



UNIVERSITAS DIPONEGORO

TUGAS AKHIR

**KAJI AWAL TURBIN DARRIEUS 3 *BLADE HYDROFOIL* NACA 64-012 DENGAN
VARIASI BILANGAN REYNOLD**

ANDRI SETIYAWAN

L2E006008

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

SEMARANG

JUNI 2011

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Andri Setiyawan

NIM : L2E 006 008

Dosen Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : Kaji Awal Turbin Darrieus 3 *Blade Hydrofoil*
NACA 64-012 Dengan Variasi Bilangan Reynold

Isi Tugas : Melakukan pengujian turbin air Darrieus 3 *Blade Hydrofoil*
NACA 64-012 dengan variasi bilangan Reynold untuk mengetahui
karakteristik efisiensi turbin Darrieus tersebut.

Semarang, Juni 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 : Andri Setiyawan

NIM : L2E 006 008

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Andri Setiyawan
NIM : L2E 006 008
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Kaji Awal Turbin Darrieus 3 *Blade Hydrofoil*
NACA 64-012 dengan Variasi Bilangan Reynold

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.

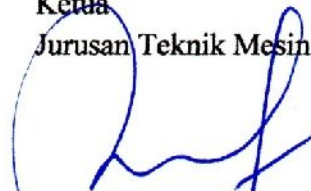
TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sudargana, MT
Penguji : Dr. Susilo Adi Widyanto, ST, MT
Penguji : Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT
Penguji : Ir. Eflita Yohana, MT

()
()
()

Semarang, Juni 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 : Andri Setiyawan
NIM : L2E 006 008
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

“KAJI AWAL TURBIN DARRIEUS 3 *BLADE* HYDROFOIL NACA 64-012 DENGAN VARIASI BILANGAN REYNOLD”

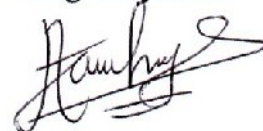
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 24 Juni 2011

Yang menyatakan



(**Andri Setiyawan**)

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik dan juga untuk mengurangi ketergantungan pembangkit listrik terhadap bahan-bakar fosil, pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif sangatlah dibutuhkan. Salah satu yang bisa dikembangkan diantaranya adalah energi arus laut. Turbin Darius merupakan salah satu jenis turbin arus laut yang mempunyai karakter torsi yang besar, serta berputar dengan gaya drag dan lift airfoil blade. Efisiensi yang dimiliki turbin Darius adalah 23.5 %, yang mampu beroperasi pada kecepatan aliran air rendah.

Pada Tugas akhir karakteristik turbin Darius ini digunakan prototype turbin, saluran air serta dilakukan pengukuran dengan pembebanan dan variasi kecepatan untuk mendapatkan data yang valid. Pengujian terhadap turbin Darius dilakukan dengan mengukur berbagai parameter yang mempengaruhi performa turbin, antara lain kecepatan aliran air, kecepatan putar, torsi, dan efisiensi.

Hasil pengujian berupa grafik hubungan daya yang dihasilkan turbin dengan efisiensi pada berbagai variasi kecepatan. Daya maksimal yang dapat dihasilkan dari prototype turbin Darius adalah 0.016 dan efisiensi 18.38 %.

Kata kunci : Turbin Darius, NACA 64-012, Efisiensi, Reynold Number

ABSTRACT

Raising the necessity of electrical energy and so decrease dependent electrical generation with fossil energy, effort to development new alternative energy is very important to get renewable energy as the alternative energy is very needed. One of the technology that very advantage to development is current marine energy. Turbin Darrieus is tool to conversion the energy of current marine to product an electrical energy. They have a big torque characteristic, and rotation with lift and drag koefisien. The efficiency in darrieus turbine is 23.5% and they can operational in low current.

In the final project characteristic darrieus turbine used a prototype line water, with load measurement and velocity variation to get validation data. Experiment for darrieus turbine demand with measure the parameter that influence turbine performa like the current velocity of water, rotational velocity, torque and efficiency.

Result of the experiment figure by related power output with efficiency in several variation velocity. The power maximum that can product with darrieus prototype turbine is 0.016 and 18.38 % efficiency.

Key word : Darrieus Turbine, NACA 64-012, Efficiency, Reynold Number

HALAMAN PERSEMBAHAN



Kupersembahkan Tugas Akhir ini

Sebagai wujud ibadahku kepada Allah SWT

Sebagai wujud pengabdianku pada Ibu Pertiwi yang indah ini,

*Nusantaraku Semoga tetap satu, selangkah lebih maju dan menjadi menjadi
Bangsa yang besar.*

*Sebagai Baktiku Kepada Kedua Tuaku (Ayah dan Ibu tercinta, doa dan kasih
sayangmu selalu menguatkan langkahku)*

Kakak-kakakku (Mas Poer, Agus dan Anis)

yang sangat ku sayangi dan ku banggakan

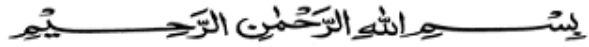
Dan

Teruntuk Melatiku semoga wangimu abadi

serta sobat-sobatku Yang luar biasa (wherever you are)

Aan

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “KAJI AWAL TURBIN DARRIEUS 3 BLADE HIDROFOIL NACA 64-0.12 DENGAN VARIASI BILANGAN REYNOLD”.

Tugas Akhir ini merupakan serangkaian tugas yang harus dilaksanakan sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Teknik Mesin untuk menyelesaikan study S1 pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Dalam penulisan ini penulis mengalami banyak sekali kendala dan hambatan, tanpa bantuan berbagai pihak tentunya penulis tentunya akan mengalami kesulitan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Dengan selesainya Tugas Akhir ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Sudargana, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan selama penulisan tugas akhir.
2. Angga, Ali, Annur, Hassan, Aji, serta rekan-rekan hydropower club (fathur, yuke, helmi, sinung, adil, moris, jabong, alloy) atas kekompakan dan kerjasamanya selama ini.
3. Semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, serta masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak merupakan masukan yang sangat berarti bagi penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir dapat bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan penelitian di masa yang akan datang.

Semarang, Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| TUGAS SARJANA..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS..... | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| NOMENKLATUR..... | xvii |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Metode Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 4 |

BAB II DASAR TEORI

| | |
|--|----|
| 2.1 Energi Arus Laut..... | 5 |
| 2.2 Klasifikasi Sistem Energi Arus Air | 7 |
| 2.3 Perkembangan Turbin Arus Laut | 9 |
| 2.4 Karakteristik Aerodinamika Airfoil | 12 |
| 2.5 Konstruksi Geometri <i>airfoil</i> NACA..... | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.6 Sistem Konversi Tenaga Arus Air | 18 |
| 2.6.1 Sistem Konversi Tenaga Arus Air..... | 18 |
| 2.6.2 Tip Speed Ratio..... | 19 |
| 2.7 Gerak Melingkar Benda Tegar..... | 20 |
| 2.7.1 Kecepatan Sudut..... | 22 |
| 2.7.2 Percepatan Sudut..... | 24 |
| 2.7.3 Momen Inersia..... | 24 |
| 2.7.4 Torsi..... | 26 |
| 2.7.5 Daya Turbin..... | 27 |
| 2.8 Dasar Mekanika Fluida | 27 |
| 2.8.1 Sifat-sifat fluida..... | 27 |
| 2.8.1.1 Viskositas..... | 27 |
| 2.8.1.2 Kerapatan..... | 28 |
| 2.8.2 Hukum Kontinuitas..... | 28 |
| 2.8.3 Klasifikasi Aliran Fluida..... | 29 |
| 2.8.3.1 Aliran Laminar..... | 29 |
| 2.8.3.2 Aliran Transisi..... | 29 |
| 2.8.3.3 Aliran Turbulen..... | 29 |
| 2.8.3.4 Aliran <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i> | 30 |
| 2.8.3.5 Aliran Seragam dan Tak Seragam..... | 30 |
| 2.8.3.6 Aliran Inkompersibel dan Kompresibel..... | 30 |
| 2.8.3.7 Aliran Viskos dan Invisid..... | 31 |
| 2.8.3.8 Aliran Eksternal..... | 32 |
| 2.8.4 <i>Boundary layer separation</i> | 33 |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.1 Diagram Alir Pengujian | 35 |
| 3.2 Pengujian..... | 37 |

| | |
|------------------------------|----|
| 3.3. Metode Perhitungan..... | 39 |
|------------------------------|----|

BAB IV HASIL DAN ANALISA

| | |
|-------------------------------|----|
| 4.1 Data Hasil Percobaan..... | 42 |
|-------------------------------|----|

| | |
|-----------------------------------|----|
| 4.2 Grafik Dan Analisa Hasil..... | 63 |
|-----------------------------------|----|

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 68 |
|---------------------|----|

| | |
|----------------|----|
| 5.2 Saran..... | 68 |
|----------------|----|

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Potensi Sumber Daya Energi Indonesia | 6 |
| Tabel 2.2. Perbandingan Seri Airfoil NACA | 17 |
| Tabel 2.3. Momen Inersia Berbagai Benda Yang Diputar Terhadap Sumbu Melalui Pusat Massanya | 26 |
| Tabel 4.1. Kecepatan Air Pada Variasi Bukaannya $\frac{1}{2}$ Katub <i>Inlet</i> | 43 |
| Tabel 4.2. Kecepatan Air Pada Variasi Bukaannya $\frac{3}{4}$ Katub <i>Inlet</i> | 44 |
| Tabel 4.3. Kecepatan Air Pada Variasi Bukaannya Penuh | 45 |
| Tabel 4.4. Nilai X Dan Y Pada Airfoil Dengan Diberi Grid 1 mm | 46 |
| Tabel 4.5. Data Putaran Rotor Dengan Variasi Bukaannya $\frac{1}{2}$ Katub <i>Inlet</i> , Bilangan Reynold 6180 | 53 |
| Tabel 4.6. Data Kecepatan Sudut Perkiraan Pada Bilangan Reynold 6180 | 55 |
| Tabel 4.7. Data Putaran Rotor Dengan Variasi Bukaannya $\frac{3}{4}$ Katub <i>Inlet</i> , Bilangan Reynold 10620 | 57 |
| Tabel 4.8. Data Kecepatan Sudut Perkiraan Pada Bilangan Reynold 10620 | 60 |
| Tabel 4.9. Data putaran rotor dengan variasi bukaan penuh, bilangan Reynold 16200 | 62 |
| Tabel 4.10. Data Kecepatan Sudut Perkiraan Pada Bilangan Reynold 16200 | 65 |
| Tabel 4.8. Daya dan Efisiensi | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Klasifikasi turbin arus air berdasarkan posisi sumbu rotor terhadap arah aliran air | 7 |
| Gambar 2.2 | Turbin <i>axial-flow</i> | 8 |
| Gambar 2.3 | Turbin <i>cross-flow</i> | 9 |
| Gambar 2.4 | <i>Terminology Airfoil</i> | 12 |
| Gambar 2.5 | Distribusi tekanan <i>Airfoil</i> | 13 |
| Gambar 2.6 | Sketsa definisi sudu pengangkat | 19 |
| Gambar 2.7 | Grafik performa turbin terhadap tip speed ratio | 20 |
| Gambar 2.8 | Sebuah benda tegar berotasi pada sumbu tetap yang melalui Odan tegak lurus bidang gambar | 22 |
| Gambar 2.9 | Sebuah partikel pada benda tegar berotasi dari titik P ke Q | 23 |
| Gambar 2.10 | Putaran Silinder | 25 |
| Gambar 2.11 | Silinder Berongga | 25 |
| Gambar 2.12 | Efek Viskositas Aliran Fluida Pada Permukaan Padat: Tegangan Geser Dan Aliran Terpisah (<i>Separated Flow</i>) | 32 |
| Gambar 2.13. | Beberapa contoh aliran luar | 33 |
| Gambar 2.14. | Boundary layer separation | 33 |
| Gambar 2.15 | fenomena <i>vortex shedding</i> yang diawali dengan <i>boundary layer separation</i> pada <i>blade</i> | 34 |
| Gambar 3.1a. | Diagram Alir Pengujian | 35 |
| Gambar 3.1b. | Diagram Alir Pengujian Lanjutan | 36 |
| Gambar 3.2. | <i>Prototype Darrieus 3 blade Hydrofoil NACA 64-012</i> | 37 |
| Gambar 3.3 | Blade NACA 64-012 | 37 |
| Gambar 3.4. | Saluran pengujian | 38 |
| Gambar 3.5. | Dudukan beban dan ring pembebanan | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1. Nilai x dan y pada airfoil dengan diberi grid 1 mm | 46 |
| Gambar 4.2. Grafik hubungan antara ω (rad/s) dengan t (sekon) pada bilangan Reynold 6180 dalam 3 kali pengukuran | 54 |
| Gambar 4.3. Grafik hubungan $\omega - t$ pada bilangan reynold 6180 | 57 |
| Gambar 4.4. Grafik hubungan antara ω (rad/s) dengan t (sekon) pada bilangan Reynold 10620 dalam 3 kali pengukuran | 58 |
| Gambar 4.5. Grafik hubungan $\omega - t$ pada bilangan reynold 10620 | 61 |
| Gambar 4.6. Grafik hubungan antara ω (rad/s) dengan t (sekon) pada bilangan Reynold 16200 dalam 3 kali pengukuran | 62 |
| Gambar 4.7. Grafik hubungan $\omega - t$ pada bilangan reynold 16200 | 65 |
| Gambar 4.8. Grafik daya turbin dan bilangan Reynold | 66 |
| Gambar 4.9. Grafik efisiensi dan bilangan Reynold | 67 |

DAFTAR SIMBOL

| | | |
|----------------|-------------------------|-----------|
| A | Luas rotor | m^2 |
| c | Panjang <i>chord</i> | m |
| I | Momen inersia | $kg\ m^2$ |
| P | Daya | Watt |
| P _t | Daya turbin | Watt |
| P _a | Daya air | Watt |
| M | Bilangan Mach | - |
| Re | Bilangan Reynold | - |
| r | Radius | m |
| T | Torsi | N m |
| V | Kecepatan aliran fluida | m/s |
| τ | Tegangan geser | N/m^2 |
| ρ | Massa jenis | kg/m^3 |
| μ | Viskositas dinamik | $N.s/m^2$ |
| ν | Viskositas kinematik | m^2/s |
| α | Percepatan sudut | rad/s^2 |
| ω | Kecepatan sudut | rad/s |
| η | Efisiensi | % |