



UNIVERSITAS DIPONEGORO

TUGAS AKHIR

**KAJI EKSPERIMENTAL AWAL TURBIN AIR ROTOR SAVONIUS EMPAT
TINGKAT BERSEKAT DENGAN RENTANG SUDUT 45° PADA VARIASI
BILANGAN REYNOLD**

SINUNG MUGIAJI

L2E 006 080

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

Juni 2011

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Sinung Mugiaji

NIM : L2E 006 080

Dosen Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

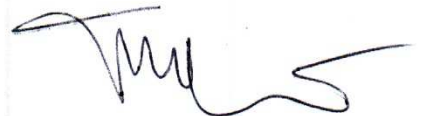
Judul : Kaji Eksperimental Awal Turbin Air Rotor Savonis Empat Tingkat Bersekat Dengan Rentang Sudut 45° pada Variasi Bilangan Reynold.

Isi Tugas : Melakukan pengujian turbin air rotor Savonius empat tingkat bersekat pada kecepatan aliran yang bervariasi untuk mengetahui karakteristik turbin Savonius tersebut.

Semarang, 27 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 : Sinung Mugiaji
NIM : L2E 006 080
Tanda Tangan : 
Tanggal : 27 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Sinung Mugiaji
NIM : L2E 006 080
Jurusan/ Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Kaji Eksperimental Awal Turbin Air Rotor Savonius Empat Tingkat Bersekat Dengan Rentang Sudut 45° pada Variasi Bilangan Reynold.

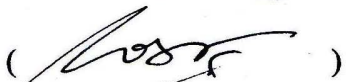
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

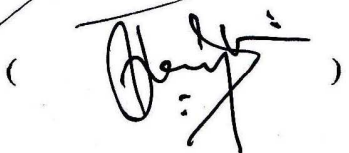
Pembimbing : Ir. Sudargana, MT

()

Penguji : Dr. Ir. Nazaruddin Sinaga, MS

()

Penguji : Dr. Ir. Toni Prahasto, MASc

()

Semarang, Juli 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 : Sinung Mugiaji
NIM : L2E 006 080
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 EKSPERIMENTAL AWAL TURBIN AIR ROTOR SAVONIUS EMPAT
TINGKAT BERSEKAT DENGAN RENTANG SUDUT 45° PADA 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 : 27 Juni 2011

Yang menyatakan


(**Sinung Mugiaji**)

ABSTRAK

Di dunia, tingkat produksi dan konsumsi bahan bakar fosil mengalami ketidakseimbangan, dimana konsumsi bahan bakar lebih tinggi dibanding produksinya, kondisi ini menyebabkan timbulnya potensi krisis energi. Untuk mengatasi permasalahan ini perlu dicari sumber-sumber energi yang terbarukan. Indonesia memiliki lautan yang sangat luas, namun arus laut di perairan Indonesia memiliki kecepatan rendah, yaitu hanya sekitar 1,5 m/s. Kecuali selat-selat diantara pulau Bali, Lombok, dan Nusa Tenggara Timur yang memiliki kecepatan hingga 3,4 m/s. Maka belakangan ini dikembangkan beberapa turbin dengan skala kecil yang mampu berputar pada kecepatan rendah, sehingga cocok digunakan untuk perairan Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik turbin Savonius empat tingkat bersekat dengan rentang sudut 45° pada variasi kecepatan arus air yang berbeda yaitu 0,098 m/s, 0,183 m/s dan 0,271 m/s untuk mencari daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin tersebut.

Dari hasil pengujian, turbin ini mampu berputar pada kecepatan sangat rendah, yaitu pada kecepatan 0.098 m/s. Sedangkan efisiensi yang dihasilkan turbin Savonius tersebut pada kecepatan 0,098 m/s, 0,183 m/s dan 0,271 m/s berturut-turut adalah 1,23% , 3,38% dan 1,60%.

Kata kunci : Arus laut Indonesia, Efisiensi, Energi terbarukan, Rentang sudut 45° , Savonius empat tingkat bersekat.

ABSTRACT

In the world, the level between production and consumption of petroleum are not balanced , where consumption of petroleum is higher than it's production, this conditions could potentially lead to energy crisis. To overcome this problem needs to find renewable energy sources. Indonesia has a vast ocean, but the ocean curenets in Indonesia has a low speed, which is about 1,5 m/s. Unless the straits between the Bali Island, Lombok Island, and East Nusa Tenggara which has speed up to 3,4 m/s. Recently, some small-scale turbines that capable of rotating at low speed has been developed, so this turbine is expected can be used in Indonesian ocean.

This final project aims to determine the characteristics of four stage sealed Savonius turbine with 45° different angle at varies of the water flow velocity on 0,098 m/s, 0,183 m/s and 0,271 m/s to find power and efficiency that generated Savonius turbine.

From the test result, the turbine is capable to rotating at very low speed, it's 0.098 m/s. While the efficiency of Savonius at velocity of 0,098 m/s, 0,183 m/s and 0,271 m/s sequentially 1,23% , 3,38% and 1,60%.

Keywords : Indonesia currents ocean, Efficiency, Renewable energy, Different angle of 45°, Four stage sealed Savonius

MOTTO

- ❖ *Kehidupan ini ibarat kita naik sepeda, kita tidak akan terjatuh kecuali kita berencana untuk berhenti mengayuhnya.*

PERSEMBAHAN

Tugas Sarjana ini kupersembahkan kepada:

- ✚ Kedua orang tua tercinta Bapak Aris Mulyanto dan Ibu Suhani, yang telah memberikan cinta, kasih dan sayangnya sepanjang masa serta doa restunya yang selalu menyertaiku.
- ✚ Teman-teman angkatan 2006 yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga selesainya Tugas Sarjana ini
- ✚ Nariswari Anindita yang telah yang telah memberikan semangat dan doanya hingga selesainya Tugas Sarjana ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Kaji Eksperimental Awal Turbin Air Rotor Savonius Empat Tingkat Bersekak Dengan Rentang Sudut 45° Pada Variasi Bilangan Reynold”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penulis 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. Serta beberapa pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan penuh kerendahan hati, penulis menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, untuk itu penulis 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, 27 Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN TUGAS SARJANA..... | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | v |
| ABSTRAKSI | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| MOTTO | viii |
| PERSEMBAHAN | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL..... | xvii |
| NOMENKLATUR..... | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Metode Penelitian..... | 4 |

| | |
|---|--------|
| BAB II DASAR TEORI | 5 |
| 2.1 Sejarah dan Perkembangan Turbin Air | 5 |
| 2.2 Klasifikasi Turbin Arus Air | 5 |
| 2.3 Turbin Rotor Savonius | 6 |
| 2.3.1 Pengertian Turbin Rotor Savonius | 8 |
| 2.3.2 Variasi Bentuk Rotor Savonius | 10 |
| 2.3.3 Parameter Desain Rotor Savonius | 13 |
| 2.3.4 <i>Drag Coefficient</i> pada Rotor Savonius | 18 |
| 2.3.5 Keunggulan dan Kekurangan Rotor Savonius | 19 |
| 2.4 Dasar Mekanika Fluida | 19 |
| 2.4.1 Sifat-sifat Fluida | 20 |
| 2.4.2 Klasifikasi Aliran Fluida | 22 |
| 2.4.3 Bilangan Reynold | 25 |
| 2.5 Gerak Rotasi Benda Tegar | 26 |
| 2.5.1 Momen Inersia Massa | 26 |
| 2.5.2 Torsi | 27 |
| 2.5.3 Kecepatan Sudut | 27 |
| 2.5.4 Percepatan Sudut | 28 |
| 2.5.5 Daya Turbin | 28 |
| 2.6 Daya Air | 28 |
| 2.7 Efisiensi Turbin | 29 |
| 2.8 Analisa Dimensional | 29 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 32 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 32 |
| 3.2 Peralatan Pengujian | 35 |
| 3.2.1 Turbin Rotor Savonius Model | 35 |
| 3.2.2 Beban | 36 |
| 3.2.3 Saluran Uji | 36 |

| | | |
|-------------------------------|--|----|
| 3.2.4 | Current Meter | 37 |
| 3.2.5 | Tachometer Optik..... | 37 |
| 3.2.6 | <i>Stopwatch</i> | 38 |
| 3.2.7 | Pompa Sentrifugal..... | 38 |
| 3.2.8 | Mesin Diesel | 39 |
| 3.3 | Prosedur Pengujian | 39 |
| BAB IV DATA DAN ANALISA | | 40 |
| 4.1 | Data Hasil Pengujian..... | 40 |
| 4.2 | Analisa..... | 41 |
| 4.2.1 | Inersia Turbin Savonius Model..... | 41 |
| 4.2.2 | Perhitungan Efisiensi Turbin Savonius..... | 46 |
| 4.2.3 | Pembahasan..... | 57 |
| BAB V PENUTUP..... | | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |
| 5.2 | Saran..... | 59 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1 Stasiun tenaga listrik pasang surut air laut..... | 2 |
| Gambar 2.1 Klasifikasi turbin arus air berdasarkan posisi sumbu rotor terhadap arah aliran air..... | 6 |
| Gambar 2.2 Turbin <i>axial-flow</i> | 7 |
| Gambar 2.3 Turbin <i>cross-flow</i> | 7 |
| Gambar 2.4 Desain rotor Savonius dengan dua <i>bucket</i> | 8 |
| Gambar 2.5 Kurva kinerja utama turbin angin konvensional..... | 9 |
| Gambar 2.6 Savonius dua <i>bucket</i> tipe “U” tanpa <i>overlap</i> | 10 |
| Gambar 2.7 Savonius dua <i>bucket</i> tipe “U” dengan <i>overlap</i> | 11 |
| Gambar 2.8 Savonius dua <i>bucket</i> bentuk “L” dengan <i>overlap</i> | 12 |
| Gambar 2.9 Savonius tiga <i>bucket</i> dan lima <i>bucket</i> | 12 |
| Gambar 2.10 Rotor Savonius berbentuk heliks..... | 12 |
| Gambar 2.11 Skema Savonis rotor..... | 13 |
| Gambar 2.12 Pengaruh aspek rasio inlet terhadap koefisien torsi statis..... | 14 |
| Gambar 2.13 Grafik koefisien daya rotor Savonius dengan dua dan tiga <i>bucket</i> | 15 |
| Gambar 2.14 Koefisien daya (C_p) terhadap tip speed ratio (λ) pada rotor Savonius satu tingkat (a) dan tiga tingkat (b)..... | 16 |
| Gambar 2.15 Koefisien torsi (C_t) terhadap tip speed ratio (λ) pada rotor Savonius satu tingkat (a) dan tiga tingkat (b)..... | 16 |
| Gambar 2.16 Pengaruh bilangan Reynold (kecepatan angin) pada koefisien | |

| | |
|--|----|
| daya dan koefisien torsi pada rotor Savonius yang dimodifikasi..... | 17 |
| Gambar 2.17 Sifat fluida diantara dua pelat paralel..... | 21 |
| Gambar 2.18 Klasifikasi aliran fluida kontinum..... | 22 |
| Gambar 2.19 Daerah aliran invisid dan aliran viskos | 24 |
| Gambar 2.20 (a) Aliran laminar, (b) Aliran transisional, (c) Aliran turbulen..... | 24 |
| Gambar 2.21 (a) Fluida mengalir melalui pipa, (b) Fluida mengalir yang menabrak suatu benda | 25 |
| Gambar 2.22 Momen inersia massa, I terhadap sumbu O-O | 26 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... | 29 |
| Gambar 3.2 Diagram alir penelitian (Lanjutan)..... | 33 |
| Gambar 3.3 Prototipe rotor Savonius dengan 4 tingkat dan rentang sudut 45° | 35 |
| Gambar 3.4 Beban..... | 36 |
| Gambar 3.5 Saluran pengujian..... | 36 |
| Gambar 3.6 Current meter..... | 37 |
| Gambar 3.7 Tachometer | 37 |
| Gambar 3.8 Stopwatch | 38 |
| Gambar 3.9 Pompa sentrifugal..... | 38 |
| Gambar 3.10 Mesin Diesel..... | 39 |
| Gambar 4.1 Grafik hubungan kecepatan sudut turbin terhadap waktu pada kecepatan $v = 0,098$ m/s | 47 |
| Gambar 4.2 Grafik hubungan kecepatan sudut turbin terhadap waktu pada kecepatan $v = 0,183$ m/s | 51 |
| Gambar 4.3 Grafik hubungan kecepatan sudut turbin terhadap waktu pada | |

kecepatan $v = 0,271$ m/s 54

Gambar 4.4 Grafik hubungan bilangan Reynold dengan efisiensi turbin pada

kecepatan $V=0,098$ m/s; $V=0,183$ m/s; $V=0,271$ m/s 57

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Pengaruh Rasio <i>Overlap</i> Terhadap Koefisien Torsi (Cm)..... | 14 |
| Tabel 2.3 Data <i>Drag Coefficient</i> untuk Beberapa Objek Tertentu..... | 18 |
| Tabel 4.1 Tabel hasil pengujian pada kecepatan $v = 0,098$ m/s..... | 40 |
| Tabel 4.2 Tabel hasil pengujian pada kecepatan $v = 0,183$ m/s..... | 40 |
| Tabel 4.3 Tabel hasil pengujian pada kecepatan $v = 0,271$ m/s..... | 41 |
| Tabel 4.4 Tabel hasil kecepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,098$ m/s..... | 48 |
| Tabel 4.5 Tabel hasil percepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,098$ m/s..... | 48 |
| Tabel 4.6 Tabel hasil daya turbin pada kecepatan $V=0,098$ m/s..... | 49 |
| Tabel 4.7 Tabel hasil efisiensi turbin pada kecepatan $V=0,098$ m/s..... | 49 |
| Tabel 4.8 Tabel hasil kecepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,183$ m/s..... | 51 |
| Tabel 4.9 Tabel hasil percepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,183$ m/s..... | 52 |
| Tabel 4.10 Tabel hasil daya turbin pada kecepatan $V=0,183$ m/s..... | 52 |
| Tabel 4.11 Tabel hasil efisiensi turbin pada kecepatan $V=0,183$ m/s..... | 53 |
| Tabel 4.12 Tabel hasil kecepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,271$ m/s..... | 55 |
| Tabel 4.13 Tabel hasil percepatan sudut regresi pada kecepatan $V=0,271$ m/s..... | 55 |
| Tabel 4.14 Tabel hasil daya turbin pada kecepatan $V=0,271$ m/s..... | 56 |
| Tabel 4.15 Tabel hasil efisiensi turbin pada kecepatan $V=0,271$ m/s..... | 56 |
| Tabel 4.4 Perbandingan karakteristik turbin Savonius pada variasi kecepatan..... | 58 |
| Tabel 5.1 Perbandingan karakteristik turbin Savonius pada variasi kecepatan..... | 59 |

NOMENKLATUR

| | | |
|-------|-------------------------|----------|
| A | luas rotor | m^2 |
| C_d | <i>drag coefficient</i> | - |
| C_p | koefisien daya | - |
| C_t | koefisien torsi | - |
| d | diameter <i>bucket</i> | m |
| e | overlap <i>bucket</i> | m |
| g | percepatan gravitasi | m/s^2 |
| H | tinggi <i>bucket</i> | m |
| I | momen inersia | $kg.m^2$ |
| L | panjang karakteristik | m |
| m | massa | kg |
| Ma | bilangan Mach | - |
| P | daya | Watt |
| P_a | daya air | Watt |
| P_t | daya turbin | Watt |
| r | radius | m |
| Re | bilangan Reynold | - |
| T | torsi | N.m |
| V | kecepatan aliran fluida | m/s |
| v | volume | m^3 |

| | | |
|-----------|------------------------|--------------------|
| X_{00} | rasio kecepatan turbin | - |
| α | percepatan sudut | rad/s ² |
| γ | berat jenis zat | N/m ³ |
| η | efisiensi | % |
| λ | <i>tip speed ratio</i> | - |
| μ | viskositas dinamik | kg/m.s |
| ν | viskositas kinematik | m ² /s |
| ρ | massa jenis | kg/m ³ |
| τ | tegangan geser | N/m ² |
| ω | kecepatan sudut | rad/s |