

**ANALISA TEORITIS PENGGUNAAN KORT NOZZLE  
PADA PROPELLER KONVENSIONAL UNTUK  
PENINGKATAN EFISIENSI PROPULSI *HARBOUR*  
*TUG 2X867 HP***

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**HERMAWAN**

**0403080184**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

**ANALISA TEORITIS PENGGUNAAN KORT NOZZLE  
PADA PROPELER KONVENSIONAL UNTUK  
PENINGKATAN EFISIENSI PROPULSI *HARBOUR*  
*TUG 2X867 HP***

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**HERMAWAN**

**0403080184**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**ANALISA TEORITIS PENGGUNAAN KORT NOZZLE PADA  
PROPELER KONVENSIONAL UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
PROPULSI *HARBOUR TUG 2X867 HP***

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 8 Juli 2008

Hermawan

NPM. 04 03 08 0184

# PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**ANALISA TEORITIS PENGGUNAAN KORT NOZZLE PADA  
PROPELLER KONVENSIONAL UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI  
PROPULSI *HARBOUR TUG 2X867 HP***

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Sripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 2 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 8 Juli 2008

Dosen Pembimbing I

Ir. Marcus Alberth Talahatu

NIP

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Ir. Marcus A. Talahatu, MT**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.

Hermawan  
NPM 04 03 08 0184

Dosen Pembimbing  
Ir. Marcus A. Talahatu

Departemen Teknik Mesin

**ANALISA TEORITIS PENGGUNAAN KORT NOZZLE PADA PROPELLER  
KONVENSIONAL UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI *HARBOUR TUG 2x867 HP***

**ABSTRAK**

Kapal tunda sangat luas penggunaannya di Indonesia. Namun, sebagian besar kapal tunda yang beroperasi di Indonesia telah berusia di atas 20 tahun. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerjanya. Mengingat harga pembuatan kapal tunda yang relatif mahal, alternatif yang dapat dilakukan untuk menjaga unjuk kerja kapal dapat dilakukan dengan modifikasi sistem propulsinya yaitu dengan menambahkan semacam selubung pada propelernya, yaitu Kort Nozzle, dengan pertimbangan bahwa Kort Nozzle diharapkan mampu memberikan peningkatan efisiensi pada kapal-kapal berpembebanan tinggi seperti kapal tunda. Penggunaan Kort Nozzle pun dapat menjadi solusi penghematan konsumsi bahan bakar.

Tulisan ini diharapkan mampu memberikan gambaran peningkatan efisiensi kapal tunda dengan menggunakan Kort Nozzle dibandingkan dengan kapal tunda dengan propeller konvensional.

**Kata kunci: Kapal Tunda, Modifikasi, Efisiensi Kerja, Kort Nozzle**

**Hermawan**  
NPM 04 03 08 0184

**Counsellor**  
Ir. Marcus A. Talahatu

Mechanical Engineering Department

**THEORITICAL ANALYSIS OF KORT NOZZLE APPLICATION ON  
CONVENTIONAL PROPELLER TO INCREASE THE PROPULSION  
EFFICIENCY OF HARBOUR TUG 2X867 HP**

**ABSTRACT**

Tugboat usage is very common in Indonesia. But, most of them have operated for more than 20 years. This condition may affecting their efficiency. Because of the expensive price of the tugboat, there is an alternative to maintain the performance of the ship by modificate her propulsion system by attaching a nozzle, so called Kort Nozzle, to the propeller, because a Kort nozzle application is very suitable for highly loaded ships, like tugboats. Kort Nozzle application may also affect less fuel consumption.

This final assignment will try to make a calculation on the increase of propulsion efficiency as effect of Kort Nozzle application.

**Kata kunci: Tugboats, Modification, Propulsion Efficiency, Kort Nozzle**

# DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 PEMBATAAN MASALAH	3
1.5 METODOLOGI PENULISAN	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 PENGANTAR KORT NOZZLE	6
2.2 TIPE-TIPE KORT NOZZLE	8
2.3 PRINSIP KERJA KORT NOZZLE	9
2.4 KEUNTUNGAN PENGGUNAAN KORT NOZZLE	11
2.5 GEOMETRI KORT NOZZLE	15
2.6 KORT NOZZLE PADA KAPAL TUNDA	19
2.7 PERHITUNGAN PROPULSI KAPAL	21
2.7.1 PERHITUNGAN HAMBATAN DAN ESTIMASI DAYA KAPAL	21
2.7.2 ANALISA PENGGUNAAN KORT NOZZLE	22
2.7.3 EFEK KAVITASI	28

2.8	SPESIFIKASI KORT NOZZLE BERDASARKAN STANDAR BADAN KLASIFIKASI	29
BAB III	TINJAUAN UMUM KAPAL TUNDA 2X867 HP	30
3.1	TUGAS DAN FUNGSI KAPAL TUNDA	30
3.2	DESAIN KAPAL TUNDA 2X867 HP	30
3.2.1	DIMENSI UTAMA KAPAL	30
3.2.2	PERHITUNGAN HAMBATAN KAPAL TUNDA 2X867 HP	31
3.2.3	ESTIMASI KEBUTUHAN DAYA KAPAL	34
3.2.4	PEMILIHAN PROPELLER	37
3.2.5	GENERAL ARRANGEMENT KAPAL TUNDA 2X867 HP	42
BAB IV	ANALISA APLIKASI KORT NOZZLE PADA KAPAL TUNDA 2X867 HP	43
4.1	KALKULASI HASIL PEMASANGAN KORT NOZZLE	43
4.2	KONSTRUKSI KORT NOZZLE PADA KAPAL TUNDA 2X867 HP	44
4.2.1	PROFIL NACA 4415 PADA KAPAL TUNDA 2X867 HP	46
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	50
	DAFTAR PUSTAKA	51
	LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Decelerating dan Accelerating Nozzle</i>	7
Gambar 2.2	Aliran Fluida Dalam Kort Nozzle	9
Gambar 2.3	Nozzle Konvergen-Divergen	10
Gambar 2.4	Penggunaan Rudder Pada Kort Nozzle	11
Gambar 2.5	Distribusi Kecepatan Aliran	12
Gambar 2.6	Gaya Dorong Propeller	13
Gambar 2.7	Penampang Memanjang Airfoil Kort Nozzle NACA 4415	16
Gambar 2.8	Dimensi-dimensi Pada Profil Airfoil	16
Gambar 2.9	Konstruksi Kort Nozzle	17
Gambar 2.10	Grafik <i>Clearance</i> -Kerugian Efisiensi	18
Gambar 2.11	Perbandingan Daya Dorong yang Dihasilkan Kort Nozzle dan Propeller Konvensional Pada Kapal Tunda	19
Gambar 2.12	Grafik $K_{so}-\eta$	25
Gambar 2.13	Grafik $K_{so}-t_{nozzle}-K_{wd}$	26
Gambar 2.14	Diagram Transmisi Daya	27
Gambar 2.15	Perbandingan Perbedaan Tekanan Pada Propeller Terbuka dan Propeller Dengan Nozzle	28
Gambar 3.1	Main Engine Caterpillar Type 3508	37
Gambar 3.2	General Arrangement Kapal Tunda 2x867 HP	42
Gambar 4.1	Profil NACA 4415 Untuk Kapal Tunda 2x867 HP	47
Gambar 4.2	Kort Nozzle Pada Kapal Tunda 2x867 HP	48
Gambar 4.3	Sketsa 3 Dimensi Kort Nozzle	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Ordinat Profil NACA 4415	16
Tabel 2.2	Nilai Bp Beberapa Tipe Kapal	20
Tabel 3.1	Perhitungan Hambatan Metode Yamagata	32
Tabel 3.2	Perhitungan Hambatan Metode Newman	34
Tabel 3.3	Estimasi Kebutuhan Daya Efektif Kapal	34
Tabel 3.4	Dimensi Propeller Tipe B 3.50	39
Tabel 4.1	Hasil Percobaan NSMB Terhadap Berbagai Profil Airfoil	45
Tabel 4.2	Harga Perbandingan Dimensi-dimensi Kort Nozzle	46
Tabel 4.3	Ordinat Profil NACA 4415 Untuk Kapal Tunda 2x867 HP	47

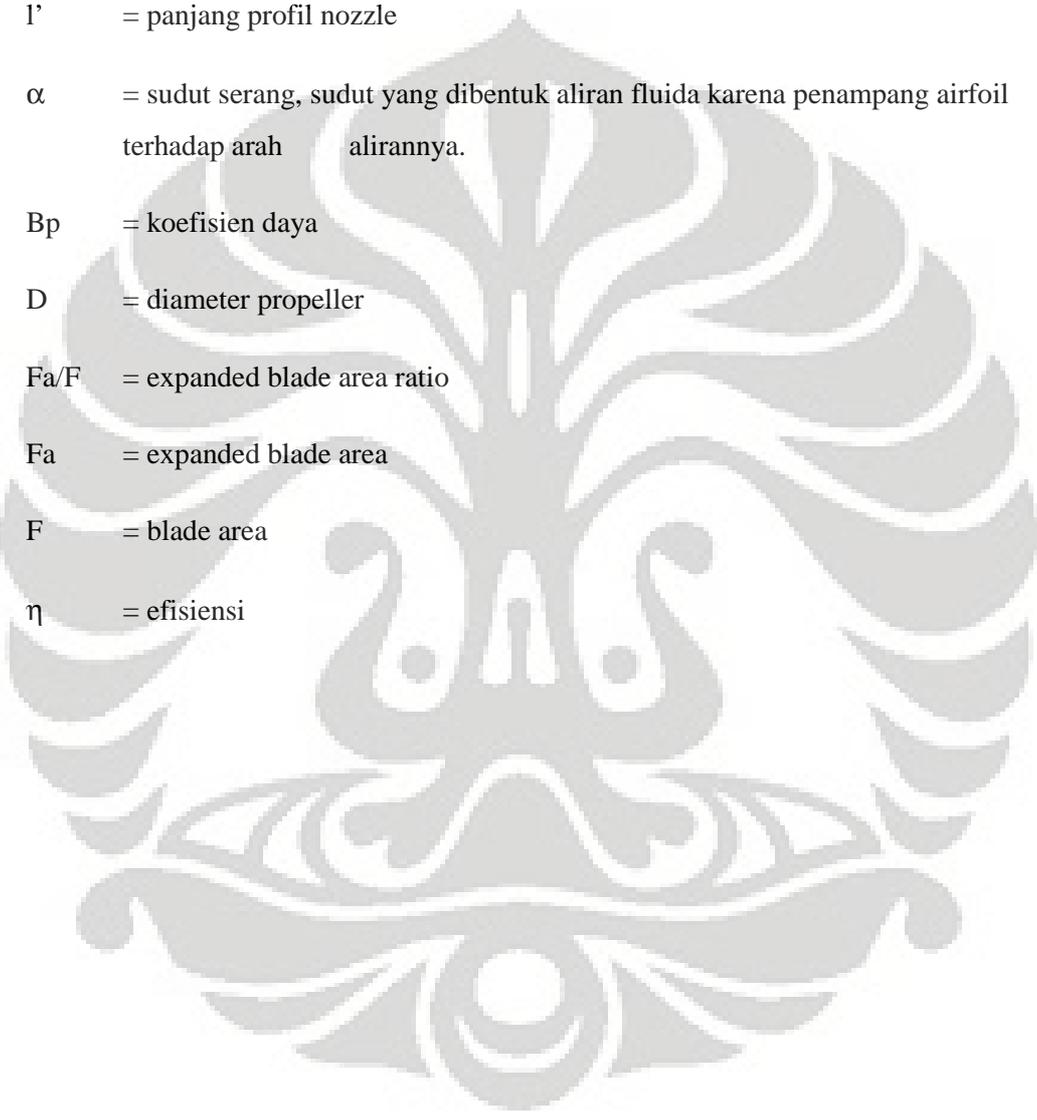
## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kort Nozzle Kapal Tunda 2x867 HP
- Lampiran 2 Sketsa Propeller B 3.5 dengan Kort Nozzle
- Lampiran 2 Persyaratan lloyd's Register untuk Kort Nozzle
- Lampiran 3 Grafik  $K_{so}-\eta$
- Lampiran 4 Grafik  $K_{so}-t_{nozzle}-K_{wd}$
- Lampiran 5 General Arrangement Kapal tunda 2x867 HP
- Lampiran 6 Grafik  $Nw-\Delta$
- Lampiran 7  $Bp-\delta$  diagram untuk propeller B3.5

## DAFTAR SINGKATAN

Kon-div	Konvergen-Divergen
NSMB	Netherlands Ship Model Basin
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
IHP	Initial Horse Power
BHP	Brake Horse Power
SHP	Shaft Horse Power
DHP	Delivered Horse Power
THP	Thrust Horse Power
EHP	Effective Horse Power

## DAFTAR SIMBOL



$l$	= panjang nozzle
$l'$	= panjang profil nozzle
$\alpha$	= sudut serang, sudut yang dibentuk aliran fluida karena penampang airfoil terhadap arah alirannya.
$B_p$	= koefisien daya
$D$	= diameter propeller
$F_a/F$	= expanded blade area ratio
$F_a$	= expanded blade area
$F$	= blade area
$\eta$	= efisiensi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Kapal tunda (*tugboat*) merupakan salah satu kapal yang sangat dibutuhkan keberadaannya di Indonesia. Kapal ini digunakan di pelabuhan untuk membantu kapal tanker, kapal barang, maupun kapal-kapal samudra berukuran besar lain berlabuh sebagai pemandu dan untuk mengatasi berbagai masalah di kawasan pelabuhan seperti penanganan kapal yang tenggelam, terbakar, dan lain-lain. Berdasarkan pengamatan di lapangan, satu kapal barang membutuhkan bantuan 1-3 kapal tunda untuk berlabuh. Hal ini menunjukkan kebutuhan akan kapal tunda sangat besar. Sebagai contoh, Pelabuhan Indonesia IV mengungkapkan membutuhkan setidaknya 20 kapal tunda untuk melayani berbagai aktivitas pelabuhannya walaupun saat ini hanya memiliki 12 kapal. Namun, dari 12 kapal yang beroperasi tersebut, sebelas diantaranya berusia di atas 20 tahun. Dengan demikian, untuk meningkatkan keselamatan pelayaran di kawasan pelabuhan, peremajaan kapal tunda mutlak diperlukan.

Mengingat harga satu unit kapal tunda relatif mahal, peremajaan kapal tidak harus dilakukan dengan pembelian kapal tunda baru tetapi dapat dilakukan dengan memperbaiki mesin dan menyesuaikan peralatan-peralatannya dengan kemajuan teknologi saat ini. Salah satu alternatif lain adalah dengan melakukan modifikasi terhadap sistem propulsinya, yaitu dengan mengubah sistem propulsi konvensional dengan suatu sistem propulsi non-konvensional yang dapat meningkatkan efisiensi pengoperasian kapal, baik dari segi teknis maupun ekonomis. Dalam hal ini yang dimaksud sistem propulsi konvensional adalah *screw propellers* (balong-balong).

Saat ini dikenal beberapa sistem propulsi non-konvensional, seperti *Controllable Pitch Propellers*, *Overlapping Propellers*, *Contra-rotating Propellers*, *Ducted Propellers* (Kort Nozzle dan Pump Jet), *Vertical Axis Propellers*, *High Speed Propulsion Devices*, dan lain-lain. Sistem-sistem propulsi non-konvensional tersebut diharapkan dapat mengatasi berbagai permasalahan yang timbul akibat penggunaan sistem propulsi konvensional. Penggunaannya diharapkan mampu meningkatkan efisiensi propulsi, mengatasi masalah kavitasi, meminimalisasi dampak getaran pada sistem propulsi, meningkatkan kemampuan bermanuver, meningkatkan faktor keamanan dan penggunaannya ekonomis.

Salah satu sistem propulsi non-konvensional yaitu Kort Nozzle yang merupakan salah satu jenis dari *Ducted Propeller* merupakan sistem propulsi yang dirancang untuk kapal-kapal berpembebanan tinggi dan memiliki risiko bahaya kavitasi yang besar. Kapal tunda, berdasarkan fungsi utamanya yaitu sebagai pemandu kapal-kapal samudera berukuran besar, merupakan kapal dengan karakteristik yang dimaksud. Sehingga dapat disimpulkan Kort Nozzle dapat digunakan sebagai alternatif peremajaan kapal tunda. Manfaat penggunaan Kort Nozzle antara lain meningkatkan efisiensi daya, mengurangi masalah getaran, dan memperbesar gaya dorong kapal. Berbagai dampak positif penggunaan Kort Nozzle tersebut dapat diperoleh tanpa harus mengubah mesin utama maupun mengubah konstruksi kapal. Sehingga penggunaannya sangat ekonomis.

Tulisan ini merupakan analisis teoritis terhadap penggunaan Kort Nozzle untuk peningkatan efisiensi propulsi propeller konvensional tanpa mengganti mesin utama. Diharapkan tulisan ini dapat menjadi sumber informasi dan menjadi masukan bagi penelitian-penelitian selanjutnya serta dapat bermanfaat untuk pengembangan dan penerapan ilmu perkapalan.

## **I.2 Perumusan Masalah**

Diperlukan pembahasan terhadap sifat-sifat, kegunaan, dan peningkatan efisiensi dari segi teknis penggunaan sistem propulsi non-konvensional seperti Kort Nozzle. Skripsi ini pada dasarnya merupakan suatu studi perbandingan antara penggunaan Kort Nozzle sebagai pengganti sistem propulsi konvensional pada kapal tunda yang menjadi objek penelitian.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian mengenai penggunaan Kort Nozzle pada propeller konvensional ini antara lain :

1. Mengetahui kelebihan dan kekurangan penggunaan Kort Nozzle dalam aplikasinya.
2. Merancang Kort Nozzle yang dapat diaplikasikan untuk kapal tunda 2x867 HP.
3. Mengetahui peningkatan efisiensi propulsi setelah Kort Nozzle diaplikasikan pada propeller konvensional.

## **I.4 Pembatasan Masalah**

Untuk mencapai tujuan penelitian, pembahasan dalam skripsi ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Jenis sistem propulsi yang digunakan sebagai pengganti sistem konvensional pada kapal objek penelitian adalah *Ducted Propeller* (Kort Nozzle).
2. Aspek yang ditinjau pada penelitian ini adalah aspek teknis yaitu peningkatan efisiensi propeller dari aplikasi Kort Nozzle pada kapal tunda 2x867 HP.
3. Hanya menjelaskan permasalahan yang umum dan berkaitan dengan tugas skripsi ini.

## **I.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi dan merumuskan permasalahan yang akan dibahas.
2. Menentukan tujuan penelitian yang akan dilakukan.
3. Melakukan studi literatur untuk memperdalam pemahaman terhadap dasar teori yang berkaitan dengan permasalahan.
4. Melakukan pengumpulan data kapal yang akan dianalisa.
5. Melakukan pengkajian terhadap data-data yang diperoleh.
6. Mendesain Kort Nozzle untuk kapal yang dianalisa.
7. Membuat analisa secara teknis penggunaan Kort Nozzle.
8. Menyusun kesimpulan hasil penelitian.

## **I.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini akan diuraikan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan ruang lingkup masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bagian ini menjelaskan teori-teori yang berkaitan dengan penulisan skripsi, yaitu penjelasan tentang Kort Nozzle, perkembangannya, kelebihan serta kekurangan Kort Nozzle dibandingkan dengan sistem propulsi non-konvensional lainnya. Selain itu akan dibahas juga mengenai teori-teori lainnya yang berkaitan dengan Kort Nozzle.

### BAB III TINJAUAN UMUM KAPAL TUNDA 2X867 HP

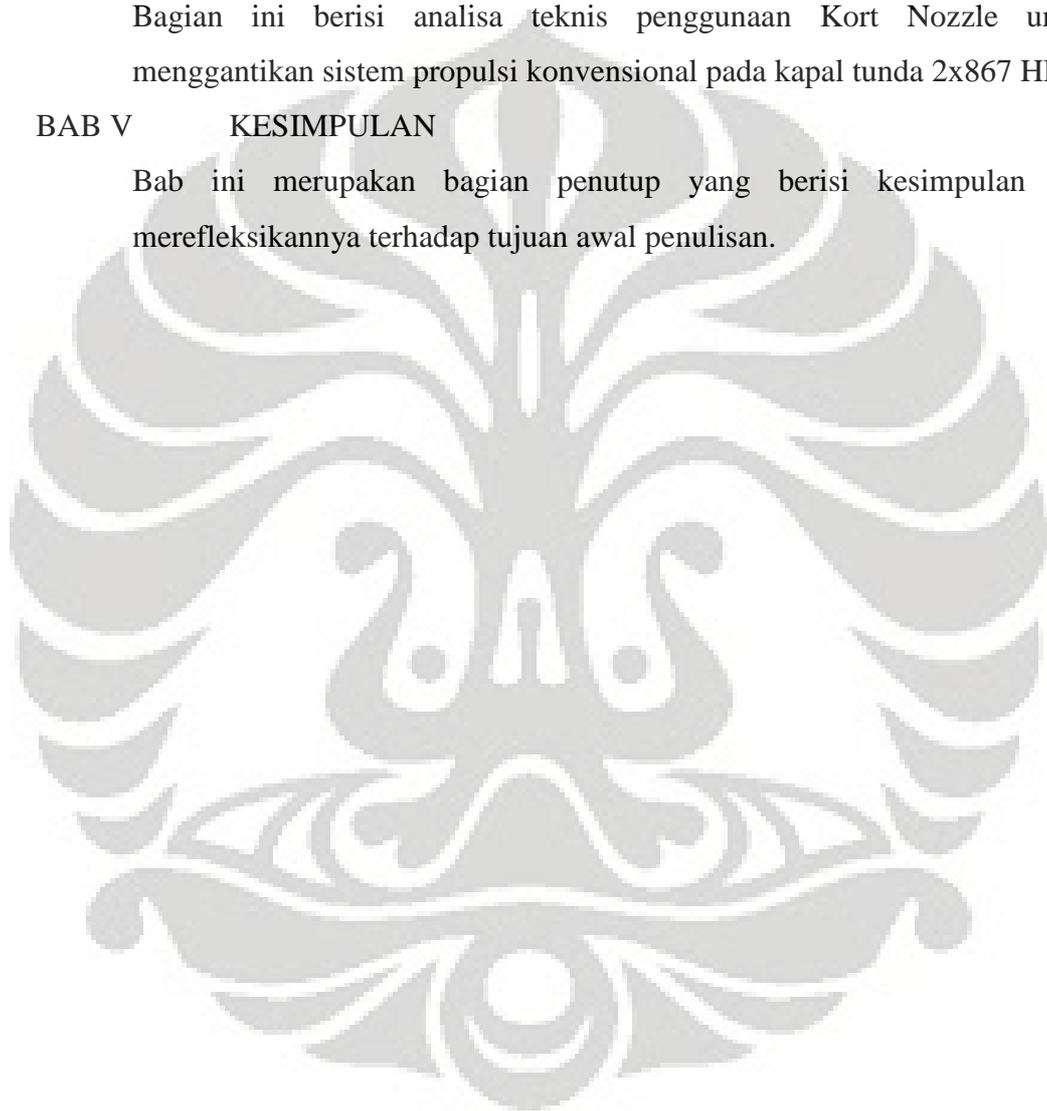
Bagian ini menganalisa spesifikasi umum, hambatan, propulsi, dan dimensi-dimensi lain dari kapal tunda 2x867 HP.

### BAB IV ANALISA PENGGUNAAN KORT NOZZLE SEBAGAI PENGGANTI SISTEM PROPULSI KONVENSIIONAL PADA KAPAL TUNDA 2X867 HP

Bagian ini berisi analisa teknis penggunaan Kort Nozzle untuk menggantikan sistem propulsi konvensional pada kapal tunda 2x867 HP.

### BAB V KESIMPULAN

Bab ini merupakan bagian penutup yang berisi kesimpulan dan merefleksikannya terhadap tujuan awal penulisan.

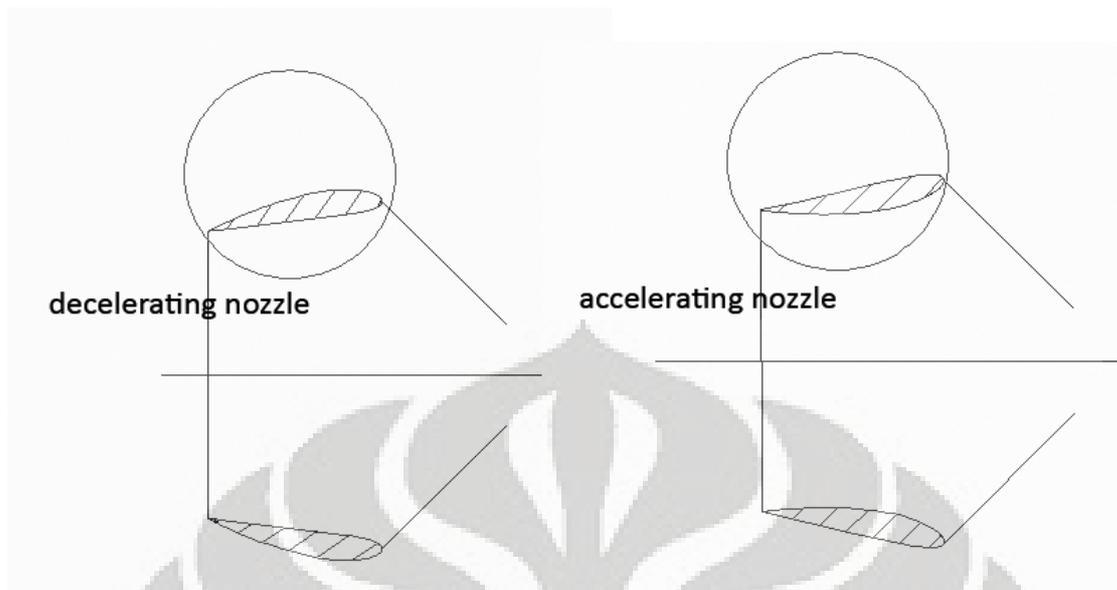


## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **II.1 Pengantar Kort Nozzle**

*Ducted Propeller* merupakan suatu bentuk modifikasi pada propeller kapal, untuk mendapatkan peningkatan efisiensi baik dari segi teknis maupun ekonomis, dengan melingkupi propeller konvensional dengan selubung atau nozzle. Nozzle adalah suatu peralatan mekanis yang geometrinya dirancang dengan luas penampang yang bervariasi untuk dapat mengontrol karakteristik aliran fluida (air maupun udara). *Ducted Propeller* pada perkembangannya memiliki dua tipe yang dibagi berdasarkan karakteristiknya. Yaitu *Ducted Propeller* dengan karakteristik memperlambat aliran air, yang di kemudian hari dikenal sebagai *Pumpjet* dan *Ducted Propeller* dengan karakteristik mempercepat aliran air, yang kemudian dikenal sebagai Kort Nozzle. Perbedaan keduanya dapat dilihat berdasarkan bentuk geometri penampang memanjangnya. Pelat selubung (nozzle) mengadaptasi bentuk airfoil yang umum digunakan pada sayap pesawat terbang. Apabila sisi tekanan tinggi airfoil berada di sisi luar selubung, maka nozzle memiliki karakteristik memperlambat aliran air, sedangkan apabila sisi tekanan tinggi airfoil berada pada sisi dalam selubung, maka nozzle memiliki karakteristik mempercepat aliran air.



*Gambar 2.1 Decelerating dan Accelerating Nozzle*

Kedua jenis modifikasi dengan menyelubungi propeller konvensional dengan selubung atau nozzle ini, memiliki keuntungan dan kerugian yang berbeda, sehingga pertimbangan penggunaannya bergantung pada karakteristik yang diinginkan oleh perancang atau pemilik kapal (owner).

Gagasan untuk mengaplikasikan Nozzle pada propeller kapal dicetuskan oleh seorang insinyur aeronautika (penerbangan) berkebangsaan Jerman, Ludwig Kort pada tahun 1934. Mengingat latar belakang pendidikannya, dalam perancangannya geometri penampang memanjang Kort Nozzle mengadaptasi geometri airfoil pada pesawat terbang. Hal ini dapat dimaklumi karena industri perkapalan dan penerbangan merupakan dua bidang yang memiliki titik berat permasalahan yang sama, yaitu fluida. Sehingga sebagian teknologi di bidang penerbangan dapat diaplikasikan di bidang perkapalan, begitu pun sebaliknya. Hingga saat ini pun, sebagian besar perancangan Kort Nozzle masih mengadaptasi dimensi-dimensi yang terdapat pada profil airfoil yang dipublikasikan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA).

Secara geometri Kort Nozzle merupakan kombinasi airfoil yang melingkar dan sebuah propeller, dan keduanya merupakan suatu sistem terintegrasi. Proses analisis terhadap Kort Nozzle harus meninjau kesatuan kedua komponen tersebut,

yaitu propeller dan nozzle sebagai sebuah sistem, sehingga peninjauan tidak dapat dilakukan secara terpisah.

Penggunaan Kort Nozzle menunjukkan keunggulannya pada kapal-kapal dengan pembebanan tinggi, yaitu kapal yang membutuhkan daya yang relatif besar namun bekerja pada kecepatan rendah, secara teknis dinyatakan dengan nilai  $B_p$  (*Bollard Pull*) yang besar, seperti kapal tunda, *pushboats*, *supply ships*, kapal ikan, dan lain-lain.. Pada perkembangannya, karena berbagai keuntungan penggunaannya Kort Nozzle diaplikasikan pada kapal-kapal lintas samudera berukuran besar, seperti kapal tanker.

Hingga saat ini, salah satu badan yang banyak mengadakan penelitian terhadap perancangan Kort Nozzle dan karakteristiknya adalah Netherlands Ship Model Basin (NSMB). Penelitian-penelitian yang dilakukan NSMB terhadap sistem “propeller+nozzle” ini menghasilkan jurnal-jurnal mengenai berbagai karakteristik kerjanya.

## **II.2 Tipe-tipe Kort Nozzle**

Secara garis besar Kort Nozzle terbagi menjadi 2 tipe, yaitu :

1. *Fixed Type Nozzle*

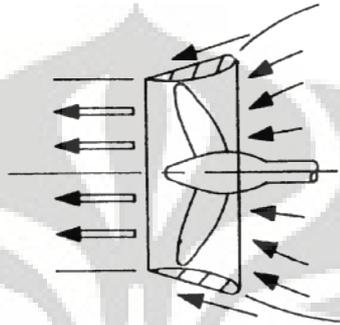
Merupakan Kort Nozzle yang disambungkan langsung pada konstruksi lambung kapal.

2. *Rudder Nozzle*

Kort nozzle yang disambungkan pada rudder stock dan berperan sebagai ring rudder dengan mendefleksi aliran arus yang dihasilkan oleh propeler.

### II.3 Prinsip Kerja Kort Nozzle

Penampang memanjang Kort Nozzle merupakan profil airfoil dengan konstruksi melingkar.



*Gambar 2.2: Aliran Fluida Dalam Kort Nozzle*

Karena terdapat pressure drop yang diakibatkan oleh geometri nozzle, mengakibatkan tekanan dalam nozzle lebih rendah, sehingga kecepatan air didalam nozzle lebih cepat, atau air mengalami percepatan dari sisi inlet ke sisi outlet. Fenomena ini dapat dijelaskan, sesuai Hukum Bernoulli oleh Daniel Bernoulli pada tahun 1738, yang dirumuskan dengan :

Percepatan aliran air yang dihasilkan mengakibatkan semakin banyak massa air persatuan waktu yang dipindahkan, sehingga daya dorong (thrust) bertambah. Daya dorong dihasilkan sebagai gaya reaksi ( $F$ ) akibat perpindahan air bertumbukan dengan air di luar sistem propulsi.

$$F = \dot{m}_2 V_2 - \dot{m}_1 V_1$$

Secara ringkas dapat dijelaskan bahwa dengan adanya nozzle, terjadi percepatan aliran air yang masuk ke dalam propeller, sehingga massa air yang dipindahkan setiap satuan waktu semakin banyak, dan mengakibatkan peningkatan gaya dorong.

Cara kerja Kort Nozzle dapat dianalogikan dengan cara kerja pompa aksial (axial flow pump), konstruksi keduanya pun mirip. Prinsipnya kerja keduanya adalah fluida masuk pada sisi inlet, dan alirannya diteruskan sejajar dengan arah casing impeller, tidak terdapat perubahan arah aliran. Selain itu, karena kemiripan geometrinya, Kort Nozzle dapat dianalogikan dengan nozzle konvergen-divergen (Laval Nozzle) yang umum diaplikasikan pada roket.



*Gambar 2.3 Nozzle Konvergen-Divergen*

Berdasarkan referensi tertulis, pengaplikasian Kort Nozzle pada kapal-kapal berpembebanan tinggi mampu meningkatkan daya dorong (thrust) pada

kecepatan rendah hingga 25% hingga 30%. Kort Nozzle mampu meningkatkan performa propeller pada kecepatan rendah, namun kehilangan keunggulannya pada kecepatan 10 knots (5.1444 m/s) [10]. Namun saat ini, melalui berbagai penelitian tingkat lanjut, Kort Nozzle mampu bekerja hingga kecepatan 15 knots.

Kort Nozzle tidak mampu memberikan *backing control* terhadap aliran air, sehingga untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan flanking rudders selalu diikutsertakan pada konstruksi Kort Nozzle [11].



*Gambar 2.4 Penggunaan Rudders Pada Kort Nozzle*

#### **II.4 Keuntungan Penggunaan Kort Nozzle**

Penggunaan Kort Nozzle pada kapal menghasilkan berbagai keunggulan dibandingkan dengan kapal-kapal dengan propeller konvensional terbuka (*Open Propeller*). Hal yang paling mendasar dari keunggulan penggunaan Kort Nozzle adalah peningkatan efisiensi, yaitu :

a. Peningkatan Efisiensi Aspek Teknis

Manfaat penggunaan Kort Nozzle ditinjau dari aspek teknis antara lain :

1. Aliran Air Lebih Teratur (*Uniform Flow*)

Pada propeller konvensional (*open propeller*), getaran timbul saat propeller bekerja pada kecepatan tinggi. Hal ini disebabkan aliran air menjadi acak dan tidak teratur sehingga menyebabkan banyak terjadi kerugian (*losses*) dalam unjuk kerja (*performa*) propeller. Hal ini berdampak pada penurunan efisiensi propulsi.

Dengan adanya nozzle, aliran air yang melewati propeller lebih seragam, teratur, dan stabil (*uniform flow*). Hal ini sangat berdampak baik pada efisiensi kerja propeller. Aliran yang seragam menyebabkan kerja propeller pada kondisi optimum perancangannya, dengan kondisi tersebut, distribusi kecepatan yang dihasilkan akan merata.



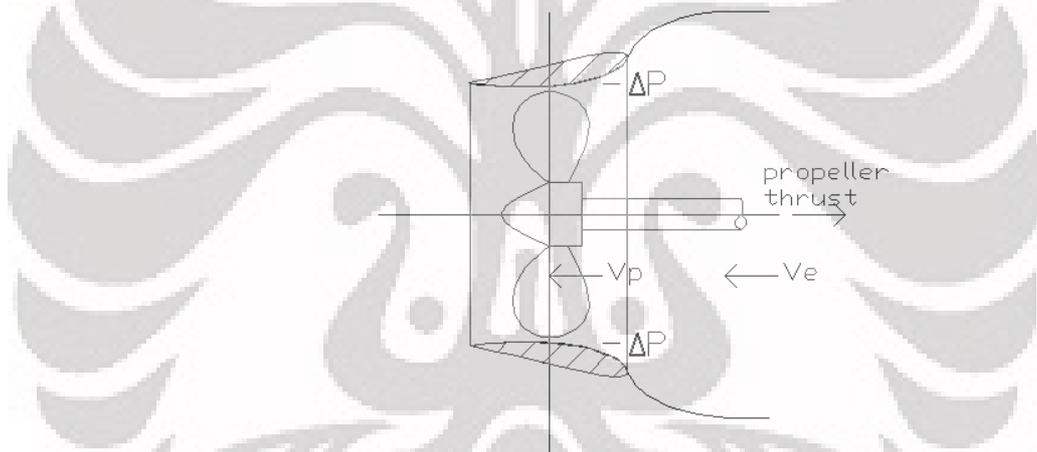
*Gambar 2.5 Distribusi Kecepatan Aliran*

Aliran air yang seragam, teratur, dan stabil juga berdampak pada berkurangnya getaran atau vibrasi pada saat propeller berkerja. Dengan

berkurangnya getaran pada propeller, tingkat kebisingan (noise) pun dapat dikurangi.

## 2. Peningkatan Thrust

Kort Nozzle, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya merupakan salah satu tipe *Ducted Propeller* dengan karakteristik mempercepat aliran air. Apabila dibandingkan dengan sistem propeller konvensional (*open propeller*), dengan bertambahnya jumlah air yang dipindahkan akibat perbedaan tekanan pada geometri Kort Nozzle, dapat disimpulkan bahwa thrust yang dihasilkan sistem Kort Nozzle akan lebih besar akibat percepatan aliran air tersebut.



Gambar 2.6 Gaya Dorong Propeller

## 3. Menanggulangi Masalah Keterbatasan Draught

Kort Nozzle merupakan salah satu solusi masalah keterbatasan draught kapal.

Diameter maksimum propeller dapat ditentukan dengan :

$$D = 0.7T$$

D = diameter maksimum propeller

T = draught kapal

Masalah timbul apabila kapal memiliki draught yang kecil namun sistem propulsinya harus mampu menghasilkan gaya dorong yang besar. Penggunaan Kort Nozzle dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan.

#### 4. Perlindungan Terhadap Propeller

Untuk kapal-kapal yang melewati wilayah perairan tertentu, yaitu perairan dangkal, sungai, dan perairan dengan es, penggunaan Kort Nozzle mampu menghindari kontak langsung baling-baling (propeller) dengan benda-benda keras yang terdapat pada perairan tersebut. Hal ini dapat meminimalisasi risiko kerusakan propeller.

##### b. Peningkatan Efisiensi Aspek Ekonomis

Dengan adanya manfaat-manfaat penggunaan Kort Nozzle terhadap aspek teknis kapal, berdampak pula terhadap aspek ekonomisnya.

##### 1. Meminimalisasi Biaya Pengoperasian Kapal.

Karena Kort Nozzle mampu meningkatkan efisiensi propulsi sehingga kapal dapat melaju lebih cepat, konsumsi bahan bakar yang dipergunakan pun dapat dikurangi.

##### 2. Pemeliharaan yang Murah

Pemeliharaan Kort Nozzle sama seperti pemeliharaan pelat lambung kapal, perawatan yang diperlukan cukup dengan melapisi nozzle dengan coating tertentu.

### 3. Meminimalisasi Biaya Perawatan Propeller.

Keuntungan-keuntungan yang diberikan akibat penggunaan Kort Nozzle mampu meminimalisasi risiko kerusakan pada propeller, sebagai bagian yang penting pada sistem propulsi maupun kapal secara keseluruhan.

## II.5 Geometri Kort Nozzle

Kort Nozzle merupakan aplikasi airfoil pada selubung kapal, sehingga profil yang digunakan adalah profil airfoil. Contoh penggambaran Kort Nozzle berdasarkan profil airfoil Naca 4415 adalah sebagai berikut :

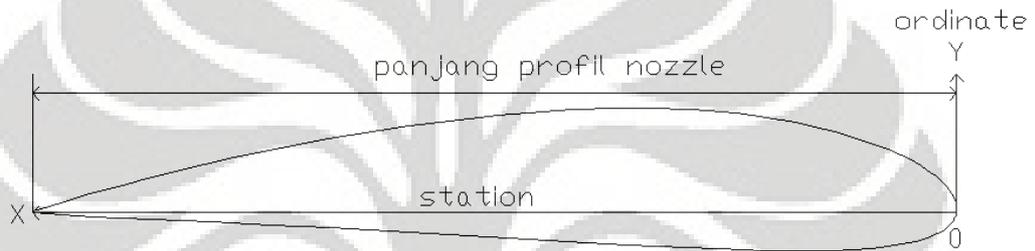
Data airfoil NACA 4415 :

Upper Surface		Lower Surface	
Station	Ordinate	Station	Ordinate
0	...	0	0
1.25	3.07	1.25	-1.79
2.5	4.17	2.5	-2.48
5	5.74	5	-3.27
7.5	6.91	7.5	-3.71
10	7.84	10	-3.98
15	9.27	15	-4.18
20	10.25	20	-4.15
25	10.92	25	-3.98
30	11.25	30	-3.75
40	11.25	40	-3.25
50	10.53	50	-2.72
60	9.3	60	-2.14
70	7.63	70	-1.55
80	5.55	80	-1.03

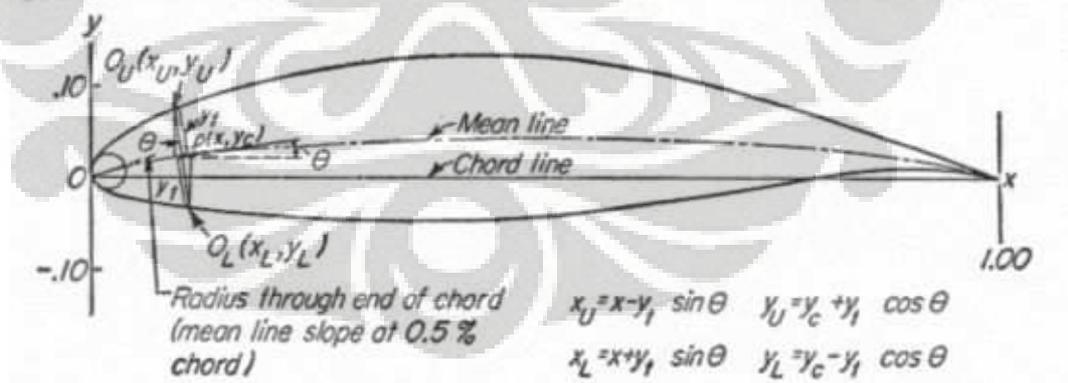
90	3.08	90	-0.57
95	1.67	95	-0.36
100	0.16	100	-0.16
100	...	100	0

Tabel 2.1 Data Ordinat Profil NACA 4415

Dari data pada tabel 2.1, dapat digambar profil airfoil untuk NACA 4415.

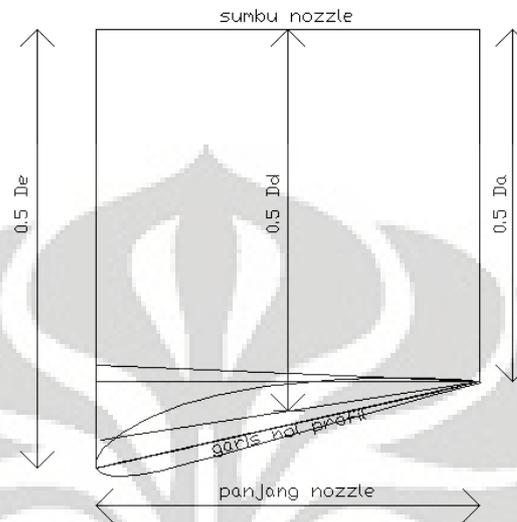


Gambar 2.7 : Penampang Memanjang Airfoil Kort Nozzle NACA 4415



Gambar 2.8 Dimensi-dimensi Pada Profil Airfoil

Dari penampang profil dapat dimulai menggambar konstruksi Kort Nozzle.



*Gambar 2.9 Konstruksi Kort Nozzle*

Keterangan :

- $D_a$  = diameter luar
- $D_d$  = diameter hipotesis Kort Nozzle
- $D_e$  = diameter dalam

Panjang profil nozzle dapat dihitung dengan rumus :

$$l' = 1.025l$$

dengan :

$l' = \text{panjang profil nozzle}$

$l = \text{panjang nozzle}$

Perbandingan panjang nozzle dengan diameter propeller ( $l/D_d$ ) yang umum digunakan adalah 0.5, 0.65, dan 0.80. Panjang nozzle yang terlalu besar dapat menyebabkan bertambahnya hambatan nozzle. Hambatan disebabkan akibat gesekan antara fluida pada pelat nozzle dengan fluida luar.

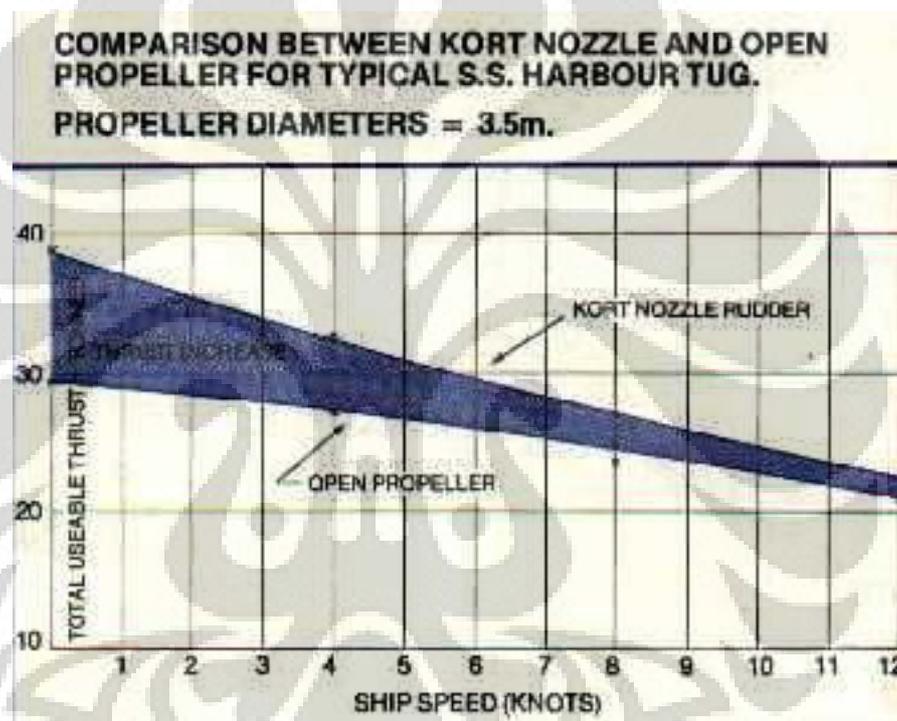
Jarak antara nozzle dan ujung daun propeller (*clearance*) dibuat seminimal mungkin, karena semakin bertambah besarnya clearance akan berdampak pada kerugian efisiensi. Untuk meneliti pengaruh jarak antara ujung daun propeller dengan dinding nozzle terhadap efisiensi propulsi, Netherlands Ship Model Basin (NSMB) mengadakan serangkaian uji coba dengan beberapa daun propeller yang dikecilkan setahap demi setahap. Pengurangan diameter daun propeller tersebut mengakibatkan timbulnya clearance 1, 1.5, 2, 2.5, dan 3 milimeter. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 2.10 Grafik Clearance-Kerugian Efisiensi[3]

## II.6 Kort Nozzle Pada Kapal Tunda

Penggunaan Kort Nozzle sangat dianjurkan untuk kapal dengan pembebanan propeller yang tinggi dan dapat digunakan untuk mengatasi masalah keterbatasan diameter propeller akibat *draught* kapal yang kecil. Kapal tunda merupakan kapal dengan karakteristik tersebut. Grafik yang menunjukkan keunggulan penggunaan Kort Nozzle dibandingkan dengan propeller konvensional terbuka dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.11 Perbandingan Gaya Dorong yang Dihasilkan Kort Nozzle dan Propeller Konvensional Terbuka Pada Kapal Tunda

## Bollard Pull

*Bollard Pull* ( $B_p$ ) merupakan suatu nilai yang menyatakan kemampuan suatu kapal untuk melakukan dorongan terhadap kapal atau obyek pembebanan lainnya. Nilai  $B_p$  dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat pembebanan propeller. Pada umumnya nilai  $B_p$  berkisar antara :

Tipe Kapal	$B_p$
Torpedo's	10
Twin-Screw Ships	10-15
Fast Warships (frigates,destroyer),Single Screw Cargo Ships	15-35
Coasters	35-60
Tankers	35-70
Trawlers	60-100
Towing Vessels (Tugs, Pushboats)	80-100

*Tabel 2.2 Nilai  $B_p$  Beberapa Tipe Kapal*

Untuk menentukan nilai  $B_p$  dapat digunakan rumus :

$$B_p = \frac{N \cdot \sqrt{P}}{V_a^{2.5}} = 33.08 \left( \frac{K_m^{0.5}}{\Lambda^{2.5}} \right)$$

dimana :

$P$  = tenaga pada propeller (hp)

$N$  = jumlah putaran tiap menit (rpm)

$V_a$  = kecepatan air saat masuk ke propeller (knots)

$$= V_s (1 - \psi)$$

## II.7 Perhitungan Propulsi Kapal

### II.7.1 Perhitungan Hambatan dan Estimasi Kebutuhan Daya Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan 3 metode untuk mendapatkan gambaran estimasi daya yang diperlukan untuk operasi kapal. Metode-metode yang digunakan adalah :

a. Metode Yamagata

Metode Yamagata merumuskan :

$$EHP = EHP_f + EHP_r$$

EHP = Effective Horse Power

$EHP_f$  = EHP yang dibutuhkan untuk melawan hambatan gesek

$EHP_r$  = EHP yang dibutuhkan untuk melawan hambatan sisa

b. Metode Newman

Menurut metode Newman, hambatan dapat dihitung dengan :

Hambatan Total = Hambatan Gesek + Hambatan Bentuk + Hambatan Angin

Penghitungan daya dapat dilakukan dengan rumus :

$$EHP = V \times \text{Hambatan Total}$$

V = kecepatan kapal

## II.7.2 Analisa Penggunaan Kort Nozzle

### a. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust) Propeller Terbuka (Open Propeller)

#### ▪ Diameter Propeller

$$D = 0.7T$$

dengan:

$D$  = diameter propeller

$T$  = draught

#### ▪ Besar Thrust (T)

Merupakan tingkat pembebanan yang harus diatasi gaya dorong (thrust)

$$T = \frac{R_{tot}}{1 - t}$$

dengan:

$R_{tot}$  = hambatan total

$t$  = faktor thrust deduction

$$= 0.77C_p - 0.3$$

#### ▪ Wake Fraction ( $\Psi$ )

Wake fraction (arus ikut) merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan aliran air yang menuju ke baing-baling (propeller).

Wake fraction dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\psi = \frac{V_s - V_e}{V_s}$$

dengan :

$\psi$  = wake fraction

$V_s$  = kecepatan kapal

$V_e = \text{kecepatan aliran air yang masuk ke propeller}$

$$\psi = 0.5C_B - 0.05$$

dengan:

$C_B = \text{coefficient block}$

- Kecepatan air yang masuk propeller ( $V_e$ )

$$V_e = (1 - \psi)V_s$$

- Tenaga Gerak Poros Propeller ( $N_w$ )

$$N_w = \frac{V^3 \Delta^{\frac{2}{3}}}{C_a}$$

dengan :

$N_w = \text{tenaga penggerak poros (PS)}$

$V = \text{kecepatan rata - rata (knot)}$

$\Delta = \text{displacement}$

$C_a = \text{konstanta admiralitas}$

- Pd

$$P_d = \frac{1}{D V_e} \sqrt{\frac{N_w \times 75 \times 9.807}{2\pi \rho \omega \times V_e}}$$

dengan :

$$\rho \omega = \text{massa jenis air laut} = \frac{1028 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

Dengan menggunakan diagram  $N_w$ - $\Delta$  diperoleh nilai koefisien advance ( $\Lambda$ ), konstanta thrust ( $K_s$ ), dan  $H/D$ . Sehingga dapat dihitung putaran maksimum propeller :

$$n_{max} = \frac{V_e}{D \Lambda}$$

Dan gaya dorongnya :

- Gaya Dorong Propeller ( S )

$$S = K_s \cdot \rho \omega \cdot D^4 \cdot n_{max}^2$$

dengan :

$K_s$  = konstanta thrust propeller

$$\rho \omega = \text{massa jenis air laut} = \frac{1028 \text{ kg}}{\text{m}^3}$$

$D$  = diameter propeller

$n_{max}^2$  = putaran maksimum propeller

- Efisiensi

Efisiensi propeller dapat dihitung dengan :

$$\eta = \frac{THP}{DHP}$$

dengan :

$\eta$  = efisiensi propulsi

$S$  = gaya dorong propeler

$V_e$  = kecepatan aliran air masuk ke propeler

$SHP$  = Shaft Horse Power

- b. Perhitungan Gaya Dorong (Thrust) Propeller Dengan Kort Nozzle

Gaya dorong propeller + nozzle dapat dihitung dengan rumus :

$$S = K_{s0} \cdot \rho \omega \cdot D^4 \cdot n_{max}^2$$

dengan :

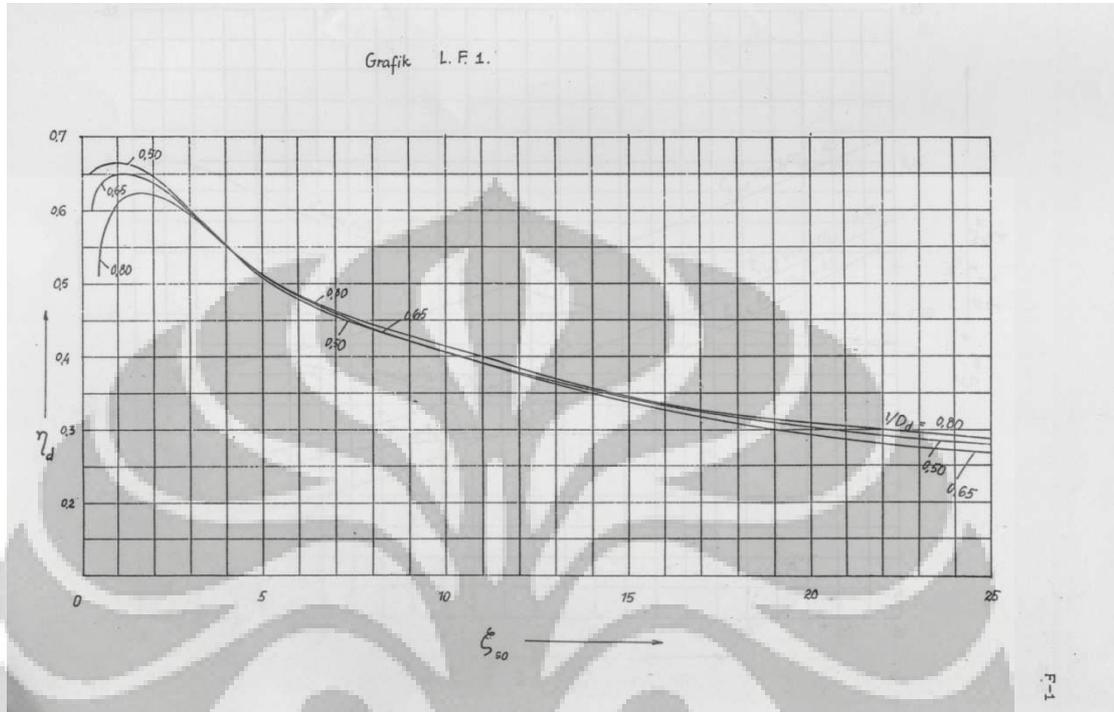
$K_{s0}$  = konstanta thrust propeller + nozzle

Konstanta thrust sistem propeller + nozzle ini dapat dihitung melalui langkah-langkah sebagai berikut :

Menghitung perkiraan koefisien thrust sistem propeller + nozzle ( $K_{s0}$  asumsi) dengan rumus :

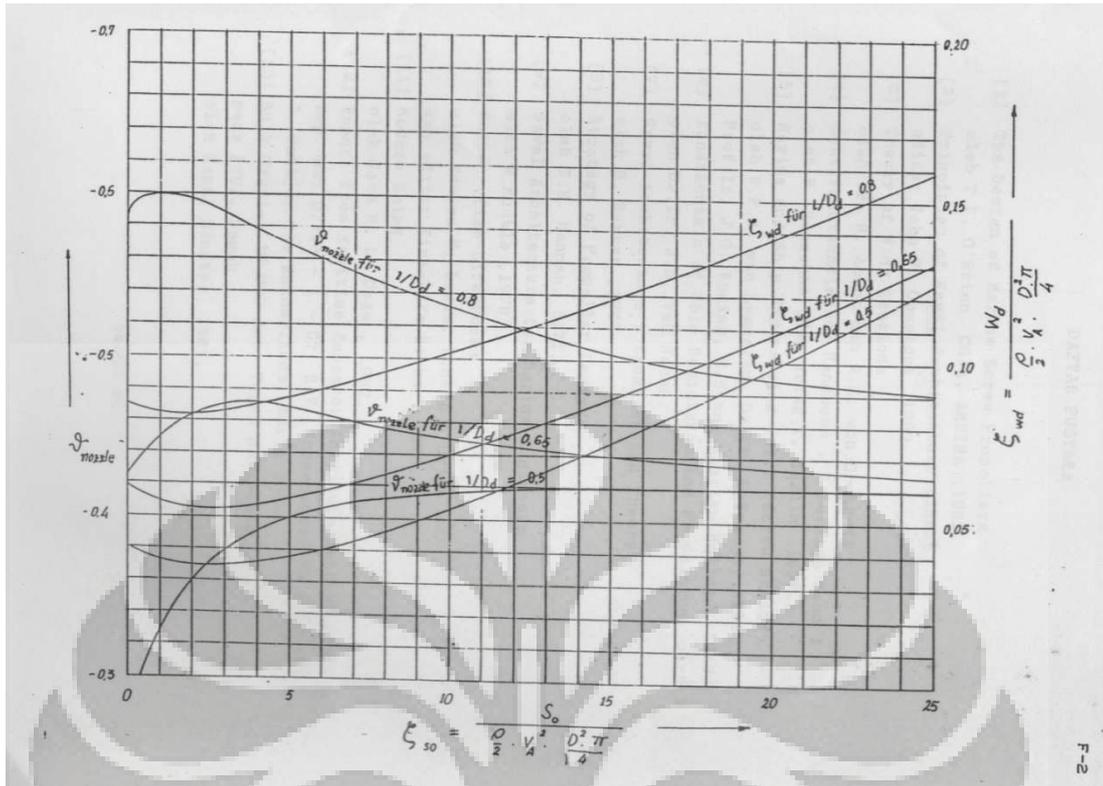
$$K_{s0}(\text{asumsi}) = (1 - 2\%)K_s$$

Dari grafik  $K_{so}-\eta$  ditentukan nilai perbandingan panjang nozzle dan diameter propeller ( $l/D$ ) yang paling menguntungkan untuk  $K_{so}$  asumsi.



Gambar 2.12 Grafik  $K_{so}-\eta$ [9]

Setelah nilai  $l/D$  ditentukan, dari grafik  $K_{so}-t_{nozzle}-K_{wd}$  diperoleh nilai faktor deduksi gaya dorong nozzle ( $t_{nozzle}$ ) dan koefisien hambatan nozzle ( $K_{wd}$ ) untuk nilai  $l/D$  tersebut.



Gambar 2.13 Grafik  $K_{so}$ - $t_{nozzle}$ - $K_{wd}$ [9]

Kemudian perhitungan nilai koefisien gaya dorong total (propeller + nozzle) dapat dilakukan dengan :

$$K_{so} = \frac{T_{tot}}{\frac{\rho}{2} \cdot V_e^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}}$$

dengan :

$$T_{tot} = T' + R_{nozzle};$$

$$R_{nozzle} = K_{wd} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_e^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4};$$

$$T' = \frac{R_{tot}}{1 - t'};$$

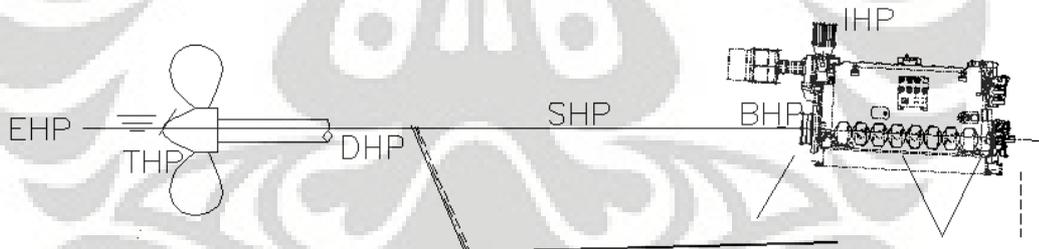
$$t' = t \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{1 + K_{so}}{1 + \tau \cdot K_{so}}};$$

$$\tau = \frac{1}{1 - t_{nozzle}}$$

- T total merupakan besar thrust total (nozzle +propeller).
- $R_{nozzle}$  adalah hambatan yang dialami geometri Kort Nozzle
- T' adalah besar thrust kapal yang telah dikoreksi akibat adanya nozzle.
- t' adalah koreksi faktor deduksi daya dorong kapal.

Efisiensi propeller dapat dihitung dengan :

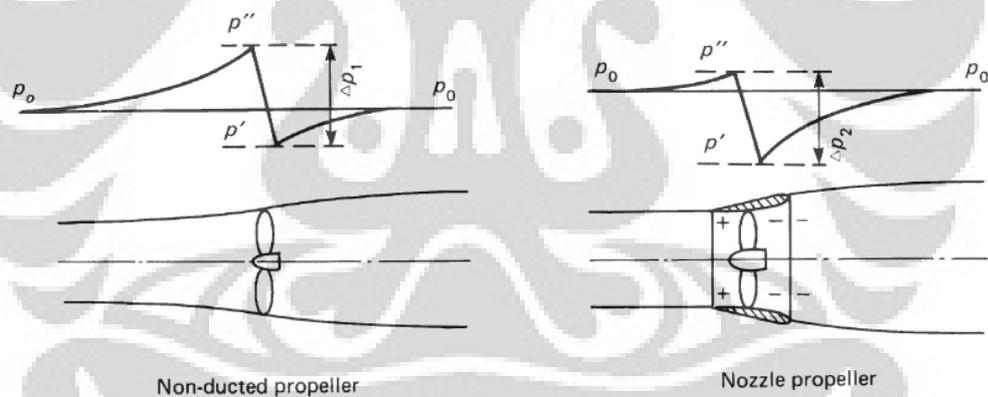
$$\eta = \frac{THP}{DHP}$$



Gambar 2.14 Diagram Transmisi Daya

### II.7.3 Efek Kavitasasi

Kavitasi merupakan suatu fenomena pembentukan gelembung uap saat fluida mengalir pada tekanan di bawah tekanan pembenturan uapnya dan saat gelembung tersebut kembali ke daerah dengan tekanan lebih tinggi, gelembung tersebut pecah dan kembali menjadi air. Pada kebanyakan kasus, seperti pada propeller, kavitasi sebaiknya dihindari. Fenomena kavitasi pada propeller menyebabkan kebisingan, kerusakan komponen propeller, getaran, hingga kerugian efisiensi yang besar. Pada kapal-kapal yang menggunakan Kort Nozzle, yaitu *Ducted Propeller* dengan karakteristik mempercepat aliran, potensi untuk terjadinya kavitasi sangat besar. Hal ini disebabkan penurunan tekanan yang dihasilkan oleh propeller dengan nozzle relatif lebih besar dan mendekati tekanan uapnya daripada propeller terbuka.



Gambar 2.15 Perbandingan Perbedaan Tekanan Pada Propeller Terbuka dan Propeller Dengan Nozzle

Untuk memastikan propeler bebas kavitasi dapat diuji melalui :

$$VHP = \pi Dn$$

dengan nilai  $VHP < 35$ .

## II.8 Spesifikasi Kort Nozzle Berdasarkan Standar Badan Klasifikasi

Badan klasifikasi adalah badan yang memberikan pengawasan dalam pembangunan dan pemeliharaan kapal. Badan ini memberikan standar-standar tertentu yang harus dipenuhi peralatan, perlengkapan, maupun konstruksi kapal agar laik laut. Faktor keselamatan merupakan hal yang paling utama yang mendasari keberadaan badan klasifikasi. Di dunia internasional dikenal badan-badan klasifikasi yang tergabung dalam *International Association of Classification Society* (IACS). Standar badan-badan klasifikasi anggota IACS diakui dan dipergunakan oleh hampir seluruh kapal yang ada. Lloyd's Register (LR) merupakan salah satu badan klasifikasi dalam IACS yang berasal dari Inggris. Beberapa persyaratan Lloyd's Register untuk aplikasi Kort Nozzle di kapal terdapat di lampiran.

## **BAB III**

### **TINJAUAN UMUM KAPAL TUNDA 2X867 HP**

#### **III.1 Tugas dan Fungsi Kapal Tunda**

Kapal tunda (*Tugboat*) merupakan kapal yang berfungsi untuk membantu kapal-kapal yang berukuran besar berlabuh, karena kapal-kapal berukuran besar cenderung memiliki olah gerak yang sangat terbatas. Kapal ini sangat umum dioperasikan di wilayah pelabuhan-pelabuhan baik di dalam maupun di luar negeri. Karena luas daerah pelabuhan yang relatif sempit, kapal tunda dirancang agar memiliki kemampuan bermanuver dan stabilitas yang baik.

#### **III.2 Desain Kapal Tunda 2x867 HP**

Kapal tunda yang digunakan dalam analisa sistem propulsi dalam tugas skripsi ini merupakan kapal yang masih dalam tahap rancangan, dan memiliki data pokok sebagai berikut :

##### **III.2.1 Dimensi Utama Kapal**

$L_{pp}$	=	31.625	m
Breadth	=	12	m
Height	=	5.615	m
Draught	=	4.5	m
CB	=	0.55	m
$C_M$	=	0.90	m
$C_p$	=	0.60	m

$C_w$	=	0.72	m
$\Delta$	=	966.53	ton
$V_s$	=	13	knot
CR	=	2000	SM

### III.2.2 Perhitungan Hambatan Kapal Tunda 2x867 HP

#### a. Metode Yamagata

Pada metode ini lebih ditekankan bagaimana mencari tenaga efisien total lalu baru dicari hambatan total dan BHP nya

$$EH_p = EH_{pf} + EH_{pr}$$

$EH_p$  = effective house power total

$EH_{pf}$  = effective house power dibutuhkan untuk melawan hambatan gesek

$EH_{pr}$  =  $EH_p$  yang dibutuhkan untuk melawan hambatan sisa

- $EH_{pf} = 97 / 95 \cdot \Omega \cdot V^{2,325}$

97 / 95 menurut table dengan  $L_{pp} = 31.625$  m & berlayar di laut = 0,00204

#### Luas Permukaan Basah

- Menurut Atoncesiew

$$\Omega_1 = 1,02 \times ((0,8 CB) + 0,2) \times (B+2T) \times L$$

- Menurut momfort

$$\Omega_2 = 1,7 T + (CB.B)L$$

Rata-rata :

$$\frac{\Omega_1 + \Omega_2}{2} = \dots$$

$$\Omega = \dots$$

$$EHP_f = \dots$$

- $EHP_r = 0,006859 \times k \times \Delta^{2/3} \times V^3$

Dengan  $k = (K_o + \sum \Delta K) K_p$

- $K_o$  didapat dengan grafik untuk kapal dengan  $C_B = 0,55$  didapat

$$K_o = 0,17$$

- $K_p = 0,55$

- $\sum \Delta K = \Delta K_{B/C} + \Delta K_{B/D} + \Delta K_S$

$$\Delta K_{B/C} = K_{B/L} (B/L - 0,135)$$

$$\Delta K_{B/D} = K_{B/D} (B/T - 2,25)$$

$$\Delta K_S = 0,05$$

$$\sum \Delta K = 0,95334 + (-0,02292) + 0,05$$

$$= 0,9804$$

$$K = (K_o + \sum \Delta K) \times K_p$$

$$= 0,6327$$

$$EHP_r = \dots$$

$$EHP_{total} = \dots$$

No	Uraian	Satuan	Keterangan	I	II	III
1	vk=kecepatan	knots		12	13	14
2	vs=kecepatan	m/s		6.1728	6.6872	7.2016
3	$\Delta$	ton		966.59	966.59	966.59
4	S	m <sup>2</sup>		442.09	442.09	442.09
5	EHP <sub>f</sub>			291.236	350.806	416.77
6	k			0.63	0.63	0.63
7	EHP <sub>r</sub>			733.142	932.126	1164.203
8	EHP	kW		1024.379	1282.93	1580.974

Tabel 3.1 Perhitungan Hambatan Metode Yamagata

b. Metode Newman

Pada Metode ini hambatan dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

1. Tahanan Gesek ( $W_R$ )
2. Tahanan Bentuk ( $W_F$ )
3. Tahanan Angin ( $W_L$ )

- $\xi_r$  = Angka tahanan gesek (Reibungsbeiwert), dimana nilai tergantung dari  $Re$  (Reynold Number) dan  $K/L$ , dengan menarik garis ke dua faktor tersebut maka akan di dapat angka tahanan geseknya.

- $Re$  didapat dari:

$$R_e = \frac{VxL}{\nu}$$

- $K$  = besaran equivalent (aquivalent korngrosse )
  - $K = 0.1$  → Untuk kapal olahraga, motor boat balap dan kapal khusus kecil
  - $K = 0.15$  → Untuk kapal pesia,yatch dan kapal khusus menengah dan besar
  - $K = 0.2$  → Untuk kapal post, kapal-kapal cepat dan kapal dengan bentuk baik
  - $K = 0.25$  → Untuk kapal dengan bentuk kurang baik, kapal tunda, kapal ikan
- $L$  = Panjang kapal pada garis air (m)
- $V$  = Kecepatan kapal ( m/s)
- $\rho$  = kerapatan air ( $kg/m^3$ )
- $S$  =Luas permukaan basah ( $m^2$ )

Keterangan	Satuan	Hasil		
Lpp	m	31.625	31.625	31.625
Lwl	m	35.225	35.225	35.225
Vs	m/s	6.1728	6.6872	7.2016
Fn		0.350455	0.37966	0.408864
$\epsilon$ hambatan sisa	$10^{-3}$	5.1	5.1	5.1
Displacement	ton	966.595	966.595	966.595
$R_r = (\epsilon H_s \times$ Disp) $\times 10^{-3}$	kg	4.929635	4.929635	4.929635
Re	$10^8$	212.5597	230.273	247.9863
K		0.25	0.25	0.25
K/L	$10^{-3}$	7.905138	7.905138	7.905138
$\xi$ Hambatan gesek	$10^{-3}$	5.2	5.2	5.2
S	m <sup>2</sup>	351.93	351.93	351.93
$\rho$	kg.s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	198.23	198.23	198.23
Vs <sup>2</sup>	m/s	38.10346	44.71864	51.86304
Rf	kg	6911.359	8111.247	9407.127
R=Rr+Rf	kg	6916.288	8116.177	9412.057
Rt	kg	7607.917	8927.795	10353.26
	KN	230.4906	270.4778	313.6639
EHP	HP	626.162	796.026	994.1341

Tabel 3.2 Perhitungan Hambatan Metode Newman

### III.2.3 Estimasi Kebutuhan Daya Kapal

Setelah dilakukan perhitungan terhadap hambatan kapal dengan 2 metode tersebut, dapat dirangkum kebutuhan daya kapal dalam tabel sebagai berikut :

Metode	12	13	14
<b>Yamagata</b>	1024.379	1282.93	1580.972
<b>Newman</b>	626.162	796.026	994.1341

Tabel 3.3 Estimasi Kebutuhan Daya Efektif Kapal

Dapat disimpulkan bahwa daya efektif terbesar pada kecepatan 13 knot diperoleh melalui metode Yamagata dengan EHP = 1282.93 HP dengan estimasi tenaga mesin (*Brake Horse Power*) sebesar :

$$BHP = \frac{EHP}{0.6} = 1568.3858 \text{ HP}$$

Maka hambatan yang dialami kapal sebesar :

$$W_{TOT} = \frac{BHP \times 0.6 \times 75}{v} = \frac{1568 \times 0.6 \times 75}{13 \times 0.5144} = 10553.28 \text{ kg}$$

Daya Efektif :

$$\begin{aligned} EHP &= \frac{W_{tot} \cdot v}{75} \text{ HP} \\ &= \frac{10553.28 \cdot 6,68}{75} \\ &= \mathbf{939,9454 \text{ HP}} \end{aligned}$$

Daya Mesin :

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_{tot}} ;$$

Dimana :

$$\eta_{tot} = \eta_p \cdot \eta_h \cdot \eta_r \cdot \eta_m$$

$$\eta_p = \eta_{propeler} = 0,6$$

$$\eta_h = \eta_{lambung} = \frac{1-t}{1-w} ; \quad t = \text{faktor dorongan} = 0,175$$

$$w = \text{faktor arus ikut (wake)} = 0,2541$$

$$= \frac{1-0,175}{1-0,2541}$$

$$= 1,106$$

$$\eta_r = \eta_{\text{putaran relatif propeller dibelakang kapal}}$$

untuk double screw besarnya antara 1 s.d. 1,05 (diambil 1)

$$\eta_m = \eta_{mekanis}, \text{ besarnya antara } 0,97 \text{ s.d. } 0,98 \text{ (diambil } 0,97)$$

sehingga :

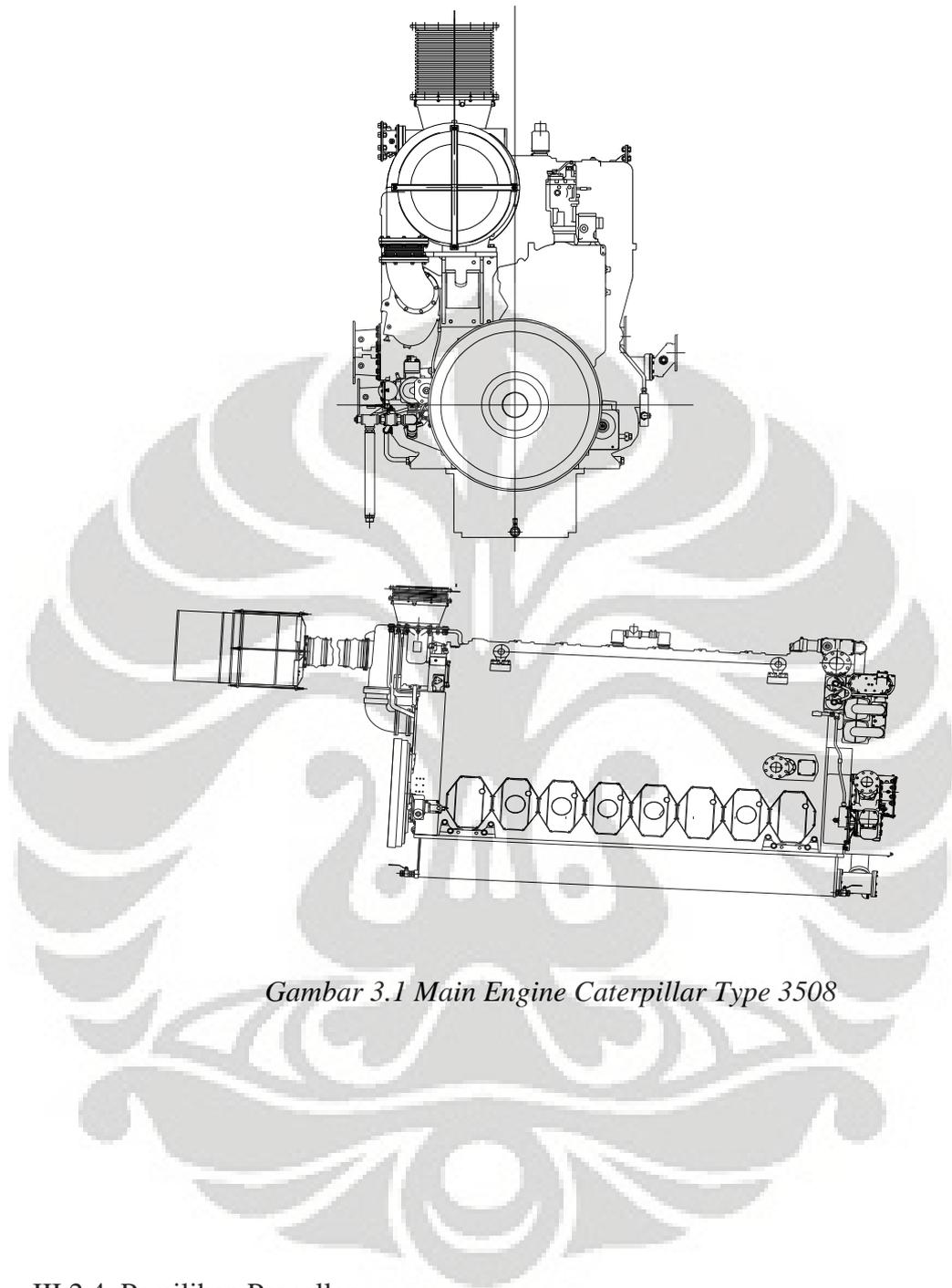
$$BHP = \frac{939,9454}{0,6 \times 1,106 \times 1 \times 0,97} \text{ HP}$$
$$= \mathbf{1460.24 \text{ HP}}$$

BHP bekerja pada kondisi MCR, sehingga didapat BHP sesungguhnya, yaitu:

$$BHP = \frac{BHP}{0,85} = \frac{1460.24}{0,85} = 1717.929 \text{ HP}$$

Untuk melayani kebutuhan tenaga kapal tunda ini maka dipilih mesin utama dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk	= CATERPILLAR
Type	= CATERPILLAR DIESEL ENGINE TYPE 3508
Daya (Pme)	= 867 HP
Putaran (nme)	= 1.500 rpm
Reduksi	= 10: 1
Jumlah baut pengikat	= 10
Jarak poros ke bed plate	= 809 mm
Configurations	
In-line	= 6 cylinder
Cycle	= 4-Stroke-Cycle-Diesel
Bore x Stroke	= 137 mm (5.4 in) x 152-165 mm (6.0-6.5 in)
Displacement	= 14.6 L (893 cu in)
Governor	= Mechanical
Aspiration	= Turbocharged - Aftercooled
LxWxH (mm)	= 1623 mm x 996 mm x 1335 mm
LxWxH (in)	= 63.9 in x 39.2 in x 52.6 in
Weight (Approx. dry)	= 1368-1481 kg (3015-3265 lb)



*Gambar 3.1 Main Engine Caterpillar Type 3508*

#### III.2.4 Pemilihan Propeller

- Diameter Propeller Maksimum

$D = (0,7 \times T):2$  (kapal menggunakan 2 propeller sehingga pembebanan propeller dibagi menjadi 2)

$$= 1.575 \text{ m}$$

Diputuskan menggunakan propeller dengan diameter 1.5 m.

- Besar Thrust ( T )

$$T = \frac{R_{tot}}{1 - t}$$

dimana  $R_{tot}$  = hambatan total = 11252,891 kg

$t$  = faktor thrust deduction

$$= (0,77 \cdot C_p) - 0,3$$

$$= 0.168$$

sehingga

$$T = \frac{11252.891}{1 - 0.168} = 6344.866 \text{ kg}$$

- Wake Factor (  $\Psi$  )

$$\Psi = 0.5C_b - 0.05$$

$$= 0.225$$

- Kecepatan air yang masuk propeller (  $V_e$  )

$$V_e = (1 - \Psi) V_s$$

$$= (1 - 0.225) 6.687 \text{ m/s}$$

$$= 5.18 \text{ m/s}$$

- Jumlah daun propeller

Jumlah daun propeller ditentukan oleh nilai  $K_d$ , dengan ketentuan sebagai berikut:

bila  $K_d > 2$ , maka daun propeller berjumlah 3. Tetapi bila nilai tersebut lebih kecil dari ketentuan, maka daun propeller berjumlah 4.

$$K_d = DV_e^4 \sqrt[4]{\frac{\rho}{T}}$$

$$K_d = 1.5 \times 5.18^4 \sqrt[4]{\frac{1028}{6344.866}} = 4.74$$

karena  $K_d > 2$  maka propeller menggunakan 3 daun propeller.

Sehingga dapat diputuskan kapal ini dirancang dengan menggunakan propeller seri B 3.50, yaitu propeller B-series dengan 3 daun, dan rasio  $Fa/F=0.5$  dengan dimensi sebagai berikut :

*Tabel 3.4 Dimensi Propeller Tipe B.3.50*

r/R	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
from centre line to trailing edge	28.68	32.67	36.62	40.53	44.18	46.97	48.2	45.5	14.87	Length of balde section at $0.6R=0.3698 D$ if $Fa/F=0.50$
from centre line to leading edge	46.05	51.25	54.91	56.52	55.82	52.22	44.6	30.3	-	
total length	74.73	83.91	91.53	97.05	100	99.19	92.9	75.8	-	
thickness ratio as percentages of diameter	4.06	3.59	3.12	2.65	2.18	1.71	1.24	0.77	0.3	maximum thickness at center of shaft =0.05 D
	35	35	35	35.5	38.9	44.2	47.8	50	-	

- Tenaga Gerak Poros Propeller (  $N_w$  )

$$N_w = \frac{V^3 \Delta^{\frac{2}{3}}}{Ca}$$

$$Ca = (0.95L_{pp}) + 197 = 227.04$$

$$N_w = 945.983 PS$$

$$P_d = \frac{1}{DV_e} \sqrt{\frac{N_w x 75 x 9.807}{2\pi \cdot \rho \cdot V_e}}$$

$$P_d = \frac{1}{1.5 x 5.18} \sqrt{\frac{945.983 x 75 x 9.807}{2\pi x 1028 x 5.18}} = 0.58$$

$P_d$  merupakan nilai konstanta apabila besar diameter propeller telah ditetapkan. Apabila besar putaran propeller yang ditetapkan sebagai acuan perancangan digunakan nilai  $P_n$ .

- Dengan Diagram  $N_w - \Lambda$  dengan  $z = 3$  dan mencari titik potong  $P_d = 0,5866$  diperoleh :

$$\begin{aligned} \Lambda &= 0.38 \\ K_s &= 0.165 \\ H/D &= 0.7 \end{aligned}$$

- Putaran Propeller maksimum

$$n_{max} = \frac{V_e}{D \cdot \Lambda}$$

$$n_{max} = \frac{5.18}{1.5 x 0.38} = 9.09 \text{ rps}$$

- Kemudian dapat dihitung gaya dorong yang dihasilkan :

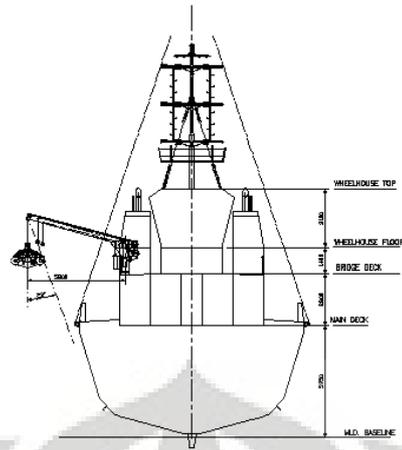
$$S = K_s \cdot \rho \cdot D^4 n^2$$

$$S = 0.165 x 1028 x 1.5^4 x 9.09^2 = 70987.91 \text{ N}$$

- Efisiensi Propellernya adalah :

$$\eta_p = \frac{S \cdot V_e}{75 N_w \cdot 9.81} = 0.528$$





*Gambar 3.2 General Arrangement Kapal Tunda 2x867 HP*



## BAB IV

### ANALISA APLIKASI KORT NOZZLE PADA KAPAL TUNDA 2x867 HP

#### IV.1 Kalkulasi Hasil Pemasangan Kort Nozzle

Perhitungan gaya dorong yang dihasilkan oleh sistem propeller + nozzle ini adalah sebagai berikut :

$$S = K_{so} \cdot \rho \omega \cdot D^4 n_{max}^2$$

- Perhitungan  $K_{so}$  asumsi :

$$K_{so} = (1 - 2\%) \cdot K_s$$

$$K_{so} = (1 - 2\%) \cdot 0.165 = 0.1617$$

Dari grafik  $K_{so}-\eta$ ,  $\eta$  terbesar pada  $l/D = 0.50$

Dari grafik  $K_{so}-t-K_{wd}$  untuk  $l/D = 0.50$  diperoleh :

$$t_{nozzle} = -0.29$$

$$K_{wd} = 0.049$$

$$\tau = \frac{1}{1 - t_{nozzle}}$$

$$\tau = \frac{1}{1 + 0.29} = 0.775$$

- Koreksi fraksi deduksi daya dorong kapal :

$$t' = t \cdot \tau \cdot \sqrt{\frac{1 + K_{so}}{1 + \tau \cdot K_{so}}}$$

$$t' = 0.168 \times 0.775 \sqrt{\frac{1 + 0.1617}{1 + 0.775 \times 0.1617}} = 0.132$$

- Sehingga besar thrust :

$$T' = \frac{R_{tot}}{1 - t'}$$

$$T' = \frac{11252.891}{1 - 0.132} = 12968.93$$

- Hambatan nozzle :

$$R_{nozzle} = K_{wd} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_e^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$R_{nozzle} = 0.049 \times \frac{1028}{2} \times 5.18^2 \times \frac{\pi 3^2}{4} = 4774.53 \text{ kg}$$

- Besar thrust total (propeller+nozzle)

$$T_{tot} = T' + R_{nozzle} = 17743.463 \text{ kg}$$

- Koefisien gaya dorong total :

$$K_{so} = \frac{T_{tot}}{\frac{\rho}{2} \cdot V_e^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}}$$

$$K_{so} = \frac{17743.463}{\frac{1028}{2} \cdot 5.18^2 \cdot \frac{\pi 3^2}{4}} = 0.182$$

Karena  $K_{so}$  mendekati  $K_{so}$  asumsi maka diputuskan  $K_{so} = 0.182$

- Kemudian dapat dihitung gaya dorong yang dihasilkan :

$$S = K_{so} \cdot \rho \cdot D^4 n^2$$

$$S = 0.182 \times 1028 \times 1.5^4 \times 9.09^2 = 78301.82 \text{ N}$$

- Efisiensi propeller yang dihasilkan :

$$\eta = \frac{S \cdot V_e}{75 N_w 9.81} = 0.583$$

## IV.2 Konstruksi Kort Nozzle Pada Kapal Tunda 2x867 HP

Pemilihan profil Kort Nozzle pada kapal tunda 2x867 HP ini mengacu pada hasil eksperimen yang dilakukan oleh Netherlands Ship Model Basin

(NSMB). Eksperimen tersebut menghasilkan data-data untuk merancang sistem “propeller+nozzle”. Ringkasan hasil percobaan tersebut adalah sebagai berikut :

nozzle	l/D	s/l	f/l	$\alpha_i$	profile	screw series
1	axial circular cylinder					B 4-55
2	0.67	0.15	0.04	12.7	NACA 4415	B 4-55
3	0.5	0.15	0.04	12.7	NACA 4415	B 4-55
4	0.83	0.15	0.04	12.7	NACA 4415	B 4-55
5	0.5	0.15	0.04	15.2	NACA 4415	B 4-55
6	0.5	0.15	0.04	10.2	NACA 4415	B 4-55
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 4-55
8	0.5	0.15	0.03	12.7	NACA 3415	B 4-55
10	0.4	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 4-55
11	0.3	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 4-55
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 4-40
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 4-70
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 2-30
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 3-50
7	0.5	0.15	0.05	12.7	NACA 5415	B 5-60

*Tabel 4.1 Hasil Percobaan NSMB Terhadap Berbagai Profil Airfoil*

Sehingga untuk Kort Nozzle untuk propeller seri B 3.50 dirancang dengan menggunakan profil NACA 5415. Namun dalam tulisan ini digunakan profil NACA 4415, dengan pertimbangan angka pertama NACA 4-digit series ini menunjukkan kurva maksimum terhadap panjang *chord line* dalam persen.

#### IV.2.1 Profil NACA 4415 Pada Kapal Tunda 2x867 HP

Untuk menentukan dimensi profil, harus ditentukan terlebih dahulu panjang profil ( $l'$ ). Panjang profil dapat diperoleh dari perbandingan yang terdapat pada tabel :

	<b><math>l/Dd=0.50</math></b>	<b><math>l/Dd=0.65</math></b>	<b><math>l/Dd=0.80</math></b>
<b><math>Da/Dd</math></b>	0.9235	0.9005	0.8776
<b><math>De/Dd</math></b>	1.1488	1.1935	1.2382
<b><math>Di/Dd</math></b>	0.9232	0.9000	0.8770
<b><math>D/Dd</math></b>	0.9140	0.8910	0.8682

*Tabel 4.2 Harga Perbandingan Dimensi-dimensi Kort Nozzle*

Karena pada perhitungan sebelumnya perbandingan  $l/Dd$  yang paling menguntungkan untuk kapal tunda ini adalah 0.50 maka diameter hipotesis nozzle dapat dihitung :

$$D_d = \frac{D}{\left(\frac{D}{D_d}\right)} = 1.64 \text{ m}$$

Kemudian dapat diperoleh panjang nozzle :

$$l = \left(\frac{l}{D_d}\right) \times D_d = 0.8205 \text{ m}$$

Sehingga panjang profil nozzle :

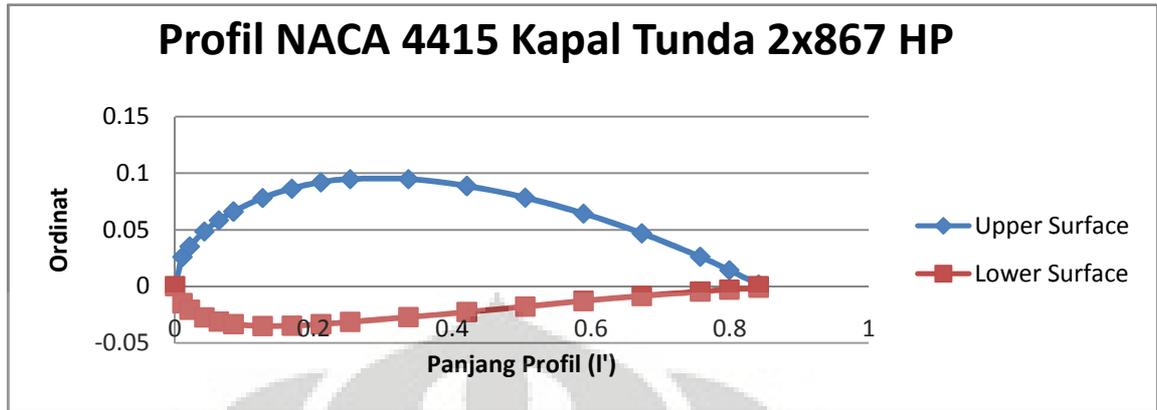
$$l' = 1.025l = 0.841 \text{ m}$$

Harga panjang profil nozzle dimasukkan sebagai faktor skala pada tabel 2 sehingga diperoleh nilai-nilai sebagai berikut :

Upper Surface		Lower Surface	
Station	Ordinate	Station	Ordinate
0	...	0	0
0.010514	0.025821	0.010514	-0.01506
0.021027	0.035073	0.021027	-0.02086
0.042054	0.048278	0.042054	-0.0275
0.063081	0.058119	0.063081	-0.0312
0.084108	0.065941	0.084108	-0.03348
0.126162	0.077968	0.126162	-0.03516
0.168217	0.086211	0.168217	-0.0349
0.210271	0.091846	0.210271	-0.03348
0.252325	0.094622	0.252325	-0.03154
0.336433	0.094622	0.336433	-0.02734
0.420542	0.088566	0.420542	-0.02288
0.50465	0.078221	0.50465	-0.018
0.588758	0.064175	0.588758	-0.01304
0.672867	0.04668	0.672867	-0.00866
0.756975	0.025905	0.756975	-0.00479
0.799029	0.014046	0.799029	-0.00303
0.841083	0.001346	0.841083	-0.00135
0.841083	...	0.841083	0

*Tabel 4.3 Ordinasi Profil NACA 4415 Untuk Kapal Tunda 2x867 HP*

Sehingga dapat digambar profil airfoil untuk Kort Nozzle :



Gambar 4.1 Profil NACA 4415 Untuk Kapal Tunda 2x867 HP

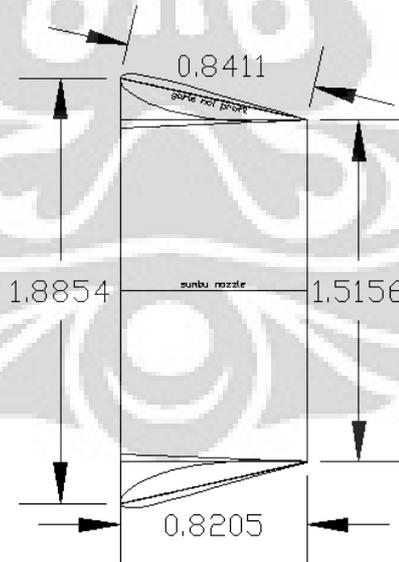
Dan konstruksi keseluruhan Kort Nozzle pada kapal tunda 2x867 HP dapat digambar :

$$D_d = 1.64 \text{ m} \quad l' = 0.84 \text{ m}$$

$$D_a = 1.51 \text{ m} \quad \alpha = 12.7^\circ$$

$$D_e = 1.88 \text{ m}$$

$$D_i = 1.51 \text{ m}$$



Gambar 4.2 Kort Nozzle Pada Kapal Tunda 2x867 HP



*Gambar 4.3 Sketsa 3 Dimensi Kort Nozzle*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Dari pembahasan-pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Kort Nozzle mampu memberikan peningkatan gaya dorong (thrust).
- Kort Nozzle mampu memberikan peningkatan efisiensi propeller dari 52.8% pada propeller konvensional menjadi 58.3%.

#### **V.2 Saran**

Karena berbagai keterbatasan dan hambatan dalam mengerjakan skripsi ini, penulis menyadari terdapat berbagai kekurangan. Untuk itu penulis memberikan sedikit saran untuk penelitian lanjut terhadap Kort Nozzle.

- Aspek yang ditinjau pada skripsi ini hanya terbatas pada efisiensi propeller, akan lebih baik apabila disajikan data yang lebih lengkap mengenai karakteristik sistem propulsi secara keseluruhan dan dampak penggunaan Kort Nozzle pada keseluruhan sistem propulsi.
- Tulisan ini hanya berupa analisa teoritis, untuk mendapatkan gambaran yang utuh mengenai dampak penggunaan Kort Nozzle, diperlukan pengujian dengan menggunakan model atau metodologi lainnya

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harvald, Sv Aa  
1992 *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Surabaya : Airlangga University Press.
- [2] Talahatu, M A  
1985 *Teori Merancang Kapal*. Jakarta
- [3] Van Manen, Prof Dr Ir JD1971 *Non-conventional Propulsion Devices*.  
Hoofdstuk VI :233-237.
- [4] Oosterveld, MWC *Investigation on Different Propeller Types*. Hoofdstuk  
VI :249-256.
- [5] Van Manen, and A Superina *The Design of Screw-propellers in Nozzles*.  
Hoofdstuk VI :270-288.
- [6] Van Manen, Prof Dr Ir JD Effect of Radial Load Distribution on The  
Performance of Shrouded Propellers. Hoofdstuk VI :289-300.
- [7] Oosterveld, MWC *Ducted Propeller Systems Suitable for Tugs and  
Pushboats*. Hoofdstuk VI :301-320
- [8] Abbot, Ira H  
1959 *Theory of Wing Sections*. New York : Dover Publications, Inc.
- [9] Sinatra, Kemal  
1989 *Kort Nozzle Untuk Bulk Carrier 10000 DWT*. Depok :FTUI.
- [10] [Http://www.wikipedia.com/Kort\\_Nozzle.htm](http://www.wikipedia.com/Kort_Nozzle.htm)
- [11] Caldwell's  
*Screw Tug Design*

## LAMPIRAN



## Sketsa Propeller B3.5 dengan Kort Nozzle

