



TUGAS AKHIR – ME 184834

**PERENCANAAN SISTEM PROPULSI *WATERJET* PADA KAPAL
TANK TRIMARAN**

**Dimas Fajar Prambudi L
NRP. 0421174600012**

Dosen Pembimbing :

Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng., FIMarEST., MRINA.

Ir. Toni Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



BACHELOR THESIS – ME 184834

**PLANNING OF WATERJET PROPULSION SYSTEM ON TRIMARAN
TANK SHIP**

**Dimas Fajar Prambudi L
NRP. 0421174600012**

Supervisor :

Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng., FIMarEST., MRINA.

Ir. Toni Bambang Musriyadi, PGD., M.MT.

**DEPARTEMEN OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN**PERENCANAAN SISTEM PROPULSI WATERJET PADA KAPAL TANK
TRIMARAN****TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Marine Fluid Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

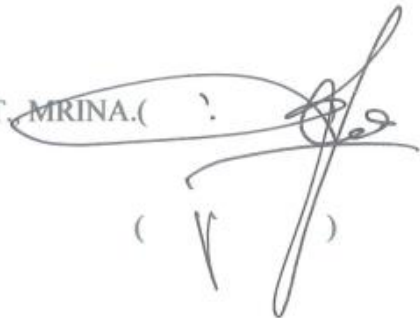
Oleh:

Dimas Fajar Prambudi L
NRP. 04211746000012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil., CEng., FIMarEST, MRINA. ()
NIP. 196809281991021001

2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT
NIP. 195904101987011001

Handwritten signature and initials in black ink. The signature is a large, stylized scribble. Below it, there are two sets of initials: the first set is a large 'V' shape, and the second set is a smaller, more complex scribble.

Surabaya, Januari 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN SISTEM PROPULSI *WATERJET* PADA KAPAL TANK TRIMARAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Marine Fluid Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Dimas Fajar Prambudi L
NRP. 04211746000012

Disetujui Oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



[Signature]
Daisy Cahyono, S.T., M.T., Ph. D.
NIP. 1979031920008011008

Surabaya, Januari 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN SISTEM PROPULSI WATERJETi PADA KAPAL TANK TRIMARAN

Nama Mahasiswa : Dimas Fajar Prambudi L
NRP : 04211746000012
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Toni Bambang Musriyadi, PGD., M.MT

ABSTRAK

Kapal Tank Trimaran merupakan kapal yang memiliki 3 lambung, dimana kapal tank trimaran memiliki tahanan yang besar pada saat dioperasikan pada kecepatan rendah. Oleh sebab itu kapal dirancang sebagai kapal cepat, dimana system propulsinya menggunakan *waterjet*. System *Waterjet* sendiri telah lama dipakai sebagai penggerak utama pada berbagai jenis kapal. *Waterjet* memiliki keunggulan diantaranya adalah memiliki olah gerak kapal yang sangat baik pada kecepatan yang relatif tinggi dan mempunyai akselerasi yang baik dan sangat mungkin dioperasikan diperairan yang dangkal. Dalam penelitian ini penulis melakukan perhitungan tahanan kapal dengan menggunakan metode *Slander body* dan kebutuhan daya yang digunakan untuk menggerakkan kapal. Dengan menggunakan metode *Slander Body* nilai tahan total kapal kapal kecepatan penuh (*full speed*) yaitu 22 knot sebesar 26.8 kN. Setelah nilai tahanan kapal diketahui, selanjutnya menghitung kebutuhan daya mesin induk kapal. Hasilnya yaitu sebesar 317.00 kw pada kecepatan *full speed* 22 knot dengan kecepatan putar sebesar 3289.743 RPM.

Kata Kunci : Kapal Tank, *Trimaran*, *Waterjet*, *Matching*

Halaman sengaja dikosongkan

PERENCANAAN SISTEM PROPULSI WATERJETi PADA KAPAL TANK TRIMARAN

Nama Mahasiswa : Dimas Fajar Prambudi L
NRP : 0421174600012
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Toni Bambang Musriyadi, PGD., M.MT

ABSTRACT

Trimaran Tank Ship is a ship that has 3 hulls, that has a large resistance when operated at low speed. Therefore the ship is designed as a fast ship, and using waterjet for propulsion system. The Waterjet system has long been used as a prime mover on various types of ships. The advantage for using waterjet system is having a very good ship motion at a relatively high speed and has good acceleration and is very possible to operate in shallow waters. In this study the authors calculated ship resistance using the Slander body method and base on the power requirements used to move the ship. By using the Slander Body method the total resistance value of a full speed boat (22 knots) is 26.8 kN. After the value of the ship's resistance is known, then calculate the power requirements of the ship's main engine. The result is 317.00 kw at full speed of 22 knots with a rotating speed of 3289,743 RPM

Keywords: Ship Tank, Trimaran, Waterjet, Matching

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGHANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala karuniaNya. Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi tugas yang diberikan kepada mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan sebagai salah satu syarat guna mencapai gelar Sarjana.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Terimakasih ini saya sampaikan khususnya kepada :

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan RahmatNya.
2. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberi masukan, dukungan dan nasehat sehingga penulis dapat melewati tahap sarjana ini.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D. selaku ketua departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Edi Jadmiko ST., MT. selaku Dosen Wali.
5. Bapak Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil., CEng., FIMarEST., MRINA. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis menyelesaikan penelitian ini.
6. Bapak Ir. Toni Bambang Musriyadi, PGD., M.MT. yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis menyelesaikan penelitian ini.
7. Seluruh Dosen Departeme Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu beserta pengalamannya selama ini.
8. Teman – teman lab MMS Teknik Sistem Perkapalan beserta pengurus dan jajaranya.
9. Teman – teman Lintas Jalur tahun 2017 semester genap Teknik Sistem Perkapalan.
10. Teman – teman kontrakan sahabat unyil yang selalu memberi hiburan dan keceriaan disat susah maupun stres.
11. Teman – teman seangkatan maupun adik kelas Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang selalu memberi dukungan dan hujatan..
12. Serta seluruh orang yang telah terlibat dan mendukung terselesainnya tugas akhir ini.

Semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan serta ilmu yang bermanfaat bagi para pembaca sekalian.

Waasalamu’alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2019

Penyusun

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

COVER	i
COVER	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGHANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah	2
BAB 2	3
2.1 Tahanan Kapal	3
2.1.1. Tahanan Gesek	3
2.1.2. Tahanan udara	4
2.1.3. Tahanan Gelombang.....	4
2.1.4. Tahanan Tambahan	4
2.2 Sistem Propulsi <i>Waterjet</i>	4
2.3 Komponen <i>waterjet</i>	6
2.4 Karakteristik Sistem Propulsi <i>Waterjet</i>	6
2.4.1. Daya Dorong Efektif (<i>Effective Horse Power</i>).....	6
2.4.2. Daya Dorong (<i>Thrust Hourse Power</i>).....	6

2.4.3.	Daya Poros (<i>Shaft Horse Power</i>)	7
2.4.4.	Daya Rem (<i>Brake Horse Power</i>).....	7
2.5	Teori Dasar Sistem Propulsi <i>Waterjet</i>	7
2.5.1	Gross Thrust	7
2.5.2	<i>Momentum Drag</i>	8
2.5.3	Penyertaan Aspek Kerugian pada Perhitungan	9
2.5.4	<i>Inlet Losses</i>	10
2.5.5	<i>Nozzle Losses</i>	10
2.5.6	Efek Ketinggian Posisi Nossel	11
2.5.7	Penggabungan Persamaan Kerugian dann Efek Ketinggian	11
2.6	Effisiensi Sistem Propulsi <i>Waterjet</i>	11
2.6.1	Effisiensi <i>waterjet</i> (η_J).....	11
2.6.2	Effisiensi Pompa (η_p)	12
2.6.3	Effisiensi Transmisi (η_T).....	13
2.6.4	Effisiensi Badan Kapal	13
2.6.5	Effisiensi Propulsif Keseluruhan	14
2.7	Putaran Spesifik dan <i>Head</i> Pompa	14
2.7.1.	Putaran Spesifik.....	14
2.7.2.	<i>Pump Head</i>	15
2.8	Kavitasi	16
2.9	Pompa.....	17
2.9.1.	Centrifugal Pump	17
2.9.2.	<i>Mixed Flow Pump</i>	18
2.9.3.	<i>Axial Pump</i>	19
2.10	Engine <i>Waterjet</i> Matching	20
BAB 3	21
3.1	Studi Literatur.....	22
3.2	Pengumpulan Data	22
3.3	Analisa Data.....	22
3.4	Engine <i>Waterjet</i> Matching	22
3.5	Kesimpulan	22

3.6	Jadwal Pelaksana	23
BAB IV	25
4.1.	Data Kapal	25
4.2.	Lambung Kapal	25
4.3.	Analisa Tahanan Kapal.....	26
4.4.	Perhitungan Daya Mesin	29
4.4.1.	Efective Horse Power (EHP).....	29
4.4.2.	Perhitungan Daya Dorong	29
4.4.3.	Menghitung Daya Penggerak Utama.....	30
4.4.4.	Perhitungan Volume Tanki Bahan Bakar	30
4.5.	Perhitungan <i>Waterjet</i>	31
4.5.1.	Perhitungan Dimensi <i>Waterjet pump</i>	31
4.5.2.	Kecepatan jet (V_j)	32
4.5.3.	<i>Jet Velocity Ratio</i>	33
4.5.4.	<i>Efisiensi Waterjet</i> (η_j).....	33
4.5.5.	<i>Efisiensi Pompa</i> (η_P).....	34
4.5.6.	<i>Efisiensi Relative Rotative</i> (η_r).....	34
4.5.7.	<i>Efisiensi Transmisi</i> (η_T).....	34
4.5.8.	<i>Overall Propulsive Coefficient</i> (OPC).....	34
4.5.9.	Perhitungan Ulang Kebutuhan Daya Mesin	35
4.6.	Kapasitas Pompa dan Head Pompa.....	35
4.6.1.	Kapasitas Pompa	35
4.6.2.	<i>Pump Head</i>	36
4.6.3.	Daya Mesin.....	37
4.7.	Kavitasi	37
4.7.1.	Nilai KT_{WJ}/J^2_{WJ}	37
4.7.2.	<i>Thrust Coeffisien dan Advance Ratio</i>	39
4.7.3.	<i>Thrust Waterjet</i> (T_{wj})	47
4.7.4.	<i>Cavitation Number</i>	48
4.7.5.	<i>Cavitation Thrust Limit</i> (T_{CAV}).....	49
4.7.6.	<i>Engine Waterjet Matching</i>	50

4.8. <i>Layout</i>	52
4.9. <i>Analisa</i>	53
BAB V	55
5.1 <i>Kesimpulan</i>	55
5.2 <i>Saran</i>	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A GENERAL ARANGGEMENT KAPAL TANK	59
LAMPIRAN B MAIN ENGINE	61
LAMPIRAN C WATERJET	65
BIODATA PENULIS	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 <i>Waterjet</i>	5
Gambar 2 2 Grafik efisiensi jet dengan nilai koefisien kerugian	10
Gambar 2 3 Grafik kerja pompa, putaran spesifik dan jenis <i>impeller</i>	15
Gambar 2 4 <i>Cavitation coefficient</i>	16
Gambar 2 5 Grafik kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal	18
Gambar 2 6 Grafik Kurva Karakteristik <i>Mixed Flow Pump</i>	18
Gambar 2 7 Grafik Kurva Karakteristik <i>Dimensionless Head Capacity</i> Axial Pump ...	19
Gambar 2 8 Perbandingan <i>Axial Pump</i> dan <i>Radial Flow Pump</i>	19
Gambar 2 9 Grafik <i>Jet Thrust Coefficient</i>	20
Gambar 3 1 Diagram Alur Pengerjaan	21
Gambar 4 1 Pemodelan Kapal	25
Gambar 4 2 <i>Sheer Plan</i>	26
Gambar 4 3 <i>Body Plan</i>	26
Gambar 4 4 Diagram perbandingan antara <i>power vs speed</i>	27
Gambar 4 5 Data kapal	27
Gambar 4 6 Tahanan dan Daya	28
Gambar 4 7 Grafik <i>Power Density</i>	31
Gambar 4 8 Grafik efisiensi dengan Kt/J	38
Gambar 4 9 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 14 knots	39
Gambar 4 10 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 15 knots	40
Gambar 4 11 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 16 knots	41
Gambar 4 12 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 17 knots	42
Gambar 4 13 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 18 knots	43
Gambar 4 14 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 19 knots	44
Gambar 4 15 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 20 knots	45
Gambar 4 16 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 21 knots	46
Gambar 4 17 Kurva <i>waterjet loaded</i> di 22 knots	47
Gambar 4 18 <i>Cavitation Coefficient</i>	49
Gambar 4 19 Kecepatan Kapal – Daya Mesin	51
Gambar 4 20 Kecepatan Putar – Daya Mesin	51
Gambar 4 21 <i>Engine Waterjet Matching</i>	52
Gambar 4 22 <i>Layout</i> Sistem Propulsi <i>Waterjet</i> Tampak Samping	52
Gambar 4 23 <i>Layout</i> Sistem Propulsi <i>Waterjet</i> Tampak Atas	53

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4 1 Hasil Perhitungan Efisiensi Propulsi.....	34
Tabel 4 2 Hasil Perhitungan Kapasitas Pompa pada Variasi Kecepatan Kapal	36
Tabel 4 3 Hasil Perhitungan <i>Head Pump Waterjet</i>	37
Tabel 4 4 Hasil Perhitungan Daya Mesin.....	37
Tabel 4 5 Nilai KT_{wj}/J^2_{wj}	38
Tabel 4 6 Nilai Kurva <i>Waterjet loaded</i> terhadap Nilai J	39
Tabel 4 7 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 14 knots.....	40
Tabel 4 8 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 15 knots.....	40
Tabel 4 9 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 16 knots.....	41
Tabel 4 10 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 17 knots.....	42
Tabel 4 11 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 18 knots.....	43
Tabel 4 12 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 19 knots.....	44
Tabel 4 13 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 20 knots.....	45
Tabel 4 14 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 21 knots.....	46
Tabel 4 15 <i>Thrust coefisien</i> dan <i>advance ratio</i> di 22 knots.....	47
Tabel 4 16 Nilai <i>Thrust Waterjet</i>	48
Tabel 4 17 <i>Cavitation Number</i>	49
Tabel 4 18 Kavitasi pada setiap kecepatan.....	50
Tabel 4 19 Kebutuhan Daya pada Kecepatan setiap Variasi Kecepatan	50

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar kapal-kapal perang yang ada di Indonesia merupakan kapal yang menggunakan monohull dengan system propulsinya menggunakan propeller. Di negara-negara maju sudah mulai mengembangkan kapal yang menggunakan multihull salah satunya yaitu trimaran. Kapal trimaran merupakan kapal yang memiliki 3 lambung yang terdiri dari *mainhull* dan *demihull*. Dimana kapal trimaran akan memiliki tahanan yang besar pada saat dioperasikan pada kecepatan rendah. Oleh sebab itu kapal - kapal ini dirancang sebagai kapal cepat, dimana propulsinya menggunakan *waterjet*.

System *waterjet* merupakan system yang pengoperasiannya menggunakan system semburan air sebagai media pendorongnya. *Waterjet* sendiri telah lama dikenal dan digunakan sebagai system penggerak berbagai jenis kapal, namun aplikasi secara luas masih perlu dilakukan pengkajian ulang guna untuk menentukan karakteristik kapal yang cocok menggunakan propulsi water jet terutama pada saat kapal beroperasi pada kecepatan *service* menuju kecepatan dinas. Seiring berkembangnya teknologi saat ini penggunaan system propulsi untuk *waterjet* semakin meningkat. Dikarenakan system *waterjet* memiliki beberapa keunggulan diantaranya adalah memiliki olah gerak kapal yang sangat baik pada kecepatan yang relatif tinggi dan mempunyai akselerasi yang baik dan sangat mungkin dioperasikan diperairan yang dangkal.

Pada penelitian ini akan dilakukan penentuan system propulsi *waterjet* yang akan digunakan pada kapal tank ini. Pengerjaan skripsi ini bermula dari perhitungan tahanan total kapal, penentuan kebutuhan daya mesin kapal dan daya pompa *waterjet* serta proses *Engine waterjet matching* antara mesin dengan pompa *waterjet*. Dimana hasil akhir dari skripsi ini berupa nilai tahanan total kapal dan daya mesin induk sebagai pengoperasian kapal tank ini.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan dalam studi kasus ini, adalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai tahanan total kapal tank pada variasi kecepatan ?
2. Berapa daya motor induk yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tank pada setiap variasi kecepatan ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini:

1. Mengetahui nilai tahanan total kapal tank pada variasi kecepatan
2. Mengetahui nilai daya motor induk yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tank pada setiap variasi kecepatan

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui efisiensi dari main engine dan propulsi *waterjet*.

1.5. Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini menggunakan *software* computer (*maxsurf*) dalam melakukan analisa design.
2. Perhitungan mesin induk
3. Perhitungan system propulsi *Waterjet*
4. Tidak menghitung stabilitas

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Tahanan Kapal

Untuk menggerakkan sebuah kapal, hal yang perlu diperhatikan pertama kali adalah tahanan, yaitu gaya yang bekerja melawan penggeraknya. Perhitungan dari tahanan ini (R) sangat penting dalam pemilihan sistem propulsinya, tahanan sebuah kapal pada dasarnya dipengaruhi oleh kecepatan, *displacement*, dan bentuk *hull* kapal. Tahanan total (RT) berisi dari berbagai sumber tahanan yang dapat dibagi menjadi empat bagian, yaitu $R_t = R_{\text{gesek}} + R_{\text{gelombang}} + R_{\text{udara}} + R_{\text{tambahan}}$

2.1.1. Tahanan Gesek

Tahanan gesek terjadi karena adanya energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskositas fluida atau akibat gesekan air terhadap badan kapal. Ada dua jenis aliran fluida yaitu *laminar* dan *turbulen*. *Laminar flow* yaitu cairan yang bergerak dengan meluncurnya laminasi ketebalan yang relative sangat keil terhadap lapisan yang berdekatan. *Turbulent flow* ditandai oleh fluktuasi kecepatan pada semua titik medan aliran dan fluktuasi ini tanpa frekuensi yang pasti.

$$R_n = \frac{L V_s}{\nu} \quad (2.1)$$

Pada penerapannya rumus perhitungan tahanan gesek yang diambil dari ITTC'57 adalah sebagai berikut :

$$C_f = \frac{0,075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

- L = *Length of ship*
- V_s = Velocity
- ν = viskositas air pada temperature standart

$$R_f = 0.5 \rho C_f S V_s^2 \quad (2.3)$$

Dimana :

- R_f = Tahanan gesek (N)
- ρ = Massa jenis air laut (kg/m³)
- C_f = Koefisien tahanan gesek
- S = Luas permukaan basah kapal
- V_s = Kecepatan kapal (m/s)

2.1.2. Tahanan udara

Tahanan udara adalah tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal yang berada di atas permukaan air dan bangunan atas akibat gerakannya udara atau angin. Perhitungan tahanan udara menurut (Faltinsen, 2005) diformulasikan sebagai berikut :

$$R_{aa} = 0.5 \times \rho_a \times C_d \times A \times V^2 \quad (2.4)$$

Dimana :

- ρ_a = Density udara (kg/m^3)
- A = Luasan proyeksi penampang melintang kapal (m^2)
- C_d = Koefisien tahanan udara berkisar antara 0.5 – 0.7

2.1.3. Tahanan Gelombang

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh bentuk badan lambung dan adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang. Perumusan dari tahanan gelombang menurut Lunde (1951) sebagai berikut :

$$R_w = (C_w \times \pi \times 0,5 \times \rho \times V^2 \times V_s^{0,6}) / 125 \quad (2.5)$$

Dimana :

- R_w = Tahanan gelombang
- C_w = Koefisien Tahanan gelombang
- V = Volume displacement

Koefisien tahanan gelombang (C_w) merupakan penjumlahan koefisien tahanan gelombang *divergen* (C_{wd}) dan *tranverse* (C_{wt}). Kemudian C_w , C_{wd} dan C_{wt} merupakan fungsi dari *Froude number* (F_n) = $U/(Lg)0.5$.

Jika F_n lebih dari sama dengan 0,8, maka C_{wd} memberikan kontribusi utama terhadap besarnya tahanan gelombang.

2.1.4. Tahanan Tambahan

Tahanan yang diakibatkan karena adanya komponen – komponen tambahan dari kapal di dalam air, seperti *bilge keel*, *struts*, *edge*, *skegs*, dsb. Besarnya tahanan ini antara 8% sampai 14% dari tahanan total lambung

2.2 Sistem Propulsi *Waterjet*

Kapal dengan sistem propulsi *waterjet* adalah kapal yang dalam pengoperasian geraknya menggunakan sistem semburan air sebagai media pendorongnya, sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan dinasnya. Kapal yang menggunakan sistem propulsi *waterjet* memiliki dua ruang lingkup sistem, yaitu terdiri dari sistem lambung kapal yang polos (*bare hull system*) dan sistem *waterjet*.

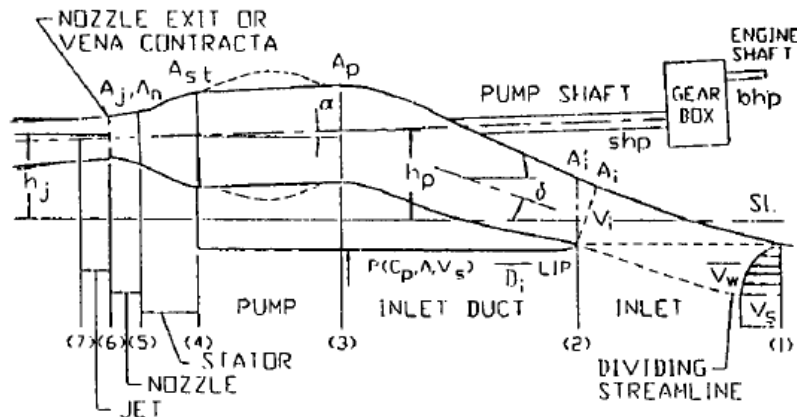
Yang dimaksud dengan sistem lambung kapal polos atau *bare hull system* adalah badan kapal tanpa *water jet* terpasang didalamnya. Namun dalam perhitungan berat

serta posisi titik berat kapal (center of gravity) harus merupakan berat badan kapal dalam keadaan beroperasi dilaut, sehingga harus diikutsertakan juga berat air yang masuk melalui sistem water jet (entrained water). Sedangkan sistem water jet, umumnya terdiri dari

- Sistem pompa (pump system)
- Sistem saluran (ducting system).
- Sistem *nozzle*

Sistem pompa berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga hidrolis. Sedangkan sistem saluran berfungsi untuk mengarahkan laju aliran dari lingkungan ke pompa dan dari pompa untuk kembali ke lingkungan melalui *nozzle*, untuk fungsi *nozzle* adalah untuk mempercepat laju aliran sehingga dapat menghasilkan gaya dorong yang besar.

Dalam proses sistem propulsi *waterjet*, fluida atau air dari lingkungan akan dihisap melalui intake sebagai lubang masuknya fluida yang ada di dasar kapal, kemudian laju aliran fluida yang terhisap akan dipercepat oleh aktuator yang biasanya berupa pompa mekanis dan selanjutnya fluida disemburkan kembali ke lingkungan melalui *nozzle* sebagai lubang keluarnya fluida yang terletak diatas permukaan air. Semburan air melalui *nozzle* diatur oleh *deflector* untuk mengatur laju pergerakan kapal maju atau mundur sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.



Gambar 2 1 *Waterjet*

Sumber : Allison et.al, 1993

Laju aliran air yang tersembur melalui lubang nossel akan menghasilkan gaya dorong (*thrust*), hal ini dikarenakan adanya kenaikan kecepatan aliran yang masuk melalui saluran untuk kemudian menyebabkan terjadinya perbedaan momentum, sehingga dapat membuat kapal dapat bergerak.

Perhatian yang utama dari system *waterjet* adalah keseimbangan antara gaya dorong yang dibutuhkan untuk mendorong kapal sehingga dapat bergerak maju sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dengan gaya dorong sesungguhnya yang diberikan oleh system *waterjet*.

Adapun kelebihan dari menggunakan system propulsi *waterjet* yaitu

- Mengurangi tahanan total kapal akibat tidak adanya *propeller*
- Dapat dioperasikan pada perairan dangkal
- Mempunyai kemampuan akselerasi yang baik
- Dengan peletakan *impeller* dalam selongsong badan kapal akan dapat mengurangi getaran dan kebisingan.
-

2.3 Komponen *waterjet*

Sistem *waterjet* memiliki komponen-komponen utama yang sangat menentukan kinerjanya, untuk pemilihannya sebagai suatu sistem propulsi lebih rumit dan lebih kompleks dibandingkan dengan pemilihan *propeller*, komponen tersebut meliputi : Mesin penggerak (*main engine*), mesin transmisinya, pompa, *thrust nozzle*, trust vectoring dan mekanisme pembalik, *diffuser*, *ducting* dan *intake*.

2.4 Karakteristik Sistem Propulsi *Waterjet*

Pada karakteristik sistem propulsi *waterjet*, penerapan prinsip reaksi hanya berbeda pada metode dan mekanisme yang digunakan untuk menghasilkan suatu aksi gerakan. Dengan adanya aksi gaya dorong, akan menyebabkan kapal dapat bergerak ke depan dengan kecepatan tertentu dan reaksi dari fluida terhadap kapal akan menimbulkan tahanan (*resistance*). Gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan system propulsi *waterjet* diakibatkan karena adanya kenaikan momentum aliran dari saluran *inlet* sampai *outlet*.

2.4.1. Daya Dorong Efektif (*Effective Horse Power*)

Daya dorong efektif (EHP) sistem propulsi *waterjet* adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan tertentu. Daya dorong yang dihasilkan suatu sistem propulsi harus mampu mengatasi beban tahanan aliran agar kecepatan yang direncanakan dapat tercapai. Persamaan gaya dorong efektif adalah :

$$EHP = RT \times V_s \quad (2.6)$$

Dimana :

- EHP = Daya Effective (kw)
- RT = Tahanan Kapal (kN)
- Vs = Kecepatan Kapal (m/s)

2.4.2. Daya Dorong (*Thrust Hourse Power*)

Daya dorong adalah besarnya daya yang dihasilkan oleh kerja dari alat gerak kapal (*propulsor*) untuk mendorong badan kapal. Daya Dorong merupakan fungsi dari gaya dorong dan laju aliran fluida yang terjadi saat alat gerak kapal bekerja. Adapun persamaan Daya Dorong dapat dituliskan sebagai berikut :

$$THP = T \times V_a \quad (2.7)$$

$$V_a = V_s \times (1-w) \quad (2.8)$$

$$T = R_t / (1-t) \quad (2.9)$$

Dimana :

THP = Daya Dorong (kw)

T = Gaya Dorong (kN)

V_a = Kecepatan advance aliran fluida dibagian buritan kapal (m/s)

T = Faktor deduksi gaya

= (-0,05) – 0,2 untuk tahap perhitungan awal = 0

2.4.3. Daya Poros (*Shaft Horse Power*)

Untuk kapal kamar mesin yang terletak dibagian belakang akan mengalami losses sebesar 2% (bekerja 98%), sedangkan pada kapal yang kamar mesin yang terletak pada daerah *midship*, kapal mengalami losses sebesar 2% (Principal of Naval Architecture, hal 131). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga :

$$SHP = DHP / \eta_s \quad (2.10)$$

Dimana :

η_s = Effisiensi Shaft

2.4.4. Daya Rem (*Brake Horse Power*)

Merupakan daya yang dihasilkan oleh motor penggerak utama (*main engine*) dengan tipe marine diesel engine.

$$BHP = SHP / \eta_G \quad (2.11)$$

Jika BHP dari hasil perhitungan manual dari *maxsurf* adalah BHP_{SCR} maka BHP_{MCR} untuk satu main engine dengan margin 15% adalah sebagai berikut :

$$BHP_{MCR} = \frac{BHP}{85\%} \quad (2.12)$$

2.5 Teori Dasar Sistem Propulsi *Waterjet*

2.5.1 Gross Thrust

Gaya dorong ini diciptakan oleh propulsor karena adanya aliran momentum air dari nosel. Gaya ini yang digunakan dalam sistem propulsi *waterjet* untuk menggerakkan kapal cepat. Berikut formula *gross thrust*

$$\dot{m} = \rho A_{jet} V_{jet} \quad (2.13)$$

$$T_G = \dot{m} V_{jet} \quad (2.14)$$

Dimana :

- T_G = Gross thrust
 \dot{m} = Laju aliran massa nosel
 V_{jet} = Kecepatan jet
 A_{jet} = Luas penampang outlet nosel

2.5.2 Momentum Drag

Air yang masuk pada sisi masuk sistem *waterjet* terakselerasi oleh kecepatan kapal dan memberikan *momentum drag* pada kapal. Berikut formula yang digunakan.

$$D_M = \dot{m}_i V_s \quad (2.15)$$

Dimana :

- D_m = *momentum drag*
 \dot{m}_i = laju aliran massa sisi masuk (inlet)
 V_s = kecepatan kapal

Kemudian, *Net Thrust* pada sistem propulsi *waterjet* sebagai berikut

$$T_N = T_G - D_m \quad (2.16)$$

$$T_N = \dot{m}_n V_j - \dot{m}_i V_s \quad (2.17)$$

Nilai $\dot{m}_i = \dot{m}_j$ kecuali air yang masuk digunakan untuk kebutuhan lain. Maka, formula *net thrust* sebagai berikut

$$T_N = \dot{m} (V_j - V_s) \quad (2.18)$$

Maka, energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal (Work Done) dengan kecepatan tertentu sebagai berikut.

$$WD = T_n \times V_s = \dot{m} V_s (V_j - V_s) \quad (2.19)$$

Dengan mengasumsikan *perfect inlet energi recovery* dan mengabaikan ketinggian nosel di atas garis air, energi yang ditambahkan oleh pompa sama dengan perubahan energi yang melewati sistem. Berikut formulanya.

$$\Delta E = \frac{1}{2} \dot{m}_n V_j^2 - \frac{1}{2} \dot{m}_i V_s^2 \quad (2.20)$$

Jika $\dot{m}_n = \dot{m}_i$

$$\Delta E = \frac{1}{2} \dot{m} (V_j^2 - V_s^2) \quad (2.21)$$

Rasio antara energi yang digunakan pada kapal (*Work Done*) dengan energi yang digunakan pompa disebut efisiensi propulsi. Berikut rasionya.

$$\eta_j = T_n V_s / \Delta E \quad (2.22)$$

$$\eta_j = 2V_s / V_j + V_s \quad (2.23)$$

Jika $\mu = V_j / V_s$ maka $\eta_j = \frac{2\mu}{1+\mu}$

$$\text{Kecepatan jet : } 2V_j = V_w + \sqrt{V_w^2 + \frac{4T}{\rho A_j}} \quad (2.24)$$

2.5.3 Penyertaan Aspek Kerugian pada Perhitungan

Dapat diamati bahwa jika nilai μ cenderung sama maka nilai efisiensi jet akan naik. Ketika kecepatan kapal sama dengan kecepatan jet maka efisiensinya 100% tapi tidak ada gaya dorong yang tercipta sehingga kapal tidak memiliki *momentum drag* yang mana itu tidak mungkin terjadi. Banyak kajian yang telah membahas mengenai kerugian. Kerugian disimbolkan sebagai ζ yang berarti total kerugian energi pada energi ideal *inlet*. Maka energi yang harus diberikan ke air sebagai berikut.

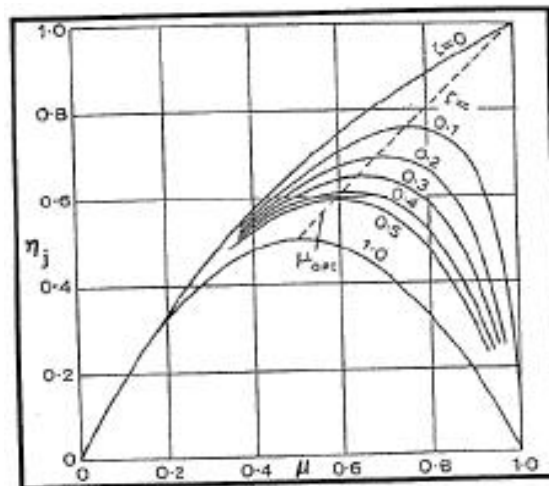
$$\Delta E' = \frac{1}{2} \dot{m} (V_j^2 - V_s^2) + \zeta \frac{1}{2} \dot{m} V_s^2 \quad (2.25)$$

$$\Delta E' = \frac{1}{2} \dot{m} [V_j^2 - V_s^2 (1 - \zeta)] \quad (2.26)$$

Adanya penambahan aspek kerugian maka formula efisiensi jet sebagai berikut

$$\eta_j = T_n V_s / \Delta E' \quad (2.27)$$

$$\eta_j = [\dot{m} (V_j^2 - V_s^2) V_s] / [\frac{1}{2} \dot{m} (V_j^2 - V_s^2 (1 - \zeta))] \quad (2.28)$$



Gambar 2 2 Grafik efisiensi jet dengan nilai koefisien kerugian

Sumber : Maulana, A. : 2017

2.5.4 Inlet Losses

Berikut ini persamaan *inlet losses*

$$E_r = (1 - \zeta) \frac{1}{2} \dot{m} V_w^2 \quad (2.29)$$

Dimana :

$$\eta_j = (1 - \zeta)$$

ζ = Faktor kerugian

2.5.5 Nozzle Losses

Nozzle losses dapat ditentukan dari persamaan efisiensi nosel.

$$\eta_n = \frac{\text{Energi kinetik jet}}{\text{Energi yang disuplai pompa pada sisi masuk nosel}} \quad (2.30)$$

$$\text{Energi yang disuplai pompa} = \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 / \eta_n \quad (2.31)$$

$$\text{Nozzle Losses} = (1 - \eta_n) \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 \quad (2.32)$$

$$\text{Nozzle Losses} = \psi \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 \quad (2.33)$$

Maka, energi yang disuplai ke nosel sebagai berikut.

$$E_n = \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 + \psi \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 \quad (2.34)$$

$$E_n = (1 + \psi) \frac{1}{2} \dot{m} V_j^2 \quad (2.35)$$

2.5.6 Efek Ketinggian Posisi Nossel

Tambahan pada energi kinetik jet dan beberapa jenis kerugian, pompa harus bisa mengatasi energi untuk mengangkat air pada posisi tertinggi jet. Berikut persamaan efek ketinggian posisi nosel.

$$W_o = \dot{m} g h_j \quad (2.36)$$

2.5.7 Penggabungan Persamaan Kerugian dann Efek Ketinggian

Energi yang disuplai pompa

$$E'' = \dot{m} [1/2 V_j^2 (1 + \psi) - 1/2 \eta_j V_a^2 + g h_j] \quad (2.37)$$

$$E'' = \dot{m}/2 [V_j^2 (1 + \psi) - \eta_j V_a^2 + 2 g h_j] \quad (2.38)$$

Energi sebenarnya yang disuolai oleh pompa

$$E'''' = \dot{m}/2 \eta_p [V_j^2 (1 + \psi) - \eta_j (1-w)^2 V_a^2 + 2 g h_j] \quad (2.39)$$

Dimana :

$$\eta_p = \text{Efisiensi pompa}$$

2.6 Effisiensi Sistem Propulsi Waterjet

Menurut Bulten, N.W.H tahun 2006, pada sistem propulsi *waterjet*, ada tiga efisiensi yang berpengaruh yaitu efisiensi *hull*, efisiensi jet, dan efisiensi pompa. Adanya penambahan aspek efisiensi transmisi karena adanya penggunaan system transmisi dari motor induk ke peralatan sistem propulsi *waterjet*. Berikut ini teori dasar mengenai efisiensi-efisiensi tersebut

2.6.1 Effisiensi waterjet (η_J)

Effisiensi Jet merupakan perbandingan energi masukan dan energi keluaran *waterjet*. Energi masukan yang dimaksud adalah energi yang dihasilkan pompa. Persamaan energi yang diberikan pompa telah dijabarkan dan persamaan yang digunakan yaitu persamaan (2.17). Energi keluaran adalah daya dorong yang diciptakan oleh *waterjet* agar dapat menggerakkan kapal pada kecepatan operasi. Persamaan daya dorong ini merupakan fungsi dari laju aliran massa air, perbedaan kecepatan, dan kecepatan operasi kapal seperti tertera pada persamaan (2.33). Maka persamaan efisiensi *waterjet* (η_J) sebagai berikut

$$\eta_j = \frac{T V_s}{\rho g Q H_{pump}} \quad (2.40)$$

atau

$$\eta_j = \frac{T V_s}{\dot{m} g H_{pump}} \quad (2.41)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan head pompa dan gaya dorongn maka persamaan diatas akan menjadi :

$$\eta_j = \frac{\dot{m} [V_j - (1-w)V_s] V_s}{\frac{1}{2} \dot{m} [V_j^2(1+\psi) - \eta_j(1-w)^2 V_s^2 + 2 g h_j]} \quad (2.42)$$

Jika persamaan (2.36) dibagi dengan V_j^2 dan $\dot{m}/2$, *Jet Velocity Rasio* $\mu = V_s/V_j$, dan efisiensi inlet $\eta_i = (1-\zeta)$ maka persamaan efisiensi jet menjadi seperti di bawah ini

$$\eta_j = \frac{2 (\mu - (1-w)\mu^2)}{(1+\psi) - (1-\zeta)(1-w)^2 \mu^2 + \frac{2 g h_j}{V_j^2}} \quad (2.43)$$

Jika *jet velocity ratio* merupakan *wake velocity* dibagi dengan *jet velocity*, maka $\mu = (1-w) V_s / V_j$ sehingga persamaan efisiensi jet menjadi seperti berikut.

$$\eta_j = \frac{1}{(1-w)} \times \frac{2 \mu(1-\mu)}{(1+\psi) - (1-\zeta) \mu^2 + \frac{2 g h_j}{V_j^2}} \quad (2.44)$$

Kerugian yang terjadi pada sistem apabila diabaikan akan mendapatkan nilai efisiensi jet ideal. Efisiensi jet ideal ini merupakan fungsi energi yang digunakan untuk menggerakkan kapal (persamaan 25) dan energi air yang melewati sistem propulsi *waterjet* (persamaan 27). Berikut ini penjabaran persamaannya

$$\eta_j = \frac{\dot{m} V_s (V_j - V_s)}{\frac{1}{2} \dot{m} (V_j^2 - V_s^2)} \quad (2.45)$$

Jika persamaan diatas dibagi dengan V_j , maka berikut hasil penurunan persamaannya.

$$\eta_j = \frac{2 V_s/V_j}{(1 + V_s/V_j)} \quad (2.46)$$

Jika $\mu = V_s/V_j$ maka persamaan efisiensi jet ideal sebagai berikut.

$$\eta_j = \frac{2 \mu}{(1 + \mu)} \quad (2.47)$$

2.6.2 Efisiensi Pompa (η_p)

Efisiensi Pompa merupakan efisiensi pompa yang digunakan sebagai propulsor pada sistem propulsi *waterjet*. Bagaimanapun, sisi isap pompa

dapat membuat distorsi aliran sehingga performa pompa pada kondisi aktual berbeda dengan yang dicapai pada kondisi *uniform flow*. Jika nilai efisiensi pompa diketahui dari uji coba *uniform flow* maka efisiensi pompa merupakan perkalian antara efisiensi pompa pada *uniform flow* dengan efisiensi *relative rotative*. Nilai efisiensi *relative rotative* mendekati satu (Allison et.al, 1993)

$$\eta_p = \eta_p \eta_r \quad (2.48)$$

2.6.3 Efisiensi Transmisi (η_T)

Efisiensi transmisi adalah nilai efisiensi dari daya yang diberikan motor penggerak utama dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh system transmisi. Sistem transmisi propulsi *waterjet* ialah motor induk, poros, dengan atau tanpa *gearbox*, dan poros yang menyambungkan ke pompa *waterjet*. Jika pun sistem transmisi langsung tanpa menggunakan *gearbox*, masih ada penambahan *bearing* dan *seal* yang juga menyebabkan kerugian pada sistem transmisi.

Dalam perancangan akan diambil faktor koreksi pada sistem transmisi langsung, agar daya yang dibutuhkan pomp propulsor dapat terpenuhi yaitu diambil $\eta_r = 0,96 - 0,99$, karena kerugian akibat sistem transmisi pada umumnya sebesar 1% - 4% tergantung sistem transmisi yang digunakan. Efisiensi transmisi (η_r) merupakan perkalian antara efisiensi pada roda gigi (η_g) dan efisiensi koping (η_k)

2.6.4 Efisiensi Badan Kapal

Efisiensi hull dipengaruhi oleh bentuk buritan kapal. Bentuk lambung akan mempengaruhi thrust deduction factor dan wake friction.

a. Wake Fraction

Air yang masuk pada saluran isap waterjet sebagian berasal dari *boundary layer* lambung kapal. Kecepatan air masuk (V_{in}) lebih kecil dari kecepatan kapal karena adanya lapisan batas (*boundary layer*) pada sisi lambung kapal. Kecepatan yang berkurang ini disebut sebagai momentum *wake friction* yang dijabarkan secara matematis sebagai berikut (Bulten N.W>H,2006)

$$w = 1 - \frac{V_a}{V_s} \quad (2.49)$$

Dimana :

- W = Wake friction
- V_{in} = Kecepatan masuk air
- V_{ship} = Kecepatan kapal

b. *Thrust deduction Factor*

Putaran propeller sebagai sistem propulsi kapal menciptakan aliran yang terakselerasi ke bagian depan sehingga membuat penambahan tahanan gesek pada lambung kapal dan menurunkan tekanan di lambung bagian kapal yang mengakibatkan penambahan tahanan tekanan (*pressure resistance*).

$$t = \frac{(T-Rt)}{T} \quad (2.50)$$

$$t = Rt / (1-t) \quad (2.51)$$

Berikut formula untuk efisiensi hull

$$\eta_{Hull} = \frac{EHP}{THP} \quad (2.52)$$

$$\eta_{Hull} = \frac{Rt \times Vs}{T \times Va} \quad (2.53)$$

$$\eta_{Hull} = \frac{Rt/T}{Va/Vs} \quad (2.54)$$

$$\eta_{Hull} = \frac{(1-t)}{(1-w)} \quad (2.55)$$

2.6.5 Efisiensi Propulsif Keseluruhan

Overall Propulsive Coefficient (OPC) merupakan penggabungan seluruh efisiensi pada sebuah sistem propulsi kapal. Berikut ini persamaan *Overall Propulsive Coefficient* (OPC).

$$OPC = \eta_j \text{ aktual} \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_t \times (1-t) \quad (2.56)$$

$$OPC = \eta_j \text{ ideal} \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_t \times \eta_H \quad (2.57)$$

Dimana :

- η_j = Efisiensi sistem waterjet yang dihitung dari kecepatan aliran jet, kerugian pada saluran inlet, kerugian pada nosel, dll.
- η_p = Efisiensi pompa
- η_r = Efisiensi relatif, secara umum harganya mendekati 1
- η_H = Efisiensi badan kapal

2.7 Putaran Spesifik dan *Head* Pompa

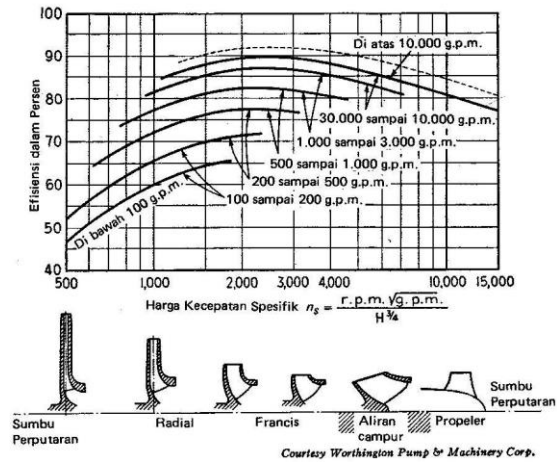
2.7.1. Putaran Spesifik

Putaran spesifik pompa adalah kecepatan ideal pompa dengan geometri yang mirip dengan pompa aktual yang ketika digunakan pada kecepatan ini dapat menghasilkan volume per waktu dan *head* (Whitesides, 2012). Perhitungan putaran spesifik pompa digunakan untuk mengidentifikasi jenis

impeller yang cocok digunakan pada pompa. Adapun persamaan putaran spesifik pompa sebagai berikut

$$N_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (2.58)$$

Berikut ini gambar yang menunjukkan putaran spesifik pompa dengan jenis *impeller* yang dapat digunakan



Gambar 2 3 Grafik kerja pompa, putaran spesifik dan jenis *impeller*

Sumber : Andi Saidah : 2017

2.7.2. Pump Head

Head pump yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. *Head pump* adalah energi yang diberikan pompa pada fluida sehingga fluida dapat mengalir pada sistem yang direncanakan. Total *head* adalah perbedaan energi pada sisi keluar dan sisi isap pompa. Adapun persamaan *total head pump* pada aplikasi *waterjet* sebagai berikut

$$H = \left[\frac{P_d}{\rho g} + \frac{v_d^2}{2g} + Z_d + H_{LD} \right] - \left[\frac{P_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + Z_s + H_L \right]$$

$$H = \frac{V_j^2}{2g} - \frac{V_w^2}{2g} + h_j + H_{loss} \quad (2.59)$$

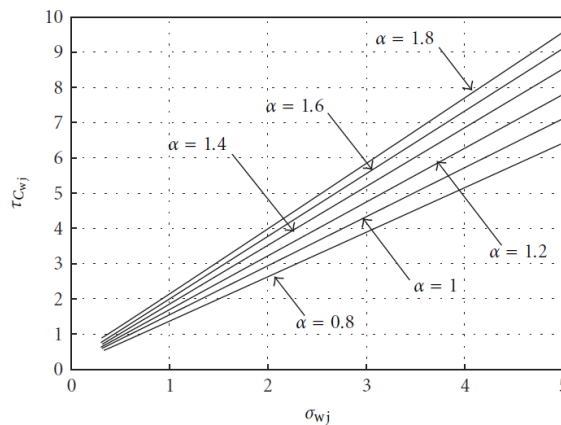
$$H = \frac{V_j^2 \eta_N}{2g} - \frac{V_w^2 \eta_i}{2g} + h_j \quad (2.60)$$

2.8 Kavitas

Aliran fluida mengalir dari tekanan yang tinggi ke tekanan rendah. Peristiwa ini dapat menimbulkan dampak kavitas. Kavitas merupakan kejadian menguapnya fluida karena berada pada kondisi tekanan yang rendah. Kavitas dapat terjadi pada aliran pipa di mana terdapat kontraksi dan ekspansi, pada bilah-bilah pompa, di dekat ujung baling-baling, dan pada hidrofoil. (Potter & Wiggert, 2008). Kondisi tekanan yang rendah menyebabkan titik didih fluida turun sebagai contoh pada tekanan 19,932 kPa atau 0,1967 atm, air akan menguap pada temperatur 60°C (Haar et.al, 1984). Menguapnya air akan menyebabkan gelembung yang ketika pecah akan menciptakan tekanan lokal dan menyebabkan erosi, getaran, dan berujung pada kerusakan *impeller* pompa.

Cara mengatasi kavitas adalah memahami perihal *Net Positive Suction Head* (NPSH). NPSH adalah perbedaan antara tekanan yang tersedia pada sisi isap pompa dengan tekanan uap dari fluida yang dialirkan pompa. Tekanan pada sisi isap yang kurang atau nilai *Net Positive Suction Head available* tidak cukup akan menyebabkan kavitas. Maka hal yang diperlukan untuk mengatasinya yaitu NPSHa harus lebih besar dari NPSHr. Berikut persamaannya

$$NPSH_a \geq NPSH_r \quad (2.61)$$



Gambar 2.4 Cavitation coefficient

Sumber : Altsole : 2012

Pada aplikasi sistem waterjet, fenomena kavitas dapat diprediksi dengan menggunakan Gambar 2.4. σ_{wj} adalah *cavitation number* dan T_{Cwj} adalah *thrust coefficient*. Untuk memeriksa fenomena kavitas pada variasi kecepatan kapal, maka *cavitation number* dihitung. Berikut persamaan *cavitation number*. Kemudian pembacaan grafik pada setiap variasi kecepatan dan temukan nilai *thrust coefficient* pada setiap nilai α (0.8-1.8). Langkah terakhir adalah perhitungan *Cavitation Thrust Limit* T_{CAV}

$$\sigma_{wj} = \frac{P_a - P_v}{\rho V^2} \quad (2.62)$$

$$\tau_{Cwj} = \frac{T_{cav}}{\rho A_{im} V^2} \quad (2.63)$$

2.9 Pompa

Karakteristik pompa yang dibutuhkan pada aplikasi waterjet sebagai berikut.

- Efisiensi hidrolis yang tinggi pada koefisien aliran yang tinggi.
- Diameter sisi keluar yang minimal.
- Ringan
- Tidak mengalami kavitasi pada kondisi kecepatan pompa maksimal dan sampai kondisi *low inlet head* (pada kecepatan kapal yang rendah)
- Dapat dioperasikan dengan kondisi kavitasi yang kecil tanpa adanya indikasi erosi pada *blade*, stator, atau nosel.
- Putaran pompa (rpm) yang tinggi agar dapat menggunakan *gearbox* dengan rasio yang kecil.
- Dapat menanggulangi aliran turbulensi pada sisi isap saluran.
- Material komponen pompa tahan korosi.

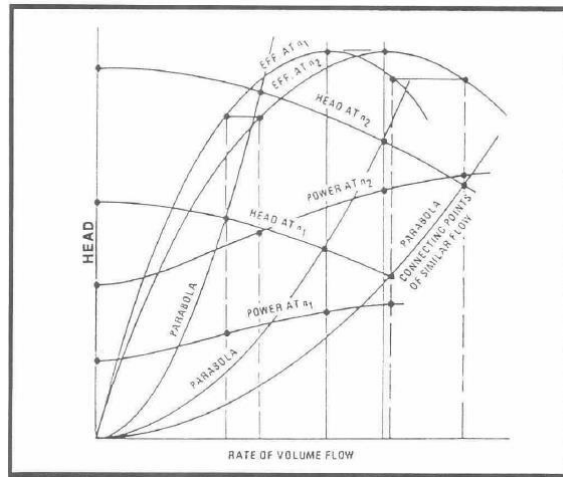
Dalam perkembangan sistem propulsi *waterjet*, banyak tipe pompa yang telah digunakan seperti *reciprocating*, sentrifugal, *mixed flow mainly radial*, *mixed flow largely axial*, dan *purely axial pumps*.

Pompa dengan kemampuan *flow rate* dan dengan *head* yang tinggi menghasilkan efisiensi propulsi yang tinggi. Mayoritas propulsor *waterjet* yang tersedia sekarang adalah *mixed flow pump* walaupun ada beberapa *purely axial pump* yang memiliki kinerja yang baik.

Axial pump memiliki keunggulan yaitu diameter yang lebih kecil dan bobot yang lebih ringan daripada *mixed flow pump*. Efisiensi *axial pump* tidak memiliki efisiensi sebaik *mixed flow pump* yang mencapai ($\eta_p \geq 90\%$). Efisiensi terbaik yang dapat dicapai *mixed flow pump* yaitu 91%.

2.9.1. Centrifugal Pump

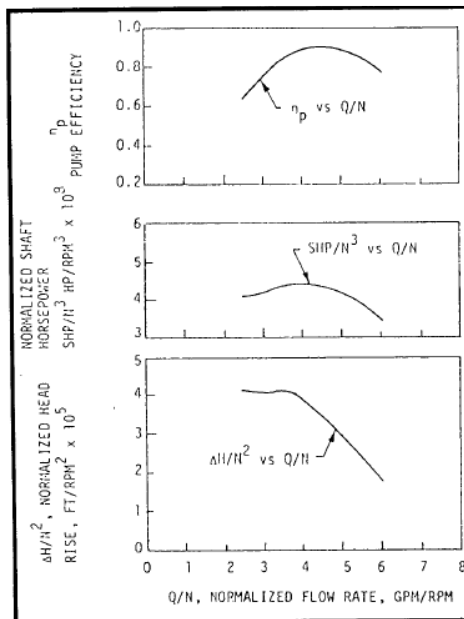
Penggunaan pompa sentrifugal sebagai pompa pada sistem propulsi waterjet sudah ada lebih awal karena sudah tersedia dan mungkin dibutuhkan laju aliran yang tinggi tetapi tidak nilai *head* yang rendah diabaikan. Untuk *hydrofoil craft* yang berkecepatan tinggi cocok memakai pompa sentrifugal. Berikut ini kurva karakteristik pompa sentrifugal pada dua kecepatan rotasi yang berbeda n_1 dan n_2 .



Gambar 2 5 Grafik kurva Karakteristik Pompa Sentrifugal
 Sumber : Maulana : 2017

2.9.2. Mixed Flow Pump

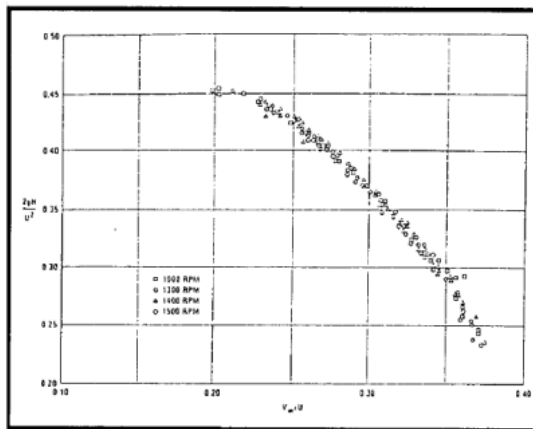
Berikut ini karakteristik dari *mixed flow pump*



Gambar 2 6 Grafik Kurva Karakteristik *Mixed Flow Pump*
 Sumber : Maulana : 2017

2.9.3. Axial Pump

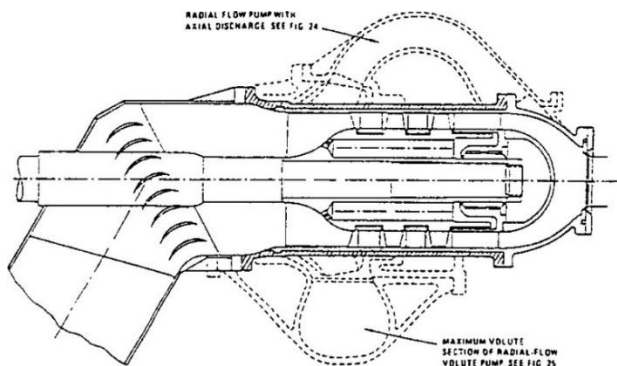
Single-stage axial flow pump merupakan pompa yang *high-specific speed*, laju aliran yang tinggi, nilai *head* yang rendah dan pompa ini tidak cocok pada aplikasi *waterjet* untuk kapal yang sangat cepat. Jika dibutuhkan nilai *head* yang besar, maka *axial pump* biasa digunakan dengan seri *multi-stage* karena *single-stage* cocok untuk kecepatan yang menengah. Berikut ini kurva *dimensionless head-capacity axial pump*.



Gambar 2 7 Grafik Kurva Karakteristik *Dimensionless Head Capacity* Axial Pump

Sumber : Maulana : 2017

Axial pump memiliki keunggulan yaitu diameter yang lebih kecil dibandingkan *mixed flow pump*. Berikut ini perbandingan *axial pump* dan *mixed flow pump* dari Wislicenus



Gambar 2 8 Perbandingan *Axial Pump* dan *Radial Flow Pump*

Sumber : Maulana : 2017

2.10 Engine Waterjet Matching

Proses *engine waterjet matching* merupakan proses prediksi performa dari system propulsi *waterjet* dan mesin induk terhadap mode pengoperasian kapal. Prediksi performa *waterjet* mirip dengan prediksi performa *propeller*. Karakteristik *waterjet* kebanyakan dapat dilihat dengan *Thrust Coefficient* ($K_{T_{wj}}$), *Torque* ($K_{Q_{wj}}$), dan *Advanced* (J_{wj}). Berikut ini persamaan dari tiga karakteristik tersebut.

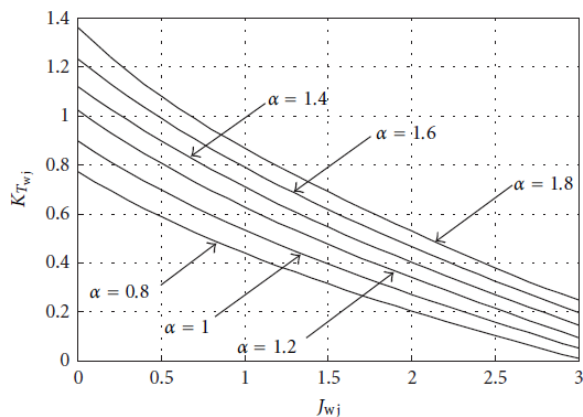
$$K_{T_{wj}} = \frac{T_{wj}}{\rho n^2 D_{im}^4} \quad (2.64)$$

$$K_{Q_{wj}} \frac{Q_{wj}}{\rho n^2 D_{im}^5} = \frac{\alpha}{2 \pi} \quad (2.65)$$

$$\alpha = \frac{C}{\rho D_{im}^5} \quad (2.66)$$

$$J_{wj} = \frac{V_s}{n D_{im}} \quad (2.67)$$

Berikut ini grafik *jet Thrust Coefficient* yang digunakan untuk memprediksi performa *waterjet* dan mesin induk terhadap metode pengoperasian kapal.



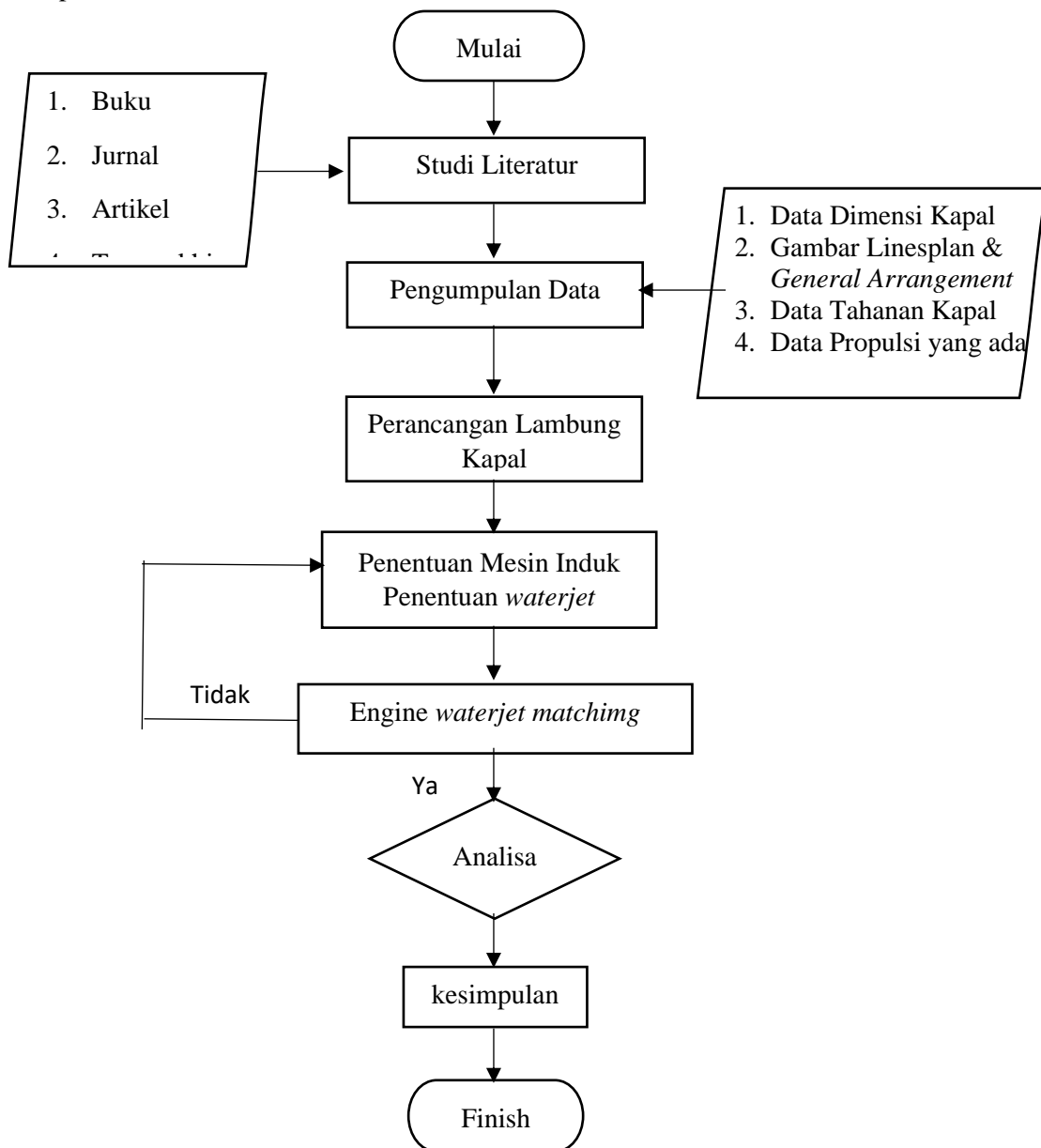
Gambar 2 9 Grafik *Jet Thrust Coefficient*

Sumber Altosole : 2012

BAB 3

METODOLOGY PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan menggunakan beberapa inputan data yang di ambil dari desain kapal yang sudah ada dan akan dikembangkan dengan permodelan yang akan di modifikasi dari bentuk lambung kapal hingga output yang di dapat adalah efisiensi pada propulsi *waterjet*. Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan penelitian.



Gambar 3 1 Diagram Alur Pengerjaan

3.1 Studi Literatur

Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat antara lain : perpustakaan pusat ITS, ruang baca FTK dan menggunakan jaringan internet.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini di maksudkan untuk memberikan informasi kejelasan dari segi kuantitas dan kualitas, validasi referensi, serta memberi arahan manakah yang dapat di kerjakan terlebih dahulu. Adapun data yang akan menjadi inputan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data dimensi kapal
- Gambar linesplan dan general arrangement
- Data tahanan lambung
- Data propulsi yang ada

3.3 Analisa Data

Pada bagian analisa hasil dan pembahasan ini akan dilakukan analisa perencanaan sistem propulsi *waterjet* untuk kapal secara keseluruhan. Kemudian pada tahap selanjutnya adalah perhitungan gaya dorong. Kemudian akan dilakukan perhitungan *head pump* dan perhitungan efisiensi sistem *waterjet*.

Dan yang terakhir adalah pemilihan *waterjet* yang tepat guna menghasilkan daya dorong yang sesuai berdasarkan pada pabrik pembuat *waterjet*. Selain itu dimensi dari *waterjet* pada ruang dari kamar mesin pada kapal apakah bisa menampung dimensi dari *waterjet*.

3.4 Engine Waterjet Matching

Engine waterjet matching atau dapat disingkat EWM adalah proses penyelarasan antara performa *waterjet* dengan kapasitas yang dimiliki motor induk. Proses ini sama dengan proses engine propeller matching. Penggunaan grafik jet thrust coefficient sebagai perhitungan nilai putaran dan *thrust* yang dibutuhkan oleh *waterjet*.

3.5 Kesimpulan

Setelah semua analisa dilakukan dan menjawab semua rumusan masalah yang ada, maka tahap berikutnya yaitu menarik kesimpulan.

3.6 Jadwal Pelaksana

No	Rencana Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5				Bulan 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Study Literature	■	■																						
2	Pengumpulan Data		■	■	■	■	■																		
3	Perencanaan Kapal					■	■	■	■																
4	Penentuan Waterjet									■	■	■	■	■	■										
5	Engine Waterjet Matching													■	■	■	■	■	■						
6	Menganalisa																	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Penyusunan Laporan									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

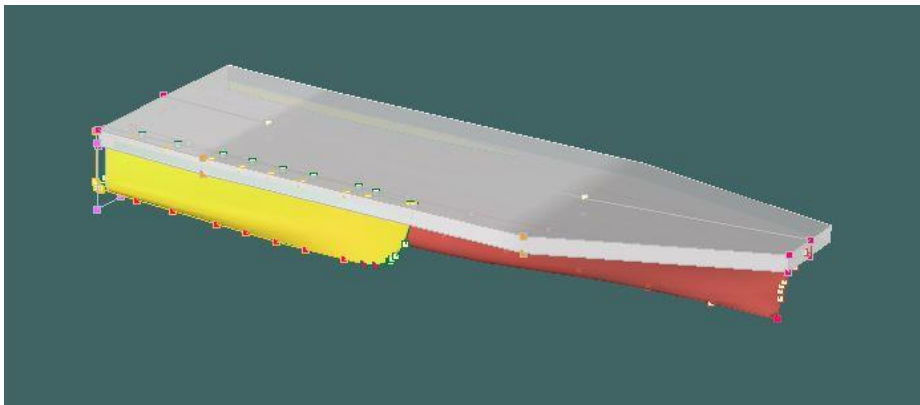
4.1. Data Kapal

Kapal Tank ini direncanakan memiliki tipe lambung trimaran, berikut merupakan spesifikasi data kapalnya :

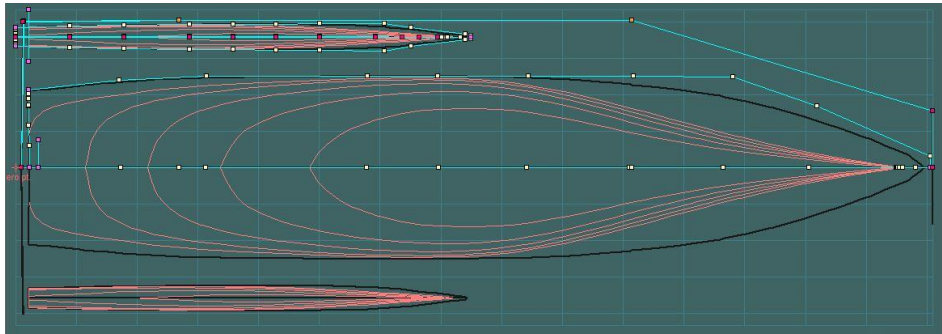
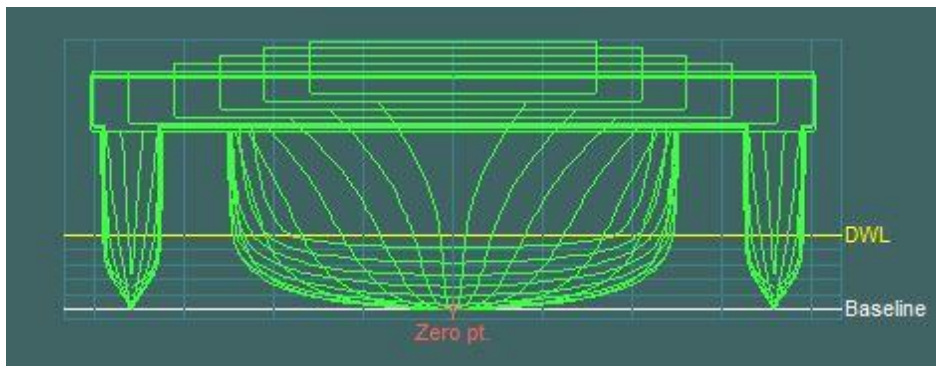
- LWL : 14.3 m
- B : 4.68 m
- T : 0.6 m
- H : 1.8 m
- Disp. : 14.1 t
- V. Disp. : 13.757 m³
- Wetted Area : 54.170 m²
- Cp : 0.629
- Cb : 0.441
- Vs : 22 kn

4.2. Lambung Kapal

Permodelan lambung kapal didesain menggunakan program *Maxsurf Modeller* 20 V8i.

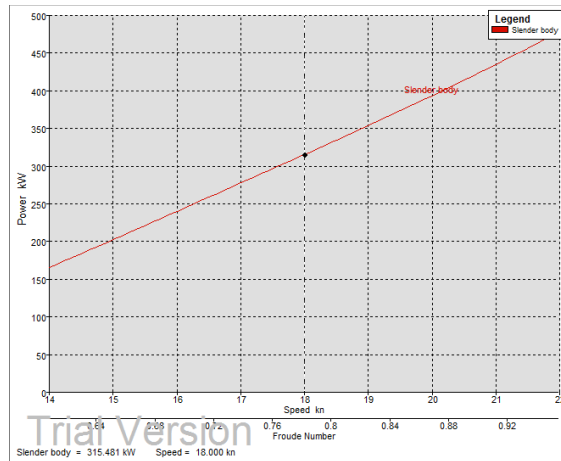


Gambar 4 1 Pemodelan Kapal

Gambar 4 2 *Sheer Plan*Gambar 4 3 *Body Plan*

4.3. Analisa Tahanan Kapal

Dalam perhitungan tahanan kapal dalam penelitian ini menggunakan metode perhitungan *Slender Body*. Metode *Slender Body* dipakai untuk kapal dengan hull yang ramping, dimana untuk kapal yang menggunakan multihull pada bagian demihull memiliki ukuran yang ramping.



Gambar 4 4 Diagram perbandingan antara *power vs speed*

Setelah mengetahui grafik diatas maka dapat diketahui nilai tahanan kapal dan daya mesin yang dibutuhkan agar kapal dapat bergerak

Hydrostatics at DWL

Measurement	Value	Units
1 Displacement	14.10	t
2 Volume (displaced)	13.757	m ³
3 Draft Amidships	0.600	m
4 Immersed depth	0.600	m
5 WL Length	14.316	m
6 Beam max extents o	4.684	m
7 Wetted Area	54.170	m ²
8 Max sect. area	1.528	m ²
9 Waterpl. Area	35.415	m ²
10 Prismatic coeff. (Cp)	0.629	
11 Block coeff. (Cb)	0.441	
12 Max Sect. area coeff	0.783	
13 Waterpl. area coeff.	0.681	
14 LCB length	6.162	from z
15 LCF length	5.502	from z
16 LCB %	43.043	from z
17 LCF %	38.434	from z
18 KB	0.374	m
19 KG fluid	0.000	m
20 Bmt	2.740	m
21 BML	28.699	m
22 GMt corrected	3.114	m
23 GML	29.073	m
24 KMt	3.114	m
25 KML	29.073	m
26 Immersion (TPc)	0.363	tonne/c
27 MTc	0.277	tonne.
28 RM at 1deg = GMt.Di	0.766	tonne.
29 Length:Beam ratio	3.944	
30 Beam:Draft ratio	6.050	
31 Length:Vol ^{0.333} rati	5.975	

Density (water)

Std. densities

VCG

Gambar 4 5 Data kapal

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Slender body Resist. (kN)	Slender body Power (kW)
1	14,000	0,608	1,486	13,4	193,593
2	14,200	0,617	1,507	13,9	203,492
3	14,400	0,625	1,528	14,4	213,562
4	14,600	0,634	1,549	14,9	223,771
5	14,800	0,643	1,571	15,4	234,091
6	15,000	0,651	1,592	15,8	244,310
7	15,200	0,660	1,613	16,3	254,791
8	15,400	0,669	1,634	16,7	265,186
9	15,600	0,677	1,655	17,2	275,461
10	15,800	0,686	1,677	17,6	285,758
11	16,000	0,695	1,698	18,0	296,074
12	16,200	0,703	1,719	18,4	306,307
13	16,400	0,712	1,740	18,8	316,559
14	16,600	0,721	1,762	19,1	326,616
15	16,800	0,729	1,783	19,5	336,666
16	17,000	0,738	1,804	19,8	346,907
17	17,200	0,747	1,825	20,2	356,944
18	17,400	0,755	1,846	20,5	366,805
19	17,600	0,764	1,868	20,8	376,746
20	17,800	0,773	1,889	21,1	386,892
21	18,000	0,782	1,910	21,4	396,823
22	18,200	0,790	1,931	21,7	406,725
23	18,400	0,799	1,953	22,0	416,737
24	18,600	0,808	1,974	22,3	426,685
25	18,800	0,816	1,995	22,6	436,616
26	19,000	0,825	2,016	22,9	446,808
27	19,200	0,834	2,037	23,1	457,040
28	19,400	0,842	2,059	23,4	467,109
29	19,600	0,851	2,080	23,7	477,165
30	19,800	0,860	2,101	23,9	487,246
31	20,000	0,868	2,122	24,2	497,664
32	20,200	0,877	2,144	24,5	508,249
33	20,400	0,886	2,165	24,7	518,694
34	20,600	0,894	2,186	25,0	529,132
35	20,800	0,903	2,207	25,2	539,695
36	21,000	0,912	2,228	25,5	550,425
37	21,200	0,920	2,250	25,7	561,270
38	21,400	0,929	2,271	26,0	572,236
39	21,600	0,938	2,292	26,2	583,233
40	21,800	0,946	2,313	26,5	594,308
41	22,000	0,955	2,335	26,8	605,617

Gambar 4 6 Tahanan dan Daya

Berdasarkan table diatas diperoleh perhitungan tahanan kapal menggunakan metode *Slender Body* dengan *efficiency overall* 50%. Kecepatan kapal divariasikan dari 16 knot sampai 22 knot.

4.4. Perhitungan Daya Mesin

Setelah besar tahanan pada kapal diketahui maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan daya atau gaya dorong yang dibutuhkan untuk mengatai gaya hambat agar kapal dapat tetap melaju. Gaya dorong kapal (*thrust*) dihasilkan oleh alat gerak kapal (*propulsor*). Gaya dorong yang disalurkan ke alat gerak kapal berasal dari daya poros, sedangkan daya poros bersumber dari gaya rem yang merupakan daya motor penggerak kapal.

4.4.1. Effective Horse Power (EHP)

EHP (*Engine Horse Power*) adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan suatu kapal di air. Sebagai berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \times V_s \\ &= 26.8 \times 11.308 \\ &= 303.05 \text{ kw} \\ &= 406.40 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} R_t &= \text{Tahanan Kapal (26.8 kN)} \\ V_s &= \text{Kecepatan Kapal (22 kn = 11.308 m/s)} \end{aligned}$$

4.4.2. Perhitungan Daya Dorong

Daya dorong yang dibutuhkan kapal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= R_t / (1-t) \\ &= 26.8 / (1-0) \\ &= 26.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} R_t &= \text{Tahanan Kapal (26.8kN)} \\ T &= (-0.5) - 0.20, \text{ diambil } 0 \end{aligned}$$

Besarnya harga dari factor deduksi gaya dorong (*t*) yang disarankan adalah antara (-0.5) sampai 0.20. untuk tahap perhitungan awal diambil harga $t = 0$, sehingga didapatkan besarnya *thrust* yang dibutuhkan adalah sama dengan besarnya tahanan total yang terjadi. Yaitu 21.1 Kn.

Sistem propulsi *waterjet* pada kapal tank berlambung trimaran ini direncanakan menggunakan 2 buah pompa *waterjet* yang dihubungkan pada setiap mesin penggerak utama. Sehingga besarnya *thrust* per pomp untuk masing-masing system propulsi *waterjet* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \left(\frac{T}{z}\right) &= \left(\frac{T}{2}\right) \\ &= \left(\frac{26.8}{2}\right) \\ &= 13.4 \text{ kN} \\ &= 13400 \text{ N} \\ &= 3012.4398 \text{ lbf} \end{aligned}$$

4.4.3. Menghitung Daya Penggerak Utama

Sebagai perkiraan awal dalam perancangan system propulsi *waterjet* ini diambil harga *Overall Propulsive Efficiency (OPC)* sebesar 0.50. sehingga besar BHP didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \left(\frac{T}{z}\right) \times \left(\frac{Vs}{OPC}\right) \\ &= 13.4 \times \left(\frac{11.308}{0.45}\right) \\ &= 303.05 \text{ kw} \\ &= 406.40 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan 2 mesin dan 2 *waterjet* maka daya total yang dibutuhkan sebesar

$$\begin{aligned} \text{BHP}_2 &= \text{BHP}_1 \times 2 \\ &= 303.05 \times 2 \\ &= 606.11 \text{ kw} \\ &= 812.79 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Pada system propulsi *waterjet* direncanakan *impeller* pompa digerakkan oleh motor dengan transmisi kopling langsung, dengan efisiensi *transmisi* antara 0.96 sampai 0.99 per pompa. Dalam perencanaan ini diambil harga 0.98 sehingga dapat dihitung besarnya SHP sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{SHP} &= \text{BHP}_1 \times \eta_T \\ &= 303.05 \times 0.98 \\ &= 300.023 \text{ kw} \\ &= 402.33 \text{ Hp} \end{aligned}$$

4.4.4. Perhitungan Volume Tanki Bahan Bakar

Kebutuhan tangki bahan bakar sangat penting dalam mendukung system kerja kapal selama operasi. Oleh karena itu perlu direncanakan kebutuhan besar volume tangki bahan bakar. Penentuan volume tangki ditentukan berdasarkan kebutuhan mesin, durasi pelayaran dan sebagainya, penempatan tangki dengan demikian diharapkan untuk mendapatkan optimasi dalam hal persyaratan ruang dan stabilitas kapal. Berikut merupakan perhitungan tangki bahan bakar.

$$\text{WFO} = P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times C \times 10^{-6}$$

Dimana,

$$\begin{aligned} P &= \text{Daya Mesin (324 kw)} \\ \text{SFOC} &= \text{Specific Fuel Oil Consumption (201 g/kwh)} \\ \text{Endurance} &= 48 \text{ jam} \\ C &= 1.3 - 1.5, \text{ diambil } 1.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WFO} &= P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times C \times 10^{-6} \\ &= 324 \times 201 \times 48 \times 1.3 \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VFO} &= 4.063 \text{ ton} \\
 &= \text{WFO} \times \gamma \\
 &= 4.063 \times 0.88 \\
 &= 3.57 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

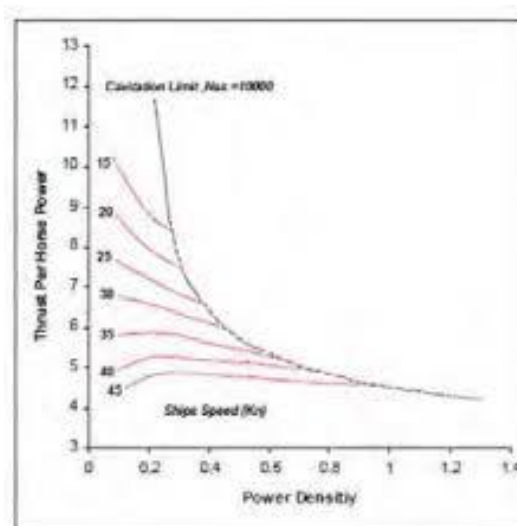
4.5. Perhitungan Waterjet

4.5.1. Perhitungan Dimensi Waterjet pump

Merujuk pada buku karangan Band and Lewis 1992, yang akan ditunjukkan dalam gambar berikut dimana untuk harga (T/SHP) dalam satuan (lbf/HP) dapat ditentukan harga power density (SHP/Di²) dengan satuan (HP/cm²). Setelah harga gaya dorong dan SHP di konversi kedalam satuan yang sesuai maka didapatkan harga rasio gaya dorong – SHP tiap pompa adalah :

$$\begin{aligned}
 \frac{T}{\text{SHP}} &= \frac{3012.4398}{402.33} \\
 &= 7.48
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk harga (T/SHP) = 7.48 sesuai dengan gambar 4.8 dibawah ini akan didapatkan harga (SHP/Di²) = 0.2.



Gambar 4 7 Grafik *Power Density*

Sumber : Maulana : 2017

Setelah didapatkan harga *power density* dari gambar diatas, maka dapat ditentukan dimensi-dimensi dari system *waterjet* yang lainnya.

a. Diameter Inlet Pompa (Di)

$$\begin{aligned}
 D_i &= \sqrt{\frac{SHP}{0.2}} \\
 &= \sqrt{\frac{402.33}{0.2}} \\
 &= 44.85 \text{ cm} \\
 &= 0.45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Rasio Luasann Nossel

Dari ukuran standart *inlet* pompa (Di) yang telah dihasilkan maka dapat dihitung luasan *inlet* untuk sistem saluran *waterjet* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_i &= \frac{\pi}{4} x D_i^2 \\
 &= \frac{3.14}{4} x 0.45^2 \\
 &= 0.0572
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan dimensi *inlet* dan *outlet* dari system *water jet pump* ini digunakan rasio luasan nossel dan luasan *inlet* adalah sebesar 0.3 sehingga harga Aj dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_j &= AR \times A_i \\
 &= 0.3 \times 0.0572 \\
 &= 0.0172 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

c. Diameter Nossel (Dn)

$$\begin{aligned}
 D_n &= \sqrt{\frac{4 \times A_j}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 0.017}{3.14}} \\
 &= 0.137 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.5.2. Kecepatan jet (Vj)

Untuk mengetahui nilai efisiensi *waterjet* diperlukan nilai kecepatan jet (V_j) dan nilai *wake friction* (w). nilai *wake friction* diasumsikan sebesar 0.95. berikut persamaan efisiensi jet.

$$\eta_j = \frac{1}{(1-w)} \times \frac{2\mu(1-\mu)}{1 + \psi - (1-\zeta)\mu^2 + \frac{2gh_j}{v_j^2}}$$

Untuk tahap awal melakukan perhitungan kecepatan jet (V_j) yang merupakan turunan dari persamaan *thrust* atau persamaan momentum yang tercipta

$$\begin{aligned} T_N &= \dot{m} (V_j - V_w) \\ T_N &= \rho A_j V_j (V_j - V_w) \\ \frac{T_N}{\rho A_j} &= V_j (V_j - V_w) \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_w &= (1-w) V_s \\ &= (1-0.05) \times 11.32 \\ &= 10.75 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Sehingga perhitungan kecepatan jet

$$\begin{aligned} 2V_j &= v_w + \sqrt{v_w^2 + \frac{4t}{\rho A_j}} \\ 2V_j &= 10.75 + \sqrt{10.75^2 + \frac{4 \times 13400}{1025 \times 0.0172}} \end{aligned}$$

$$V_j = 33.49 \text{ m/s}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_w &= \text{Kecepatan } advance \text{ (10.75 m/s)} \\ T &= \text{Torsi (13400 N)} \\ \rho &= \text{Massa jenis air laut (1025 kg/m}^3\text{)} \\ A_j &= \text{Luas } nozzle \text{ (0.0172 m}^2\text{)} \end{aligned}$$

4.5.3. Jet Velocity Ratio

Jet velocity ratio merupakan perbandingan antara kecepatan aliran yang melewati nosel dengan kecepatan kapal. *Jet velocity ratio* dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{V_s}{V_j} \\ &= \frac{11.32}{33.49} \\ &= 0.338 \end{aligned}$$

4.5.4. Efisiensi Waterjet (η_j)

Besarnya efisiensi jet ideal (η_{ideal}) dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta_{ideal} &= \frac{2 \cdot \mu}{1 + \mu} \\ &= \frac{2 \times 0.338}{1 + 0.338} \end{aligned}$$

$$= 0.505$$

Untuk perencanaan system propulsi *water jet*, disarankan bahwa harga koefisien kerugian inlet (ψ) antara 16% - 20%. Sedangkan harga koefisien kerugian pada nosel (ζ) disarankan antara 1% - 4%. Karena kerugian pada nosel lebih kecil bila dibandingkan dengan kerugian pada satuan inlet.

Sehingga dengan persamaan berikut dapat dihitung harga efisiensi jet actual (η_{actual}) dengan menyertakan aspek kerugian pada *waterjet* tersebut

$$\eta_j = \frac{1}{(1-w)} \times \frac{2\mu(1-\mu)}{1 + \psi - (1-\zeta)\mu^2 + \frac{2gh_j}{v_j^2}}$$

Dimana :

- Ψ = Koefisien kerugian yang terjadi pada pompa (2%)
- ζ = Koefisien kerugian yang terjadi pada sisi isap (20%)
- h_j = Tinggi nosel pada sumbu *centerline waterjet* (0,3 m)

$$\begin{aligned} \eta_{\text{actual}} &= \frac{1}{(1-w)} \times \frac{2\mu(1-\mu)}{1 + \psi - (1-\zeta)\mu^2 + \frac{2gh_j}{v_j^2}} \\ &= \frac{1}{(1-0,95)} \times \frac{(2 \times 0,338) \times (1-0,338)}{(1+0,02) - (1-0,20) 0,338^2 + \frac{2 \times 9,81 \times 0,3}{33,49^2}} \\ &= 0.504 \end{aligned}$$

4.5.5. Efisiensi Pompa (η_P)

Dalam penelitian ini direncanakan penggunaan *axial flow pump* sebagai propulsor *waterjet* dengan asumsi nilai efisiensi sebesar 98%.

4.5.6. Efisiensi Relative Rotative (η_r)

Efisiensi relative rotative sebesar 0.98.

4.5.7. Efisiensi Transmisi (η_T)

Untuk efisiensi *transmisi*, peneliti mengasumsikan nilainya sebesar 90% atau 0,98.

4.5.8. Overall Propulsive Coefficient (OPC)

$$\begin{aligned} \text{OPC} &= \eta_{\text{aktual}} \times \eta_P \times \eta_r \times \eta_t \times (1-t) \\ &= 0,504 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 1 \\ &= 0,511 \\ &= 51.1 \% \end{aligned}$$

Tabel 4 1 Hasil Perhitungan Efisiensi Propulsi

No	Keterangan	Nilai
1	Efisiensi Jet	0.504
2	Efisiensi Pompa	0.98
3	Efisiensi Transmisi	0.98
4	Efisiensi Relative Rotative	0.98
5	1-t	1
6	OPC	0.511

4.5.9. Perhitungan Ulang Kebutuhan Daya Mesin

Setelah perhitungan *Overall Propulsive Coefficient* selesai maka kebutuhan daya mesin dihitung ulang dengan nilai OPC yang telah dihitung. Berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned}
 \text{BHPscr} &= T \times \frac{V_s}{\text{OPC}} \\
 &= 13.4 \times \frac{11.32}{0.475} \\
 &= 319.471 \text{ kW} \\
 &= 428.411 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

4.6. Kapasitas Pompa dan Head Pompa

4.6.1. Kapasitas Pompa

Untuk nilai kapasitas dapat dihitung dengan fungsi kecepatan dan luasan jet. Berikut ini perhitungan kapasitas pompa pada kecepatan kapal 22 knot.

$$\begin{aligned}
 Q &= A_j \times V_j \\
 &= 0,0572 \times 33.49 \\
 &= 0.575 \text{ m}^3/\text{s} \\
 &= 2069.823 \text{ m}^3/\text{h}
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$A_j = \text{Luas nozzle waterjet (0,0572 m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 V_j &= \text{Kecepatan aliran di nozzle} \\
 &= 33.49 \text{ m/s (Vs 22 knot)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4 2 Hasil Perhitungan Kapasitas Pompa pada Variasi Kecepatan Kapal

No	V (knot)	V (m/s)	Vw (m/s)	Vj (m/s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /h)
1	14	7.20	6.84	23.23	0.40	1435.80
2	15	7.72	7.33	25.17	0.43	1555.51
3	16	8.23	7.82	26.86	0.46	1660.10
4	17	8.75	8.31	28.23	0.48	1745.00
5	18	9.26	8.80	29.45	0.51	1819.93
6	19	9.77	9.29	30.57	0.52	1889.38
7	20	10.29	9.77	31.56	0.54	1950.62
8	21	10.80	10.26	32.53	0.56	2010.74
9	22	11.32	10.75	33.49	0.57	2069.82

4.6.2. Pump Head

Fungsi utama perhitungan *head pump waterjet* adalah kecepatan jet, kecepatan *wake*, dan ketinggian waterjet di atas garis air. Adapun aspek kerugian (losses) termasuk pada perhitungan yaitu kerugian *inlet* dan kerugian pada nosel. Berikut perhitungan *head pump waterjet*

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{V_j^2 \eta_N}{2g} - \frac{V_w^2 \eta_i}{2g} + h_j \\
 &= \frac{33.49^2 \times 0,98}{2 \times 9,81} - \frac{10.75^2 \times 0,98}{2 \times 9,81} + 0,3 \\
 &= 51.61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimana :

V_j = Kecepatan aliran di *nozle*

= 33.49 m/s (Vs 22 knot)

V_i = Kecepatan aliran di *inlet*

= 10.75 m/s (Vs 22 knot)

h_j = Tinggi nosel pada sumbu *centerline waterjet*

= 0,3 m

η = 0,98

Maka nilai *head pump waterjet* yang dibutuhkan pada setiap variasi kecepatan sebagai berikut

Tabel 4 3 Hasil Perhitungan *Head Pump Waterjet*

No	V (knot)	V (m/s)	V _w (m/s)	V _j (m/s)	HT (m)
1	14	7.20	6.84	23.23	25.35
2	15	7.72	7.33	25.17	29.75
3	16	8.23	7.82	26.86	33.84
4	17	8.75	8.31	28.23	37.30
5	18	9.26	8.80	29.45	40.46
6	19	9.77	9.29	30.57	43.46
7	20	10.29	9.77	31.56	46.16
8	21	10.80	10.26	32.53	48.87
9	22	11.32	10.75	33.49	51.61

4.6.3. Daya Mesin

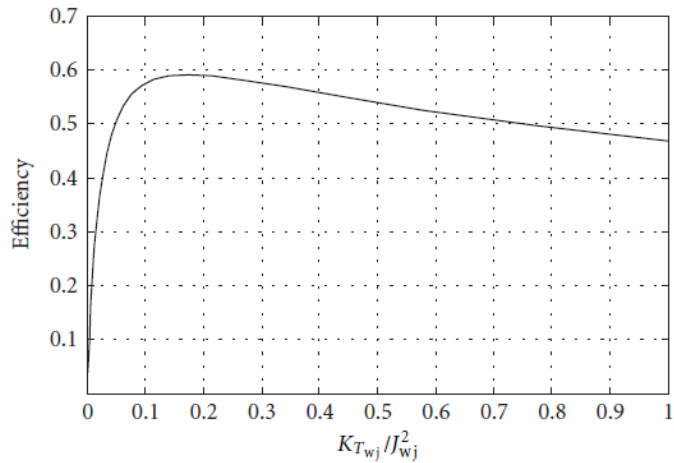
$$\begin{aligned}
 \text{BHP} &= \rho \times g \times \frac{Q \times H}{\eta_p \eta_r \eta_m} \\
 &= 1,025 \times 9,81 \times \frac{0,57 \times 51,61}{0,98 \times 0,98 \times 0,98} \\
 &= 317 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

Tabel 4 4 Hasil Perhitungan Daya Mesin

No	V (knot)	V (m/s)	Q (m ³ /s)	HT (m)	BHP
1	14	7.20	0.399	25.348	108.01
2	15	7.72	0.432	29.748	137.33
3	16	8.23	0.461	33.844	166.74
4	17	8.75	0.485	37.303	193.18
5	18	9.26	0.506	40.455	218.49
6	19	9.77	0.525	43.464	243.70
7	20	10.29	0.542	46.159	267.20
8	21	10.80	0.559	48.874	291.64
9	22	11.32	0.575	51.607	317.00

4.7. Kavitasi

4.7.1. Nilai KT_{WJ}/J^2_{WJ}



Gambar 4.8 Grafik efisiensi dengan Kt/J

Dari hasil perhitungan efisiensi *waterjet* didapat nilai efisiensinya sebesar 0.511. Maka nilai $K_{T_{WJ}}/J^2_{WJ}$ sebesar 0.507. selain membaca grafik, dapat juga dicari menggunakan perhitungan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \frac{K_{T_{wj}}}{J^2_{wj}} &= \frac{R_T}{\rho \times (1-t) \times V S^2 \times N_{Wj} \times Dim^2} \\ &= \frac{26800}{1025 \times (1-0) \times 11.318^2 \times 2 \times 0,70^2} \\ &= 0.507 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan $K_{T_{WJ}}/J^2_{WJ}$ pada setiap kecepatan 14 sampai 22 knot.

Tabel 4.5 Nilai $K_{T_{wj}}/J^2_{wj}$

Vs (knot)	K_{twj}/J_{wj}^2
14	0.626
15	0.643
16	0.644
17	0.627
18	0.605
19	0.581
20	0.554
21	0.529
22	0.507

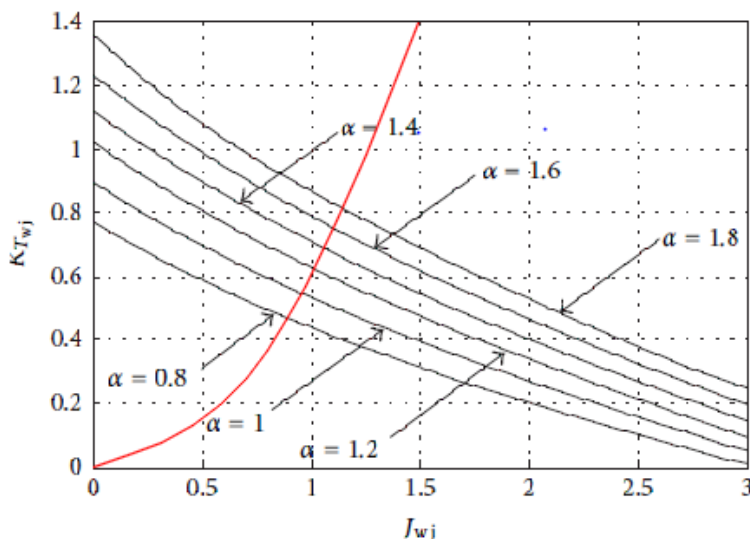
4.7.2. Thrust Coefficient dan Advance Ratio

Langkah selanjutnya adalah membuat kurva waterjet loaded (K) berdasarkan hasil perhitungan dari faktor nilai advanced (J) dengan nilai 0 sampai 3 dan nilai KT_{Wj}/J^2_{Wj} yang hasilnya sudah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Kurva waterjet loaded akan memotong kurva jet thrust coefficient. Pada titik perpotongan tersebut ditarik garis vertikal ke bawah sehingga mendapatkan nilai advanced ratio waterjet (J_{Wj}) dan ditarik garis horizontal ke kiri sehingga mendapatkan nilai jet thrust coefficient waterjet (KT_{Wj}).

Tabel 4 6 Nilai Kurva *Waterjet loaded* terhadap Nilai J

J	Nilai Kt pada Variasi Kecepatan Kapal								
	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	7.202	7.717	8.231	8.746	9.260	9.774	10.289	10.803	11.318
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.5	0.156	0.161	0.161	0.157	0.151	0.145	0.138	0.132	0.127
1	0.626	0.643	0.644	0.627	0.605	0.581	0.554	0.529	0.507
1.5	1.408	1.446	1.448	1.411	1.360	1.307	1.246	1.191	1.141
2	2.504	2.571	2.575	2.509	2.419	2.323	2.215	2.117	2.028
2.5	3.912	4.018	4.023	3.920	3.779	3.630	3.462	3.308	3.168
3	5.633	5.786	5.793	5.645	5.442	5.226	4.985	4.764	4.562

a. Kecepatan 14 knots

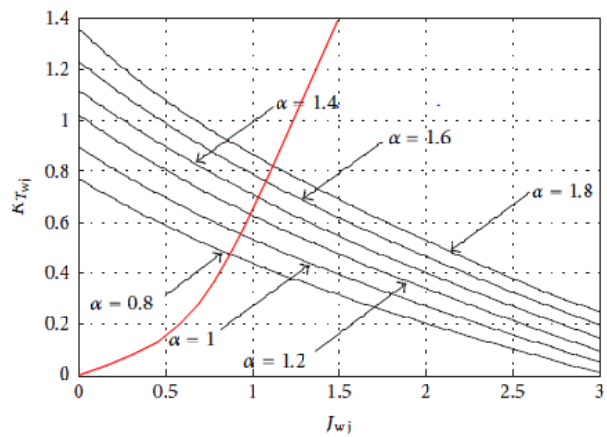


Gambar 4 9 Kurva *waterjet loaded* di 14 knots

Tabel 4 7 *Thrust coefisien dan advance ratio di 14 knots*

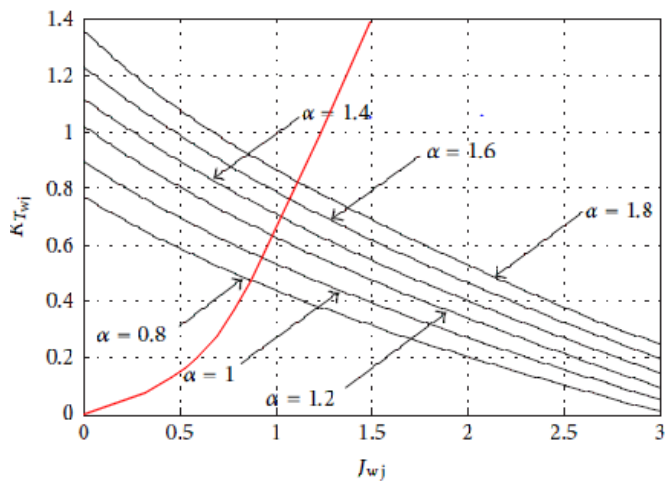
α	V = 14 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.835	0.460
1	0.950	0.550
1.2	1.005	0.640
1.4	1.080	0.732
1.6	1.148	0.783
1.8	1.195	0.800

b. Kecepatan 15 knots

Gambar 4 10 Kurva *waterjet loaded* di 15 knotsTabel 4 8 *Thrust coefisien dan advance ratio di 15 knots*

α	V = 15 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.840	0.440
1	0.952	0.530
1.2	1.012	0.620
1.4	1.060	0.700
1.6	1.118	0.770
1.8	1.165	0.820

c. Kecepatan 16 knots

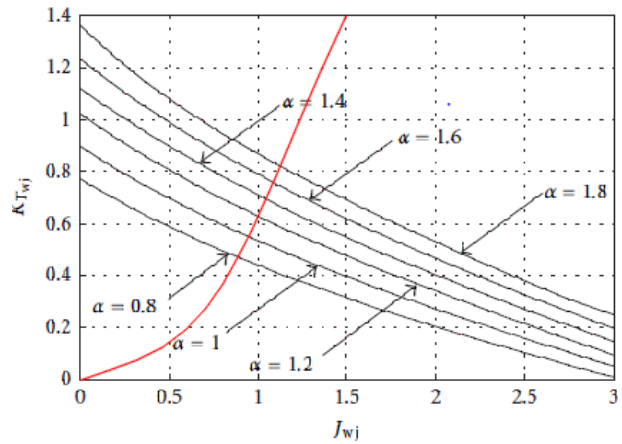


Gambar 4 11 Kurva waterjet loaded di 16 knots

Tabel 4 9 Thrust coefisien dan advance ratio di 16 knots

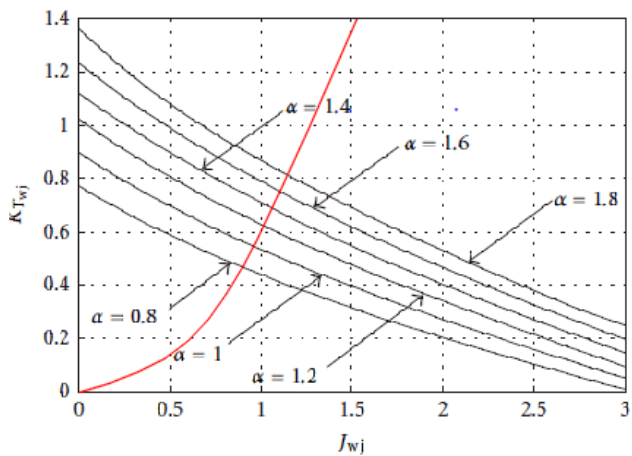
α	V = 16 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.820	0.440
1	0.910	0.580
1.2	0.980	0.620
1.4	1.050	0.700
1.6	1.100	0.760
1.8	1.150	0.820

d. Kecepatan 17 knots

Gambar 4 12 Kurva *waterjet loaded* di 17 knotsTabel 4 10 *Thrust coefisien* dan *advance ratio* di 17 knots

α	V = 17 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.830	0.483
1	0.900	0.575
1.2	1.000	0.635
1.4	1.055	0.712
1.6	1.110	0.785
1.8	1.155	0.810

e. Kecepatan 18 knots

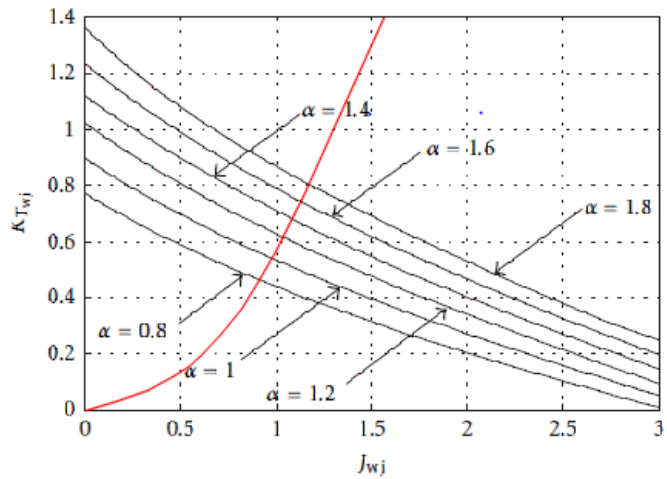


Gambar 4 13 Kurva waterjet loaded di 18 knots

Tabel 4 11 Thrust coefisien dan advance ratio di 18 knots

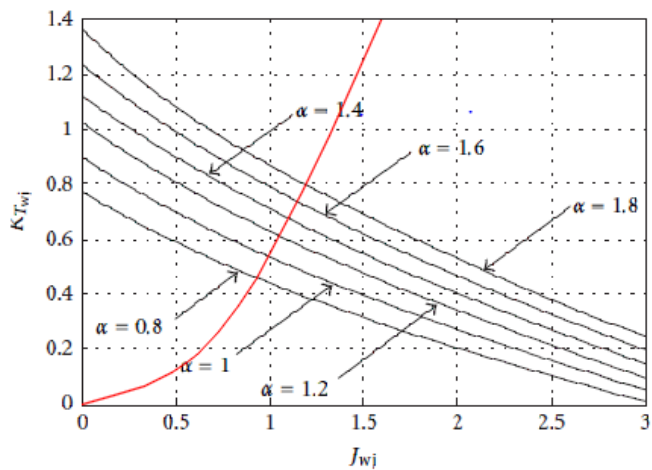
α	V =18 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.850	0.485
1	0.950	0.580
1.2	1.012	0.620
1.4	1.070	0.720
1.6	1.150	0.760
1.8	1.230	0.810

f. Kecepatan 19 knots

Gambar 4 14 Kurva *waterjet loaded* di 19 knotsTabel 4 12 *Thrust coefisien dan advance ratio* di 19 knots

α	V =19 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.875	0.486
1	0.970	0.587
1.2	1.040	0.615
1.4	1.095	0.688
1.6	1.152	0.780
1.8	1.199	0.800

g. Kecepatan 20 knots

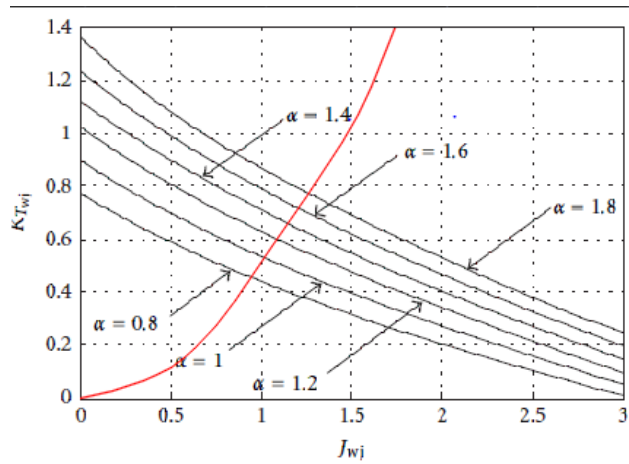


Gambar 4 15 Kurva *waterjet loaded* di 20 knots

Tabel 4 13 *Thrust coefisien dan advance ratio* di 20 knots

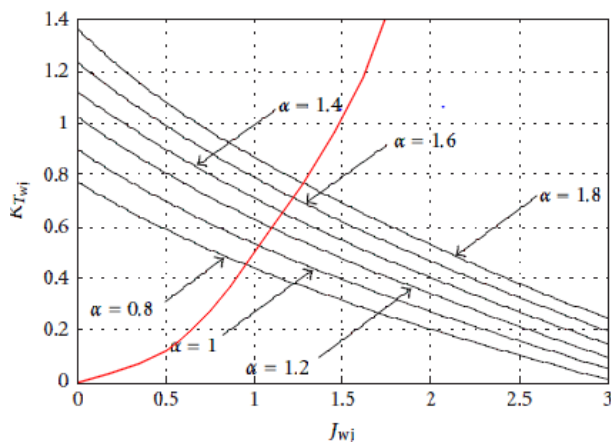
α	V =20 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.915	0.486
1	0.990	0.587
1.2	1.065	0.615
1.4	1.125	0.688
1.6	1.180	0.78
1.8	1.235	0.8

h. Kecepatan 21 knots

Gambar 4 16 Kurva *waterjet loaded* di 21 knotsTabel 4 14 *Thrust coefisien* dan *advance ratio* di 21 knots

α	V =21 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.910	0.49
1	1.010	0.57
1.2	1.100	0.615
1.4	1.155	0.69
1.6	1.220	0.78
1.8	1.260	0.8

i. Kecepatan 22 knots

Gambar 4 17 Kurva *waterjet loaded* di 22 knotsTabel 4 15 *Thrust coefisien* dan *advance ratio* di 22 knots

α	V =22 knot	
	Jwj	Ktwj
0.8	0.940	0.47
1	1.013	0.55
1.2	1.120	0.6
1.4	1.185	0.65
1.6	1.250	0.73
1.8	1.315	0.78

4.7.3. Thrust Waterjet (T_{wj})

Setelah mendapatkan nilai *advanced ratio waterjet* dan *jet thrust coefficient waterjet*. Dapat menghitung nilai *thrust waterjet*. Berikut perhitungan kecepatan putar.

$$n = \frac{V_s}{J_{wj} \times D_{im}}$$

$$= \frac{11.32}{1,4 \times 0,270}$$

$$= 35.374 \text{ rps}$$

$$N = 2122.415 \text{ RPM}$$

Dimana :

$$V_s = 22 \text{ knot}$$

$$= 11.32 \text{ m/s}$$

$$J_{wj} = 1.4$$

$$D_{\text{imp}} = 0.270 \text{ m}$$

Menghitung *thrust waterjet*

$$\begin{aligned} T_{\text{wj}} &= K T_{\text{wj}} \times \rho \times n^2 \times D_{\text{im}}^4 \\ &= 0,65 \times 1025 \times 35.374^2 \times 0,270^4 \\ &= 4430.476 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan kecepatan putar dan *thrust waterjet* pada setiap kecepatan dari 14 sampai 22 knots.

Tabel 4 16 Nilai *Thrust Waterjet*

Vs (knot)	Vs (m/s)	Jwj	Ktwj	n (RPS)	n (RPM)	Twj (N)
14	7.202	1.080	0.732	24.699	1481.939	2432.473
15	7.717	1.060	0.700	26.962	1617.750	2772.025
16	8.231	1.050	0.700	29.034	1742.034	3214.310
17	8.746	1.055	0.712	30.702	1842.139	3655.959
18	9.260	1.070	0.720	32.053	1923.157	4029.381
19	9.774	1.095	0.688	33.061	1983.652	4096.338
20	10.289	1.125	0.688	33.873	2032.373	4300.033
21	10.803	1.155	0.690	34.643	2078.563	4510.784
22	11.318	1.185	0.650	35.374	2122.415	4430.476

4.7.4. Cavitation Number

Untuk melakukan pembacaan grafik *cavitation coefficient*. Harus menghitung nilai *cavitation number* terlebih dahulu. Berikut persamaannya.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{wj}} &= \frac{Pa - Pv}{\rho \times Vs^2} \\ &= \frac{101325 - 2338}{1025 \times 11.32^2} \\ &= 0.754 \end{aligned}$$

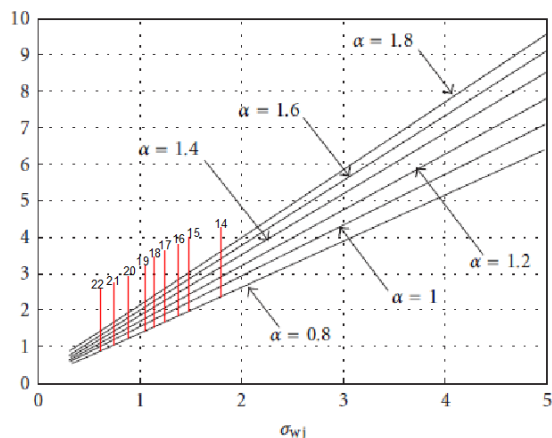
Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan nilai *cavitation number* pada setiap kecepatan dari 14 sampai 22 knots.

Tabel 4 17 Cavitation Number

Vs (knot)	Vs (m/s)	σ_{wj}
14	7.20	1.862
15	7.72	1.622
16	8.23	1.425
17	8.75	1.263
18	9.26	1.126
19	9.77	1.011
20	10.29	0.912
21	10.80	0.827
22	11.32	0.754

4.7.5. Cavitation Thrust Limit (T_{CAV})

Untuk aspek kevitasi, dilakukan dengan pembacaan grafik. Grafik yang dimasukkan berasal dari nilai *cavitation number* pada setiap variasi kecepatan. Kemudian didapatkan nilai *thrust cavitation coefficient* dan dapat dihitung *thrust cavitation limit*. Berikut ini gambar gabungan kurva – kurva pada setiap variasi kecepatan.



Gambar 4 18 Cavitation Coefficient

$$\begin{aligned}
 T_{CAV} &= \tau_{Cwj} \times \rho \times A_{im} \times V^2 \\
 &= 1,2 \times 1025 \times 0,057 \times 11,32^2 \\
 &= 9024,427
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \tau_{Cwj} &= 1.2 \\
 A_{im} &= 0,057 \text{ m}^2 \\
 Vs &= 11.32 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan *thrust cavitation limit* pada setiap kecepatan dari 14 sampai 22 knots. Apabila nilai dari *thrust waterjet* lebih besar dari nilai *thrust cavitation limit* maka akan terjadi kavitasi.

Tabel 4 18. Kavitasi pada setiap kecepatan

Vs (knot)	Vs (m/s)	α	τC	Tcwj	Twj (N)	Kavitasi
14	7.20	1.4	3.25	9897.66	2432.473	Tidak
15	7.72	1.4	2.60	9089.69	2772.025	Tidak
16	8.23	1.4	2.50	9944.27	3214.310	Tidak
17	8.75	1.4	2.30	10328.06	3655.959	Tidak
18	9.26	1.4	2.05	10320.29	4029.381	Tidak
19	9.77	1.4	1.96	10994.01	4096.338	Tidak
20	10.29	1.4	1.65	10255.03	4300.033	Tidak
21	10.80	1.4	1.35	9250.50	4510.784	Tidak
22	11.32	1.4	1.20	9024.43	4430.476	Tidak

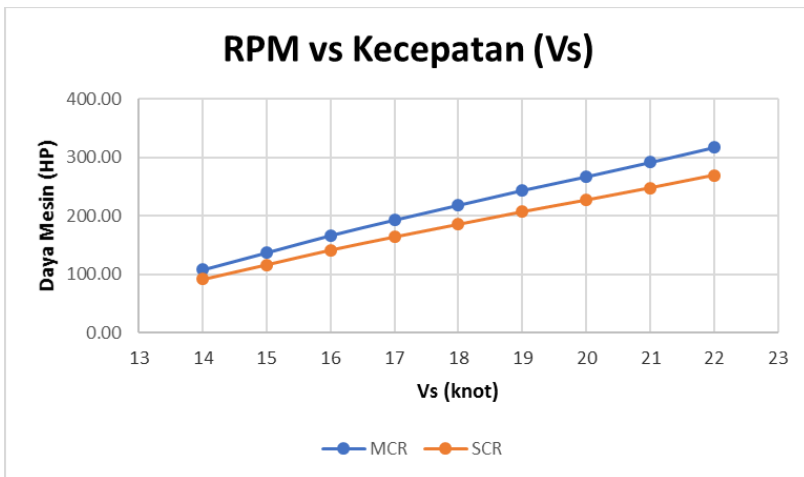
4.7.6. Engine Waterjet Matching

Dari perhitungan kebutuhan daya, nilai α yang ditentukan adalah 1.4. pemilihan ini memperhitungkan kondisi spesifikasi motor induk, reduction gear dan perangkat *waterjet* yang tersedia. Berikut ini merupakan table performa mesin dan persentasenya terhadap putaran *impeller* pada system propulsi *waterjet*.

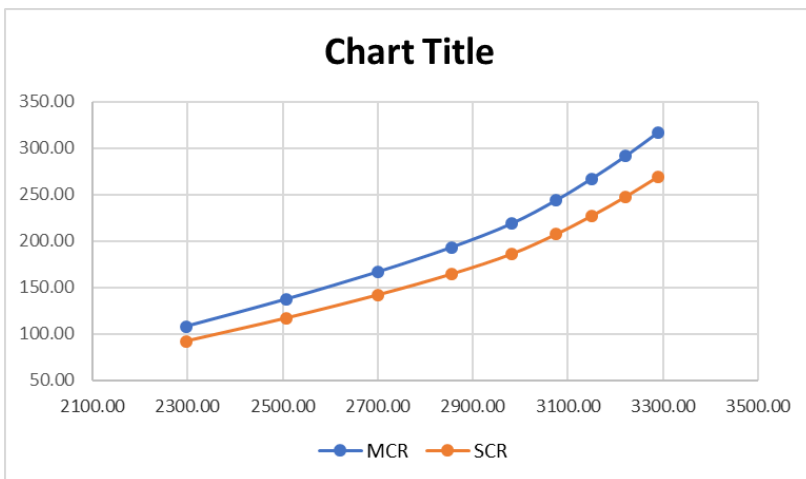
Tabel 4 19 Kebutuhan Daya pada Kecepatan setiap Variasi Kecepatan

V	n (rps)	n (rpm)	Ne (rpm)	BHPscr	BHPmcr	%BHP	%Ne
14	24.699	1481.939	2297.005	91.81	108.01	33.34%	69.61%
15	26.962	1617.750	2507.512	116.73	137.33	42.38%	75.99%
16	29.034	1742.034	2700.153	141.73	166.74	51.46%	81.82%
17	30.702	1842.139	2855.316	164.20	193.18	59.62%	86.52%
18	32.053	1923.157	2980.893	185.72	218.49	67.44%	90.33%
19	33.061	1983.652	3074.660	207.15	243.70	75.22%	93.17%
20	33.873	2032.373	3150.178	227.12	267.20	82.47%	95.46%
21	34.643	2078.563	3221.773	247.89	291.64	90.01%	97.63%
22	35.374	2122.415	3289.743	269.45	317.00	97.84%	99.69%

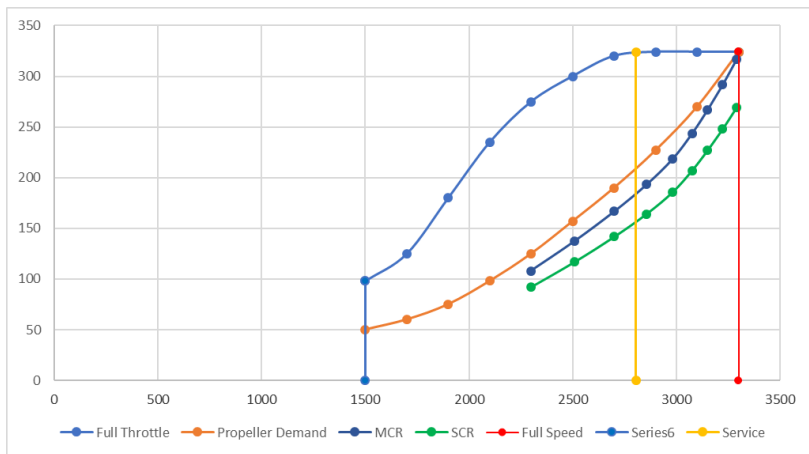
Kemudian dapat dibuat grafik *waterjet performance* pada setiap kondisi mesin yang digunakan seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4 19 Kecepatan Kapal – Daya Mesin



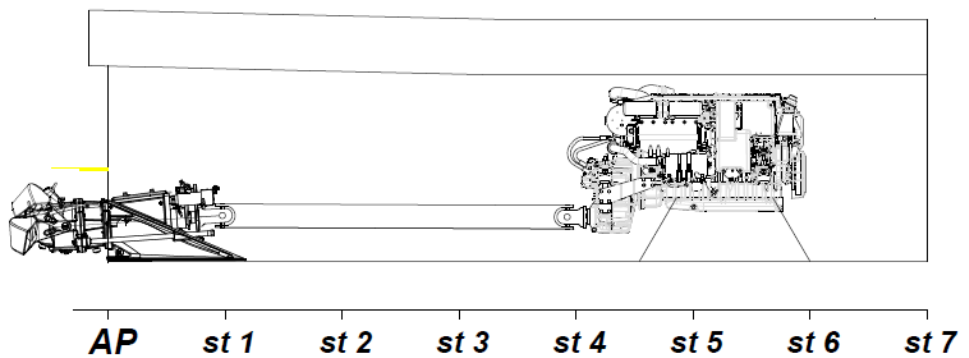
Gambar 4 20 Kecepatan Putar – Daya Mesin



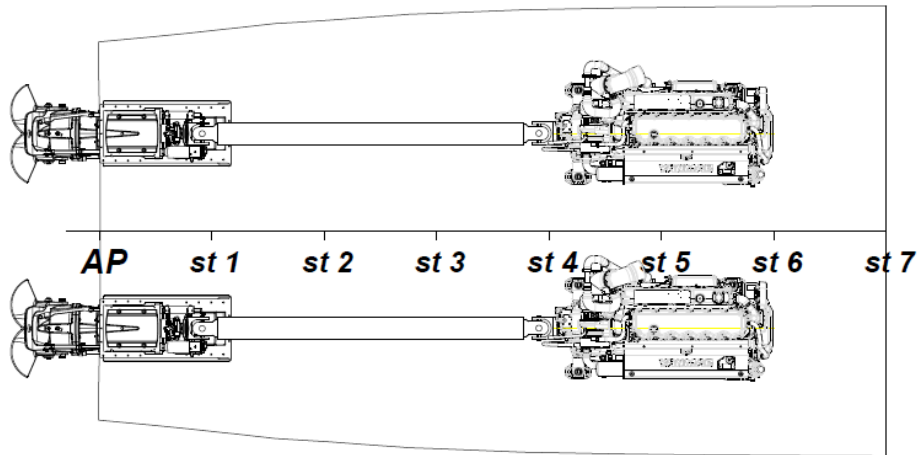
Gambar 4 21 Engine Waterjet Matching

4.8. Layout

Berikut merupakan gambar peletakan *main engine* dan *waterjet*.



Gambar 4 22 Layout Sistem Propulsi Waterjet Tampak Samping



Gambar 4 23 *Layout Sistem Propulsi Waterjet Tampak Atas*

4.9. Analisa

Dari hasil perhitungan *Engine Waterjet Matching* didapatkan bahwa daya mesin yang dibutuhkan pada kecepatan 22 knot (*full speed*) sebesar 317 kw atau 97.84% dengan putaran 3289.743 RPM.

Dari hasil perhitungan kebutuhan daya mesin dan pompa untuk *waterjet*, maka digunakan mesin yaitu YANMAR 6LY440 dengan daya mesin 440 Hp dan kecepatan putar 3500 RPM. Serta *waterjet* yang digunakan yaitu HamiltonJet HJseries dengan daya 440 Hp dan kecepatan putaran maksimal 3300 RPM. Dimana *waterjet* yang digunakan sebanyak 2 unit.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan skema desain yang sudah dirancang dengan peralatan sistem propulsi meliputi motor induk, *reduction gear*, dan unit *waterjet*, maka beberapa kesimpulan dapat dituangkan dalam poin-poin di bawah ini.

1. Nilai tahanan kapal tank didapatkan berdasarkan metode *Slander Body* sebesar 26.8 kN pada kecepatan 22 knot.
2. Besar daya motor induk yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal tank pada kecepatan 22 knot sebesar 317 kw dengan kecepatan putar 3289.743 RPM.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa hal yang harus ditinjau sebagai perencanaan penulisan karya ilmiah selanjutnya. Berikut ini saran yang diberikan penulis mengenai topik bahasan karya ilmiah.

1. Untuk study lanjut dapat ditentukan tentang penempatan mesin dan dudukan mesin pada kapal Tank *trimaran* serta perhitungan *shaft waterjet*.

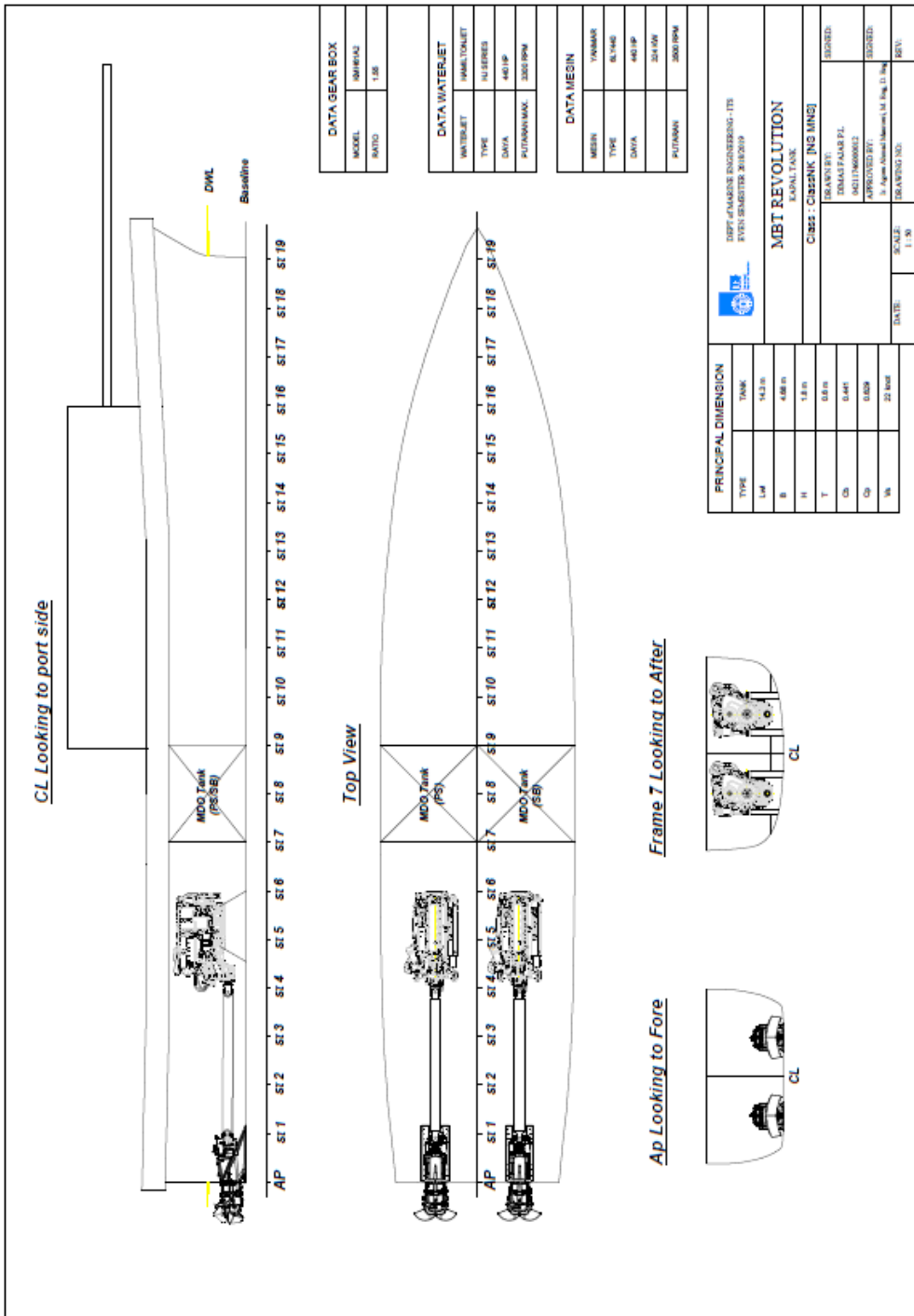
Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

1. Allison, J, Member, Band, & Lavis, 1993, Marine Waterjet Propulsion Vol. 101 hal 275-335, Rapat Tahunan SNAME, New York.
2. Altosole, M, Benvenuto, G, Figari, M, & Campora, U 2012, "Dimensionless Numerical Approaches for the Performance Prediction of Marine Waterjet Propulsion Unit" International Journal of Rotating Machinery, University of Genoa, Genoa.
3. A. Maulana, Kajian Teknis Perancangan Sistem Propulsi Waterjet Pada Patrol Boat 10,3 m, Surabaya:ITS, 2017.
4. Bulten, N.W.H, "*Numerical Analysis of a Waterjet Propulsion System*", (Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2006).
5. H. Yusuf, A. Santoso and Amiadji, Analisa Penggunaan Waterjet Pada Sistem Propulsif Kapal Perang Missile Boat Dengan Kecepatan 70 Knot, Surabaya: ITS, 2014.
6. Haar, L., Gallagher, J.S., and Kell, G.S. 1984, *NBS/NRC Steam Tables*, Hemisphere Publishing Corp., New York,
7. M. R. P. Bayu, E. S. Koenhardono and I. R. Kusuma, "Perencanaan Sistem Propulsi Elektrik Waterjet Pada Kapal Patroli Trimaran 56 Mter," 2012.
8. Molland, AF, Turnock, S R, & Hudson, DA, 2011, *Ship Resistance and Propulsion Practical Estimation of Ship Propulsive Power*, University of Southampton, Inggris.
9. N. W. H. Bulten, Numerical Analysis of a Waterjet Propulsion System, Netherlands: Eindhoven University of Technology, 2006.
10. Sularso, Pompa dan Kompresor, Jakarta: Anem Kosong Anem, 2004.
11. T. A. Purnomo, Analisa Perancangan Sistem Propulsi Waterjet Sebagai Propulsi Alternatif Pada Kapal Patroli Cepat 61 M, Surabaya: ITS, 2016.
12. Whitesides, R.W 2012, "Understanding Pump and Suction Specific Speeds" PDHonline Course M136. Tersedia dari:
<http://www.pdhonline.com/courses/m136/m136content.pdf> [12 Maret 2017].

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A GENERAL ARRANGEMENT KAPAL TANK



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN B MAIN ENGINE



YANMAR

MARINE DIESEL ENGINES

6LY400 / 6LY440

Configuration	In-line 6-cylinder, 4-stroke, vertical, water-cooled diesel engine		
Maximum output at crankshaft	*294 kW @3300 rpm	[400 mhp]@3300 rpm	
	*324 kW @3300 rpm	[440 mhp]@3300 rpm	
Displacement	5.813 L	[354 cu in]	
Bore x stroke	106 mm x 110 mm	[4.17 in x 4.33 in]	
Combustion system	Direct Injection with Denso Common-Rail system		
Aspiration	Turbocharged with watercooled turbine housing		
Starting system	Electric starting 12V - 2.5 kW		
Alternator	12V - 125A		
Cooling system	Fresh water cooling by centrifugal fresh water pump and rubber impeller seawater pump		
Lubrication system	Enclosed, forced lubricating system		
Direction of rotation [crankshaft]	Counterclockwise viewed from stern		
Dry weight without gear	585 kg	[1290 lbs]	
Emission compliance	EU: RCD 2	IMO/GL	EMC
	US: EPA Tier 3		
Engine mounting	Rubber type flexible mounting		

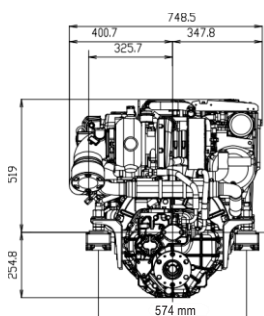
NOTE:

Fuel condition: Density at 15°C = 0.842 g/cm³; 1HP = 0.7355 kW

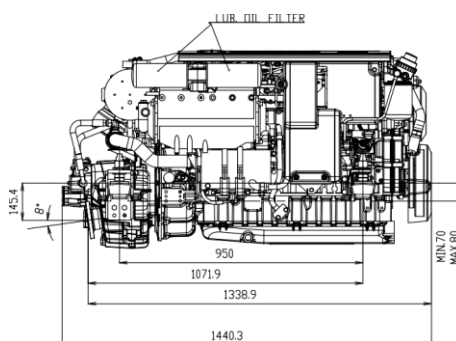
*Fuel temperature 40°C at the inlet of the fuel injection pump [ISO 8665]

DIMENSIONS

Rearview



Right side view



6LY440 with KMH61A2 marine gear

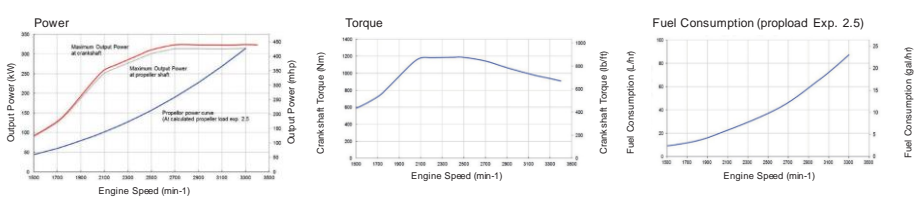


PERFORMANCE CURVES

6LY400



6LY440



MARINE GEARS / DRIVE*

Model	KMH61A2 [down angle: 8°]			KMH61V2 [V-drive]			ZF280-1 [parallel]
Type	Hydraulically actuated multi-disc clutch			Hydraulically actuated multi-disc clutch			Hydraulically actuated multi-disc clutch
Dry weight**	81 kg [187 lbs]			113 kg [249 lbs]			113 kg [249 lbs]
Reduction Ratio [fwd/rev]	1.55/1.55	2.04/2.04	2.43/2.43	1.24/1.24	1.49/1.49	1.98/1.98	2.43/2.43
Propeller speed [fwd/rev]	2129	1618	1358	2661	2215	1667	1358
Direction of rotation (viewed from stern)	Counterclockwise & Clockwise			Counterclockwise & Clockwise			Counterclockwise & Clockwise
Dry weight engine and gear/drive**	666 kg [1468 lbs]			698 kg [1538 lbs]			698 kg [1538 lbs]

* Other marine gearboxes and configurations available upon request. Contact your local supplier for more information.
 ** Dry weight including coiler, brackets & damper disk.

ACCESSORIES

Standard engine package

- 2-pole 12V Electric system
- Exhaust/water mixing elbow [L-type]
- Alternator 12V - 125A
- Mounting brackets
- Dipstick on both sides

Optional accessories

- Flexible mounts
- Fuel water separator
- High-riser mixing elbow
- SOLAS kit including certificates
- 24V Secondary Alternator

CONTROL SYSTEM

Standard engine package

- YANMAR CAN-bus control system
- Multi-function color display
- NMEA2000 or J1939 gauge output
- Switch panel
- Back up panel

Optional accessories

- Electronic CAN-bus control-head
- Extension wire harness
- NMEA2000 gauges
- Second or third station

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN C WATERJET



HJ SERIES
www.hamiltonjet.com


HamiltonJet

HamiltonJet HJ Series

waterjets represent the most successful range of waterjet propulsion units available in the world today.

Proven over many years to perform in all operating conditions, the HamiltonJet HJ waterjet range provides superior thrust, efficiency and cavitation performance over other similar sized waterjet models.


HamiltonJet

The HamiltonJet Promise

Total Waterjet Solutions

With experience spanning six decades, HamiltonJet provides a totally integrated waterjet propulsion solution to the marine industry. From initial enquiry and right through the lifespan of a vessel, HamiltonJet offers a comprehensive customer support package that is second to none.

HamiltonJet has been providing waterjet propulsion solutions to the marine industry since the 1950s, and has installed more than 50,000 waterjets into vessels around the world. Through this experience HamiltonJet understands the wide range of conditions, situations and tasks a modern vessel needs to be able to undertake on a daily basis throughout its operating life.

The company also has more experience with designers and boat builders than any other waterjet manufacturer, and so provides the simplest installation package of any waterjet design in the market today.

Knowledge gained through unrivalled waterjet application experience mean HamiltonJet is able to provide accurate performance predictions to ensure a vessel will deliver on its design criteria. This knowledge and experience is shared globally through HamiltonJet's extensive distributor sales and support network.

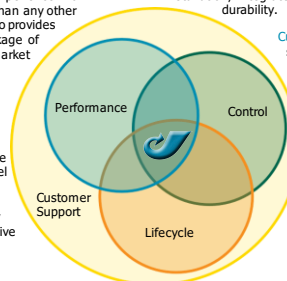
Evidence of HamiltonJet's success can be seen in the range of innovative designs the company has pioneered, each raising the standard of waterjet performance, control and lifecycle, all of which build on the HamiltonJet ethos of superior customer support.

Performance = high and low speed power and efficiency, load carrying capability and acceleration.

Control = high and low speed manoeuvrability, course keeping, close quarters manoeuvring and development of innovative control system technology.

Lifecycle = Pre-sales application engineering, simple installation, integrated features and maximum durability.

Customer Support = spare parts supply & advice in country, full spares warehouse & HamiltonJet technical staff in region, installation and commissioning service assistance, and training programmes.



Right: HamiltonJet HJ364 waterjets in production at the company's New Zealand factory.



The Waterjet Advantage

<p>eFFiCiENCY</p>	<p>As vessel speed increases waterjets become more efficient compared to conventional propeller systems. Efficiency benefits are due to...</p> <ul style="list-style-type: none"> • No appendage drag – the waterjet intake sits flush with the hull bottom without struts, propeller shafts, rudders or any elements protruding beneath the hull to increase hull resistance, particularly as speed increases. • Thrust generated by a waterjet is parallel to the direction of travel. For many propeller systems the shaft is angled down and thrust is generated in the direction of the shaft, so only a component of the total thrust is in the direction of travel. • Energy lost from flow rotation is recovered by the stator section of the waterjet. This is energy that is lost in a propeller installation.
<p>MANOEUVRABILITY</p>	<p>Waterjet propulsion provides far superior manoeuvrability at both high and low speeds compared to a propeller boat...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Waterjet thrust is independent of boat speed – thrust is determined by input power and astern deflector position and is available at all times, even at zero speed. Result – boat can be turned without moving ahead or astern, and the ability to move the reverse deflector slightly either side of the zero speed position also provides very fine ahead or astern control, all while maintaining full steering control. • No need to change engine rotation to generate reverse thrust. A change from full forward thrust to full reverse thrust only requires the reverse duct to move from fully up to fully down position. • Sideways thrust capability with two or more jets (with split duct reverse deflectors) without the need for a bow thruster. 
<p>SAFETY</p>	<p>Waterjets have no exposed high-speed moving components external to a vessel's hull, providing greater safety to people in the water and marine life, and allowing the propulsor to keep running when operating in such conditions. There is also less risk to equipment in the water.</p>
<p>DURABILITY</p>	<p>A waterjet is inherently more durable than conventional propeller propulsion...</p> <ul style="list-style-type: none"> • No exposed appendages beneath the hull – allows the vessel to access shallow waterways, cross sandbars and reefs, and complete beach landings and launches. • The impeller is protected inside the body of the jet – propulsion gear is not exposed to damage from floating debris or in the event of grounding. • Maintenance can be predicted and planned in advance – with propeller systems there is always uncertainty as exposed propulsion gear could be damaged at any time. Waterjets reduce downtime for vessel maintenance and can mean fewer vessels are required in fleet. 
<p>FLEXIBILITY</p>	<p>Waterjets offer significant advantages for vessels subject to variable loads...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boat speed is determined by hull weight – when the vessel is running light it will travel faster or maintain service speed with reduced power input, resulting in fuel and time savings. • Engines can not be overloaded when vessel is heavily laden – unlike propeller systems which can transfer load to the engine, a waterjet will always match available engine power. This results in less engine wear and consequently less maintenance and longer engine life. • Secondary propulsion option – waterjets can be used as boost or loiter propulsion alongside other waterjets or propellers.

Right: The twin jetstreams of this patrol vessel in Spain are delivered from a pair of HamiltonJet HJ403 waterjets.



The HamiltonJet Difference

perFormANce

High speed performance and efficiency – advanced impeller and intake designs provide **peak efficiency and performance over a wide speed range.**

Low speed performance – high thrust at low speeds ensures excellent station-keeping, bollard pull, load carrying and manoeuvring.

Acceleration – ability to apply full power at lower speeds ensures fast acceleration for patrol boats, rescue craft, pilot boats and recreational vessels.

CoNtrol

Steering control – HamiltonJet's JT steering system out-performs all others, reducing thrust losses when steering to give tighter turns and maintain vessel speed during the turn.

Ahead/Astern control – **HamiltonJet's split duct reverse deflector provides up to 60% of forward thrust**, resulting in highly responsive control at slow boat speeds where engine is set to higher than idle RPM and the reverse duct is used to regulate forward and aft thrust.

Speed of the controls response – HamiltonJet controls respond quickly to skipper input to improve manoeuvring control and safety. The company develops hydraulic and electronic **control systems to maximise control benefits of its waterjets.**

LiFeCYCLE

Material specifications – all HamiltonJet waterjets are manufactured using high quality materials to ensure the best mix of durability, weight, corrosion resistance and cost.

Impeller rating accuracy – impellers are cast as a single piece to ensure more accurate ratings for all impellers and a better match to peak engine rating.

Application engineering – HamiltonJet provides the highest level of technical expertise and advice to builders, designers and end users throughout the entire vessel design, build and commissioning phases, and for the operational life of a vessel.

Integrated Engineering – Each HamiltonJet waterjet is a complete packaged, factory tested, propulsion module, with reverse and steering control systems fully integrated with the jet to simplify installation and maintenance.

Support

International Support – HamiltonJet's service and support network extends around the globe to provide immediate assistance and spare parts supply.

HamiltonJet Features

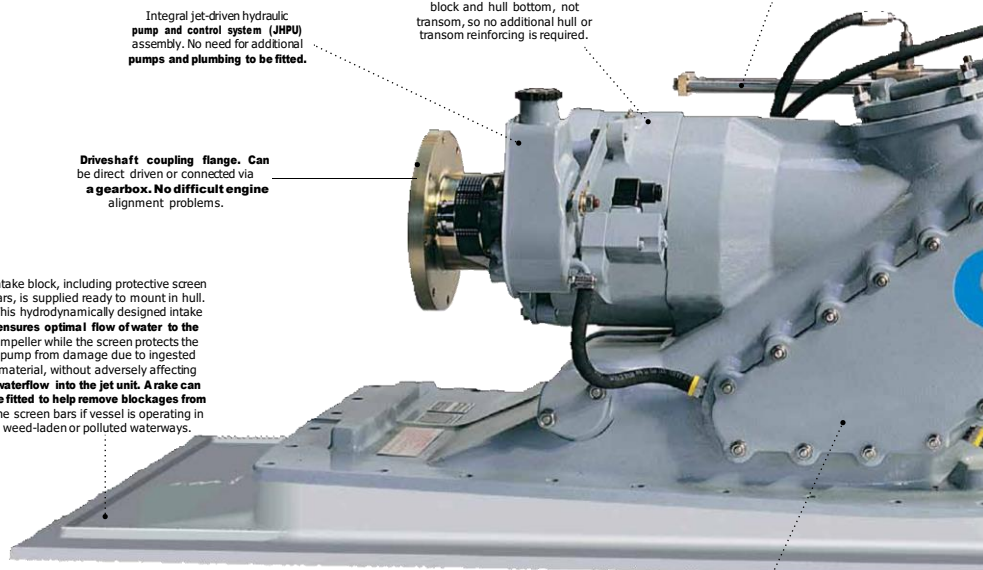
Integral jet-driven hydraulic pump and control system (JHPU) assembly. No need for additional pumps and plumbing to be fitted.

Driveshaft coupling flange. Can be direct driven or connected via a gearbox. No difficult engine alignment problems.

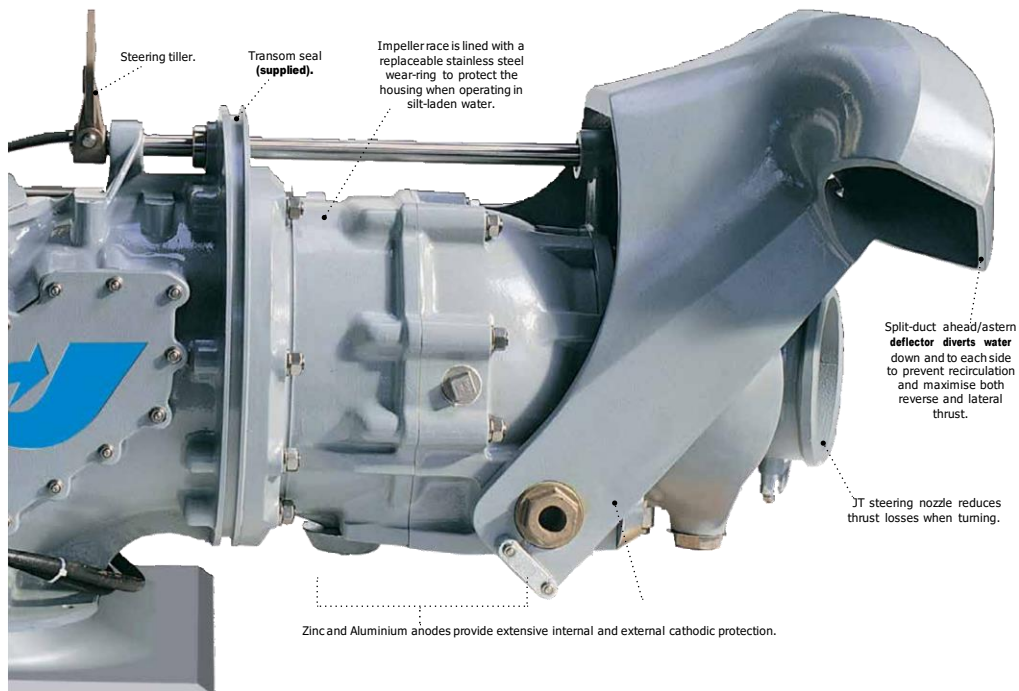
Intake block, including protective screen bars, is supplied ready to mount in hull. This hydrodynamically designed intake ensures optimal flow of water to the impeller while the screen protects the pump from damage due to ingested material, without adversely affecting water flow into the jet unit. A rake can be fitted to help remove blockages from the screen bars if vessel is operating in weed-laden or polluted waterways.

Inboard thrust bearing assembly transfers thrust forces to intake block and hull bottom, not transom, so no additional hull or transom reinforcing is required.

All hydraulic components are mounted inboard where they are protected from corrosion and marine growth.

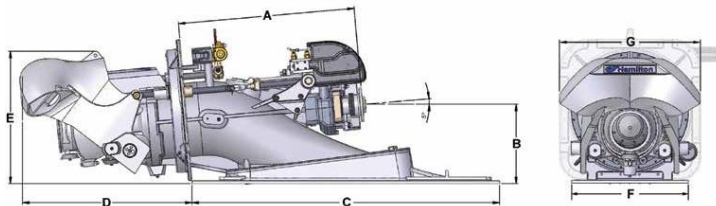


Integral hydraulic oil cooler.



HamiltonJet HJ Series Dimensions

The HJ Series comprises a range of highly efficient waterjet units suitable for propelling craft at speeds ranging from zero to up to 50 knots and typically of length up to 20 metres.



Jet Model	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	Intake Block (kg / lbs)	Dry Weight (kg / lbs)	Entrained Water (kg / lbs)
HJ212	450.3 ^a	252	762	609	440	386	450	7 / 15.4	75 / 165	17 / 37
HJ213	413	249	762	609	420	386	450	7 / 15.4	84 / 185	17 / 37
HJ241	424	284	829	705	491	431	502	10 / 22	104 / 229	26 / 57
HJ274	570	302	1100	710	548	470	608	22 / 48.5	152 / 335	35 / 77
HJ292	681	330	1180	750	550	495	608	26.4 / 58	187 / 412	45 / 99
HJ322	866	371	1380	835	637	550	680	37 / 82	260 / 573	62 / 137
HJ364	937	420	1634	901	709	621	747	62 / 137	408 / 899	79 / 174
HJ403	1053	474	1723	1080	752	690	904	72 / 159	641 / 1407	110 / 243

NOTES: Input RPM are subject to suitable cavitation limits – lower RPM figure is always preferred. Higher power inputs will restrict input RPM
^a – HJ212 "A" dimension is to the end of a splined shaft. May be close coupled.

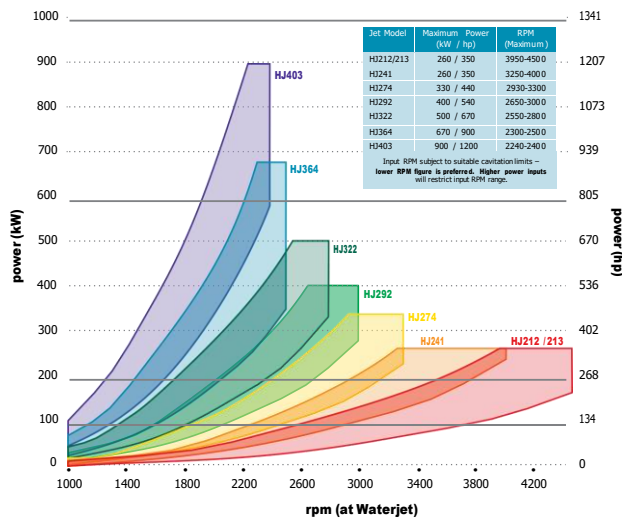
Weight based on standard 5° Intake Block option. Contact HamiltonJet for weights of optional 0° intake.
 Layout and dimensions shown are indicative only for initial design purposes, based on jets with standard 5° intake block which facilitates close direct drive coupling of the engine. An optional 0° intake block, which positions the jet parallel to the hull bottom, is available for certain models. Consult HamiltonJet for more detailed information.

Right: Kvchak-built US Navy Maritime Prepositioning Force (MPF) high speed landing barge. Twin HamiltonJet HJ3





HamiltonJet HJ Series Power / RPM Curves



JT Steering

All HJ Series waterjets incorporate HamiltonJet's JT steering nozzle to optimise both steering efficiency and delivery of propulsive thrust. Compared with other waterjet steering systems, the JT nozzle provides outstanding steering response at all boat speeds. This is particularly noticeable at low speeds due to the absence of a central "deadband". The design reduces nozzle flow disturbance, resulting in lower energy losses and minimal loss of forward thrust when steering. These factors mean higher overall efficiency through improved course-keeping and, coupled with low steering loads and noise level, make the JT system highly effective and reliable under all conditions.

ahead / astern

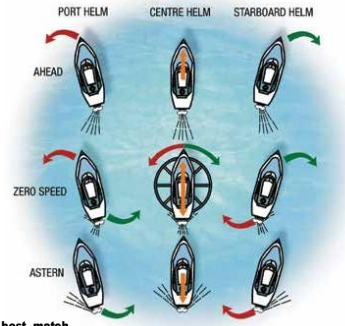
The ahead/astern function is an integral part of HJ Series waterjets, utilising a split-duct deflector to provide maximum astern thrust under all conditions of boat speed, water depth and throttle opening. The splitter incorporated in the deflector divides the flow to two outlet ducts angled down to clear the transom and to the sides to retain the steering thrust component. Vectoring the astern thrust away from the jet intake avoids recirculation and the resulting astern thrust is equivalent to up to 60% of ahead thrust - maintainable up to high throttle settings. The shift from full ahead to full astern is a smooth transition as the deflector is lowered through the jetstream, eliminating any delay or shock loading normally associated with propeller/gearbox drives. Designed to withstand the loads imposed when the deflector is lowered at full speed ahead, the arrangement provides a powerful braking function for emergencies.

The separation of the steering and ahead/astern functions offer the opportunity for unlimited combinations of translational and rotational movements for outstanding vessel control.

Control Functions

Since steering and ahead/astern functions are separate and have independent effects, they may be used together to enable complex vessel manoeuvres without complex combinations of control inputs by the operator.

With the astern deflector fully raised, full forward thrust is available. With the deflector in the lower position, full astern thrust is generated. In both positions full independent steering is available for rotating the craft. By setting the deflector in the intermediate "zero-speed" position, ahead and astern thrusts are equalised for holding the craft on station, but with independent steering effect still available for rotational control. Infinitely variable adjustment either side of "zero-speed" enables the craft to be crept ahead or astern, and in multiple jet installations appropriate thrust vectoring alone can be used to induce true sideways movement.



Control Systems

All HamiltonJet waterjets incorporate a hydraulic or electronic control system specifically designed to best match the characteristics of the particular vessel and waterjet configuration. Hydraulic components are built into the waterjet and can be actuated from the helm by either manual cables (smaller HJ models only), a hydraulic control system or HamiltonJet's blue ARROW and MECS electronic control systems (for HJ292 - HJ403 only).

Electronic control systems offer a greater level of customization to suit a wide range of operational parameters, including combined or separate throttle & reverse control, multiple control stations, interface with other electronic helm components such as autopilots and DPS, and improved operator interface to ensure skippers of all levels of experience have full access to the manoeuvring capabilities and advantages of HamiltonJet waterjets.

Left: NorSafe Magnum 750 and Magnum 850 Rescue Craft, Norway. Single and Twin HamiltonJet H241 waterjets.

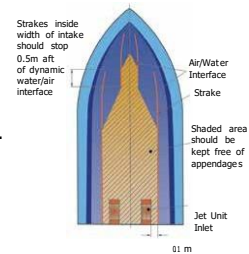
HamiltonJet Suitable Hull Form Guidelines

This page provides basic information to assist when determining the suitability of waterjet propulsion for different hull forms, vessel applications and performance expectations.

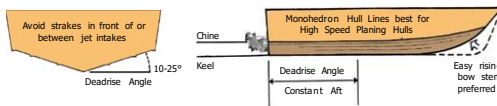
General Guidelines

The hull shape, monohull or multihull, should be that which best suits the size, displacement and cruising speed of the craft, but with the following prerequisites:

- Hull shape and appendages must avoid entraining air into the waterjet inlet.
- If no keeling is proposed, hull shape must be directionally stable without such appendages.
- Avoid appendages such as keels, rudders, planing strakes, etc for at least 2 metres in front of the waterjet intake. Appendages can generally be placed to the outside of the projected area forward of the waterjet inlet(s) without affecting their performance.
- Water level must be at least up to the waterjet mainshaft when the craft is at rest.
- HamiltonJet should be consulted in all cases before construction starts.



High ("Planing") Speed Craft (over 30 knots)



For best directional stability and speed, a hull with monohedron lines (constant deadrise over planing area) is recommended.

Avoid deep and fine bow stems as, without additional keeling, these can cause directional instability at speeds over 25 knots. Also for directional stability and to avoid air being entrained into the waterjet from bow waves, deadrise angles of between 10° and 25° are generally recommended.

Multihulls and Medium Speed Craft (10 to 30 knots but increasing with length)

- Long narrow multihulls, which maintain low trim angles throughout the speed range, are well suited to waterjet propulsion. To minimise hull resistance of catamarans, designers should compensate for lost buoyancy aft caused by waterjet installation, generally by keeping the Longitudinal Centre of Gravity (LCG) well forward.
- Surface Effect Ship concept hulls and foils can provide additional "lift" to the hull and give significant reduction in resistance, but care must then be taken to avoid aerated water from the bows and foils entering the waterjet(s).
- For medium speed craft (eg: semi-displacement and warped hulls) ensure sufficient immersion for waterjet(s) to prime when craft is at rest and LCG is positioned for best speed.

Note: Due to moderate dead rise and immersion aft and deeper vee forward sections, some keeling aft may be required to maintain directional stability.

Slow Speed Craft (0 to 10 knots but increasing with length)

- Craft speed is limited by the water line length (WLL or LWL) and efficient hull shape rather than shaft power.
- At speeds up to the natural displacement speed (NDS), very modest shaft power is required and acceptable propulsive efficiencies can thus be obtained with relatively small waterjets.

In all situations we recommend you submit the Application Questionnaire form on the reverse and then discuss your propulsion options with a HamiltonJet authorised Distributor to ensure waterjets are successful in your vessel.



Application Questionnaire

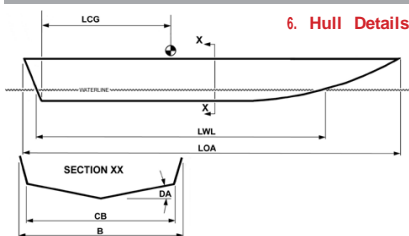
This Questionnaire is for checking intended hull shape and speed are suitable for waterjets and to initially select the best HamiltonJet propulsion option for it. Note that the more information provided, the greater the accuracy with which an appropriate propulsion system can be selected. All information provided will be treated as confidential. **The MOST IMPORTANT INFORMATION and units of measure are in red.**

Detect along perforation

Project Reference		Date:
1. Project Reference:	_____	Approx. hours/day at full power: _____ hrs/day
2. Vessel Use:	_____	Expected operating hours / year (to nearest 1000 hours): _____ hrs/yr
3. Company:	_____	Contact Name: _____
4. Country:	_____	Tel. No: _____ Email: _____

Hull Description	
Hull Construction Material:	<input type="checkbox"/> Aluminium <input type="checkbox"/> Wood <input type="checkbox"/> GRP <input type="checkbox"/> Steel <input type="checkbox"/> Other: _____
5. Hull Type:	<input type="checkbox"/> Monohedron Monohull <input type="checkbox"/> Warped Monohull <input type="checkbox"/> Catamaran* <input type="checkbox"/> Other*: _____ <input type="checkbox"/> Planing <input type="checkbox"/> Semi-Displacement <input type="checkbox"/> Displacement <input type="checkbox"/> Barge/Landing Craft <input type="checkbox"/> Hard Chine <input type="checkbox"/> Round Bilge <input type="checkbox"/> RIB / RHIB <input type="checkbox"/> Other: _____
Note any other distinguishing hull bottom features or appendages (eg: lifting foils, planing strakes): _____	

Hull Details <small>please specify units of measure</small>		m metres	m feet	m tonne (metric)	m ton (UK/Imp)	m ton (US/short)	m kg	m lbs
---	--	----------	--------	------------------	----------------	------------------	------	-------



If available please provide:

 Hull General Arrangement drawings
 Hull line drawings

6. **Hull Details:** LOA (Overall Length): _____

LWL (Waterline Length): _____

LCG (Longitudinal Centre of Gravity at max. displacement): _____

B (Beam Overall): _____

CB (Chine Beam): Max: _____ and at transom: _____

DA (Deadrise Angle): @mid LWL: _____ ° DA@Transom: _____ °

Height (above WL for wind resistance allowance): _____

Displacement: Maximum: _____ **LCG:** _____

Light: _____ **LCG:** _____

Trials (if available): _____ **LCG:** _____

Include LCG for each displacement state if known

Expected Design Performance	
-----------------------------	--

7. **Vessel Speed with Maximum Power Input (knots):** Vessel Speed with Continuous Power Input (knots):

at Maximum Displacement: _____ knots at Maximum Displacement: _____ knots

at Trials Displacement: _____ knots at Trials Displacement: _____ knots

at Light Displacement: _____ knots at Light Displacement: _____ knots

Seastate: _____ Seastate: _____

 Attach Hull Resistance Data* (if available): **Estimated** **Model Tested incl. allowances for:** Wind Waves

Proposed Engine(s)		
--------------------	--	--

Engine Configuration: _____ **Make:** _____ **Model:** _____

8. **Power:** Maximum: _____ kW bhp mhp @ _____ rpm

Continuous: _____ kW bhp mhp @ _____ rpm

Above ratings are: Nett Flywheel Power (ie: before gearbox, etc) or Nett Shaft Power (ie: waterjet input)

9. **Gearbox:** No/Direct drive **Yes, Make & Model:** _____ **Ratio:** _____ :1

* For catamarans and other multihull vessels, please provide total hull resistance

Complete this form, then return to your local HamiltonJet Distributor or Regional Office by email, fax or post.
 See back page of this brochure for contact details.
 This questionnaire is also available in electronic/email format from www.hamiltonjet.co.nz.

Detect along perforation

WORLD HEADQUARTERS

HamiltonJet Global
 PO Box 709
 Christchurch
 New Zealand
 Phone: +64 3 962 0530
 Fax: +64 3 962 0534
 Email: marketing@hamjet.co.nz
www.hamiltonjet.co.nz

REGIONAL OFFICES

HamiltonJet Americas
 14680 NE North Woodinville Way
 Suite 100
 Woodinville WA 98072
 United States of America
 Phone: +1425 527 3000
 Toll Free: 800 423 3509
 Fax: +1 425 527 9188
 Email: marketing@hamiltonjet.com
www.hamiltonjet.com

HamiltonJet Europe
 Unit 26, The Birches Industrial Estate
 East Grinstead
 West Sussex RH19 1XZ
 United Kingdom
 Phone: +44 1342 313 437
 Fax: +44 1342 313 438
 Email: marketing@emea.hamiltonjet.com

HamiltonJet Asia
 1 Toh Tuck Link
 #04-01
 Singapore 595222
 Phone: +65 6567 2202
 Fax: +65 6567 4788
 Email: hamiltonjet.asia@hamjet.co.nz

Your local HamiltonJet Distributor is...

Cover: blue ARROW Rescue, Christchurch, New Zealand. Twin HamiltonJet H3322 waterjets



HamiltonJet

BIODATA PENULIS



Dilahirkan di Bengkulu pada tanggal 31 Desember 1995, Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar mulai dari taman kanak-kanak di TK Mardisiwi kemudian melanjutkan pendidikan jenjang sekolah dasar di SDN BUNGUR 1, kemudian melanjutkan di SMP N 1 KAUMAN, kemudian melanjutkan di SMK N 3 Boyolangu Tulungagung, kemudian penulis melanjutkan ke jenjang diploma di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) dengan program studi D3 Teknik Permesinan Kapal. Pada tahun ajaran 2017/2018 semester genap penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS melalui program Lintas Jalur. Sebelum melanjutkan kuliah di Departemen Sistem Perkapalan FTK ITS, penulis pernah bekerja di PT. Darma Tirta Negara. Penulis mengambil Laboratorium Marine Fluid Machinery and System (MMS)