

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *END-LENGTH* PADA
SUDU DENGAN PENAMBAHAN *DEFLECTOR* TERHADAP
UNJUK KERJA TURBIN AIR SAVONIUS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar

Sarjana teknik



Oleh:

ILHAM BAGUS PRATAMA

10417042

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **1023/TA/S1/01/2021**

Nama : **ILHAM BAGUS PRATAMA**
NIM : **10417042**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **DR. ENG. SYAMSUL HADI, S.T.,
M.T./197106151998021002**
Pembimbing 2 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Penguji : **1. Dr.RENDY ADHI RACHMANTO., ST,MT/
197101192000121006
2. Dr. EKO PRASETYA BUDIANA, ST,MT/
197109261999031002**
Mata Kuliah Pendukung
1. **AERO DAN HIDRO DINAMIKA(MS06033-15)**
2. **MANAJEMEN ENERGI(MS06123-15)**
3. **TURBIN(MS07345-20)**

Judul Tugas Akhir

**"STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH END-LENGTH
PADA SUDU PENAMBAHAN DEFLECTOR TERHADAP
UNJUK KERJA TURBIN AIR SAVONIUS"**

Surakarta, **2021-07-01 14:35:50**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,


Dr. EKO SUROJO., ST,MT
NIP. **196904112000031006**

Tembusan :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

F-TM-03.01.02

Hal 1 dari 1 hal.

PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini atas nama:

Nama : Ilham Bagus Pratama

NIM : I0417042

Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimental Pengaruh *End-Length* pada Sudu
dengan Penambahan *Deflector* terhadap Unjuk Kerja
Turbin Air Savonius

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang saya susun tidak mencontoh atau melakukan plagiasi dari karya ilmiah orang lain. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini terdapat unsur-unsur plagiasi saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surakarta, Juni 2021

Ilham Bagus Pratama
I0417042

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH END-LENGTH PADA SUDU DENGAN
PENAMBAHAN DEFLECTOR TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN AIR
SAVONIUS**

Disusun Oleh

ILHAM BAGUS PRATAMA
NIM : 10417042

Dosen Pembimbing 1


DR. ENG. SYAMSUL HADI, S.T., M.T.
NIP. 197106151998021002

Dosen Pembimbing 2


D. DANARDONO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **16-07-2021**, pukul **13:00:00**, bertempat di **s.id/tmuns1305**.

1. **Dr. RENDY ADHI RACHMANTO., ST, MT**
197101192000121006
2. **Dr. EKO PRASETYA BUDIANA, ST, MT**
197109261999031002
- 3.






Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta


Dr. EKO SUROJO., ST, MT
NIP. 196904112000031006

Koordinator Tugas Akhir


Dr. RENDY ADHI RACHMANTO., ST, MT
NIP. 197101192000121006

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S. Surah Al-Baqarah ayat 286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

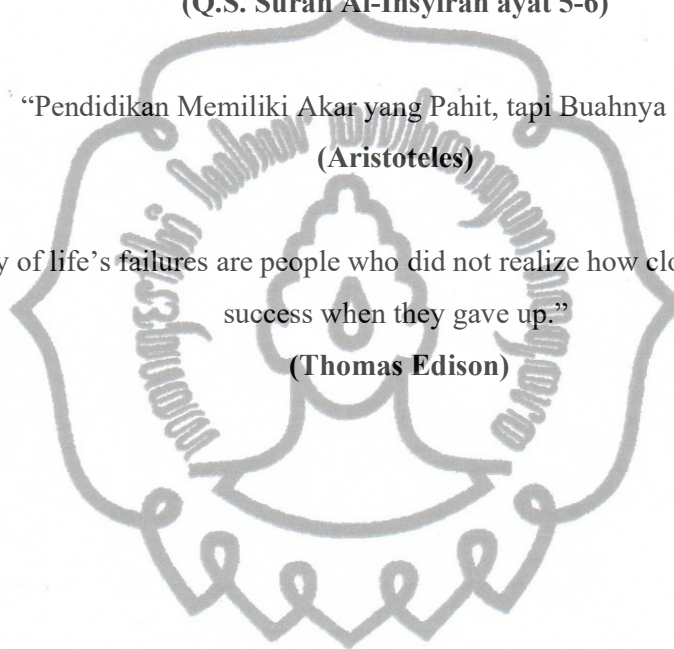
(Q.S. Surah Al-Insyirah ayat 5-6)

“Pendidikan Memiliki Akar yang Pahit, tapi Buahnya Manis.”

(Aristoteles)

“Many of life’s failures are people who did not realize how close they were to success when they gave up.”

(Thomas Edison)



**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *END-LENGTH* PADA SUDU
DENGAN PENAMBAHAN *DEFLECTOR* TERHADAP
UNJUK KERJA TURBIN AIR SAVONIUS**

Ilham Bagus Pratama

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia

Email: komputerilham@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Turbin Savonius merupakan salah satu jenis turbin drag yang memiliki desain konstruksi yang sederhana dan torsi awal yang baik. Namun turbin ini masih memiliki efisiensi yang rendah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan *end-length* pada sudu terhadap performa turbin air Savonius. Penelitian menggunakan metode fluida jatuh vertikal dengan 3 kondisi debit pada setiap penambahan variasi *deflector* yang digunakan untuk mengarahkan fokus aliran fluida, sehingga dapat meningkatkan momen kerja torsi. Performa turbin air Savonius dianalisis melalui *Power Output*, *Power Coefficient*, dan *Tip Speed Ratio*. Terdapat 4 variasi turbin Savonius yang diuji secara eksperimental, yaitu nilai perbandingan l dan $r = 0;0,2; 0,3; \text{ serta } 0,4$. *Power Coefficient* terbaik dihasilkan oleh turbin Savonius dengan variasi 0,3 pada *deflector* 20° dengan nilai 0,066 pada TSR 0,725 menggunakan debit 557,27 lpm. Daya listrik maksimal dicapai variasi l/r 0,2 pada *deflector* 20° dengan nilai sebesar 11,51 watt pada debit 1621,62 lpm.

Kata Kunci: Turbin Savonius, *End-length* pada Sudu, C_p , TSR

**EXPERIMENTAL STUDY INFLUENCES END LENGTH OF BLADES
WITH ADDITIONAL DEFLECTOR ON SAVONIUS WATER
TURBINE PERFORMANCE**

Ilham Bagus Pratama

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering
Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia

Email: komputerilham@student.uns.ac.id

ABSTRACT

Savonius turbine is a type of drag turbine which has a simple construction design and good starting torque. However, this turbine still has low efficiency. This research was conducted to determine the effect of adding end-length of blades on the performance of the Savonius water turbine. The research uses the vertical fall fluid method with 3 discharge conditions at each addition of a deflector variation that is used to direct the focus of the fluid flow, so as to increase the torque working moment. Savonius water turbine performance is analyzed through Power Output, Power Coefficient, and Tip Speed Ratio. There are 4 variations of the Savonius turbine which were tested experimentally, namely the ratio value of l and $r = 0$; 0.2; 0.3; and 0.4. The best power coefficient is produced by the Savonius turbine with a variation of 0.3 at a 20° deflector with the value of 0.066 at TSR 0.725 using a discharge of 557.27 lpm. The maximum electric power is achieved with a variation of l/r 0.2 at a 20° deflector with a value of 11.51 watts on water discharge of 1621.62 lpm.

Keywords: *Savonius Turbine, End-length of blades, C_p , TSR*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat, nikmat, karunia dan ridho-Nya dengan segala kemudahan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Studi Eksperimental Pengaruh *End-Length* pada Sudu dengan Penambahan *Deflector* terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Savonius”** dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih untuk segala bantuan selama penelitian dan penyusunan tugas akhir ini. Sehingga penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta beserta seluruh keluarga yang telah mendoakan agar semuanya dapat berjalan dengan lancar dan memberikan dukungan serta motivasi dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Eng Syamsul Hadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
3. Bapak D. Danardono Dwi P., S.T., M.T., PhD selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Rendy Adhi Rachmanto, S.T., M.T., dan Dr. Eko Prasetyo Budiana, S.T., M. T., selaku dosen penguji tugas akhir.
5. Bapak Dr. Eko Surojo, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
6. Seluruh Dosen, Staff, dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret atas jasa-jasanya selama penulis menuntut ilmu dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
7. Ari Prasetyo. S.T., M.T., yang selalu mendukung dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

8. Rekan-rekan di grup riset turbin Savonius, Mas Ricky, Yasa, dan Ismu yang senantiasa membantu selama proses pengambilan data.
9. Rekan-rekan TURBIN Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret sebagai keluarga kedua yang selalu memotivasi penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
10. Janis Rizki, yang telah membantu dan memberi semangat dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
11. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu sehingga mengantarkan penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.

Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini mampu memberi manfaat, wawasan dan inspirasi bagi siapa saja yang membacanya. Namun penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun supaya karya tulis berikutnya dapat lebih baik lagi.

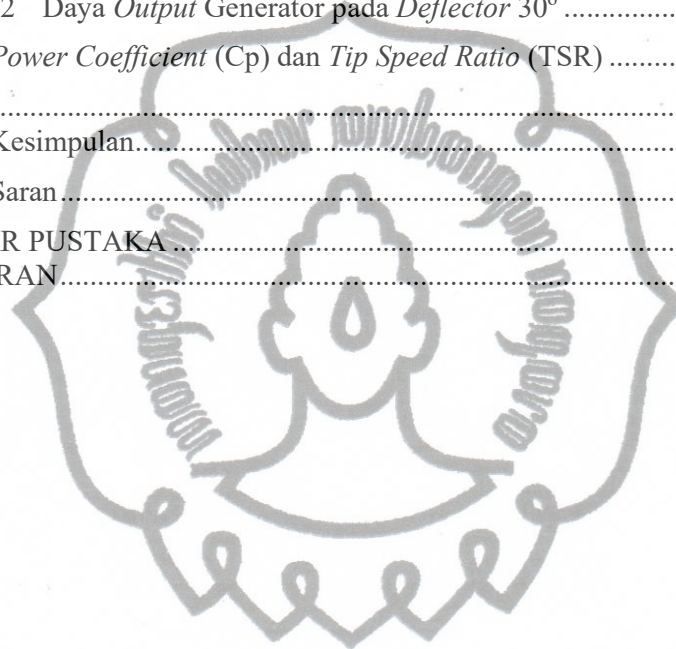
Surakarta, Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Klasifikasi Turbin Air.....	19
2.2.1 Turbin Pelton.....	20
2.2.2 Turbin Francis.....	20
2.2.3 Turbin Kaplan.....	21
2.3 Pemilihan Turbin Air.....	21
2.4 Dasar Teori.....	23
2.4.1 Persamaan bernoulli.....	23
2.4.2 Debit Aliran Fluida.....	23
2.4.3 Daya Masuk Fluida (P_{in}).....	23
2.5 Parameter Performa Turbin.....	24
2.5.1 Daya <i>Output</i> Generator (P_{gen}).....	24
2.5.2 Daya <i>Output</i> Turbin (P_t).....	24
2.5.3 <i>Power Coefficient</i> (C_p).....	25
2.5.4 <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR).....	25
BAB III.....	26
3.1 Tempat Penelitian.....	26
3.2 Skema Alat Uji.....	26
3.3 Variasi yang Diuji.....	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	30

3.5 Diagram Alir	34
BAB IV	36
4.1 Daya Masuk Fluida	36
4.2 Kecepatan Putaran Turbin	39
4.3 Daya Turbin	41
4.3.1 Daya Turbin pada <i>deflector</i> 20°	41
4.3.2 Daya Turbin pada <i>deflector</i> 30°	42
4.4 Daya <i>Output</i> Generator	44
4.4.1 Daya <i>Output</i> Generator pada <i>Deflector</i> 20°	44
4.4.2 Daya <i>Output</i> Generator pada <i>Deflector</i> 30°	45
4.5 <i>Power Coefficient</i> (Cp) dan <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR)	46
BAB V	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Turbin Savonius; (b) Skema turbin Savonius [6]	6
Gambar 2.2 Perbandingan daya yang diekstrak turbin Savonius angin dan air terhadap daya maksimum [6]	7
Gambar 2.3 Skema wind <i>tunnel</i> [8].	7
Gambar 2.4 (a) Perbandingan Tinggi Gelombang dengan RPM pada Jumlah Sudu 3, 4, dan 5 pada $Z = 0$, (b) Perbandingan Tinggi Gelombang dengan RPM pada Jumlah Sudu 3, 4, dan 5 pada $Z = -50$ [10]	8
Gambar 2.5 Skema Desain Kelengkungan Sudu Turbin Savonius [12]	9
Gambar 2.6 Grafik Hubungan Debit Air dengan Input Power [12]	10
Gambar 2.7 Grafik Hubungan antara Sudut Kelengkungan Sudu dengan Daya Output	10
Gambar 2.8 Grafik Hubungan antara <i>Tip Speed Ratio</i> dengan <i>Power Coefficient</i>	11
Gambar 2.9 Skema Alat Uji Rain Water Harvesting (RWH) [14]	12
Gambar 2.10 Perbandingan Daya yang Dihasilkan dengan Kecepatan Putaran Rotor pada Variasi Volume Tangki Berbeda [15]	12
Gambar 2.11 Variasi bentuk End plate Turbin Savonius Helikal [11]	13
Gambar 2.12 (a) Grafik Perbandingan TSR dan C_p dari Empat Variasi End Plate Turbin Savonius Helikal (b) Grafik Perbandingan TSR dan C_t dari Empat Variasi End Plate Turbin Savonius Helikal [11]	14
Gambar 2.13 Pola Aliran yang Diasumsikan di sekitar Rotor Turbin [16]	15
Gambar 2.14 Skema End-Length pada sudu	16
Gambar 2.15 Pengaruh Sudut Rotor terhadap Koefisien Torsi Statis pada Turbin Savonius Konvensional [13]	16
Gambar 2.16 (a) Pengaruh Sudut Rotor terhadap Torsi untuk Variasi End-Length pada sudu. (b) Pengaruh End-Length pada sudu terhadap Total Torsi [13]	17
Gambar 2.17 Pengaruh debit terhadap daya turbin pada turbin variasi	18
Gambar 2.18 Variasi Sudut Deflektor 20° , 30° , 40° , dan 50° [9]	19
Gambar 2.19 Pengaruh Sudut Deflektor terhadap Daya Output	19
Gambar 2.20 Turbin pelton [17]	20
Gambar 2.21 Turbin francis [17]	21
Gambar 2.22 Turbin kaplan [18]	21

Gambar 2.23 Grafik Aplikasi Turbin Berdasarkan Head dan Debit Aliran Fluida [19]	22
Gambar 2.24 Skema Turbin Overshot [20].....	22
Gambar 3.1 (a) <i>Apparatus Test</i> data listrik (b) <i>Apparatus Test</i> data <i>prony brake</i>	26
Gambar 3.2 Skema Desain Modifikasi l/r Turbin Savonius	29
Gambar 3.3 Variasi l/r yang digunakan pada penelitian.....	29
Gambar 3.4 Diagram alir Penelitian.....	35
Gambar 4.1 Grafik pengaruh besar sudut <i>deflector</i> terhadap Debit masuk fluida	37
Gambar 4.2 Grafik pengaruh besar sudut <i>deflector</i> terhadap daya masuk fluida	38
Gambar 4.3 (a) Pola Aliran fluida <i>deflector</i> 20° (b) Pola Aliran fluida <i>deflector</i> 30°	39
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran dengan Debit Fluida pada <i>Deflector</i> 20°	40
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran dengan Debit Fluida pada <i>Deflector</i> 30°	40
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Daya Turbin dengan debit fluida pada <i>Deflector</i> 20°	41
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Daya Turbin dengan debit fluida pada <i>Deflector</i> 30°	42
Gambar 4.8 Fenomena aliran air dalam pengujian	43
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Daya Output Generator dengan debit fluida pada <i>Deflector</i> 20°	44
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Daya Output Generator dengan debit fluida pada <i>Deflector</i> 30°	45
Gambar 4.11 Grafik hubungan Cp dengan TSR pada <i>Deflector</i> 20°	46
Gambar 4.12 Grafik hubungan Cp dengan TSR pada <i>Deflector</i> 30°	47

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1 Persamaan Bernoulli	23
Persamaan 2.2 Debit Aliran Fluida	23
Persamaan 2.3 Daya Masuk Fluida	23
Persamaan 2.4 Daya <i>Output</i> Generator	24
Persamaan 2.5 Persamaan Torsi	24
Persamaan 2.6 Daya <i>Output</i> Turbin	24
Persamaan 2.7 <i>Power Coefficient</i>	25
Persamaan 2.8 <i>Tip Speed Ratio</i>	25
Persamaan 2.9 Kecepatan Sudut	25
Persamaan 4.1 Kontinuitas	37
Persamaan 4.2 Debit.....	37
Persamaan 4.3 Daya Turbin	49
Persamaan 4.4 Luas Sapuan Rotor	49
Persamaan 4.5 Luas Sapuan Rotor variasi.....	49

DAFTAR NOTASI

C_p	<i>Power coefficient</i>
D	<i>Diameter of the rotor (m)</i>
d	<i>Diameter of shaft (m)</i>
D_o	<i>Endplate Diameter (m)</i>
F	<i>Mechanical load applied to turbine shaft (N)</i>
H	<i>Head height (m)</i>
H_t	<i>Turbine height (m)</i>
I	<i>Current (A)</i>
L	<i>End length (m)</i>
n	<i>Rotating speed of turbin (rpm)</i>
P_i	<i>Power available in water (W)</i>
P_t	<i>Actual power produced by turbine (W)</i>
Q	<i>Water discharge (m³/s)</i>
r	<i>Radius of the rotor (m)</i>
t_t	<i>Turbine thickness (m)</i>
T	<i>Torque (Nm)</i>
V	<i>Voltage (V)</i>
V_f	<i>Water velocity (m²/s)</i>

Greek symbols

λ	<i>Tip Speed Ratio</i>
ω	<i>Rotational speed (rad/s)</i>
β	<i>Overlap ratio</i>
ρ	<i>Water Density (kg/m³)</i>