

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 ini, akan dijelaskan mengenai beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Bab 2 meliputi beberapa aspek bahasan, diantaranya: Sistem Propulsi, Hidrodinamika Kapal, Baling-Baling, Karakteristik *Propeller*, *Ducted Propeller*, dan juga *Computational Fluid Dynamic*

### 2.1 Sistem Propulsi

Kapal adalah alat transportasi yang memiliki sistem penggerak yang cukup rumit. Hal ini dikarenakan hambatan-hambatan yang dialami oleh kapal saat bergerak pada kecepatan dinasnya, seperti hambatan air. Oleh karena itu dibutuhkan suatu gaya dorong yang cukup besar untuk dapat mengatasi hambatan-hambatan tersebut.

Sistem propulsi atau sistem penggerak adalah sistem yang paling berpengaruh dalam proses olah gerak kapal. Adapun sistem penggerak utama kapal yaitu:

1. *Main Engine* (Motor induk) sebagai penggerak pertama.
2. *Propulsar* (Penggerak) yang pada umumnya menggunakan *screwpropeller*.
3. Komponen transmisi yang meliputi poros (*shaft*), roda gigi reduksi (*reduction gear*).

Sistem penggerak atau *propulsi* kapal ditunjukkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut:

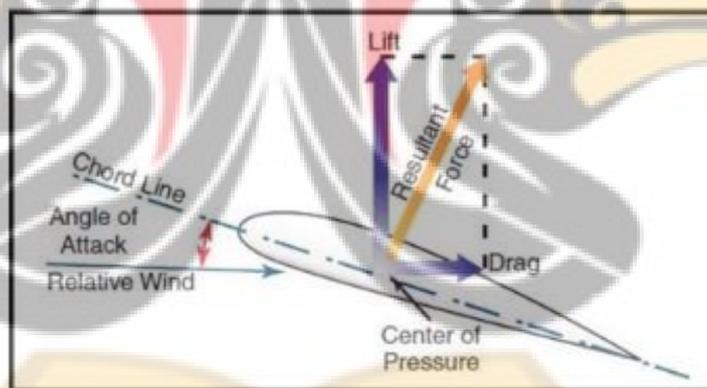


Gambar 2.1 Sistem Propulsi (Penggerak) Kapal

## 2.2 Hidrodinamika Kapal

Untuk membuat bentuk dasar dari *propeller* dibutuhkan bentuk yang hidrodinamis yang biasa juga disebut dengan *hidrofoil*. *Hidrofoil* tersebut akan menghasilkan gaya angkat yang lebih besar dari dragnya, dimana *hidrofoil* tersebut bergerak dengan suatu media fluida dengan kecepatan yang memungkinkan terjadinya hidrodinamika.

Hidrodinamika adalah suatu perbedaan yang terjadi pada bagian atas dan juga bagian bawah hidrofoil. Dimana fluida dibagian atas airfoil melaju lebih cepat dari pada fluida dibagian bawah airfoil. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida pada bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang telah diketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan sehingga aliran fluida yang melalui bagian bawah hidrofoil lebih kecil dibandingkan bagian atas. Persitiwa inilah yang mengakibatkan terjadinya gaya angkat yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Gaya lift dan drag

## 2.3 Baling-Baling

Baling-baling yang paling sering atau yang paling umum digunakan adalah baling-baling ulir. Baling-baling ulir biasanya memiliki dua daun atau lebih yang menjorok dari *hub* atau *bos*, yang dimana bos tersebut terhubung pada poros yang digerakan oleh penggerak utama atau *main engine*. Daun baling-baling ada yang menyatu secara dengan hub dan juga ada yang dapat dipasang dan dilepas dari hub. Baling-baling diletakan serendah mungkin disuatu dudukan pada bagian belakang kapal. Baling-baling harus memiliki garis tengah atau diameter yang dibuat sedemikian rupa untuk menghindari terjadinya fenomena terikutnya udara

*air drawing* dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami *pitching*. Baling-baling kapal ditunjukkan pada Gambar 2.3 sebagai berikut:



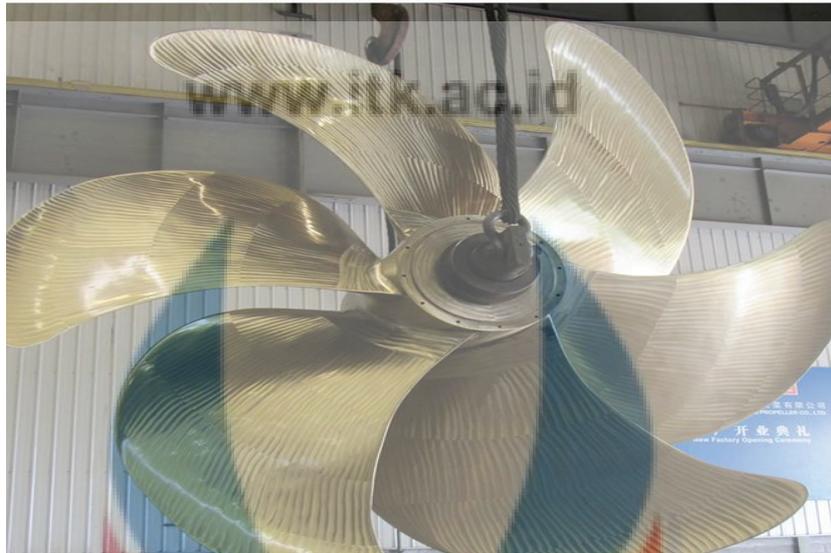
Gambar 2.3 Baling-baling kapal

### 2.3.1. *Propeller B-Series*

*Propeller B-series* atau yang secara umum dikenal dengan *Wageningen* adalah *propeller* yang sering digunakan terutama pada kapal jenis *merchant ship*. *Propeller B-series* memiliki bentuk yang sangat sederhana, dimana *propeller* ini memiliki bentuk *section* yang moderen dan juga karakteristik yang yang baik. Secara umum *propeller B-series* memiliki variasi:

1.  $H/D = 0.5$  sampai  $1,4$
2.  $Z = 2$  sampai  $7$
3.  $AE/Ao = 0.3$  sampai  $1,05$

*Propeller B-series* ditunjukkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 *Propeller B-Series*

### 2.3.2. *Propeller Au-Outline*

Baling-baling tipe ini merupakan hasil pengembangan dari “unken type aerofil” dengan melakukan pengujian menggunakan metode systematic series test. Baling-baling tipe ini memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan tipe B-series, baik dinilai dari segi efisiensi, kavitasi, maupun getaran baling-baling.

### 2.3.3 *Propeller Kaplan*

*Propeller* Kaplan merupakan propeller yang menggunakan reaksi aliran aksial. Tipe dari Kaplan ini tersusun seperti propeller pada perahu. Propeller ini memiliki 3 sampai 7 daun baling-baling. Dengan cara kerja yang mirip dengan turbin pembangkit listrik yaitu turbin francis, kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. *Propeller* Kaplan ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Propeller kapal ditujukan pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Propeller Kaplan

#### 2.4 Karakteristik Propeller

Karakteristik dari baling-baling kapal pada keadaan open water test adalah seperti yang telah digambarkan pada diagram  $KT-KQ-J$ . Baling-baling kapal (*propeller*) memiliki karakteristik kurva kerjanya yang sesuai dengan tipe baling-baling tersebut. Karakteristik dari kinerja setiap tipe baling-baling dituliskan dalam persamaan berikut:

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad J = \frac{Va}{nD} \quad (2.1)$$

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \quad (2.2)$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \rho Va^2 (\Pi/4) D^2} = \frac{8KT}{\Pi J^2} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$KT$  = koefisien gaya dorong baling-baling

$KQ$  = koefisien torsi baling-baling

$J$  = koefisien *advanced* baling-baling

$CT$  = koefisien beban gaya dorong

$Va$  = kecepatan advance

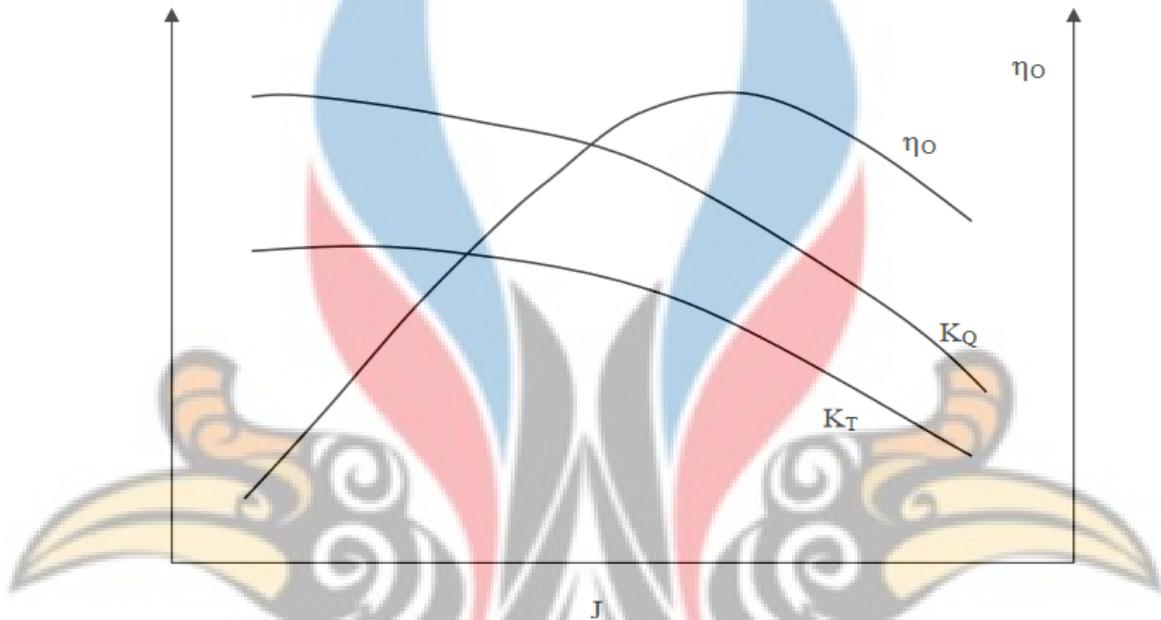
$T$  = Thrust propeller

$Q$  = Torsi propeller

$n$  = Putaran propeller

$D$  = Diameter propeller

Karakteristik *propeller* dibuat dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 2.6 sebagai berikut:



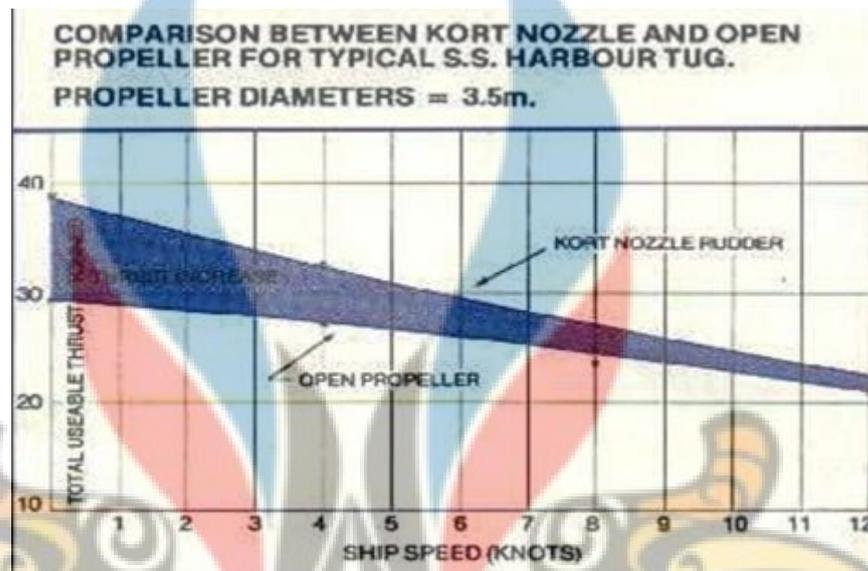
Gambar 2. 6 Diagram  $K_t$ - $K_q$ - $J$  (*open water test*)

## 2.5 Ducted Propeller

*Duct* adalah suatu struktur berbentuk selongsong yang biasanya digunakan untuk dapat meningkatkan *thrust* dan *force lift* pada sistem penggerak kapal. *Duct* biasanya terletak didepan baling-baling kapal dan memiliki bentuk melingkar ataupun sejenisnya.

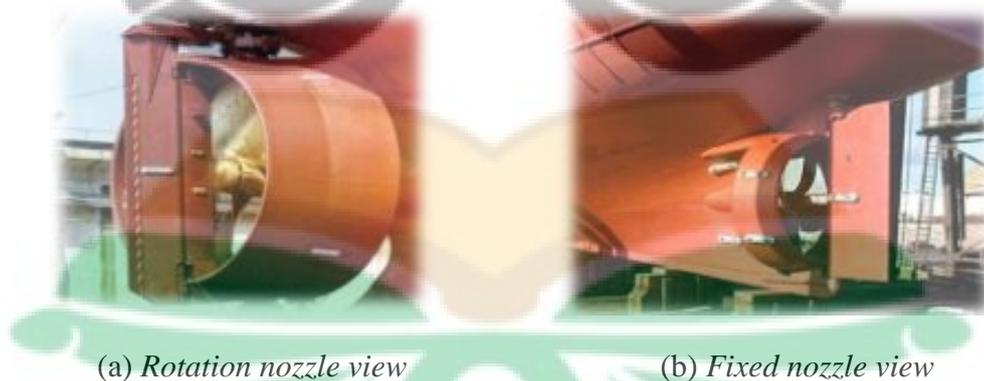
*Kort nozzle propeller* adalah baling-baling kapal yang memiliki saluran (*duct*) berupa *foil* yang mengelilingi baling-baling sehingga membentuk selubung atau tabung yang biasa disebut dengan *nozzle*. *Kort nozzle* tersebut akan menurunkan kekuatan pusaran ikut pada ujung daun bahkan dapat menghilangkan pusaran tersebut jika sela yang terdapat pada ujung daun dan dinding tabung cukup kecil. Pada saat beban gaya dorong tinggi, penggunaan *kort nozzle* dapat meningkatkan efektifitas kerja penggerak (*propulsi*) kapal.

Ada keuntungan dan juga kelemahan dari penggunaan *kort nozzle* yang diantaranya yaitu gaya dorong tinggi, efisien sangat baik untuk kapal *Tug-Boat* dan juga *Pusher-Boat*, penurunan efisien *propeller* di jalur laut lebih kecil pada *propeller*. Perbandingan performa *kort nozzle* dengan *open propeller* ditunjukkan pada Gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Grafik perbandingan performa *kort nozzle* dibandingkan *open Propeller* (Henderson,1963)

Ada dua (2) tipe dari *Kort Nozzle* yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2.8 sebagai berikut:



(a) *Rotation nozzle view*

(b) *Fixed nozzle view*

Gambar 2.8 Tipe *kort nozzle*

## 2.6 *Kort Nozzle*

*Kort Nozzle* adalah plat berbentuk *foil* yang berfungsi sebagai pelindung *propeller*. Fungsi dari *nozzle* adalah memusatkan dan meningkatkan aliran dari air yang mengalir pada *propeller* sehingga dapat memaksimalkan air yang dihisap

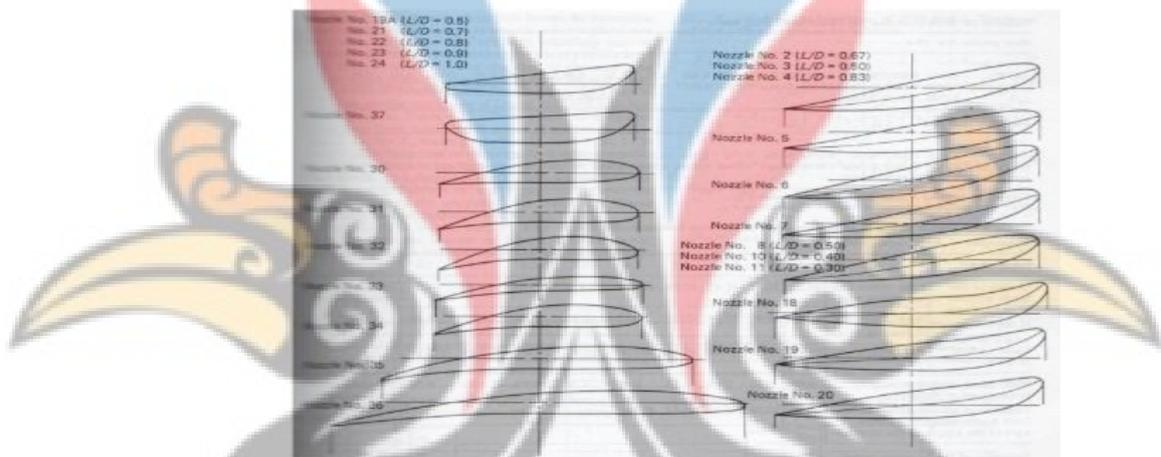
oleh *propeller*. Selain untuk memaksimalkan kinerja dari *propeller*, *kort nozzle* juga dapat mengurangi kebisingan dan getaran yang dihasilkan oleh putaran *propeller*.

*Profile nozzle* ada beberapa tipe yang dapat dilihat dari konstruksi *nozzle* tersebut, antara lain:

### 2.6.1 *Profile Marine*

#### 1. *Marine Foil*

*Marine foil* memiliki geometri yang sama, hanya dalam beberapa tipe *foil* lebih mudah dalam fabrikasinya karena bentuknya tidak melengkung penuh. Tipe dari *marine foil* dapat dilihat seperti pada Gambar 2.9 sebagai berikut:



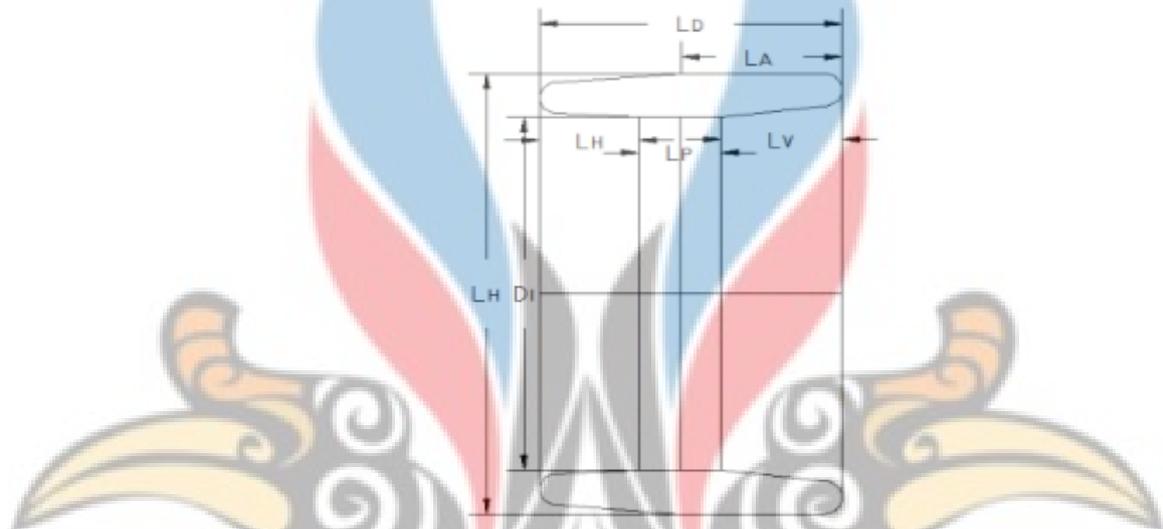
Gambar 2.9 *Type marine foil*

#### 2. *Aerofoil (Foil Naca Series)*

*Aerofoil* memiliki beberapa jenis dan juga karakteristik, dilihat dari dimensi maupun ketebalannya. *Aerofoil* seri *NACA* (0012, 0015, 0018 dan 0024) mempunyai kesamaan dari bentuk simetrisnya. Sedangkan untuk tipe non-simetri antara lain *NACA* (05, 07, 08, 10, 15, 12, 27, 33, 37). *Aerofoil* seri *NACA* 4 digit *wing section* memiliki bentuk dan juga simetri yang sama, pengertian dari seri *NACA* 4 digit pada seri *NACA* yaitu dari digit yang pertama menandakan spesifikasi dari maksimum *chamber*.

### 2.6.2 Profil Sederhana

Bentuk profil sederhana seperti yang direkomendasikan oleh *Shunksin.Nozzle* pada umumnya berada pada posisi yang sejajar dengan poros *propeller*, namun pada beberapa kasus *Single screw* dipasang dengan sudut  $5^\circ$ , dimana hal tersebut dapat meningkatkan gaya dorong. Beberapa jenis dari *shunkshin nozzle* dapat dilihat seperti yang pada Gambar 2.10, 2.11, dan 2.12 sebagai berikut:

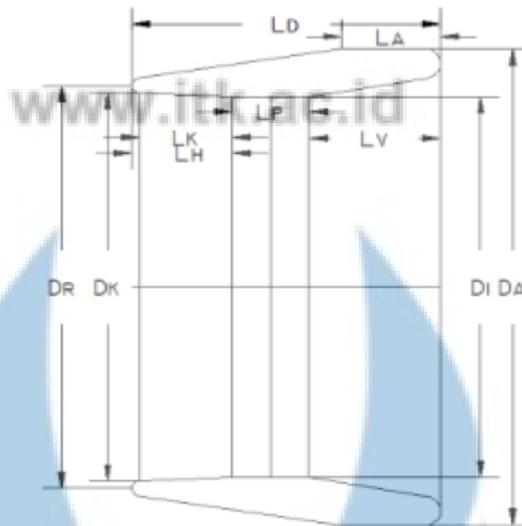


Ketentuan ukuran *kort nozzle tipe A* adalah sebagai berikut:

$L_D/D_P=0,75$ ;  $D_I/D_P= 1.015$ ; limits:  $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60 \text{ mm}$ ;  $D_A/D_I= 1,25$ ;

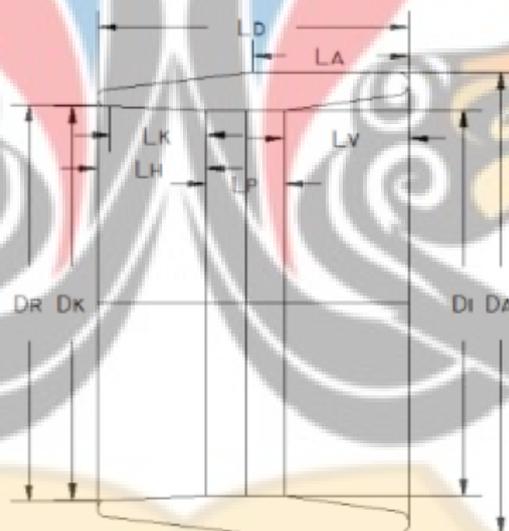
$l_A/L_D=0,53$ ;  $l_P/L_D=0,27$ ;  $l_V/L_D=0,40$ ;  $l_H/L_D=0,33$

Gambar 2.10 *Kort Nozzle Shunkshin Tipe A*



Ketentuan ukuran *kort nozzle tipe B* adalah sebagai berikut:  
 $L_D/D_P = 0,75$ ;  $D_I/D_P = 1,015$ ; limits:  $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{ mm}$ ;  $D_A/D_I = 1,25$ ;  
 $D_K/D_I = 1,02$ ;  $D_R/D_I = 1,035$ ;  $l_A/L_D = 0,32$ ;  $l_P/L_D = 0,25$ ;  $l_V/L_D = 0,425$ ;  $l_H/L_D = 0,325$ ;  $l_K/l_H = 0,925$

Gambar 2.11 *Kort Nozzle Shunkshin Tipe B*



Ketentuan ukuran *kort nozzle tipe C* adalah sebagai berikut:  
 $L_D/D_P = 0,75$ ;  $D_I/D_P = 1,015$ ; limits:  $20\text{mm} < (D_I - D_P) < 60\text{ mm}$ ;  $D_A/D_I = 1:20$ ;  $D_K/D_I = 1,015$ ;  $D_R/D_I = 1,030$ ;  $l_A = L_D = 0,50$ ;  $l_P/L_D = 0,50$ ;  $l_V/L_D = 0,40$ ;  
 $l_H/L_D = 0,35$ ;  $l_K/l_H = 0,880$

Gambar 2.12 *Kort Nozzle Shunkshin Tipe C*

## 2.7 Gaya Dorong

Gaya dorong kapal adalah komponen penting yang digunakan untuk mengatasi permasalahan oleh tahanan dan gaya hambat kapal. Pada kondisi yang ideal, besarnya gaya dorong sama dengan besarnya gaya hambat yang terjadi

pada kapal. Berdasarkan teori *blade element momentum* maka gaya dorong (*thrust*) dapat dirumuskan seperti persamaan berikut:

$$F = F_{lift} \cos \theta - F_{drag} \sin \theta \quad (2.4)$$

Dimana:

$\theta$  = Sudut *pitch* (deg)

F = *Thrust* (kN)

F<sub>lift</sub> = Gaya angkat (kN)

F<sub>drag</sub> = Gaya gesek (kN)

## 2.8 Torsi

Kemampuan puntir yang diberikan terhadap suatu benda, yang menyebabkan benda tersebut berputar disebut sebagai torsi. Torsi atau momen gaya merupakan hasil perkalian antara gaya dan lengan momennya. Torsi dapat dituliskan dengan sebuah rumus seperti pada persamaan berikut:

$$\tau = r \times F$$

Dimana:

$\tau$  = *Torque* (kN.m)

r = Lengan momen

F = Gaya (kN)

## 2.9 Gaya Gesek (*Force Drag*) dan Gaya Angkat (*force lift*)

Tegangan –tegangan yang dikalikan dengan masing–masing luas dimana mereka akan bekerja menghasilkan gaya. Sedangkan jumlah gaya-gaya ini pada sebuah potongan haruslah tetap dalam keseimbangannya. Komponen lain dari intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas elementer. Komponen intensitas gaya ini disebut teganga geser. Ini dilambangkan dengan  $\tau$ . Secara matematis didefinisikan sebgia berikut:

$$\tau = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta A}$$

Sehingga untuk mendapatkan rumus matematis gaya gesek dari persamaan diatas, dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = \tau \times A$$

Dimana:

$F = \text{Force Drag (N)}$

$\tau = \text{Wallshear (Pa)}$

$A = \text{Luas Area (m}^2\text{)}$

Sedangkan untuk mendapatkan rumus matematis gaya angkat, persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

$$F = P \times A$$

Dimana:

$F = \text{Force Lift (N)}$

$P = \text{Pressure (Pa)}$

$A = \text{Area (m}^2\text{)}$

## 2.10 Computational Fluid Dynamic

*Computational fluid dynamic* merupakan sistem yang digunakan untuk melakukan analisis yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait. *Computational fluid dynamic* menggunakan metode berbasis komputer (numerik dan algoritma) untuk menganalisis permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida.

*Software* atau aplikasi dari *CFD* untuk menyelesaikan masalah aliran fluida pada *propeller* telah mengalami kemajuan dalam jangka waktu yang cukup cepat. Bahkan untuk saat ini *CFD* sudah menjadi bagian dari proses desain pada diagram spiral desain.

Adapun perbandingan menggunakan metode *CFD* dengan melakukan eksperimen adalah seperti pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Perbandingan Metode *CFD* dan Eksperimen

NO	EKSPERIMEN	<i>CFD</i>
1	Biaya mahal	Biaya lebih terjangkau

2 Waktu persiapan yang lebih lama Lebih cepat dilakukan

(Lanjutan) Tabel 2.1

NO	EKSPERIMEN	CFD
3	Bersifat sekuensial	Dapat dikerjakan secara paralel
4	Memiliki tujuan tunggal	Dapat digunakan untuk tujuan yg lebih dari satu

*Computational fluid dynamic* digunakan untuk mendapatkan kuantitas yang diinginkan dengan hasil resolusi yang tinggi untuk setiap bagian dan waktu di saat melakukan analisis fenomena aliran. Meskipun dengan demikian, metode *CFD* juga dapat mengalami eror atau kesalahan yang biasanya disebabkan beberapa hal, diantaranya:

1. Kesalahan dalam diskritisasi.
2. Kesalahan melakukan literasi, kesalahan implementasi.
3. Kesalahan dalam memodelkan objek.

### 2.11 Penelitian Terdahulu

Rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Daftar Penelitian Terdahulu.

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1.	Wasisto Rahkmadi,2016	Metode: Analisa perbandingan tipe <i>kort nozzle</i> terhadap gaya dorong <i>propeller</i> dengan metode <i>CFD</i> Hasil: 1 Bentuk aliran fluida pada <i>Kort nozzle Shushkin</i> tipe A alirannya lebih memusat dibanding <i>propeller</i> konvensional, terdapat perbedaan lebar aliran fluida.

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
		Metode: Analisa <i>Performance Propeller</i> Tipe B-Series Pada Kapal Selam Midget 150 M Dengan Variasi <i>Skew Angle Dan Blade Area Ratio (AE/A0)</i> Menggunakan Metode <i>CFD</i>
		Hasil:1.Nilai <i>thrust</i> terbesar pada 400 <i>RPM</i> ,450 <i>RPM</i> dan 500 <i>RPM</i> dihasilkan oleh <i>Propeller B-8 Series Model 3 (27,70&amp; 0,70)</i> dengan nilai 21658,2 N, 26667,2 N dan 32818,1 N.
		2.Nilai <i>torque</i> terendah pada 400 <i>RPM</i> ,450 <i>RPM</i> dan 500 <i>RPM</i> dihasilkan oleh <i>Propeller B-8 Series Model 7 (31,70 &amp; 0,55)</i> dengan nilai 3316,11 N.m,4045,06 N.m dan 4944,36 N.m.
2.	Putra Bangkit Setya Budi	3.Nilai <i>effisiensi</i> terbesar pada 400 <i>RPM</i> ,450 <i>RPM</i> dan 500 <i>RPM</i> dihasilkan oleh <i>Propeller B-7 Series Model 3 (27,70&amp; 0,70)</i> dengan nilai 0.868, 0.767 dan 0.700.
		4.Nilai rata-rata <i>pressure</i> terendah pada 400 <i>RPM</i> dihasilkan oleh <i>Propeller B-7 Series Model 2 (27,70&amp; 0,59)</i> dengan nilai 66342,2 Pa. Sedangkan nilai rata-rata <i>pressure</i> terendah pada 450 <i>RPM</i> dihasilkan oleh <i>Propeller B-7 Series Model 6</i>

(29,70 & 0,70) dengan nilai 72350,6 Pa. Kemudian nilai rata-rata *pressure* terendah pada 500 RPM dihasilkan

oleh *Propeller* B-7 Series Model 6 (29,70& 0,70 dengan nilai 77499,5 Pa.

Metode: Analisa Pengaruh Bentuk *Foil Section Nozzle* Terhadap Efisiensi Kapal Propulsi Kapal Tunda

Hasil: gaya *lift* dan *thrust* pada *propeller* dengan diameter 0.8 D dan 0.9 D di belakang *duct* lebih besar dari pada gaya *lift* pada *propeller* dengan diameter 0.8 D tanpa *duct*.

Metode: Analisa Teknis Penerapan *Kort Nozzle* Untuk Kapal *SPOB* 4990 DWT Pada Perairan Sungai

Hasil: 1. Nilai efisiensi pada model *propeller non nozzle* yaitu bernilai 0,497 pada *thrust* 412,69 kN, 0.495 pada *thrust* 354,40 kN dan 0.485 pada *thrust* 301,57 kN.

2. Nilai efisiensi pada model *propeller dengan nozzle* 19A yaitu bernilai 0,525 pada *thrust* 449,70 kN, 0.522 pada *thrust* 393,79 kN dan 0.514 pada nilai *thrust* 348,14 kN.

3. Triyanti Irmiyana

4. Bayu Sukma Cahyono