



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**PENGARUH BILANGAN *REYNOLD* TERHADAP KECEPATAN  
TURBIN GORLOV *HYDROFOIL* NACA 64-015 SUDUT  
KEMIRINGAN 45°**

**TUGAS AKHIR**

**JABONGAR SIHARDO PURBA  
L2E 006 059**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**

**2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Jabongar Sihardo Purba

NIM : L2E 006 059

Dosen Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

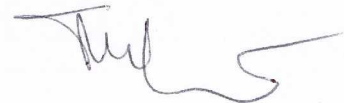
Judul : Pengaruh Bilangan *Reynold* Terhadap Kecepatan Turbin Gorlov *Hydrofoil* NACA 64-015 Sudut Kemiringan 45°

Isi Tugas : Melakukan pengujian turbin air Gorlov 3 *Blade Hydrofoil* NACA 64-015 pada kecepatan aliran tertentu untuk mengetahui karakteristik turbin Gorlov tersebut.

Semarang, September 2011

Menyetujui

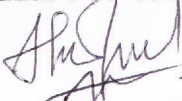
Pembimbing



Ir. Sudargana, MT  
NIP. 194811251986031002

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Jabongar S Purba  
NIM : L2E 006 059  
Tanda Tangan :   
Tanggal : September 2011

## HALAMAN PENGESAHAN




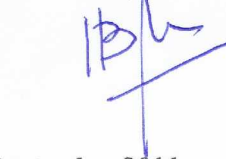
Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Jabongar Sihardo Purba  
NIM : L2E 006 059  
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh Bilangan *Reynold* Terhadap Kecepatan Turbin  
Gorlov *Hydrofoil* NACA 64-015 Sudut Kemiringan 45°

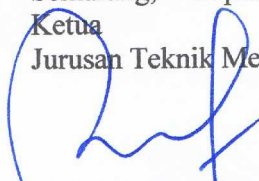
**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sudargana MT  
Penguji : Ir Sugeng T A MT  
Penguji : Ir Sugiyanto DEA  
Penguji : Ir Bambang Yunianto MSc

(  )  
(  )  
(  )  
(  )

Semarang, September 2011  
Ketua  
Jurusan Teknik Mesin

  
Dr. Ir. Dipl Ing Berkah Fajar TK.  
NIP. 195907221987031003

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jabongar Sihardo Purba  
NIM : L2E 006 059  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

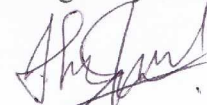
**"PENGARUH BILANGAN *REYNOLD* TERHADAP KECEPATAN TURBIN  
GORLOV *HYDROFOIL* NACA 64-015 SUDUT KEMIRINGAN 45°"**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : September 2011

Yang menyatakan



( Jabongar Sihardo Purba )

## ABSTRAK

Kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat sementara cadangan energi yang berasal dari fosil seperti minyak bumi dan batu bara semakin menipis. Hal ini akan menyebabkan terjadinya krisis energi karena sumber energi tersebut adalah sumber energi yang tak terbarukan. Untuk mengatasi permasalahan energi ini perlu dicari sumber-sumber energi baru yang terbarukan, sehingga tidak akan terjadi krisis energi di masa yang akan datang. Indonesia memiliki lautan yang sangat luas, sehingga potensi arus lautnya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif.

Pada Tugas Akhir ini terdiri dari persiapan dan pengujian terhadap turbin Gorlov dengan pemodelan, yaitu dengan diameter 17 cm, dengan *blade* menggunakan NACA 64-015 panjang *chord* 50 mm dan sudut  $45^\circ$ . Pengujian dilakukan pada sebuah saluran uji yang memiliki penampang persegi panjang 30 cm x 32 cm dengan variasi bilangan *Reynold* pada 12100, 13950, dan 16663 untuk menganalisis kecepatan yang dihasilkan turbin tersebut.

Dari hasil pengujian, kecepatan yang dihasilkan turbin Gorlov tersebut pada bilangan *Reynold* 12100, 13950, dan 16663 berturut-turut adalah 3.19 rad/s, 3.32 rad/s, dan 5.80 rad/s.

Kata kunci: Turbin Gorlov, NACA 64-015, bilangan *Reynold*, dan kecepatan sudut.

## **ABSTRACT**

*The needed of energy from time to time is getting bigger, wherever the stock of fossil energy like oils and coals is getting less. It can cause crisis of energy because of fossils energy are unrenewable energy. To solve this problem we need to use the potential source of renewable energy, so there is no more crisis of energy in the future. Indonesia has a wide ocean so the potential of sea current can be used as an alternative energy.*

*In this final task, consist of preparation and testing of Gorlov turbine, that is 17 cm in diameter turbine, with 50 mm chord length of NACA 64-015 blade profile and 45° of angle. Tests performed on a open test channel that has a rectangular cross section 30 cm x 32 cm with variations of Reynold at 12100, 13950, and 16663 to analyze the velocity of Gorlov turbine.*

*From the testing, the angular velocity that produced of the tubine at Reynold number at 12100, 13950, dan 16663 respectively are 3.19 rad/s, 3.32 rad/s, dan 5.80 rad/s.*

*Keywords: Gorlov turbine, NACA 64-015, Reynold number, and angular velocity..*

## **PERSEMBAHAN**

Terimakasih Tuhan  
Untuk kasih dan kebaikanMu di dalam ketidaksetiaanku padaMu

**SOLIDARITY FOREVER**



## **MOTTO**

**Get busy living or get busy dying.  
“Sibukkan hidupmu atau sibuklah mati.”**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Bilangan *Reynold* Terhadap Kecepatan Turbin Gorlov *Hydrofoil* NACA 64-015 Sudut Kemiringan 45°”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Ir. Sudargana, MT selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun hingga terselesainya Tugas Akhir ini.
2. Ir. Sutarto Edhisono, Dipl. HE, MT selaku Kepala Laboratorium Pengaliran Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah memberikan ijin melakukan pengujian.
3. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan di dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, September 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
NOMENKLATUR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Metode Penulisan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Klasifikasi Sistem Konversi Energi Arus Air.....	6
2.1.1 Turbin Aksial.....	8
2.1.2 Turbin <i>Crossflow</i> .....	8
2.2 Turbin Gorlov .....	10
2.2.1 Sejarah Turbin Gorlov .....	10
2.2.2 Prinsip Kerja Turbin Gorlov .....	11
2.2.3 Keunggulan Turbin Gorlov .....	14
2.3 <i>Hydrofoil</i> .....	15
2.3.1 Pengertian <i>Hydrofoil</i> .....	15

2.3.2	Terminologi <i>Hydrofoil</i> .....	16
2.3.3	Seri <i>Airfoil</i> NACA .....	18
2.4	Defenisi fluida .....	21
2.4.1	Klasifikasi Aliran Fluida.....	22
2.4.2	Aliran Viskos dan Non-viskos ( <i>inviscid</i> ).....	23
2.4.3	Aliran Laminar dan Turbulen.....	23
2.4.4	Aliran <i>Compressible</i> dan Aliran <i>Incompressible</i> .....	24
2.4.5	Aliran Internal dan Aliran Eksternal.....	25
2.4.6	Bilangan Reynold .....	25
2.5	Rotasi Benda Tegar .....	26
2.5.1	Kecepatan Sudut.....	27
2.5.2	Percepatan Sudut .....	29
2.6	Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Arus Air.....	29
2.6.1	Energi Kinetik Air .....	29
2.6.2	Teori Momentum Elementer Betz .....	30
2.6.3	Perhitungan Energi Turbin Gorlov .....	34
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		38
3.1	Diagram Alir Pengujian.....	38
3.2	Peralatan Pengujian .....	41
3.2.1	Turbin Gorlov .....	41
3.2.2	Saluran Pengujian .....	42
3.2.3	Mesin Diesel.....	42
3.2.4	Pompa Sentrifugal .....	43
3.2.5	Beban .....	43
3.2.6	<i>Tachometer</i> .....	44
3.2.7	<i>Currentmeter</i> .....	44
3.2.8	<i>Stopwatch</i> .....	45
3.2.9	Timbangan Digital.....	45
3.2.10	Frame .....	46
3.3	Langkah-langkah Pengujian .....	46

3.4 Skema Pengujian .....	47
3.5 Metodologi Pengolahan Data.....	48
<b>BAB IV DATA DAN ANALISA.....</b>	<b>51</b>
4.1 Data Hasil Pengujian .....	51
4.2 Analisa .....	52
4.2.1 Pengukuran pada Kecepatan Aliran $v = 0.33326$ m/s .....	52
4.2.2 Pengukuran pada Kecepatan Aliran $v = 0.279$ m/s .....	55
4.2.3 Pengukuran pada Kecepatan Aliran $v = 0.242$ m/s .....	59
4.3 Pembahasan .....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi turbin arus air dan efisiensinya .....	6
Gambar 2.2 Klasifikasi turbin arus air berdasarkan posisi subu rotor terhadap arah aliran air.....	7
Gambar 2.3 Turbin <i>axial flow</i> .....	8
Gambar 2.4 Turbin <i>cross flow</i> .....	9
Gambar 2.5 Turbin Darrieus dan turbin Gorlov .....	10
Gambar 2.6 Modifikasi turbin Gorlov dengan 1 blade (a), 2 blade (b), dan 3 blade (c) .....	12
Gambar 2.7 Grafik perbandingan tip speed ratio terhadap efisiensi beberapa jenis turbin .....	14
Gambar 2.8 Bentuk profil dari <i>hydrofoil</i> .....	15
Gambar 2.9 Gaya-gaya dan momen pada penampang airfoil .....	16
Gambar 2.10 Efek dari (a) benda padat ( <i>solid</i> ), dan (b) fluida, jika dikenai gaya geser yang konstan.....	22
Gambar 2.11 Klasifikasi aliran fluida .....	22
Gambar 2.12 Profil aliran laminar (a), dan aliran turbulen (b) .....	24
Gambar 2.13 Aliran luar ( <i>external flow</i> ).....	25
Gambar 2.14 Sebuah benda berotasi pada sumbu tegak lurus bidang <i>xy</i> dengan titik pusat <i>O</i> .....	27
Gambar 2.15 Gerak rotasi suatu titik terhadap pusat <i>O</i> .....	28
Gambar 2.16 Kondisi aliran fluida sebelum dan setelah melewati mesin konversi energi fluida sesuai dengan teori momentum Betz .....	31
Gambar 2.17 Grafik perbandingan faktor daya dengan rasio kecepatan .....	34
Gambar 2.18 Arah aliran serta diagram gaya pada turbin Gorlov.....	35
Gambar 3.1 Diagram alir pengujian .....	38
Gambar 3.2 <i>Prototype</i> turbin Gorlov 3 blade <i>hydrofoil</i> NACA 64-015 .....	41
Gambar 3.3 Saluran pengujian laboratorium pengaliran Teknik Sipil Universitas Diponegoro .....	42

Gambar 3.4 Mesin diesel laboratorium pengaliran Teknik Sipil Universitas Diponegoro.....	42
Gambar 3.5 Pompa sentrifugal.....	43
Gambar 3.6 Dudukan beban dan ring pembebanan.....	43
Gambar 3.7 <i>Tachometer</i> .....	44
Gambar 3.8 <i>Current meter</i> .....	44
Gambar 3.9 <i>Stopwatch</i> .....	45
Gambar 3.10 Timbangan digital.....	45
Gambar 3.11 Frame .....	46
Gambar 3.12 Skema pengujian.....	47
Gambar 4.1 Grafik hubungan kecepatan sudut ( $\omega$ ) data hasil regresi dan data hasil pengujian vs waktu (t) pada kecepatan fluida 0.33326 m/s .....	55
Gambar 4.2 Grafik hubungan kecepatan sudut ( $\omega$ ) data hasil regresi dan data hasil pengujian vs waktu (t) pada kecepatan fluida 0.279 m/s.....	59
Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan sudut ( $\omega$ ) data hasil regresi dan data hasil pengujian vs waktu (t) pada kecepatan fluida 0.242 m/s.....	62
Gambar 4.4 Grafik hubungan perbandingan kecepatan sudut turbin dengan waktu pada variasi 3 kecepatan aliran.....	63
Gambar 4.5 Grafik hubungan perbandingan kecepatan sudut turbin terhadap <i>tip speed ratio</i> pada 3 variasi kecepatan aliran .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data hasil pengujian turbin Gorlov NACA 0012 .....	13
Tabel 2.2 Data hasil pengujian turbin Darrieus NACA 0012 .....	13
Tabel 2.3 Perbandingan tiap-tiap seri <i>hydrofoil</i> .....	21
Tabel 4.1 Pengujian pada kecepatan aliran 0,33326 m/s .....	51
Tabel 4.2 Pengujian pada kecepatan aliran 0.279 m/s .....	51
Tabel 4.3 Pengujian pada kecepatan aliran 0.242 m/s .....	52
Tabel 4.4 Hasil kecepatan sudut dari persamaan regresi polinomial pada kecepatan aliran fluida 0.33326 m/s .....	54
Tabel 4.5 Hasil kecepatan sudut dari persamaan regresi polinomial pada kecepatan aliran fluida 0.279 m/s .....	58
Tabel 4.6 Hasil kecepatan sudut dari persamaan regresi polinomial pada kecepatan aliran fluida 0.242m/s .....	61



## NOMENKLATUR

A	Luas rotor	$m^2$
	Panjang <i>chord</i>	m
	Momen inersia	$kg\ m^2$
	Daya	Watt
	Daya turbin	Watt
	Daya air	Watt
	Bilangan Mach	-
	Bilangan Reynold	-
	Radius	m
	Kecepatan aliran fluida	m/s
	Tegangan geser	N
	Massa jenis	$kg/m^3$
	Viskositas dinamik	$N.s/m^2$
	Viskositas kinematik	$m^2/s$
	Percepatan sudut	$rad/s^2$
	Kecepatan sudut	rad/s
$E_k$	Energi kinetik	N.m
A	Luas penampang aliran	$m^2$
$\dot{\phantom{V}}$	Laju aliran volume	$m^3/s$
$\dot{m}$	Laju aliran massa	kg/s
$P_m$	Daya mekanik	joule
$P_a$	Daya fluida	joule
$c_p$	Faktor daya	%
$\lambda$	rasio kecepatan	-
$\alpha$	sudut serang	$^\circ$
Q	torsi	N.m
$P_t$	Daya turbin	watt
	Efisiensi	%