

# **SKRIPSI**

## **ANALISA PENGARUH UKURAN PROPELLER DAN DIAMETER PENAMPANG NOSEL *INLET* TERHADAP PERFORMA *PROPELLER* *FLOW COOLING SYSTEM* (PFCS)**

Disusun dan diajukan oleh :

**SOFARIA FATIMATUZZAHRA'**

**D33116501**



DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR

2021

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH UKURAN PROPELLER DAN DIAMETER  
PENAMPANG NOSEL INLET TERHADAP PERFORMA PROPELLER  
FLOW COOLING SYSTEM (PFCS)**

**Disusun dan diajukan oleh :**

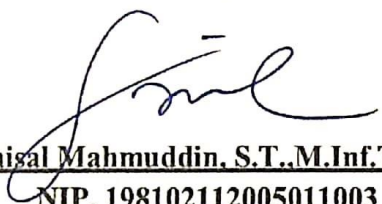
**SOFARIA FATIMATUZZAHRA'**

**D33116501**


Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 15 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,


**Pembimbing Utama,**

  
**Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng**  
NIP. 198102112005011003

**Pembimbing Pendamping,**

  
**Ir. Sverly Klara, M.T**  
NIP. 19640501 199002 2 001

**Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan,**

  
**Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng**  
NIP. 198102112005011003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sofaria Fatimatuzzahra'  
NIM : D33116501  
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Analisa Pengaruh Ukuran Propeller Dan Diameter Penampang Nosel *Inlet*  
Terhadap Performa *Propeller Flow Cooling System* (PFCS)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila ada dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 15 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



Sofaria Fatimatuzzahra'

**ANALISA PENGARUH UKURAN PROPELLER DAN DIAMETER  
PENAMPANG NOSEL *INLET* TERHADAP PERFORMA PROPELLER  
*FLOW COOLING SYSTEM* (PFCS)**

Sofaria Fatimatuzzahra. <sup>1)</sup>

Dr. Eng. Faisal Mahmuddin S.T., M. Inf.Tech.,M.Eng. <sup>2)</sup>

Ir. Syerly Klara M.T. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

<sup>2)</sup> Dosen Teknik Sistem Perkapalan FT-UH

*Email* : [sofaria.fatimah@gmail.com](mailto:sofaria.fatimah@gmail.com)

**ABSTRAK**

Kapal merupakan alat transportasi laut yang digunakan untuk sarana penyebrangan antar pulau, alat angkutan barang atau kendaraan, serta sarana rekreasi. Kapal memiliki berbagai macam sistem yang saling bekerja sama agar kapal dapat bergerak. Salah satunya adalah propeller. Putaran propeller menimbulkan bentuk aliran disekitar propeller. Pemanfaatan aliran buritan akibat tendangan propeller tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai pendingin mesin utama kapal tanpa harus menggunakan pompa dalam hal pendistribusian ke pendingin mesin kapal. Maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* yang optimal terhadap performa *propeller flow cooling system* (PFCS) dengan variasi ukuran propeller 8 inci, 11 inci, 13 inci, dan diameter penampang nosel *inlet* bundar 1 inci, 2 inci, 3 inci, serta variasi putaran mesin rpm 900, 1200, 1500. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengujian secara langsung dengan hasil yang diperoleh yaitu ukuran penampang nosel *inlet* diameter 1 inci dan diameter propeller 8 inci, dengan nilai debit air 10,0 liter/menit dan kecepatan aliran air masuk 0,7 m/s memiliki nilai yang paling optimal.

**Kata Kunci** : Ukuran propeller, diameter penampang nosel *inlet*, debit air, kecepatan aliran, *propeller flow cooling system* (PFCS)

**ANALYSIS EFFECT OF PROPELLER SIZE AND INLET NOZZLE  
CROSS-SECTIONAL DIAMETER ON PERFORMANCE OF  
PROPELLER FLOW COOLING SYSTEM (PFCS)**

Sofaria Fatimatuzzahra. <sup>1)</sup>

Dr. Eng. Faisal Mahmuddin S.T., M. Inf.Tech.,M.Eng. <sup>2)</sup>

Ir. Syerly Klara M.T. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Student of Marine Engineering of Hasanuddin University

<sup>2)</sup> Lecturer of Marine Engineering of Hasanuddin University

Email : [sofaria.fatimah@gmail.com](mailto:sofaria.fatimah@gmail.com)

**ABSTRACT**

Ships are means of sea transportation that are used for inter-island crossing, goods or vehicles, and recreational facilities. Ship has several systems that work together so that the ship can moved. One of them is the propeller. The rotation of the propeller creates a flow form around the propeller. Utilization of the stern flow due to the propeller kick which will later be used as a coolant for the ship's main engine without having to use a pump in terms of distribution to the ship's engine cooler. So the purpose of this study is to determine the optimal propeller size and inlet nozzle cross-sectional diameter on the performance of the propeller flow cooling system (PFCS) with variations in propeller sizes of 8 inches, 11 inches, 13 inches, and circular inlet nozzle cross-sectional diameters of 1 inch, 2 inches, 3 inches, as well as variations in engine speed rpm 900, 1200, 1500. The research method is direct testing with the results obtained are the cross-sectional size of the inlet nozzle with a diameter of 1 inch and a propeller diameter of 8 inches, with a water discharge value of 10.0 liters/ minutes and velocity of flow in, of 0.7 m/s has the most optimal value.

**Keywords :** Propeller size, inlet nozzle diameter, water discharge, flow velocity, propeller flow cooling system (PFCS)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul “Analisa Pengaruh Ukuran Propeller Dan Diameter Penampang Nosel *Inlet* Terhadap Performa *Propeller Flow Cooling System* (PFCS)” dapat disusun dan diselesaikan dengan baik. Shawalat serta salam senantiasa terlimpah dan tcurahkan kepada baginda Nabi Muhammad Shallallahu’alaihi wa Sallam, kepada keluarganya, para sahabatnya serta para pengikutnya yang setia hingga akhir zaman. Aamiin Yaa Rabbal ‘Alamin.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program S1 (Strata Satu) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. **Allah Subhanahu wa ta’ala,**
2. **Nabi Muhammad Sallallahu ‘alaihi wa sallam,**
3. **Ayahanda Ali Mahmudi dan Ibunda Monika Cicik** selaku orang tua yang senantiasa selalu memberikan motivasi, doa, dan dukungan materi demi keberlangsungan selama kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universtas Hasanuddin.

4. **Takbiransyaw Mahsyam dan Nizam Al Fatih Mahsyam** selaku Suami dan Anak yang merupakan sosok penyemangat dan motivasi penulis dalam pengerjaan skripsi ini sehingga dapat selesai sesuai dengan yang diharapkan.
5. **Dr. Eng Faisal Mahmuddin, ST. M.Eng** selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam memberikan pengarahan selama dalam pengerjaan skripsi
6. **Dr. Eng Faisal Mahmuddin, ST. M.Eng** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktunya untuk memberikan pengarahan, bimbingan, dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
7. **Ir. Syerly Klara, MT** selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktunya untuk memberikan pengarahan, bimbingan, dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. **Dosen- dosen** Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama dalam proses perkuliahan.
9. **Seluruh kanda- kanda senior** yang selalu memberikan kritik dan saran sehingga dapat dijadikan bahan perbaikan dalam proses pengambilan data dan penyelesaian skripsi ini.
10. **Seluruh saudara-saudari mahasiswa** Jurusan Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Khususnya, Angkatan 2016 yang senantiasa memberi banyak bantuan motivasi, dukungan serta waktu yang telah dilalui bersama. Tak lupa pula penulis sampaikan banyak terima kasih kepada dinda – dinda junior atas dukungannya.

11. **Seluruh teman-teman** seperjuangan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Angkatan 2016 atas semua bantuan dan dukungannya dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat diharapkan sebagai bahan untuk memenuhi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis.

Gowa, 15 Juli 2021

**Penyusun**

Sofaria Fatimatuzzahra



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	I
I.1 Latar Belakang .....	I
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	4
I.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Kinematika Fluida.....	6
II.2 Aliran Fluida .....	6
II.2.1 Aliran Laminer Berkembang Penuh .....	6
II.2.2 Aliran Laminer dan Aliran Turbulen .....	7
II.3 Debit Air .....	8
II.4 Persamaan Kontinuitas (Hukum Konservasi Massa).....	8
II.5 Paramter Aliran di Sekeliling Propeller .....	9
II.6 Hidrodinamika Propeller.....	10
II.7 Nosel .....	11

II.8 <i>Head Loss</i> .....	11
II.8.1 <i>Head Loss Mayor</i> .....	13
II.8.2 <i>Head Loss Minor</i> .....	14
II.9 Perbandingan Debit Air Berdasarkan Bentuk dan Posisi Nosel <i>Inlet</i> ...	15
BAB III. METODE PENELITIAN.....	16
III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
III.2 Alat Pengujian .....	16
III.3 Skema pengambilan data .....	17
III.4 Kasus yang Diuji .....	18
III.5 Peralatan Penelitian .....	21
III.6 Tahapan Penelitian.....	24
III.7 Kerangka Pikir .....	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
IV.1 Gambaran Umum .....	27
IV.2 Hasil Pengujian Variasi Ukuran Propeller dan Diameter Nosel <i>Inlet</i> .	27
IV.2.1 Nilai Kecepatan Aliran Dari Hasil Pengujian .....	27
IV.2.2 Nilai Debit Air Dari Hasil Pengujian .....	28
IV.3 Analisa Data Hasil Percobaan .....	38
IV.3.1 Kasus 1, Propeller 8 Inchi (20,32 cm).....	38
IV.3.2 Kasus 2, Propeller 11 Inchi (27,94 cm).....	39
IV.3.3 Kasus 3, Propeller 13 Inchi (33,02 cm).....	40
BAB V. PENUTUP.....	43
V.1 Kesimpulan .....	43
V.2 Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Persiapan pengambilan data	
Lampiran 2. Proses pengambilan data	

Lampiran 3. Tabel karakteristik fisik fluida air

Lampiran 4. Perhitungan koefisien gesek fluida ( $f$ )

Lampiran 5. Perhitungan koefisien kekasaran

Lampiran 6. Data Loger hasil pengukuran pada *flowmeter sensor*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panjang sisi masuk dan area fluida berkembang penuh.....	6
Gambar 2.2 Aliran Laminer dan Aliran Turbulen .....	7
Gambar 2.3 Tabung aliran untuk menurunkan persamaan kontinuitas.....	9
Gambar 2.4 <i>Blade Element</i> .....	10
Gambar 2.5 Perbandingan debit air yang dihasilkan dari beberapa bentuk dan posisi nosel <i>inlet</i> dengan variasi putaran mesin.....	15
Gambar 3.1 a) Desain <i>Circulation Water Channel (CWC)</i> (b) tampak samping <i>Circulation Water Channel (CWC)</i> .....	16
Gambar 3.2 Skema pengambilan data.....	17
Gambar 3.3 Posisi nosel 0.7R daun propeller (a) Tampak samping (b) Tampak 3D .....	18
Gambar 3.4 (a) Propeller 8 inci (b) Propeller 11 inci (c) Propeller 13 inci .....	19
Gambar 3.5 (a) Penampang nosel bundar 1 (b) Model alat uji .....	19
Gambar 3.6 (a) Penampang nosel bundar 2 (b) Model alat uji .....	20
Gambar 3.7 (a) Penampang nosel bundar 3 (b) Model alat uji .....	21
Gambar 4.1 Perbandingan debit dari bentuk nosel inlet kasus 1 .....	38
Gambar 4.2 Perbandingan debit dari bentuk nosel inlet kasus 2 .....	39
Gambar 4.3 Perbandingan debit dari bentuk nosel inlet kasus 3 .....	40

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dimensi tangki CWC.....	17
Tabel 3.2 Spesifikasi peralatan penelitian.....	21
Tabel 4.1 Kecepatan rata-rata aliran masuk.....	28
Tabel 4.2 Debit air dan kecepatan aliran yang dihasilkan pada kasus 1.....	29
Tabel 4.3 Debit air dan kecepatan aliran yang dihasilkan pada kasus 2.....	32
Tabel 4.4 Debit air dan kecepatan aliran yang dihasilkan pada kasus 3.....	36
Tabel 4.5 Data hasil debit air semua kasus.....	38

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

$A$	: Luas penampang bidang ( $m^2$ )
CWC	: <i>Circulation Water Channel</i>
$D$	: Diameter pipa (m)
$f$	: Kekasaran Relatif Pipa
$g$	: Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$h$	: Kedalaman fluida (m)
$H_{lm}$	: <i>Head loss minor</i> (m)
$H_{lmy}$	: <i>Head loss mayor</i> (m)
$k$	: Koefisien Kekasaran
$L$	: Panjang pipa (m)
$m$	: Massa (kg)
PFCS	: <i>Propeller Flow Cooling System</i>
$Ph$	: Tekanan hidrostatis ( $N/m^2$ atau Pa)
$Q$	: Debit aliran ( $m^3/s$ )
$R$	: Jari-jari (m)
$Re$	: <i>Reynold Number</i>
RPM	: Putaran Per Menit
$V$	: Kecepatan aliran (m/s)
$\rho$	: Massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )
$f$	: Faktor gesek fluida
$\nu$	: Viskositas kinematik ( $m^2/s$ )
$\mu$	: Viskositas dinamik ( $N.s/m^2$ )

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

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

Indonesia adalah salah satu Negara Maritim terbesar di dunia dengan wilayah perairan yang luas dibandingkan dengan daratan. Hal ini menjadikan wilayah Indonesia kaya akan sumber daya air dan lautnya. Berkaitan dengan hal tersebut, pemamfaatan jalur transportasi laut haruslah menjadi yang utama untuk dikembangkan. Terutama dalam transportasi dan industri kapal yang seyogyanya mendapat inovasi dan dukungan dari pemerintah dalam hal pengembangan. Tidak hanya disektor kapal besar, kapal-kapal yang masuk kategori kecil juga perlu mendapat perhatian dalam hal inovasinya.

Kapal merupakan alat transportasi laut yang digunakan untuk sarana penyebrangan antar pulau, alat angkutan barang atau kendaraan, serta sarana rekreasi. Kapal memiliki berbagai macam sistem yang saling bekerja sama agar kapal dapat bergerak. Salah satu sistem yang paling penting pada kapal adalah sistem propulsi. Sistem ini juga memiliki sub komponen yang saling bekerja sama untuk menggerakkan kapal. Komponen yang paling populer adalah baling-baling atau propeller.

Propeller merupakan salah satu komponen mesin yang memegang peranan penting dalam konstruksi transportasi air (kapal laut). Propeller dipasang pada poros yang dihubungkan langsung dengan mesin kapal. Jika mesin kapal dihidupkan maka poros propeller akan berputar dan memutar propeller. Kecepatan putaran propeller sama dengan putaran poros dimana kecepatan putaran poros

bergantung kecepatan putaran mesin kapal. Dengan berputarnya propeller maka kapal laut mendapatkan tenaga untuk bergerak.

Putaran propeller menghasilkan tendangan pada air dan menimbulkan bentuk aliran disekitar propeller. Akibatnya, kapal bisa bergerak maju. Aliran fluida akibat tendangan propeller tersebut memiliki hal yang patut untuk dikaji dalam hal pemanfaatannya. Pemanfaatan aliran buritan akibat tendangan propeller tersebut yang nantinya akan digunakan sebagai pendingin mesin utama kapal tanpa harus menggunakan pompa dalam hal pendistribusiannya ke pendingin mesin kapal. Untuk itu, penulis tertarik untuk mencoba meneliti terkait hal tersebut. Dimana sebelumnya telah diteliti tentang pemanfaatan aliran buritan kapal sebagai pendingin mesin utama. Hasil dari penelitian tersebut nantinya akan dijadikan sebagai bahan acuan dalam tugas akhir ini.

Penelitian tentang hal tersebut masih perlu untuk dikembangkan. Khususnya inovasi terhadap bentuk penampang nosel serta variasi ukuran diameter propeller itu sendiri. Luaran yang diharapkan yaitu debit air yang optimal dari masing-masing percobaan. Sehingga hal itu dapat menjadi alternatif khususnya pada sistem pendingin mesin utama kapal. Maka pada penelitian ini, penulis ingin menganalisa tentang pemanfaatan aliran fluida akibat tendangan propeller sebagai mesin pendingin utama kapal guna untuk diajukan sebagai tugas akhir (skripsi) sebagai syarat kelulusan dengan judul : “Analisa pengaruh ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* terhadap performa *propeller flow cooling system* (PFCS)”.



## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* terhadap performa *propeller flow cooling system* ?
2. Bagaimana perbedaan debit air yang dihasilkan dari masing-masing ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* ?
3. Bagaimana ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* yang optimal pada *propeller flow cooling system* ?

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di *Circulation Water Channel (CWC)*,
2. Pengujian menggunakan tiga variasi diameter penampang nosel *inlet*,
3. Hanya menggunakan tiga variasi ukuran diameter propeller,
4. Posisi nosel *inlet* yang akan diuji dibagian 0,7R daun propeller,
5. Variasi putaran propeller di rpm 900, 1200, dan 1500.

## **I.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* terhadap performa *propeller flow cooling system*,
2. Untuk mengetahui perbedaan debit air yang dihasilkan dari beberapa ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet*,

3. Untuk mengetahui ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* yang optimal terhadap performa *propeller flow cooling system*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Membambah pengetahuan tentang seberapa besar pengaruh ukuran propeller dan diameter penampang nosel *inlet* terhadap performa *propeller flow cooling system*,
2. Memberikan informasi mengenai debit air yang dihasilkan dari nosel *inlet* yang akan digunakan sebagai alat pendistribusian fluida untuk pendingin mesin utama kapal,
3. Memberikan pengetahuan tentang ukuran diameter penampang nosel *inlet* yang optimal sebagai alat pendistribusian fluida untuk pendingin mesin utama kapal.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar penyusunan skripsi dan pembaca memahami uraian serta makna secara sistematis, maka skripsi disusun pada pola berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, serta sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berkaitan dengan pembahasan penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, perolehan data, penyajian data dan kerangka pemikiran.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang diperoleh dari pengolahan data dan penelitian.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan dan saran-saran.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Pada halaman ini berisi informasi tentang daftar tulisan ilmiah yang digunakan sebagai rujukan penulis dalam penelitian ini.

### **LAMPIRAN**

Pada halaman ini berisi informasi gambar dan penjelasan terkait dengan dokumentasi proses penelitian.

## BAB II

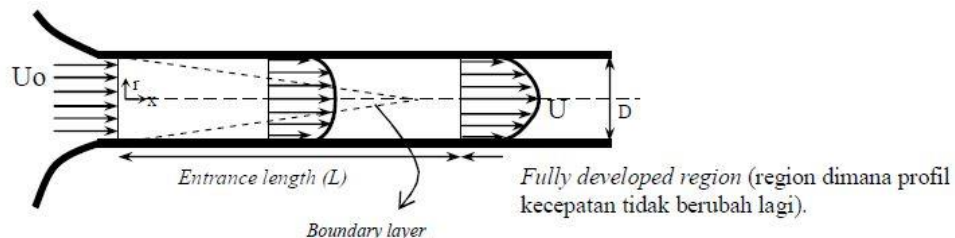
### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Kinematika Fluida

Dalam aplikasi bidang teknik yang berkaitan dengan sistem fluida, umumnya fluida yang terlibat berada dalam keadaan bergerak atau lebih dikenal dengan istilah “mengalir”. Kinematika fluida mempelajari berbagai aspek gerakan fluida tanpa meninjau gaya-gaya yang diperlukan untuk menghasilkan gerakan tersebut. Kajian kinematika dari gerakan tersebut meliputi kecepatan, percepatan medan aliran serta penggambaran dan visualisasi gerakan tersebut. Pemahaman tentang kinematika aliran fluida merupakan dasar penting untuk memahami dinamika fluida (Harinaldi, 2015).

#### II.2 Aliran Fluida

##### II.2.1 Aliran Laminer Berkembang Penuh



Gambar 2.1 Panjang sisi masuk dan area fluida berkembang penuh

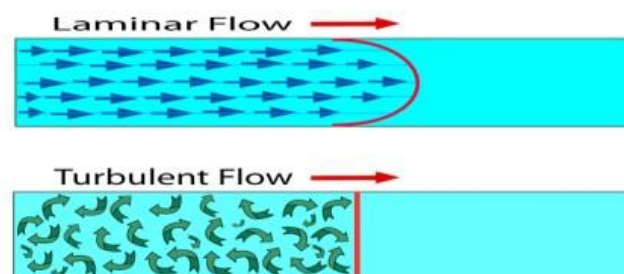
Perhatikan aliran fluida pada sisi masuk seperti ditunjukkan pada gambar 2.1 di atas. Sebelum mengalami kontak dengan permukaan padat fluida memiliki kecepatan seragam sebesar  $U_0$ . Setelah fluida menyentuh dinding saluran maka akan terbentuk *boundary layer* akibat adanya efek *viscous* dan gesekan fluida dengan pipa, sehingga akan terjadi perubahan profil kecepatan fluida ke arah hilir aliran. Pada jarak tertentu dari titik awal fluida masuk profil kecepatan aliran akan

menjadi tetap. Fluida dalam keadaan demikian dikatakan telah berkembang penuh (*fully developed*), sedangkan daerah pada arah hilir dimana fluida telah berkembang penuh disebut *fully developed region*. Panjang sisi masuk sesuai arah aliran sampai *fully developed region* disebut *entrance length* (Ainul Ghurri, 2015).

## II.2.2 Aliran Laminer dan Aliran Turbulen

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen, tergantung pada jenis garis alir yang dihasilkan oleh partikel-partikel fluida. Jika aliran dari seluruh partikel fluida bergerak sepanjang garis yang sejajar dengan arah aliran (atau sejajar dengan garis tengah pipa, jika fluida mengalir di dalam pipa), fluida yang seperti ini dikatakan laminar. Fluida laminar kadang-kadang disebut dengan fluida viskos atau fluida garis alir (*streamline*) (Khamdani, 2014).

Kata laminar berasal dari bahasa latin *lamina*, yang berarti lapisan atau plat tipis. Sehingga, aliran laminar berarti aliran yang berlapis-lapis. Lapisan-lapisan fluida akan saling bertindihan satu sama lain tanpa bersilangan seperti pada gambar 2.2. Jika gerakan partikel fluida tidak lagi sejajar, mulai saling bersilangan satu sama lain sehingga terbentuk pusaran di dalam fluida, aliran yang seperti ini disebut dengan aliran turbulen, seperti yang pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Aliran laminar dan aliran turbulen

### II.3 Debit Aliran

Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satu satuan waktu disebut aliran dan diberi notasi  $Q$ . Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) (Triatmodjo, 2014).

Di dalam zat cair ideal, dimana tidak terjadi gesekan, kecepatan aliran  $V$  adalah sama di setiap titik pada tampang lintang. Apabila tampang aliran tegak lurus dengan arah aliran, maka debit aliran dapat dirumuskan:

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2. 1)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit aliran } (\text{m}^3/\text{s})$$

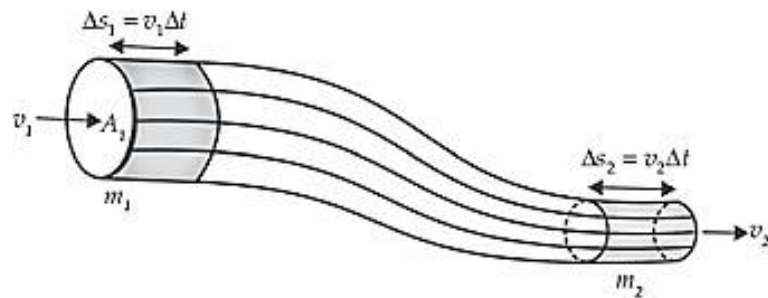
$$A = \text{Luas penampang bidang } (\text{m}^2)$$

$$V = \text{Kecepatan aliran } (\text{m}/\text{s})$$

### II.4 Persamaan Kontinuitas (Hukum Konservasi Massa)

Apabila zat cair tak kompresibel mengalir secara kontinu melalui pipa atau saluran terbuka, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair (Triatmodjo, 2014).

Tabung pada gambar 2.3 menampilkan aliran satu dimensi dan *steady*, dengan kecepatan rata – rata  $V$  dan tampang aliran  $A$ . Aliran tersebut mengalir dari titik 1 pada  $V_1$  dan  $A_1$ , ke titik 2 pada  $V_2$  dan  $A_2$ .



Gambar 2.3 Tabung aliran untuk menurunkan persamaan kontinuitas

Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu:  $V_1 A_1$ .

Volume zat cair yang keluar dari tampang 2 tiap satuan waktu:  $V_2 A_2$  sementara  $dm/dt$  merupakan laju perubahan massa ( $m$ ) Oleh karena itu, tidak ada zat cair yang hilang di dalam tabung aliran, maka :

$$V_1 A_1 = V_2 A_2 \dots \dots \dots (2. 6)$$

atau

$$Q_1 = Q_2 = \text{konstan} \dots \dots \dots (2. 7)$$

atau

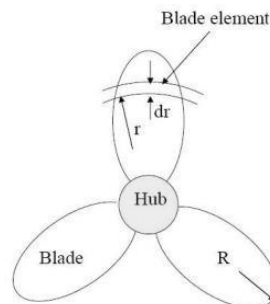
$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{dm_2}{dt} = \text{konstan} \dots \dots \dots (2. 8)$$

## II.5 Paramter Aliran di Sekeliling Propeller

Parameter aliran disekitar propeller biasa dikenal dengan *wake*. *Wake* merupakan interaksi antara kapal dengan air yang memiliki kecepatan relatif terhadap kapal. *Wake* terbagi atas tiga bagian, kecepatan air di sekeliling badan kapal, lapisan air antara tahanan aliran air di sekitar dengan badan kapal, gelombang yang terbentuk akibat bergeraknya kapal di air. Dua bagian yang pertama di atas akan mengurangi kecepatan air yang masuk ke propeller, sedangkan bagian ketiga dapat menaikkan dan mengurangi kecepatan tergantung pada gelombang yang terbentuk (apakah puncak atau palung) pada propeller (Ridwan, 2008).

## II.6 Hidrodinamika Propeller

*Hidrodinamika* adalah peristiwa di mana kecepatan antara bagian atas dan bawah *hidrofoil* terjadi perbedaan. Fluida yang melalui bagian atas *airfoil* melaju lebih cepat daripada fluida yang melewati bagian bawah. Hal ini, disebabkan adanya perbedaan tekanan antara aliran fluida bagian atas dan aliran fluida bagian bawah. Seperti yang kita ketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik terhadap besarnya kecepatan. Sehingga yang terjadi adalah aliran fluida yang melalui bagian bawah *hidrofoil* lebih pelan bila dibandingkan bagian atas *hidrofoil*. Perbedaan tekanan yang terjadi inilah yang kemudian akhirnya menimbulkan fenomena *lift* atau gaya angkat itu. Baling-baling propeller (*propeller blade*) tersusun dari bidang berbentuk seperti gelang yang memanjang dari *leading edge* menuju *trailing edge*. Setiap *blade* elemen berfungsi seolah-olah adalah bagian dari *hidrofoil*.



Gambar 2.4 Blade Element

Baling-baling propeller (*propeller blade*) tersusun dari bidang berbentuk seperti gelang yang memanjang dari *leading edge* menuju *trailing edge*. Setiap blade elemen berfungsi seolah-olah adalah bagian dari *hidrofoil*. *Propeller blade* juga dapat digambarkan sebagai *twisted airfoil* dengan bentuk yang tidak beraturan. Untuk tujuan analisa, sebuah *blade* dapat dibagi menjadi beberapa



bagian yang ditunjukkan oleh jaraknya dari pusat *blade hub*. *Blade shank* adalah bagian tipis dari propeller yang paling dekat dengan *hub*, yang dirancang untuk memberikan kekuatan pada *blade* (Triyanti, 2015).

## **II.7 Nosel**

Nosel adalah alat yang digunakan untuk menentukan arah dan karakteristik aliran fluida saat keluar atau memasuki ruang tertutup pada sebuah pipa. Nosel adalah alat di mana energi dari cairan bertekanan tinggi diubah menjadi energi kinetik dalam proses ekspansi. Fungsi nosel secara umum adalah untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida yang diikuti dengan penurunan tekanan (Vahaji, 2015).

Fungsi dari nosel adalah mengkonversi fluida yang tekanan tinggi dan kecepatan rendah menghasilkan kecepatan yang tinggi namun mempunyai *pressure* yang lebih rendah dari tekanan *secondary flow*. Kecepatan uap saat memasuki nosel meningkat di bagian konvergen dan mencapai kecepatan sonic (*sonic velocity*) pada nosel *throat*. Setelah melewati nosel *throat* kecepatan meningkat menjadi supersonik (*supersonic velocity*) dan terus meningkat hingga akhir dari nosel yang memiliki tekanan rendah (Ariafar, 2014).

## **II.8 Head Loss**

*Head loss* merupakan suatu fenomena rugi-rugi aliran di dalam system pemipaan. Rugi-rugi aliran selalu terjadi pada sistem pemipaan dengan menggunakan berbagai macam fluida, seperti fluida cair dan gas. Pada umumnya, rugi aliran yang terbesar terjadi pada fluida cair, hal ini dikarenakan sifat molekulnya yang padat dibandingkan gas dan memiliki gesekan lebih besar terhadap media yang dilalui itu lebih besar, maka gesekan yang terjadi pun akan

semakin besar. *Head loss* sangat merugikan dalam aliran fluida di dalam sistem pemipaan, karena *head loss* dapat menurunkan tingkat efisiensi aliran fluida. Salah penyebab *head loss* adalah konstruksi desain dari sistem pemipaan tersebut. Jika konstruksi memiliki percabangan yang lebih banyak maka akan memperbesar rugi alirannya, selain itu aliran yang semula dalam keadaan laminar pada saat melalui pipa lurus yang koefisien gesekannya besar kan berubah menjadi aliran turbulen.

Selain itu akibat yang paling mendasar dengan adanya rugi-rugi aliran (*head loss*) ialah dapat menyebabkan besarnya energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan aliran fluida yang berdampak meningkatnya penggunaan listrik pada mesin penggerak fluida seperti pompa. Gesekan akan menimbulkan penurunan tekanan atau kehilangan energi di sepanjang aliran.

Berdasarkan lokasi timbulnya kehilangan, secara umum kehilangan tekanan akibat gesekan atau kerugian ini digolongkan menjadi 2 macam kerugian aliran yaitu kerugian mayor dan kerugian minor. Kerugian mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada pipa lurus. Disebut “mayor” karena pipa lurus sebagai komponen utamanya. Sedangkan kerugian minor adalah kehilangan tekanan yang terjadi di selain pipa lurus misalnya kerugian pada katup-katup, sambungan T, sambungan L, dan sebagainya. Disebut ”minor” karena katup-katup, sambungan T, sambungan L merupakan komponen dari pipa pendukung. Dua kerugian aliran fluida akibat gesekan di sepanjang komponen aliran ini disebut dengan head loss (Triatmodjo, 2014).

$$H_{total} = H_{lmy} + H_{lm} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$H_{lmy} = \text{Head loss mayor (m)}$

$H_{lm} = \text{Head loss minor (m)}$

### II.8.1 Head Loss Mayor

Pada aliran laminar nilai koefisien gesek hanya sebagai fungsi bilangan *Reynold* saja, karena aliran laminar tidak dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan pipa. Namun dengan semakin tingginya bilangan *Reynold*, maka koefisien gesekan ( $f$ ) hanya sebagai fungsi dari kekasaran relatif permukaan pipa. Pada kondisi ini, rejim aliran dikatakan mencapai kekasaran penuh sehingga alirannya adalah turbulen. Penurunan tekanan ( $P$ ) pada aliran turbulen merupakan fungsi dari bilangan *Reynold* ( $Re$ ), perbandingan panjang dan diameter pipa ( $L/D$ ) (Triatmodjo, 2014).

$$H_{lmy} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$H_{lmy} = \text{Head loss mayor (m)}$

$f = \text{Koefisien gesek fluida}$

$L = \text{Panjang pipa (m)}$

$V = \text{Kecepatan aliran fluida (m/s)}$

$g = \text{Percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)}$

$D = \text{Diameter pipa (m)}$

Koefisien gesek ( $f$ ) dapat diturunkan secara matematis untuk aliran laminar, tetapi tidak ada hubungan matematis yang sederhana untuk variasi  $f$  dengan bilangan *Reynold* yang tersedia untuk aliran turbulen (Priyanto, 2014).

(a) Untuk aliran laminar, rumus koefisien geseknya adalah

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :  $f$  = koefisien gesek

$Re$  = bilangan *Reynold*

(b) Untuk aliran turbulen, banyak ahli hidraulika telah mencoba menghitung  $f$  dari hasil-hasil percobaan mereka sendiri dan percobaan orang lain. Untuk pipa-pipa mulus, menganjurkan untuk bilangan-bilangan *Reynold* antara 3000 dan 10000 (Priyanto, 2014).

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots (2.8)$$

### II.8.2 Head Loss Minor

*Head loss minor* merupakan kerugian-kerugian aliran kecil pada sistem pipa. Pada aliran yang melewati belokan dan katup koefisien kekasaran ( $K$ ) merupakan fungsi dari ratio panjang ekuivalen komponen pipa, diameter komponen pipa ( $L/D$ ), dan kekasaran relatif pipa ( $f$ ). Dapat dihitung dengan persamaan, yaitu (Triatmodjo, 2014) :

$$H_{lm} = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (2.9)$$

Karena,

$$k = \frac{f}{D} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana ;

$H_{lm}$  = *Head loss minor* (m)

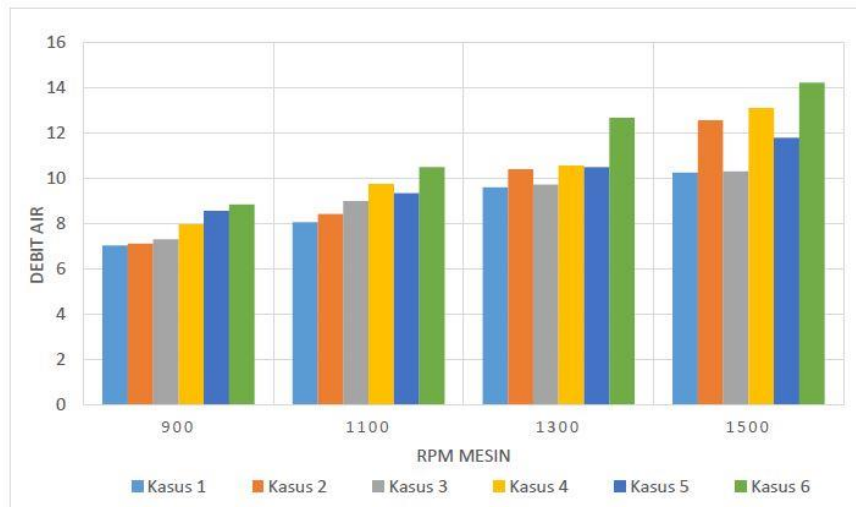
$D$  = Diameter pipa (m)

$k$  = Koefisien Kekasaran

$f$  = Kekasaran relatif pipa (mm)

$V$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)

## II.9 Perbandingan Debit Air Berdasarkan Bentuk dan Posisi Nosel *Inlet*



Gambar 2.5 Perbandingan debit air yang dihasilkan dari beberapa bentuk dan posisi nosel *inlet* dengan variasi putaran mesin

Berdasarkan gambar 2.5 dari hasil penelitian sebelumnya, bentuk dan posisi nosel *inlet* pada kasus 6 adalah yang paling optimal pada pemanfaatan aliran buritan kapal sebagai sumber pendingin mesin utama kapal dengan debit air maksimum adalah 14,21 liter/menit. Pada pengujian, di tiap kasus menunjukkan bahwa nosel *inlet* ellips sangat besar menghasilkan debit air dibandingkan dengan nosel *inlet* bundar. Ini terjadi karena kecepatan aliran dengan kelengkungan yang besar pada nosel ellips menyebabkan aliran berpisah. Kemudian, ada wilayah resirkulasi antara kecepatan rendah dan kecepatan tinggi yang bergerak dari dinding bagian dalam lengkungan nosel membuat kecepatan aliran pada *outlet* menjadi meningkat. Sedangkan pada nosel bundar menunjukkan penurunan dimana kecepatan berkurang di dinding dalam nosel akibat kecilnya lengkungan dan perilaku yang berlawanan dengan dinding nosel ellips (Syahrin, 2018).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

##### a. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Sistem Bangunan Laut, Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

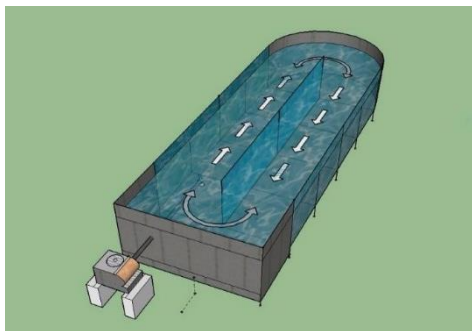
##### b. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2020 – Januari 2021

#### III.2 Alat Pengujian

- *Circulation Water Channel (CWC)*

*Circulation water channel (CWC)* pada dasarnya adalah sebuah tangki dilengkapi dengan simulator sistem penggerak kapal (propeller). Tangki ini di desain dengan prinsip agar aliran air simulator sistem penggerak kapal dapat bersirkulasi didalam tangki.



(a)



(b)

Gambar 3.1 (a) Desain *Circulation Water Channel (CWC)* (b) tampak samping *Circulation Water Channel (CWC)*