. Grafik Kecepatan Vs Tekanan

Pada gambar 4.15. dapat diamati korelasi antara kecepatan terhadap tekanan total yang terdistribusi di seluruh lambung kapal. Dari grafik tersebut didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa trend nilai tekanan membesar pada kecepatan yang bertambah tinggi, namun pada kecepatan maksimum antara 25 – 30 knot terdapat fenomena yang menarik dimana nilai tekanan mulai menurun. Dengan hasil ini, dapat dikatakan bahwa terjadi elevasi lambung kapal pada kecepatan yang semakin

tinggi. Hal ini terjadi karena data berupa tekanan total diambil pada domain yang statis (diam). Jadi walaupun kecepatan bertambah tinggi, namun jika tekanan yang terjadi diambil pada objek yang diam, maka dengan data rata-rata tekanan pada lambung kapal yang menurun berarti terjadi elevasi lambung kapal ke atas (sumbu y positif).

Tinjauan Geometri

Dalam grafik korelasi antara kecepatan terhadap tekanan dapat diamati bahwa, dengan kecepatan kapal yang semakin tinggi didapatkan hasil tekanan terdistribusi yang terkecil terjadi pada model F, E dan B, sedangkan hasil tekanan terdistribusi yang terbesar adalah model G, A dan H. Detail geometri adalah sebagai berikut:

Tekanan terdistribusi terkecil

VARIASI MODEL	(A) [m]	(B) [m]	(C) [m]	(D) [m]	α [°]	β [°]
B	1.5	3	0.5	0.5	20	60
E	2	3.2	0.5	0.5	28	30
F	2	3.2	0.5	0.5	28	60

Tekanan terdistribusi terbesar

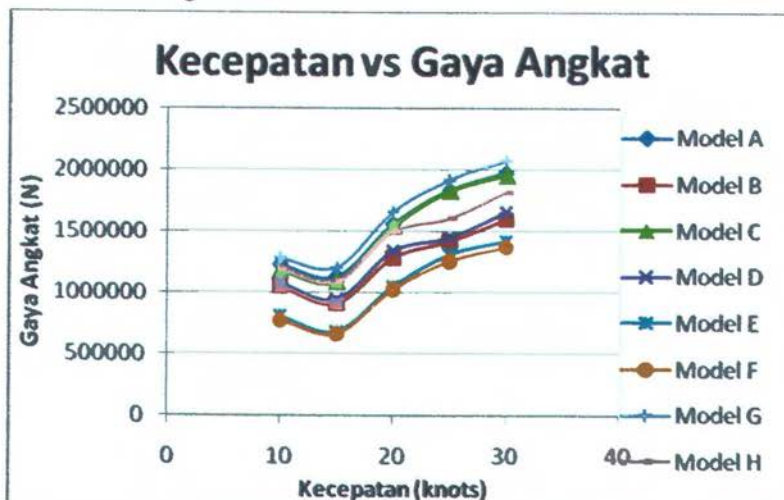
VARIASI MODEL	(A) [m]	(B) [m]	(C) [m]	(D) [m]	α [°]	β [°]
A	1.5	3	0.5	0.5	20	30
G	2	3.2	0.5	0.7	28	30
H	2	3.2	0.5	0.7	28	60

Dari data tersebut dapat diamati bahwa, geometri yang 'curam' (draft 2 m, sudut masuk besar, panampang Chain kecil) menghasilkan tekanan terdistribusi yang relatif kecil, sedangkan geometri yang lebih 'landai' (draft 1,5 m, sudut

masuk kecil, penampang Chain besar) menunjukkan hasil tekanan terdistribusi yang relatif lebih besar. Hal ini disebabkan data tekanan ini merupakan resultan gaya yang terjadi pada sumbu x dan y dan terdistribusi di seluruh lambung kapal, sehingga dengan frontal area yang lebih besar maka geometri threechain 'landai' menghasilkan tekanan terdistribusi yang lebih besar dibandingkan geometri yang 'curam'.

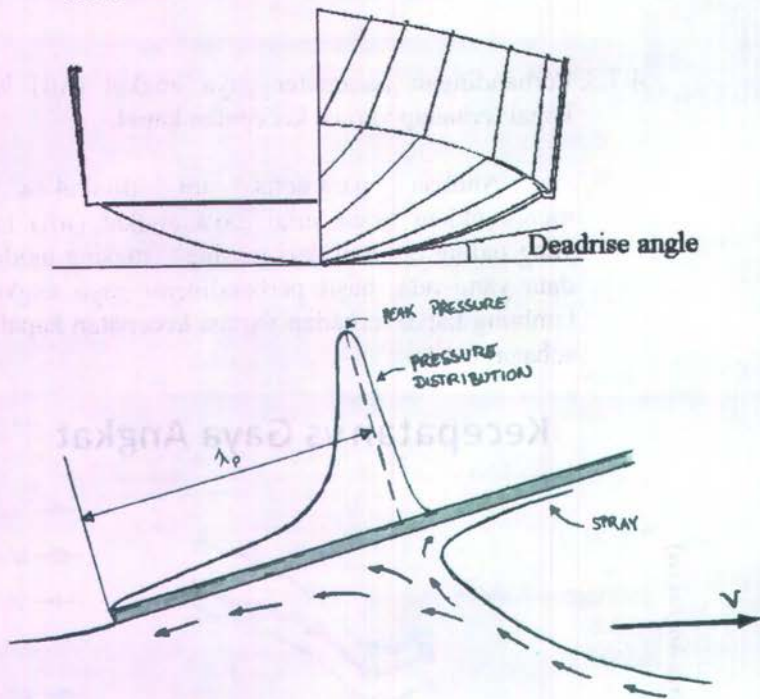
4.7.3. Perbandingan parameter gaya angkat (lift) lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan besar nilai gaya angkat (lift) lambung yang paling optimal dari masing – masing model. Dari data yang ada, hasil perbandingan gaya angkat (lift) lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal adalah sebagai berikut:



gambar 4.16. Grafik Kecepatan Vs Gaya Angkat

Pada gambar 4.16. dapat diamati korelasi antara kecepatan terhadap gaya angkat yang menunjukkan bahwa trend nilai gaya angkat membesar pada kecepatan yang bertambah tinggi. Hal ini disebabkan dengan kecepatan yang semakin tinggi, pada lambung planning yang memiliki dead rise angle antara $20^\circ - 30^\circ$ ke arah sumbu y positif efek lifting force akan semakin tinggi pula.



gambar 4.17. Geometri Planning Hull

Meningkatnya kecepatan kapal menyebabkan aliran fluida ke arah y negatif semakin cepat sehingga meningkatkan peak pressure yang berdampak pada bertambahnya gaya angkat lambung.

Tinjauan Geometri

Dalam grafik korelasi antara kecepatan terhadap gaya angkat dapat diamati bahwa, dengan kecepatan kapal yang semakin tinggi, gaya angkat kapal terkecil terjadi pada model F, E dan B, sedangkan gaya angkat kapal yang terbesar adalah model G, A dan C. Detail geometri adalah sebagai berikut:

Gaya angkat kapal terkecil

VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
B	1.5	3	0.5	0.5	20	60
E	2	3.2	0.5	0.5	28	30
F	2	3.2	0.5	0.5	28	60

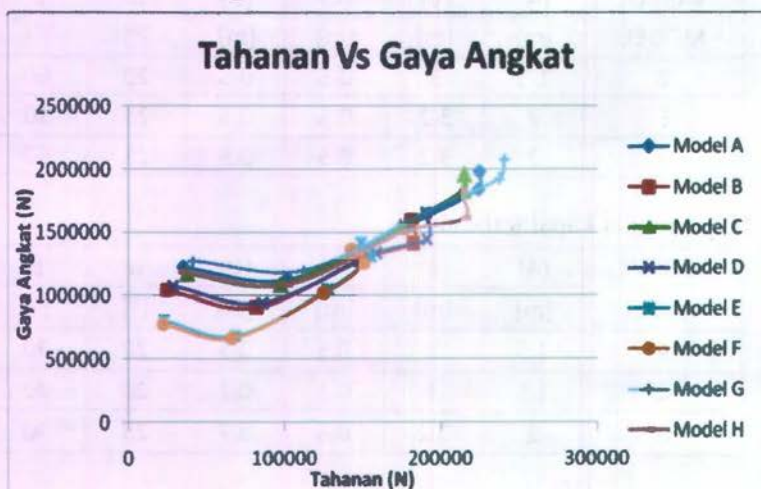
Gaya angkat kapal terbesar

VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
A	1.5	3	0.5	0.5	20	30
C	1.5	3	0.5	0.7	20	30
G	2	3.2	0.5	0.7	28	30

Dari data tersebut dapat diamati bahwa, geometri yang 'curam' (draft 2 m, sudut masuk besar, panampang Chain kecil) menghasilkan gaya angkat kapal yang relatif kecil, sedangkan geometri yang lebih 'landai' (draft 1,5 m, sudut masuk kecil, penampang Chain besar) menunjukkan gaya angkat kapal yang relatif lebih besar. Hal ini disebabkan geometri 'landai' memiliki penampang chain yang lebih besar sehingga dengan aliran fluida ke arah sumbu x positif, penampang yang lebih besar ini menyebabkan gaya angkat kapal semakin besar.

4.7.4. Perbandingan parameter tahanan kapal terhadap gaya angkat (lift) lambung kapal.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan korelasi antara tahanan kapal yang terjadi dengan besar gaya angkat lambung kapal. Dari data yang ada, hasil perbandingan tahanan kapal terhadap gaya angkat (lift) lambung kapal pada setiap model adalah sebagai berikut:



gambar 4.18. Grafik Tahanan Vs Gaya Angkat

Pada gambar 4.18. dapat diamati korelasi antara tahanan terhadap gaya angkat yang menunjukkan bahwa trend nilai gaya angkat membesar pada kecepatan yang bertambah tinggi. Namun nilai tahanan kapal menunjukkan trend yang menurun pada kecepatan tinggi. Korelasi antara tahanan dan gaya angkat dapat dihubungkan dengan fungsi kecepatan kapal karena trend ini dipengaruhi oleh fungsi penambahan kecepatan kapal pada saat simulasi. Dari

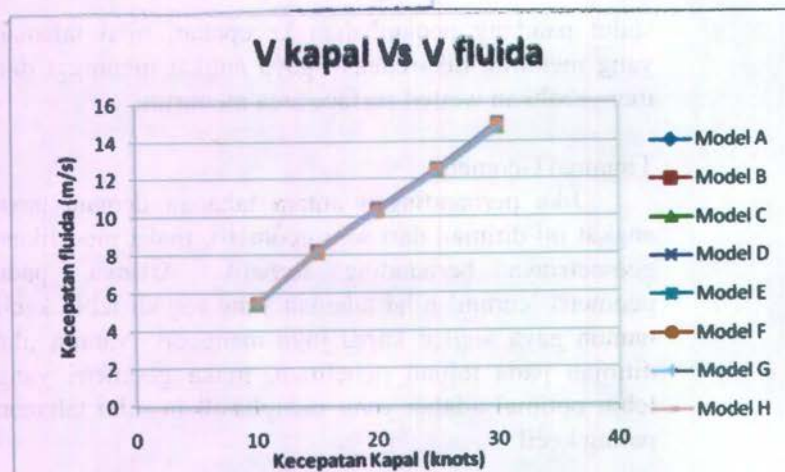
sudut pandang penambahan kecepatan, nilai tahanan yang menurun dikarenakan gaya angkat meninggi dan menyebabkan wetted surface area menurun.

Tinjauan Geometri

Jika perbandingan antara tahanan dengan gaya angkat ini ditinjau dari segi geometri, maka modifikasi geometrinya berbanding terbalik. Artinya, pada geometri 'curam' nilai tahanan yang terjadi lebih kecil namun gaya angkat kapal juga mengecil. Namun jika ditinjau pada tujuan penelitian, maka geometri yang lebih optimal adalah yang menghasilkan nilai tahanan paling kecil.

4.7.5. Perbandingan parameter kecepatan fluida air (water velocity) terhadap variasi kecepatan kapal.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan variasi model yang paling optimal dari segi bentuk / geometri Chain Tunnel untuk efisiensi propulsif. Data yang dianalisa adalah kecepatan aliran pada perkiraan posisi propeller, yaitu di koordinat ($x/-2$, $y/4$, $z/1.5$). Dari data yang ada, hasil perbandingan kecepatan fluida air terhadap variasi kecepatan pada setiap model adalah sebagai berikut:



gambar 4.19. Kecepatan Kapal Vs Kecepatan Fluida

Pada gambar 4.19. dapat diamati korelasi antara kecepatan kapal terhadap kecepatan fluida yang menunjukkan bahwa trend kecepatan fluida meningkat pada kecepatan kapal yang bertambah tinggi. Namun kecepatan fluida yang paling optimum terdapat pada variasi planning chain yang lebih tinggi derajat "rise angle" nya (60°).

Tinjauan Geometri

Dalam grafik korelasi antara kecepatan kapal terhadap kecepatan fluida dapat diamati bahwa, dengan kecepatan kapal semakin tinggi, kecepatan fluida yang terkecil terjadi pada model G, C dan A, sedangkan kecepatan fluida yang terbesar adalah model D, B dan F. Detail geometri adalah sebagai berikut:

Kecepatan fluida terkecil

VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
A	1.5	3	0.5	0.5	20	30
C	1.5	3	0.5	0.7	20	30
G	2	3.2	0.5	0.7	28	30

Kecepatan fluida terbesar

VARIASI	(A)	(B)	(C)	(D)	α	β
MODEL	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
B	1.5	3	0.5	0.5	20	60
D	1.5	3	0.5	0.7	20	60
F	2	3.2	0.5	0.5	28	60

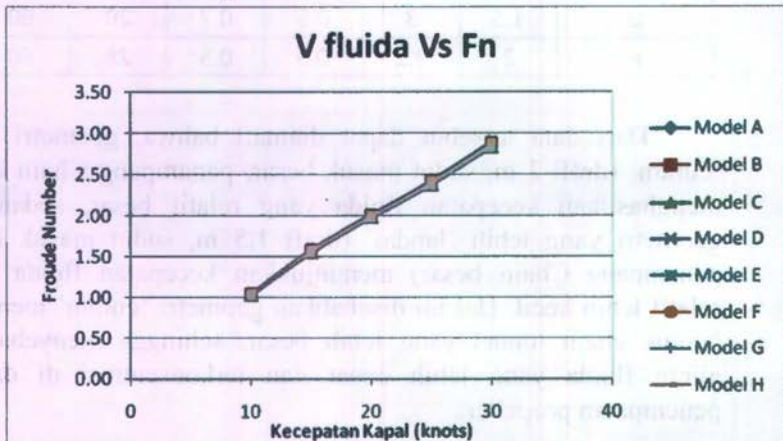
Dari data tersebut dapat diamati bahwa, geometri yang 'curam' (draft 2 m, sudut masuk besar, penampang Chain kecil) menghasilkan kecepatan fluida yang relatif besar, sedangkan geometri yang lebih 'landai' (draft 1,5 m, sudut masuk kecil, penampang Chain besar) menunjukkan kecepatan fluida yang relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan geometri 'curam' memiliki bentuk chain tunnel yang lebih besar, sehingga menyebabkan aliran fluida yang lebih cepat dan terkonsentrasi di daerah penempatan propeller.

4.7.6. Perbandingan parameter kecepatan fluida air (*water velocity*) terhadap *Froude Number*.

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan fase kecepatan yang terjadi pada masing – masing model. Dimana parameter fase kecepatan kapal tersebut adalah sebagai berikut:

- Mode Displasemen Murni ($0,0 < F_n < 0,6$)
- Mode Semiplaning ($0,6 < F_n < 1,2$)
- Mode Planning Penuh ($F_n > 1,2$)

Dari data yang ada, hasil perbandingan kecepatan fluida air terhadap *Froude Number* pada setiap model adalah sebagai berikut:



gambar 4.20. Kecepatan Fluida Vs *Froude Number*

Dari data tersebut dapat diamati bahwa, fase semi planning terjadi pada kecepatan 10 knot. Sedangkan pada kecepatan di atas 15 knot, terjadi fase planning penuh pada seluruh model.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari semua rangkaian pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Dengan kecepatan kapal yang semakin tinggi, efek "*lifting force*" dari lambung *planning* semakin besar sehingga menyebabkan *wetted surface area* (WSA) kapal semakin kecil. Dengan mengecilnya WSA, maka tahanan kapal menurun.
2. Terjadi elevasi lambung kapal pada kecepatan yang semakin tinggi. Hal ini terjadi karena data berupa tekanan total diambil pada *domain* yang *statis* (diam). Jadi walaupun kecepatan bertambah tinggi, namun jika tekanan yang terjadi diambil pada objek yang diam, maka dengan data rata-rata tekanan pada lambung kapal yang menurun berarti terjadi elevasi lambung kapal ke atas (sumbu y positif).
3. Dengan kecepatan yang semakin tinggi, pada lambung *planning* yang memiliki *dead rise angle* antara $20^\circ - 30^\circ$ ke arah sumbu y positif efek *lifting force* akan semakin tinggi pula.
4. Korelasi antara tahanan dan gaya angkat dapat dihubungkan dengan fungsi kecepatan kapal karena *trend* ini dipengaruhi oleh fungsi penambahan kecepatan kapal pada saat simulasi. Dari sudut pandang penambahan kecepatan, nilai tahanan yang menurun dikarenakan gaya angkat meningkat dan menyebabkan *wetted surface area* menurun.
5. *Trend* kecepatan fluida meningkat pada kecepatan kapal yang bertambah tinggi. Namun kecepatan fluida yang paling optimum terdapat pada variasi *planning chain* yang lebih tinggi derajat "*rise angle*" nya (60°).

6. Dari analisa geometri yang telah dilakukan maka diambil kesimpulan bahwa modifikasi geometri lambung ThreeChain yang paling optimal adalah model F. Hal ini dikarenakan model ini menghasilkan nilai tahanan kapal yang rendah namun bentuk chain tunnelnya yang curam mampu menghasilkan efisiensi propeller yang tinggi (dari segi kecepatan aliran). Walaupun dalam aspek gaya angkat kapal nilainya kecil, namun parameter yang lebih penting adalah tahanan kapal (aspek yang menjadi tujuan penelitian).

5.2. SARAN

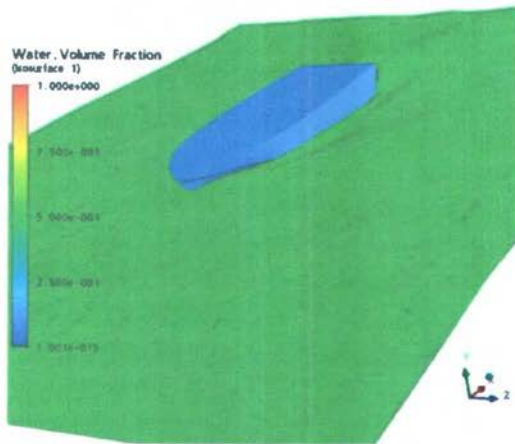
Pengerjaan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan - kekurangan, diantaranya adalah terbatasnya referensi dan durasi waktu pengerjaan. Sehingga variasi-variasi model lambung ThreeChain ini kurang. Dan pada akhirnya pengetahuan mengenai karakteristik fluida terhadap bentuk lambung yang masih sedikit variasinya menjadi kurang.

Bertolak dari itu semua, penulis menyarankan untuk membuat bentuk lambung yang lebih bervariasi terhadap geometri kapal tersebut. Sehingga diharapkan data pembandingan yang didapatkan cukup banyak untuk menentukan bentuk modifikasi lambung ThreeChain yang lebih optimal. Selain itu perlu disiapkan juga pengetahuan yang cukup tentang metode CFD terutama yang berbasis *free surface* agar waktu pengerjaan lebih optimal.

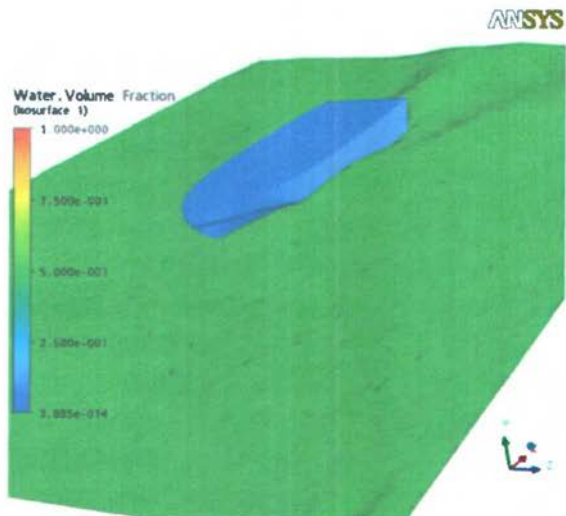
DAFTAR PUSTAKA

1. Adji S.W, 2001. "*Propulsion of Ship*". Diktat Mata Kuliah Tahanan Kapal. JTSP FTK-ITS. Surabaya.
2. Bertram, Volker. 2000. "*Practical Ship Hydrodynamics*". Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford
3. Harvald, Sv Aa. 1983. "Tahanan dan Propulsi Kapal". Airlangga University Press. Surabaya.
4. John D, Anderson, Jr. 1984 . "*Computational Fluid Dynamics*". McGraw-Hill. Singapore.
5. Lewis, Edward. 1988. "*Principle of Naval Architecture: Vollesistance, Propulsion*". *The Society of Naval Architects and Marine Engineers. USA*
6. Beck, Robert. 2001. "*Twenty-Third Symposium on Naval Hydrodynamics*" *University of Michigan. USA.*

LAMPIRAN

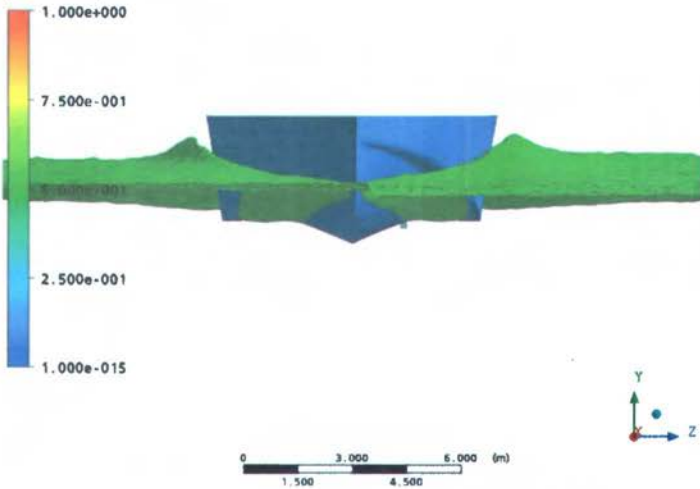


Gambar prediksi gelombang (30 knots)



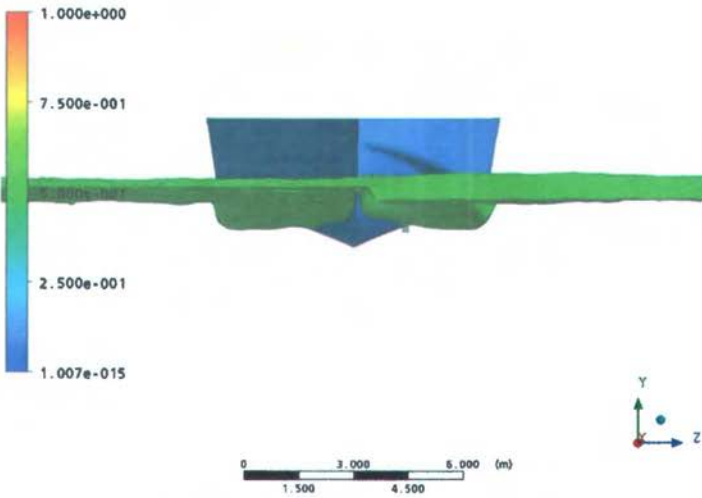
Gambar prediksi gelombang (10 knots)

Water Volume Fraction
(Isosurface 1)



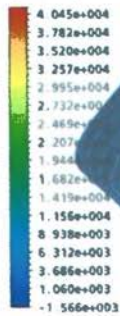
Gambar prediksi gelombang (30 knots)

Water Volume Fraction
(Isosurface 1)

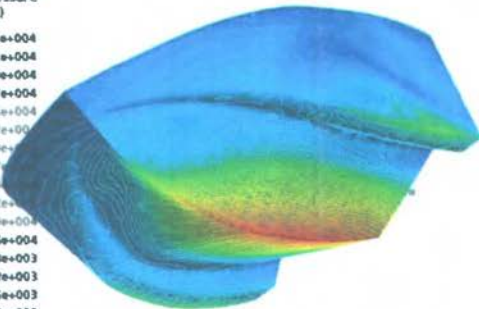


Gambar prediksi gelombang (10 knots)

Total Pressure
(Contour 1)



[Pa]

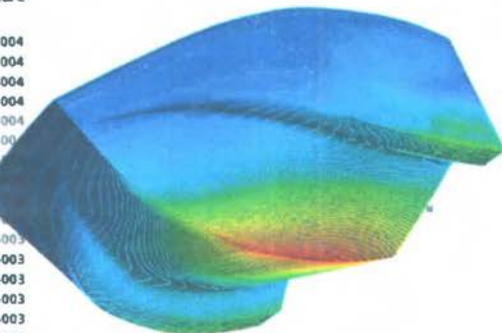


Gambar tekanan total 30 knots

Total Pressure
(Contour 1)



[Pa]



Gambar tekanan total 10 knots

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surakarta, 20 Februari 1986, merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah antara lain yaitu di TK ABA, SDN Jagir I Surabaya, SLTPN I3 Surabaya, dan SMU Negeri 16 Surabaya. Lulus dari SMU Negeri 16 Surabaya pada tahun 2004, penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS

melalui jalur Reguler pada tahun 2004. Terdaftar dengan NRP. 4204 100 045. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD). Pada kesehariannya, penulis aktif sebagai Grader di Laboratorium Perancangan dan Rekayasa (*Marine Design Laboratory*) Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS Surabaya. Sempat juga menjadi panitia di beberapa seminar nasional yang diadakan di ITS.