



**RANCANG BANGUN PENGENDALI KEMIRINGAN SIRIP –
SIRIP PADA *WIND TUNNEL* SEDERHANA DENGAN
PENGUJIAN PEMBEBANAN KINCIR ANGIN
TIPE *PROPELLER***

SKRIPSI

oleh

**Arif Puguh Kurniawan
121910201107**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RANCANG BANGUN PENGENDALI KEMIRINGAN SIRIP –
SIRIP PADA *WIND TUNNEL* SEDERHANA DENGAN
PENGUJIAN PEMBEBANAN KINCIR ANGIN
TIPE *PROPELLER***

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

**Arif Puguh Kurniawan
121910201107**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan langkah awal menuju kesuksesan selanjutnya yang telah menanti di depan. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT atas semua rahmat dan hidayah-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan hidupku.
3. Ibu Sri Dara Setiowati dan Bapak Hariyono yang tercinta, yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang serta pengorbanan selama ini.
4. Kakak dan adekku tercinta, yang selalu memberikan masukan dan menghiburku.
5. Untuk Om narko dan Tante ifa yang telah membimbingku dan manyayangiku selama di Jember.
6. Untuk Nur Hasanah yang selalu memberikan semangat dan mendampingi saat susah dan senang.
7. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
8. Bapak Widjonarko, AMd., S.T., M.T. terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
9. Bapak Dr. Triwahju H., S.T., M.T. terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
10. Dosen-dosen Teknik elektro Universitas Jember, yang telah memberikan saya ilmu selama ini.

11. Guru-guru sejak Sekolah Dasar hingga semua dosen selama di Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah mendidik saya dan memberikan banyak ilmu dengan penuh kesabaran.
12. Dulur-dulur Teknik Elektro 2012, yang telah banyak membantu selama ini.
13. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.
14. Serta kawan – kawan dari SUPERMAN (Supra Jember Mania), Star Jatim, FSI (Federasi Supra Indonesia), S.I.P (Surabaya Idependent Probikers) yang telah memberikan semangatnya dalam memotivasi dalam mengerjakan skripsi ini.

MOTTO

Wasta'inuu bis-sabri was-salaah, wa innahaa lakabiiratun illa 'alal-khaasyi'iin

(“Dan mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan sholat, dan hal yang demikian itu sungguh berat kecuali bagi orang – orang yang khusuk”)

(Q.S Al Baqarah : 45)

Perjuangkanlah apa yang menjadi tujuanmu dengan kebenaran yang selalu mendampingi

(Ibunda Sri Dara Setiowati)

Jadilah dirimu sendiri untuk dapat menikmati hidupmu

(Nur Hasanah)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ARIF PUGUH KURNIAWAN

NIM : 121910201107

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripdi yang berjudul “Rancang Bangun Pengendali Kemiringan Sirip – Sirip Pada *Wind Tunnel* Sederhana Dengan Pengujian Pembebanan Kincir Angin Tipe *Propeller*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan di pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 juli 2017

Yang menyatakan,

Arif Puguh Kurniawan

NIM. 121910201107

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PENGENDALI KEMIRINGAN SIRIP –
SIRIP PADA *WIND TUNNEL* SEDERHANA DENGAN
PENGUJIAN PEMBEBANAN KINCIR ANGIN
TIPE *PROPELLER***

Oleh :
ARIF PUGUH KURNIAWAN
NIM 121910201107

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Widyono Hadi, M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Triwahju H., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “RANCANG BANGUN PENGENDALI KEMIRINGAN SIRIP – SIRIP PADA *WIND TUNNEL* SEDERHANA DENGAN PENGUJIAN PEMBEBANAN KINCIR ANGIN TIPE *PROPELLER*” Karya Arif Puguh Kurniawan telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Senin, 24 Juli 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP.196104141989021001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP.19700826 1997021001

Anggota II,

Anggota III,

Suprihadi Prasetyono, ST., MT.
NIP.197004041996011001

Samsul Bachri M., ST.,MMT
NIP. 196403171998021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun Pengendali Kemiringan Sirip – Sirip Pada *Wind Tunnel* Sederhana Dengan Pengujian Pembebanan Kincir Angin Tipe *Propeller*; ARIF PUGUH KURNIAWAN; 121910201107; 2017; 51 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Semakin menipisnya sumber energi yang tidak dapat terbarukan, memerlukan suatu jalan alternatif guna mengganti sumber energi tersebut dengan sumber energi yang terbarukan. Salah satu upaya mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan energi angin. Angin termasuk salah satu dari sumber daya energi yang terbarukan serta ramah lingkungan sehingga sangat potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi bahan bakar fosil. Contoh nyata kemajuan pesat di bidang *engineering* atau rekayasa dalam hal ini adalah makin banyaknya penggunaan turbin angin. Untuk mendapatkan sebuah desain turbin angin yang baik serta efektif maka perlu mengetahui karakteristik serta melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap sebuah turbin angin dengan menggunakan *wind tunnel*.

Wind tunnel adalah alat riset dikembangkan untuk membantu dalam mempelajari karakteristik aliran udara dan karakteristik aliran udara yang berada di sekitar objek benda padat. *Wind tunnel* digunakan untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya pada suatu benda yang berada dalam pengaruh gaya-gaya aerodinamik dalam bidang aeronautika kinerja mekanika terbang (*flight mechanic*) dari suatu benda terbang.

Didalam penelitian ini dibuatnya sebuah kontrol pengendali kemiringan sirip – sirip pada *wind tunnel* dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kemiringan sirip – sirip pada *wind tunnel* sederhana terhadap daya, tegangan, dan arus serta kinerja kincir angina tipe *propeller* dan bagaimana pengaruh yang didapat ketika kincir angin saat dibebani. Dengan cara kerja alat yaitu ketika kecepatan angin yang di hasilkan oleh putaran fan pada *wind tunnel* nantinya akan melewati sirip-sirip sehingga mengakibatkan kincir angin berputar

sesuai dengan kecepatan angin dan mensuplai beban. Kemudian tegangan yang dihasilkan kincir angin diukur hasil yang diperoleh akan di sesuaikan terhadap *set point* yang telah di tentukan jika sesuai dengan yang di inginkan maka sirip-sirip tidak akan berubah dan jika sebaliknya maka sirip-sirip akan berubah hingga tegangan sesuai yang di inginkan. Dan tampilan nilai tegangan di sajikan pada *display*. Untuk ukuran sirip - sirip yang di gunakan dalam penelitian ini menyesuaikan dari lebar *section test* pada *wind tunnel* yaitu 35 cm x 35 cm dengan ukuran untuk tiap siripnya yaitu 7 cm x 35 cm. Jumlah sirip – sirip yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 5 buah

Dari hasil data yang telah diperoleh kecepatan angin maksimal pada alat ini sebesar 6,9 m/s dengan sudut 90^0 . Kecepatan putaran kincir angin maksimal sebesar 2534 Rpm dengan Tegangan yang dihasilkan sebesar 8,84 Volt tanpa beban. Potensi Energi angin terbesar yaitu sebesar 12,14 Watt pada kecepatan angin sebesar 6,9 m/s. Tegangan maksimal pada penelitian ini sebesar 8,84 Volt dengan sudut sirip – sirip 90^0 dan tanpa beban. Nilai arus terbesar pada penelitian ini yaitu sebesar 0,72 Ampere pada *set point* 1,8 Volt dan dengan beban 2,5 Volt / 3,75 Watt. Dari hasil pengujian bahwa turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini tidak sesuai karena nilai koefisiensi daya yang dihasilkan sangat jauh dari nilai idealnya yaitu 0,593, sedangkan nilai rata – rata dari koefisien daya sebesar 0.071333.

SUMMARY

Design of Fine Slope Control - Fins In A Simple Wind Tunnel With Wind Pinch Tester Assaying Type; ARIF PUGUH KURNIAWAN; 121910201107; 2017; 51 pages; Strata One Program of Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The depletion of non-renewable energy sources requires an alternative way of replacing the energy source with renewable energy sources. One effort to overcome the problem is to use wind energy. Wind is one of the most renewable and environmentally friendly energy resources so it is potential to reduce dependence on fossil fuel energy use. A real example of rapid advances in engineering or engineering in this case is the increasing use of wind turbines. To get a good and effective wind turbine design it is necessary to know the characteristics as well as to test first on a wind turbine by using wind tunnel. Wind tunnel is a research tool developed to assist in studying the characteristics of airflow and airflow characteristics that surround the solid object object. The wind tunnel is used to simulate the actual state of an object under the influence of aerodynamic forces in the aeronautical field of flight mechanic performance of an object.

In this research he made a control of the fins-fin control of the wind tunnel in order to know how the effect of the fins on the wind tunnel is simple to the power, voltage, and current and the performance of the propeller-type angina wheel and how the effect is obtained when the windmill is current Burdened. By means of working tool that is when the wind speed generated by the rotation of the fan on the wind tunnel will pass through the fins thus causing the windmill to rotate in accordance with the wind speed and supply the load. Then the resulting windmill voltage measured results obtained will be adjusted to the set point that has been specified if in accordance with the desired then the fins will not change and if otherwise the fins will change until the voltage as desired. And the display voltage values are presented on the display. For the fin sizes used in this study, the width of the section test on the wind tunnel is 35 cm x 35 cm with the size for

each of the fins is 7 cm x 35 cm. The number of fins used in this research is 5 pieces.

From the data obtained, the maximum wind speed in this tool is 6.9 m / s with the angle of 90°. Maximum wind speed rotation of 2534 Rpm with the Voltage generated equal to 8.84 Volt without load. The largest wind energy potential is 12.14 Watt at wind speed of 6.9 m / s. The maximum stress in this study was 8.84 Volt with the angle of fin - fin and no load. The largest current value in this study is 0.72 Ampere at 1.8 Volt point set and with a load of 2.5 Volt / 3.75 Watt. From the test results that the wind turbine used in this study is not appropriate because the value of power coefficients produced very far from the ideal value of 0.593, while the average value of the power coefficient of 0.071333.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kesempatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN PENGENDALI KEMIRINGAN SIRIP – SIRIP PADA *WIND TUNNEL* SEDERHANA DENGAN PENGUJIAN PEMBEBANAN KINCIR ANGIN TIPE *PROPELLER*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, khususny kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Faklta Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memeberikan pengarahan dan bimbingan demi tersellesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Triwahju H., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memeberikan pengarahan dan bimbingan demi tersellesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Para dosen beserta seluruh karyawan program-program Tenik Universitas Jember, terima kasih atas segala dukungannya selama ini.
6. Ibu tercinta Sri Dara Setiowatai yang tidak henti-hentinya memanjatkan doa untukku, tanpamu aku tidak akan menjadi seperti ini. Terima kasih atas segala cinta, kasih sayanng, kesabaran, doa dan tetesan air mata yng selalu engkau lakukan untuk anakmu ini.

7. Bapak Hariyono yang selalu memberikan cinta dan kasih sayang yang begitu berarti hingga akhirnya saya dapat memperoleh gelar sarjana teknik (ST).
8. Kakakku Harida Kurnia Utami dan Adikku Kurniawan Huda Nurrahman, ku ucapkan terima kasih karena telah memberikan kasih sayang dan doa agar saya dapat menyelesaikan studi di Universitas Jember.
9. Nur Hasanah, ku ucapkan terima kasih atas kesabaran, doa, ketulusan dan selalu memberikan motivasi yang positif untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
10. Dulurku Teknik Elektro Universitas Jember (SATE UJ 2012), terima kasih atas dukungan, semangat serta motivasinya.
11. Sahabat-sahabatku , Faesol Safaul said, Moh. Irfangi, Cries avian terima kasih telah membantu, meluangkan waktu, dan memberikan tenaganya.
12. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Demi kesempurnaan penulisan laporan proyek akhir ini, selalu diharapkan segala kritik dan saran demi semua pihak. Akhirnya, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 Juli 2017

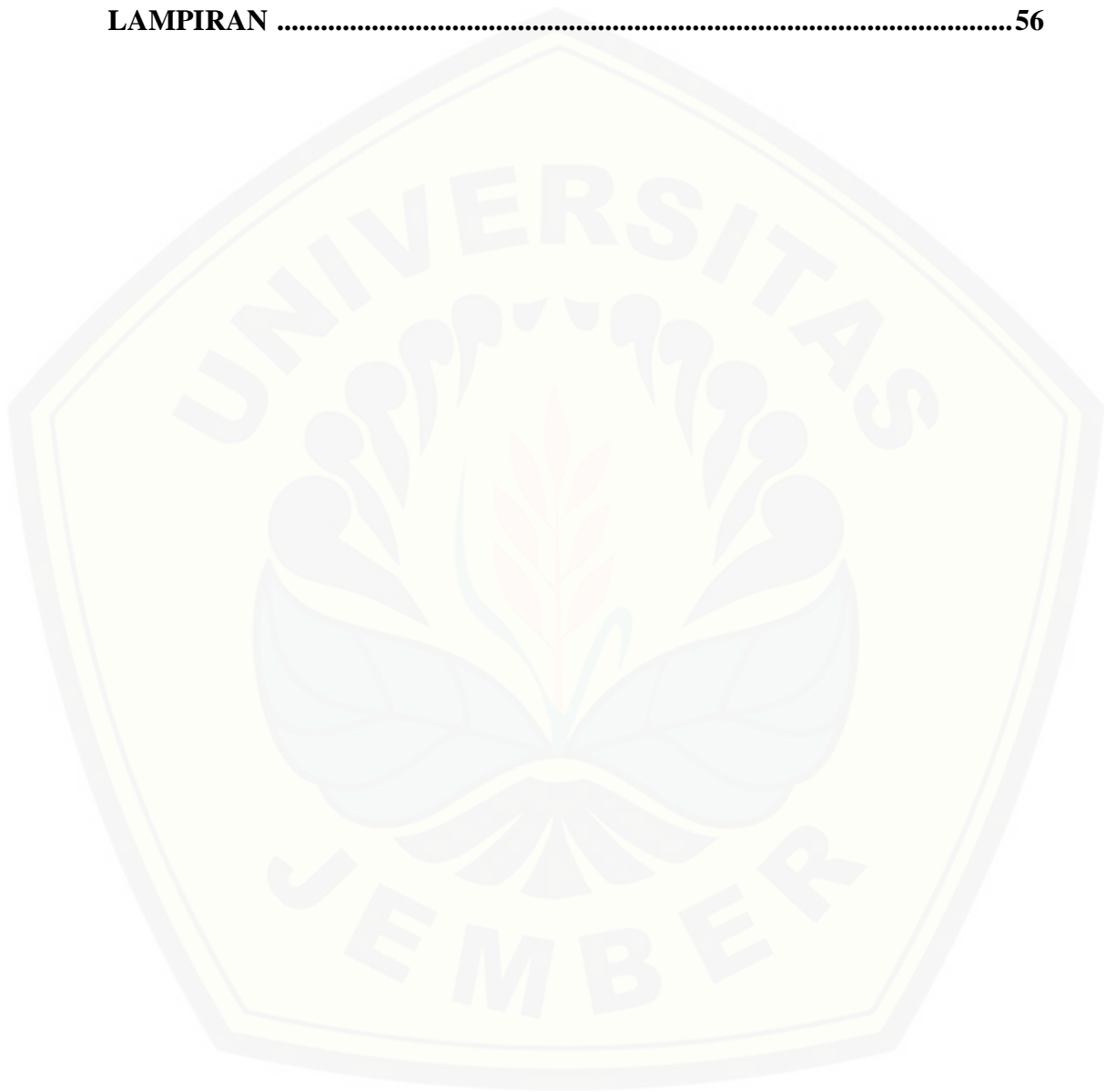
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMA PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Energi Angin	4
2.2 Kecepatan Angin	4
2.3 Kincir Angin	5
2.4 Daya.....	7
2.5 <i>Wind Tunnel</i>	9
2.5.1 Pengertian <i>Wind Tunnel</i>	9
2.5.2 Kegunaan <i>Wind Tunnel</i>	9
2.5.3 Klasifikasi <i>Wind Tunnel</i>	9
2.5.4 Bagian – bagian Dari <i>Wind Tunnel</i>	9
2.5.5 Jalur Rangkaian <i>Wind Tunnel</i>	13

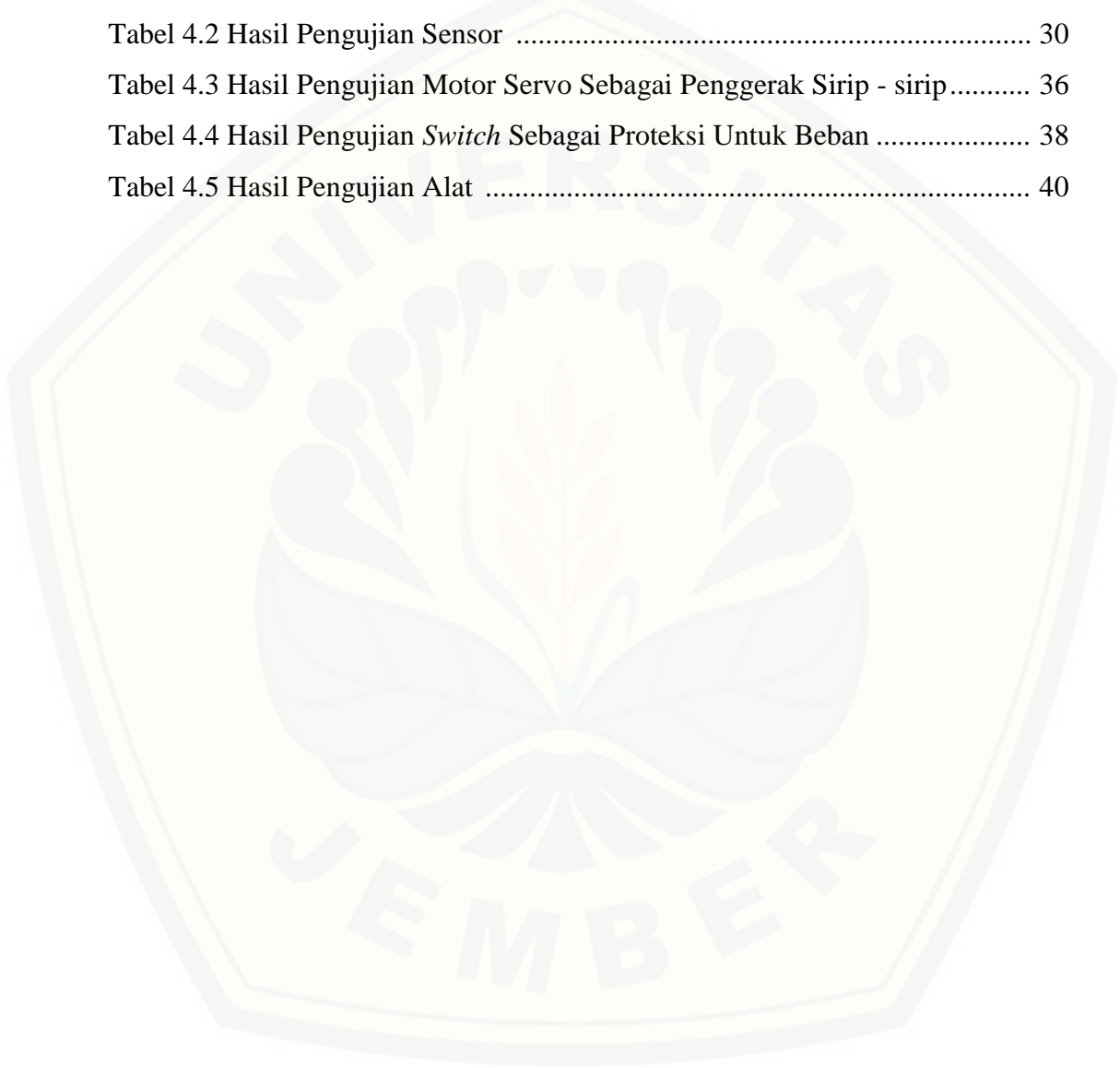
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.2 Metode Penelitian	16
3.2.1 Perancangan Alat dan Pembuatan <i>Hardware</i>	16
3.2.2 Uji Coba dan Pengamatan	17
3.2.3 Analisis Data dan Pembahasan	17
3.2.4 Penulisan Laporan	17
3.3 Alat dan Bahan	17
3.3.1 Perangkat Lunak	17
3.3.2 Peralatan.....	17
3.3.3 Bahan	18
3.4 Diagram Alir	18
3.5 Flow Chart Kerja Alat	19
3.6 Diagram Alur dan Flow Chart Penelitian	20
3.7 Perencanaan Sistem Mikroprosesor	21
3.8 Perencanaan Sensor Tegangan	22
3.9 Generator Dc (Kincir Angin)	23
3.10 Perencanaan Desain Sirip – sirip	24
3.10.1 Bentuk, Ukuran, Jumlah sirip – sirip	24
3.10.2 Bahan dan Komponen Penggerak	24
3.11 Perencanaan Desain Wind Tunnel	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Pengujian Modul	26
4.1.1 Pengujian Modul Arduino	26
4.1.2 Pengujian Sensor Tegangan dan Arus	29
4.1.3 Pengujian LCD	31
4.1.4 Pengujian Motor Servo Sebagai Penggerak Sirip - sirip	34
4.1.5 Pengujian <i>Switch</i> Sebagai Proteksi Untuk Beban.....	37
4.2 Pengujian Alat	38

BAB 5. PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	16
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Arduino Uno</i>	21
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran (V) <i>Output</i>	27
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor	30
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Motor Servo Sebagai Penggerak Sirip - sirip.....	36
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Switch</i> Sebagai Proteksi Untuk Beban	38
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Alat	40



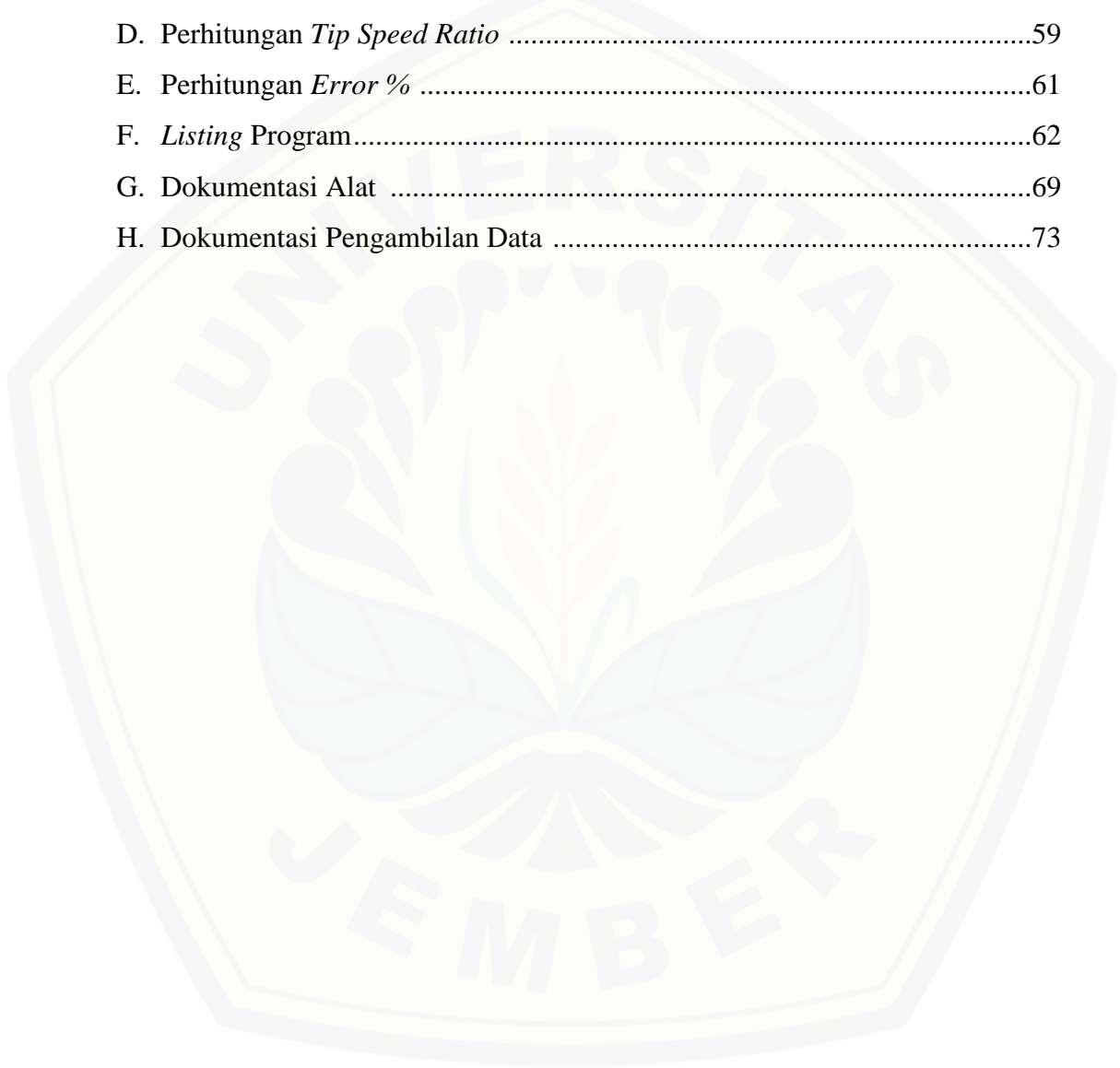
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Ketinggian	5
Gambar 2.2 Prinsip Dasar Kincir Angin.....	7
Gambar 2.3 Motor Penggerak <i>Blade</i> Pada <i>Wind Tunnel</i>	10
Gambar 2.4 <i>Blade Wind Tunnel</i>	10
Gambar 2.5 <i>Settling chamber</i>	11
Gambar 2.6 <i>Screen</i>	11
Gambar 2.7 <i>Nosel Wind Tunnel</i>	12
Gambar 2.8 <i>Test Section</i>	12
Gambar 2.9 Konstruksi <i>Diffuser Wind Tunnel</i>	13
Gambar 2.10 <i>Wind Tunnel</i> Sirkuit Terbuka	14
Gambar 2.11 <i>Wind Tunnel</i> Sirkuit Tertutup.....	15
Gambar 3.1 Blok Sistem Secara Keseluruhan.	18
Gambar 3.2 <i>Flow Chart</i> Kerja Alat	19
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian.....	20
Gambar 3.4 Gambar Arduino UNO.....	21
Gambar 3.5 Sensor Tegangan	22
Gambar 3.6 Kincir Angin Tipe <i>Propeller</i>	23
Gambar 3.7 Disain Bentuk Sirip - sirip.....	24
Gambar 3.8 Spesifikasi dan Tampilan Motor Servo Futaba S3003.....	25
Gambar 3.9 Disain Perancangan Konstruksi <i>Wind Tunnel</i>	25
Gambar 4.1 Modul Arduino UNO	26
Gambar 4.2 Grafik Tegangan <i>Output</i> Modul Arduino	27
Gambar 4.3 Grafik <i>Output</i> Tegangan Logika 1 Modul Arduino	28
Gambar 4.4 Grafik <i>Output</i> Tegangan Logika 0 Modul Arduino	28
Gambar 4.5 Sensor Tegangan dan Arus	29
Gambar 4.6 Grafik Pengukuran Tegangan Pada Sensor dan Multimeter	30
Gambar 4.7 Grafik Pengukuran Arus Pada Sensor dan Multimeter	31
Gambar 4.8 <i>Wiring</i> Diagram LCD	32
Gambar 4.9 Tampilan LCD	34

Gambar 4.10 <i>Wiring</i> Diagram Motor Servo	35
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Motor Servo Sebagai Penggerak Sirip - sirip ...	36
Gambar 4.12 <i>Wiring</i> Diagram <i>Switch</i>	37
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Kecepatan Angin	41
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Energi Angin	42
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Putaran Kincir Angin	43
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Tegangan Turbin Angin ..	45
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Arus Turbin Angin	46
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Sudut Terhadap Daya Turbin Angin	48
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Putaran Kincir Angin Terhadap <i>Tip Speed Ratio</i>	49
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Daya Turbin Angin Terhadap Koefisien Daya	50

DAFTAR LAMPIRAN

A. Perhitungan Daya	56
B. Perhitungan Energi Angin	56
C. Perhitungan Koefisien Daya (Cp)	58
D. Perhitungan <i>Tip Speed Ratio</i>	59
E. Perhitungan <i>Error %</i>	61
F. <i>Listing Program</i>	62
G. Dokumentasi Alat	69
H. Dokumentasi Pengambilan Data	73



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin menipisnya sumber energi yang tidak dapat terbarukan, memerlukan suatu jalan alternatif guna mengganti sumber energi tersebut dengan sumber energi yang terbarukan. Sumber energi tak terbarukan yang banyak digunakan saat ini adalah bahan bakar yang berasal dari fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara). Salah satu upaya mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan energi angin. Angin termasuk salah satu dari sumber daya energi yang terbarukan serta ramah lingkungan sehingga sangat potensial untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan energi bahan bakar fosil. Contoh nyata kemajuan pesat di bidang *engineering* atau rekayasa dalam ini adalah makin banyaknya penggunaan turbin angin.

Turbin angin adalah kincir angin yang saat ini banyak digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Prinsip dasar kerja dari turbin angin untuk pembangkitan listrik adalah mengubah energi mekanik dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator yang akan menghasilkan listrik.

Untuk mendapatkan sebuah desain turbin angin yang baik serta efektif maka perlu mengetahui karakteristik serta melakukan pengujian terlebih dahulu terhadap sebuah turbin angin. Untuk mempermudah mendapatkan data-data suatu turbin angin tersebut seperti halnya untuk mendapatkan jejak algoritma puncak kekuatan, manajemen daya, strategi konversi serta kinerja aerodinamika suatu turbin angin maka perlu dibuatnya sebuah prototipe alat yang dapat digunakan untuk mengetahui *performance* dari suatu turbin angin. Salah satu prototipe tersebut adalah penggunaan sebuah *wind tunnel*. *Wind tunnel* merupakan sebuah alat riset yang dikembangkan untuk membantu dalam menganalisis efek angin yang bergerak atau berada di sekitar objek benda padat.

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang optimal maka turbin angin perlu diuji dengan kondisi pembebanan dan kecepatan angin yang berbeda untuk

mengetahui daya, tegangan dan arus yang dihasilkan turbin angin. Pada penelitian sebelumnya yaitu pada tugas akhir yang berjudul analisis pengaruh pembebanan terhadap kinerja kincir angin tipe *propeller* pada *wind tunnel* sederhana yang dilakukan oleh Ikhwanul Ikhsan dan M. Akbar Hipi (2011, Universitas Hasanuddin). Yang mengkaji kincir, dan ratio kecepatan ujung. Prinsip kerja dari alat penelitian yaitu sumber angin diperoleh dari putaran mesin yang memutar kipas, kemudian diteruskan kepengarah melalui *wind tunnel* yang menuju dan memutar kincir angin tipe *propeller* akibat kecepatan fluida udara yang dihasilkan, setelah itu beban ditambahkan secara bertahap yang diletakkan pada puli yang berputar hingga poros kincir angin tersebut berhenti berputar akibat adanya pembebanan tadi. Dimana dalam hal ini akan diperoleh daya maksimum dan torsi maksimum.

Hanya saja didalam penelitian sebelumnya tidak membahas mengenai daya, tegangan, dan arus pada turbin angin dan pengaruh yang ditimbulkan jika pada *wind tunnel* ditambahkan sebuah sirip-sirip yang dapat dikontrol buka tutup agar kecepatan angin bervariasi sehingga pada skripsi ini akan dibahas mengenai pengaruh kemiringan sirip-sirip pada *wind tunnel* yang dapat di kontrol dan pengaruh pembebanan pada turbin angin, diharapkan dari hasil skripsi ini didapatkan sebuah kontrol sirip-sirip yang dapat diterapkan pada *wind tunnel* .

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang kontrol sirip-sirip pada *wind tunnel*.
2. Bagaimana pengaruh yang didapat ketika kincir angin dibebani.
3. Bagaimana pengaruh kemiringan sirip – sirip pada *wind tunnel* sederhana terhadap daya, tegangan, dan arus serta kinerja kincir angin tipe *propeller*.

1.3 Batasan Masalah

1. Kontrol yang digunakan hanya untuk mengontrol sirip-sirip pada *wind tunnel*.
2. Beban kincir turbin angin adalah lampu bolam senter.
3. Kincir angin yang digunakan adalah kincir angin tipe *propeller* 3 daun (kipas angin).
4. pengaruh kontrol sirip-sirip pada *wind tunnel* sederhana terhadap kincir angin.
5. Tidak membahas perhitungan konstruksi *wind tunnel* dan kincir angin secara detail.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan ini diharapkan mampu:

1. Merancang kontrol sirip-sirip pada *wind tunnel* agar didapat sebuah kecepatan kincir angin yang bervariasi dengan tegangan pada kisaran nilai yang ditentukan.
2. Hasil tugas akhir ini dapat dipergunakan untuk keperluan labaratorium serta kebutuhan yang bersifat akademis maupun non akademis.

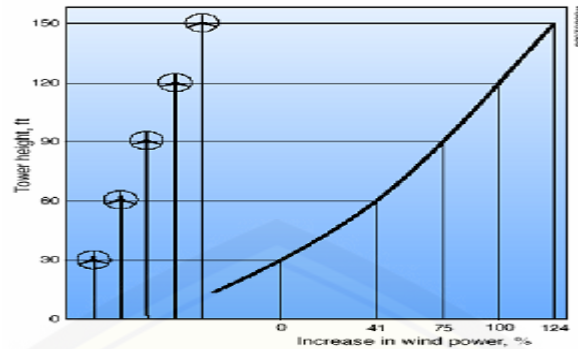
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Energi Angin Menurut Kadir (1987) bahwa sebagaimana telah banyak diketahui, angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Oleh karena itu, kincir atau turbin angin sering disebut sebagai Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)

2.2 Kecepatan angin.

Hal yang biasanya dijadikan patokan untuk mengetahui potensi angin adalah kecepatannya. Biasanya yang menjadi masalah adalah kestabilan kecepatan angin. Sebagaimana diketahui, kecepatan angin akan berfluktuasi terhadap waktu dan tempat. Misalnya di Indonesia, kecepatan angin pada siang hari bisa lebih kencang dibandingkan malam hari. Pada beberapa lokasi bahkan pada malam hari tidak terjadi gerakan udara yang signifikan. Untuk situasi seperti ini, perhitungan kecepatan rata-rata dapat dilakukan dengan catatan pengukuran kecepatan angin dilakukan secara kontinyu. Untuk udara yang bergerak terlalu dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin yang diperoleh akan kecil sehingga daya yang dihasilkan sangat sedikit. Semakin tinggi akan semakin baik. Pada keadaan ideal, untuk memperoleh kecepatan angin di kisaran 5-7 m/s, umumnya diperlukan ketinggian 5-12 m.



Gambar 2.1 Hubungan kecepatan angin terhadap ketinggian tertentu

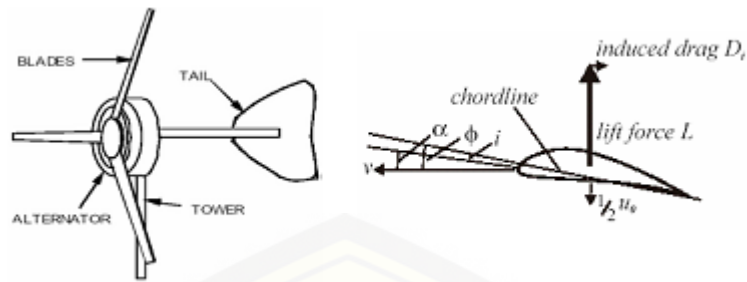
Sumber : Anonim 1, www.mst.gadjamada.edu/dl/Kincir_Angin.pdf(2007)

Faktor lain yang perlu diperhatikan untuk turbin angin konvensional adalah desain baling-baling. Untuk baling-baling yang besar (misalnya dengan diameter 20 m), kecepatan angin pada ujung baling-baling bagian atas kira-kira 1,2 kali dari kecepatan angin ujung baling-baling bagian bawah. Artinya, ujung baling-baling pada saat di atas akan terkena gaya dorong yang lebih besar daripada pada saat di bawah. Hal ini perlu diperhatikan pada saat mendesain kekuatan baling-baling dan tiang (menara) khususnya pada turbin angin yang besar. Jika kecepatan angin di baling-baling atas dan bawah berbeda secara signifikan, maka yang perlu diperhitungkan selanjutnya adalah pada kecepatan angin berapa turbin angin dapat menghasilkan daya optimal. Kecepatan angin juga dipengaruhi oleh kontur dari permukaan. Di daerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen dan perkantoran bertingkat, kecepatan angin akan rendah. Sementara kecepatan angin pada daerah lapang lebih tinggi. Kepadatan (porositas) di permukaan bumi akan menyebabkan angin mudah bergerak atau tidak. Faktor porositas ini juga penting untuk diperhatikan ketika mendesain turbin angin.

2.3 Kincir Angin

Turbin angin atau dalam bahasa sederhana kincir angin merupakan turbinyang digerakkan oleh angin, yaitu udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Sudah sejak dahulu angin berjasa bagi kehidupan manusia, salah satunya adalah para nelayan. Selain itu, turbin angin pada awalnya juga dibuat untuk

mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah - daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang tahun. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill*. Sebagai pembangkit listrik, turbin angin telah digunakan di Denmark sejak tahun 1890. Dalam beberapa dekade terakhir ini, kekhawatiran akan habisnya energi fosil telah mendorong pengembangan dan penggunaan turbin angin secara meluas dalam mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat dengan prinsip konversi energi. Pada saat ini, angin merupakan salah satu sumber energy dengan perkembangan relatif cepat dibanding sumber energi lainnya. Walaupun demikian sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (misal: PLTD atau PLTU).Pengkajian potensi angin harus dilakukan dengan baik guna memperoleh suatu sistem konversi angin yang tepat. Pengkajian potensi angin pada suatudaerah dilakukan dengan cara mengukur serta menganalisa kecepatan maupun arah angin Dasar dari alat untuk 12 merubah energi angin adalah kincir angin. Meskipun masih terdapat susunan dan perencanaan yang beragam, biasanya kincir angin digolongkan menjadi dua tipe (horisontal dan vertikal) dan yang paling banyak digunakan adalah kincir jenis horisontal. Kincir jenis ini mempunyai rotasi horisontal terhadap tanah (secara sederhana yaitu sejajar dengan arah tiupan angin). Prinsip dasar kincir angin adalah mengkonversi tenaga mekanik dari putaran kincir menjadi energi listrik dengan induksi magnetik. Putaran kincir dapat terjadi dengan efektif dengan mengaplikasikan dasar teori aerodinamika pada desainbatang kincir (*blade*). Ketersediaan angin dengan kecepatan yang memadai menjadi faktor utama dalam implementasi teknologi kincir angin.



Gambar 2.2 Prinsip Dasar Kincir Angin

Sumber :Anonim,<http://permaculturewest.org.au/ipc6//shannon/index.html>, (2010)

Untuk mendesain sebuah kincir angin, ada banyak hal yang harus diperhatikan. Hal pertama yang harus dipertimbangkan yaitu berapa besar daya yang kita butuhkan, kemudian kecepatan angin, setelah itu yang tidak kalah penting yaitu berapa jumlah blade (bilah kincir) yang harus digunakan, dan masih banyak hal teknis lainnya (Himran Syukri, 2006).

2.4 Daya

Suatu rotor kincir dapat mengerstraksi daya dari angin karena rotor tersebut menurunkan kecepatan angin tidak terlalu banyak maupun tidak terlalu rendah. Suatu rotor yang diam, tidak menghasilkan daya sama sekali demikian pula rotor tersebut berputar sangat cepat, udara diblok secara sempurna oleh rotor (rotor bersifat sebagai piringan pejal). Dalam hal ini tidak ada daya yang dihasilkan oleh kincir. Diantara kedua harga ekstrim ini terjadi putaran optimum dimana daya yang diekstraksi adalah maksimum.

Daya angina

$$E = 1/2 \cdot \rho \cdot A_T \cdot V^3 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

P = daya yang dihasilkan angin (j/s) (watt)

V = kecepatan angin (m/s)

ρ_a = massa jenis udara (1,2 kg/ m³)

AT= luas penampang sapuan sudu ($\pi.r^2 = m^2$)

Persamaan di atas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana dianggap energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik.

Daya listrik

$$P = V.I \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

P = Daya (watt)

V = Tegangan (v)

I = Arus (A)

Seperti diketahui ternyata energi kinetik yang dimiliki angin tidak seluruhnya dapat dikonversikan menjadi gaya mekanik (dengan adanya komponen gaya seret yang mengurangi komponen gaya angkat). Dengan demikian terjadi kerugian daya dan perbandingan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dimiliki angin disebut koefisien daya (C_p). Bila kecepatan angin bertambah maka daya dan torsi bertambah. Kurva-kurva daya pada kecepatan angin bertambah secara linear. Untuk maksud penyederhanaan, daya, torsi dan putaran dikelompokkan dalam relasi berikut :

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho_a A V^3} \dots\dots\dots (3)$$

Jika didefinisikan bahwa *tip speed ratio* (λ) adalah perbandingan antara kecepatan linier rotor dengan kecepatan angin sebelum sudut atau ditulis secara matematik:

$$\lambda = \frac{\omega.R}{V} \dots\dots\dots (4)$$

Dalam turbin angin dikenal beberapa macam kecepatan sebagai dasar analisis daya yang hendak dihasilkan, yaitu:

$V_{cut\ in}$: Kecepatan angin mulai bekerja untuk menghasilkan daya

$$V_{cut\ in} = 0,7 \times V_{rata-rata}$$

V_{rate} : Kecepatan rencana yang dihasilkan daya maksimum

$$V_{rate} = 1,5 \times V_{rata-rata}$$

$V_{furling}$: Kecepatan bebas dimana turbin angin tidak menghasilkan daya lagi.

$$V_{furling} = 3 \times V_{rata-ratas}$$

2.5 Wind Tunnel

2.5.1 Pengertian Wind Tunnel

Wind tunnel atau terowongan angin adalah alat riset dikembangkan untuk membantu dalam mempelajari karakteristik aliran udara, atau berada di sekitar objek benda padat.

2.5.2 Kegunaan Wind Tunnel

Wind tunnel digunakan untuk mensimulasikan keadaan sebenarnya pada suatu benda yang berada dalam pengaruh gaya-gaya aerodinamik dalam bidang aeronautika kinerja mekanika terbang (*flight mechanic*) dari suatu benda terbang.

2.5.3 Klasifikasi Wind Tunnel

Untuk membedakan tipenya, terowongan angin dibedakan berdasarkan jalur rangkaiannya dan instalasi terowongannya.

2.5.4 Bagian – Bagian Dari Wind Tunnel

Ada beberapa komponen penting yang terdapat pada suatu *wind tunnel* yaitu sebagai berikut:

a. Motor penggerak

Komponen ini merupakan bagian yang berfungsi untuk menggerakkan *blade* pada *wind tunnel* yang nantinya akan menghasilkan hembusan angin. Cara

kerja dari motor penggerak ini sendiri yaitu motor dikopel dengan sebuah *fan belt* yang terpasang pada *blade/ kipas wind tunnel* sehingga ketika motor berputar maka *blade* juga akan berputar dan menghasilkan sebuah angin yang akan digunakan untuk memutar turbin angin yang akan diuji.



Gambar 2.3 Motor penggerak *blade* pada *wind tunnel*

b. *Blade*

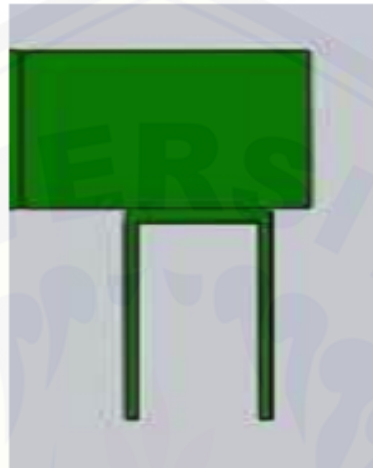
bagian utama penghasil udara. Untuk dapat menggerakkan *blade* maka dibutuhkan suatu penggerak *blade*. *Balade* dihubungkan dengan poros motor supaya *blade* dapat berputar dan menghasilkan udara.



Gambar 2.4 *Blade wind tunnel*

c. Ruang penenang (*settling chamber*)

Settling chamber terletak diantara *inlet wind tunnel* dan *contraction cone*. *Settling chamber* disebut juga dengan ruang penenang berfungsi untuk mengurangi turbulensi aliran didalam terowongan. Didalam *settling chamber* diletakan *screen* dan *honeycomb*.

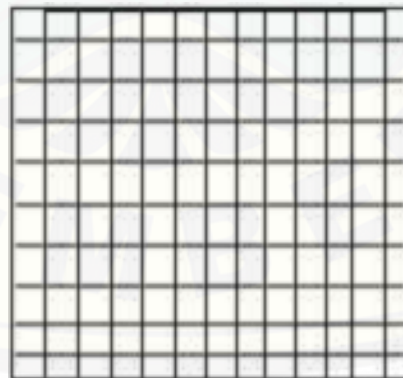


Gambar 2.5 *Settling chamber*

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/BAB II/S hanifa/2005>

d. Saringan kawat (*Screen*)

Marupakan bagian yang berfungsi untuk mengurangi turbulensi aliran.

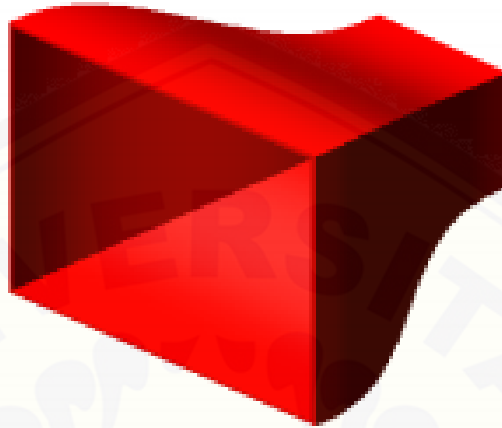


Gambar 2.6 *Screen*

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/BAB II/S hanifa/2005>

e. Nosel (*nozzel*)

Merupakan bagian yang sangat menentukan dalam pembentukan keseragaman kecepatan aliran udara pada seksi uji (*test section*)



Gambar 2.7 Nosel *wind tunnel*

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/BAB II/S hanifa/2005>

f. Seksi Uji (*test section*)

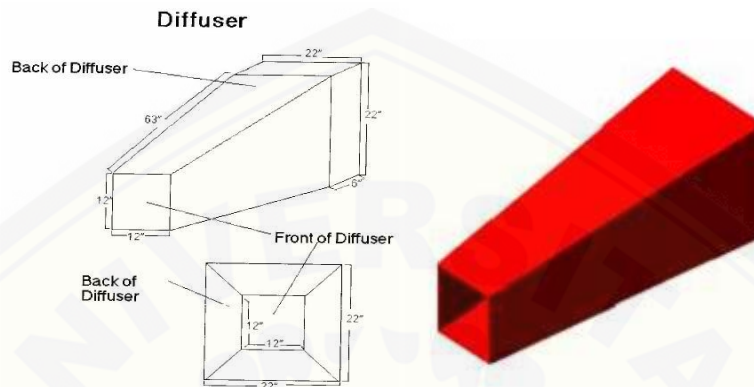
Merupakan ruang pada terowongan angin yang berfungsi untuk meletakkan model yang akan dilakukan pengujian, misalnya turbin angin.



Gambar 2.8 *Test section*

g. Difuser (*diffuser*)

Merupakan bagian yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kinetik menjadi energi potensial.



Gambar 2.9 Konstruksi *diffuser wind tunnel*

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/BAB II/S hanifa/2005>

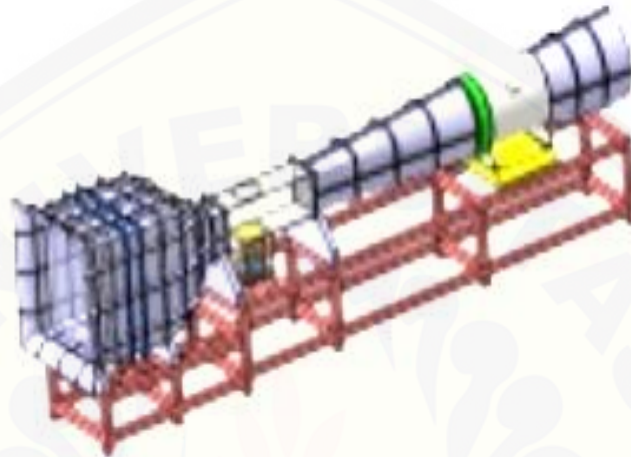
2.5.5 Jalur Rangkaian *Wind Tunnel*

Yang dimaksud jalur rangkaian adalah jalur lintasan udara yang melalui terowongan. Ada beberapa jalur rangkaian yang digunakan pada *wind tunnel* diantaranya (Fariduzzaman, 2008):

a. Rangkaian Terbuka (*open circuit tunnel*)

Tipe rangkaian terbuka adalah tipe dimana udara mengalir lurus dari sisi masuk hingga ke sisi luar, dan udara yang masuk *wind tunnel* akan terbang keluar lingkungan. Ada beberapa keuntungan *wind tunnel* tipe terbuka, diantaranya adalah biaya konstruksi yang relatif murah daripada tipe tertutup, bisa menggunakan motor bakar jika desain *wind tunnel* tersebut meletakkan motornya pada bagian dalam terowongan karena pada tipe terbuka ini bisa divisualisasikan pengujian aliran udara dengan asap, dan bebas dari kotoran yang ikut masuk dari sisi masuk karena tipe terbuka maka kotoran tersebut akan terbawa keluar lingkungan. Sedangkan kekurangannya adalah operasinya sangat dipengaruhi kondisi cuaca, jika pengujian dilakukan di luar ruangan dengan cuaca hujan, maka pengoperasian *wind tunnel* dihentikan karena sisi

masuk dan sisi keluar terbuka akan memudahkan air masuk dalam *wind tunnel* dan dapat menyebabkan kerusakan beberapa komponen *wind tunnel*, dan yang kedua adalah masalah kebisingan. Jika *wind tunnel* dioperasikan dalam suatu ruangan, maka akan menimbulkan gangguan pendengaran pada operator jika pengoperasiannya terlalu lama.

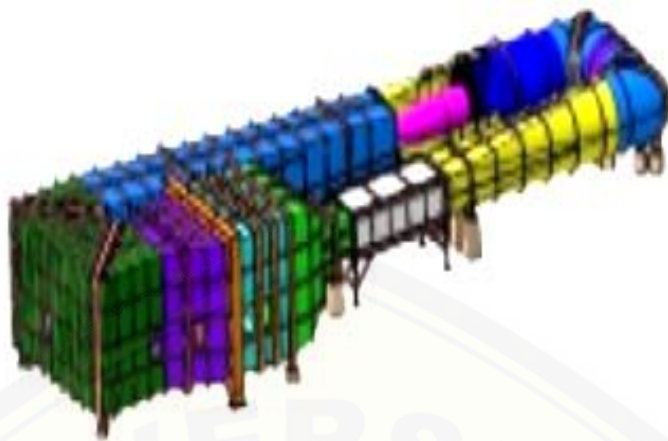


Gambar 2.10 *Wind Tunnel* sirkuit terbuka

Sumber: Fariduzzaman (2008)

b. Rangkaian tertutup (*close circuit tunnel*)

Tipe rangkaian tertutup adalah tipe dimana udara mengalir secara kontinu dalam *wind tunnel*, artinya udara yang masuk akan terus mengalir selama pengoperasian *wind tunnel* dan udara tidak terbang keluar lingkungan. Ada beberapa keuntungan *wind tunnel* tipe rangkaian tertutup, diantaranya adalah yang pertama operasinya tidak dipengaruhi cuaca karena tiap sisinya tertutup, dan yang kedua adalah tidak terlalu bising jika dibandingkan tipe rangkaian terbuka, karena suara yang dihasilkan udara dan motor teredam oleh dinding *wind tunnel* yang tertutup. Sedangkan kekurangannya adalah yang pertama masalah biaya konstruksinya, relatif lebih mahal dari pada *wind tunnel* rangkaian terbuka, dan yang kedua adalah jika desain tersebut menggunakan motor bakar, maka dibutuhkan saluran tambahan sebagai saluran gas buang dari motor bakar.



Gambar 2.11 *Wind Tunnel* sirkuit tertutup

Sumber: Fariduzzaman (2008)



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik dan Laboratorium Sistem Kendali Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember, sedangkan waktu pelaksanaan mulai dari studi pustaka hingga penyusunan laporan kurang lebih selama 6 bulan seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
1.	Studi Literatur	■	■				
2.	Perancangan Alat		■	■			
3.	Pembuatan Alat			■	■	■	
4.	Uji Coba dan Pengamatan				■	■	
5.	Analisa data dan Pembahasan				■	■	
6.	Penyusunan Laporan					■	■

3.2 Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini ada beberapa langkah yang dilakukan diantaranya:

3.2.1 Perancangan Alat dan Pembuatan *Hardware*.

Sebelum dilakukan penelitian maka terlebih dahulu dilakukan pembuatan alat uji yaitu kincir angin tipe *propeller*, dibuat juga rangkaian *wind tunnel* sederhana beserta motor sebagai sumber angin untuk memutar kincir.

3.2.2 Uji Coba dan Pengamatan

Dengan menggunakan metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek yang diteliti dalam hal ini adalah kincir angin tipe *propeller* pada *wind tunnel* sederhana.

3.2.3 Analisis data dan Pembahasan

Pada tahapan ini yaitu menganalisa *hardware* yang telah selesai dibuat serta dilakukan pembahasan terhadap parameter-parameter yang telah ditentukan pada tugas akhir ini.

3.2.4 Penulisan Laporan

Pada proses ini merupakan proses akhir dari penelitian yang mana hasil dari semua data yang didapatkan dan dianalisis akan dipaparkan pada bagian in

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain:

3.3.1 Perangkat Lunak

- *Easily Applicable Graphical Layout Editor* (EAGLE) versi 5.7.0
- *Notepad*

3.3.2 Peralatan

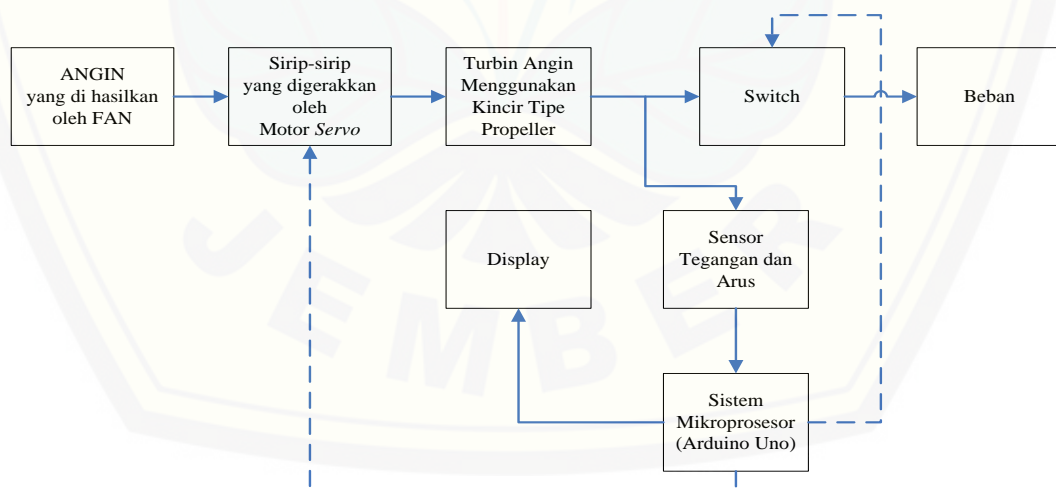
- Solder
- *Cutter*
- Multimeter analog
- Catu daya
- *Arduino UNO*
- *Bor listrik*
- *Grenda*
- *Las listrik*

3.3.3 Bahan

- 1 Buah Motor Induksi 1 Fasa
- Kabel
- *Fan* untuk *wind tunnel*
- Berbagai variasi *machine screw* (skrup) dan *nut* (baut)
- Pertinak (Board PCB)
- Konektor
- Plat seng
- 1 buah PC
- Kipas *propeller*
- Anemometer
- *Tachometer*
- Generator DC
- Motor *Servo*
- Akrilik
- LED 6 titik
- Lampu bholam kecil
- Modul IC2
- Kapasitor

3.4 Diagram Alir

Sebagai panduan untuk melakukan perancangan kontrol sirip-sirip *wind tunnel* sebagai *prototipe* pengujian turbin Angin maka dibuatlah sebuah blok diagram guna untuk mempermudah pemahaman terhadap konsep cara kerja sistem, yaitu seperti blok berikut ini:

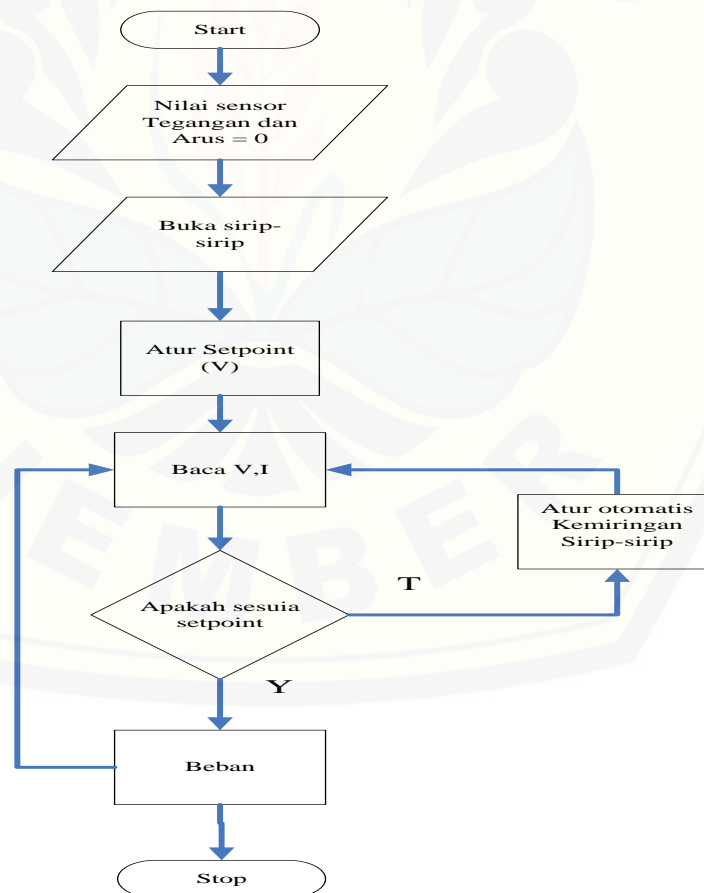


Gambar 3.1 Blok sistem secara keseluruhan

Blog diagram sistem pada penelitian ini menjelaskan bahwa dari kecepatan angin yang di hasilkan dari putaran fan dari *wind tunnel* nantinya melewati sirip-sirip, kecepatan angin setelah melewati sirip-sirip akan mengakibatkan kincir

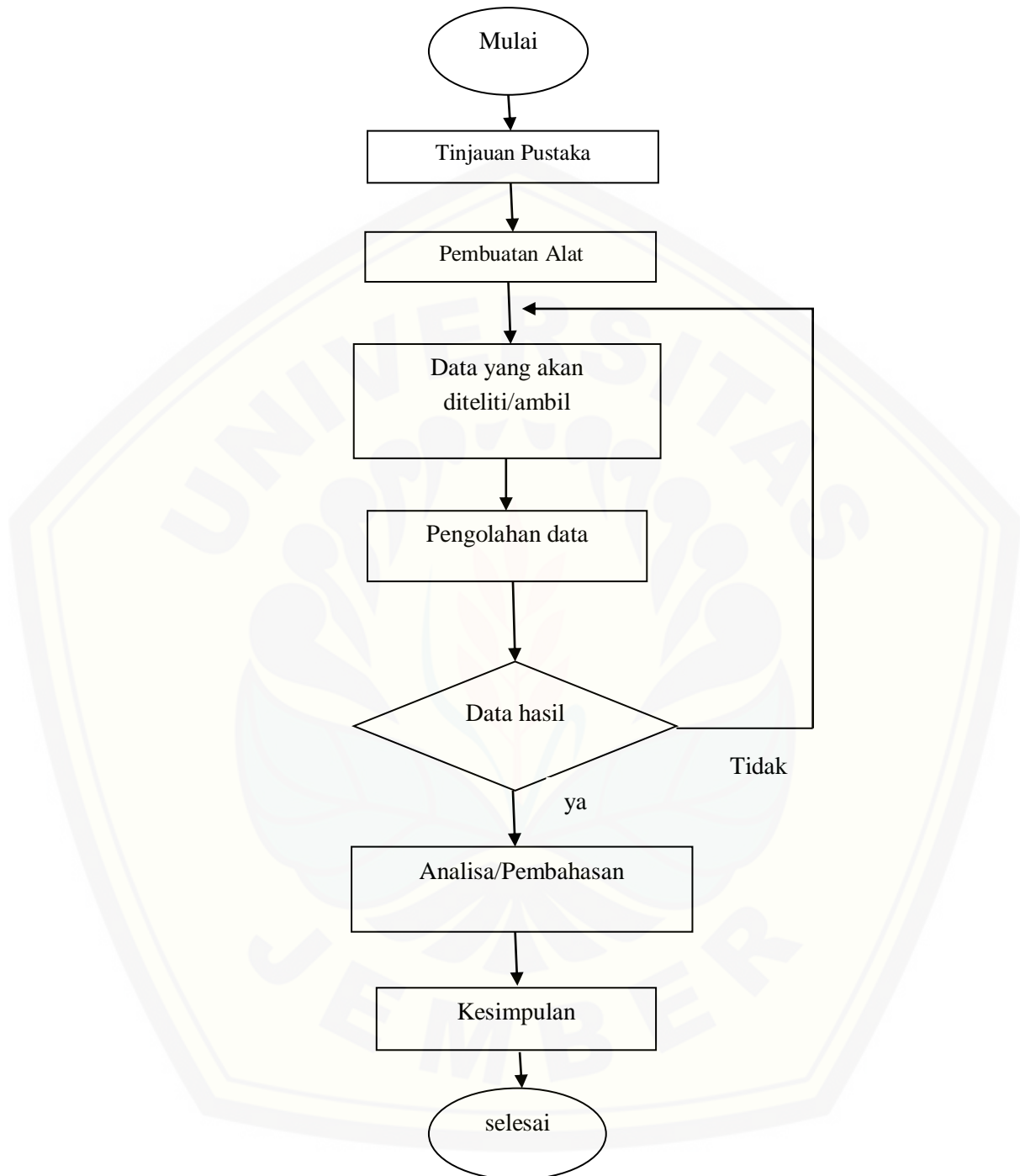
angin berputar sesuai dengan kecepatan angin dan mensuplai beban. Kemudian tegangan yang dihasilkan kincir angin diukur hasil yang diperoleh akan disesuaikan terhadap *set point* yang telah ditentukan jika sesuai dengan yang diinginkan maka sirip-sirip tidak akan berubah dan jika sebaliknya maka sirip-sirip akan berubah hingga tegangan sesuai yang diinginkan. Dan tampilan nilai tegangan di sajikan pada *display*. Pada penelitian ini *set point* yang dimaksud adalah nilai tegangan yang digunakan untuk menyatakan nilai yang dikehendaki dari *system* dan nilai *set point* ini dapat diubah sesuai keinginan, untuk nilai yang diberikan harus kurang dari nilai maksimal dari beban yang di suplai turbin angin atau kincir angin. Sedangkan *switch* disini berfungsi sebagai pengaman beban disaat terjadi *over voltage* dan hubungan singkat pada kontrol.

3.5 FlowChart Kerja Alat



Gambar 3.2 FlowChart Kerja Alat

3.6 Diagram alur dan *FlowChart* Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian

3.7 Perencanaan Sistem Mikroprosesor



Gambar 3.4 Gambar Arduino UNO

Pada rancang bangun sistem ini digunakan sebuah sistem *mikroprosesor* berbasis Arduino dengan spesifikasi Arduino UNO yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Spesifikasi Arduino UNO

Mikrokontroler	Atmega 328
V operasi	5 V
V input	7 V – 12 V
Batas V input	6 V – 20 V
Jumlah Pin I/O Digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah Pin Input Analog	6
I Dc Tiap I/O	40 mA
I Dc Untuk Pin 3,3 V	50 mA
Memori Flash	32 KB (Atmega 328), sekitar 0,5 KB digunakan oleh bootleader
SRAM	2 KB (Atmega 328)

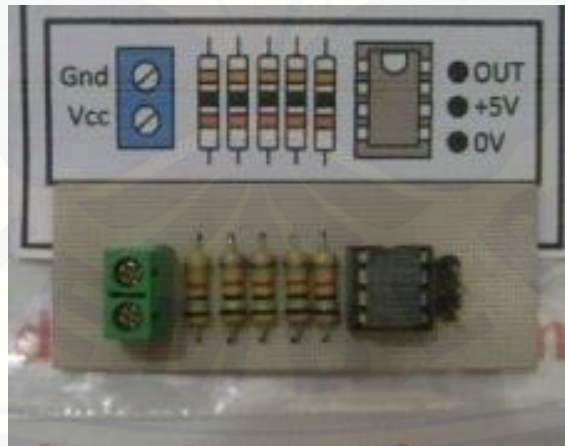
EEPROM	1 KB (Atmega 328)
Clock Speed	16 MHz

3.8 Perencanaan Sensor Tegangan

Pada rancang bangun ini pengambilan data tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*). Karena tegangan maksimum yang dapat dibaca oleh *Arduino Mega* sebatas 5 Volt, maka diperlukan rangkaian pembagi tegangan, sehingga tegangan masukan dari baterai maupun beban konverter akan diperkecil sesuai perbandingan pada rangkaian ini. Tegangan keluaran yang telah dikeluarkan ini akan dimasukkan pada rangkaian *Op-Amp buffer* (Penyangga) untuk menghasilkan nilai tegangan yang lebih konstan.

Tegangan inilah yang akan diterima *Arduino UNO* dengan bantuan fitur ADC (*Analog to Digital Converter*). Kemudian, nilai hasil konversi tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x4.

Berikut ini merupakan gambar sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.5 Sensor Tegangan

3.9 Generator DC (Kincir Angin)

Disini kincir angin yang digunakan yaitu ber tipe kincir angin *propeller* dimana generator dc sebagai turbin yang di *couple* dengan *balde* kipas angin yang memiliki tiga daun, Generator DC yang digunakan disini memiliki Spesifikasi sebagai berikut.

- Non gearbox
- Speed : 2750 rpm
- Output : hingga DC 12 V (tanpa beban)
- Dimensi body : panjang 13 cm x diameter 6 cm
- Dimensi shaft : panjang 2cm x diameter 1 cm
- Berat : 0,5 kg



Gambar 3.6 Kincir Angin Tipe *Propeller*

3.10 Perencanaan Desain Sirip – Sirip

Perencanaan desain sirip-sirip yang sesuai sangat memengaruhi dari hasil yang akan diperoleh dalam tugas akhir ini. Dalam mendisain sebuah sirip-sirip pada *wind tunnel* hal utama yang perlu diperhatikan adalah bentuk sirip - sirip, ukuran sirip - sirip, jumlah sirip yang digunakan, bahan yang digunakan dan komponen yang digunakan untuk menggerakkan sirip - sirip.

3.10.1 Bentuk, Ukuran, Jumlah sirip – sirip

Bentuk sirip - sirip yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentuk sirip – sirip *horizontal* mengapa memilih bentuk ini karena untuk menyesuaikan dari disain *wind tunnel* itu sendiri. Untuk ukuran yang di gunakan dalam penelitian ini menyesuaikan dari lebar *section test* pada *wind tunnel* yaitu 35 cm x 35 cm dengan ukuran untuk tiap siripnya yaitu 7 cm x 35 cm. Jumlah sirip – sirip yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebanyak 5 buah.



Gambar 3.7 Disain Bentuk Sirip - sirip

3.10.2 Bahan dan Komponen Penggerak

Dalam mendisain sirip – sirip pada penelitian ini bahan yang di gunakan yaitu plat besi dengan ketebalan 0,1 cm yang berfungsi sebagai daun sirip – sirip, besi dengan 35 cm x 3 cm x 0,3 cm sebagai frem dari sirip – sirip, aluminium dengan ukuran 60 cm x 1 cm x 0,2 cm sebagai engsel penghubung ke motor servo.

Dan sebagai komponen penggerak dari sirip – sirip adalah motor servo dengan spesifikasi sebagai berikut.

Futaba S3003 - Servo Standard

Specifications

Modulation:	Analog
Torque:	4.8V: 44.00 oz-in (3.17 kg-cm) 6.0V: 57.00 oz-in (4.10 kg-cm)
Speed:	4.8V: 0.23 sec/60° 6.0V: 0.19 sec/60°
Weight:	1.31 oz (37.0 g)
Dimensions:	Length: 1.57 in (39.9 mm) Width: 0.79 in (20.1 mm) Height: 1.42 in (36.1 mm)
Motor Type:	(add)
Gear Type:	Plastic
Rotation/Support:	Bushing
Rotational Range:	60°
Pulse Cycle:	30 ms
Pulse Width:	500-3000 μ s



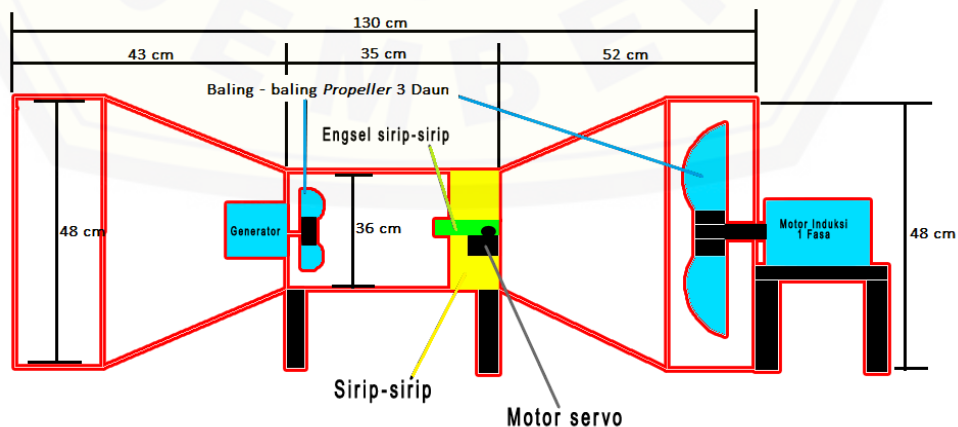
Brand: **Futaba**
Product Number: FUTM0031

Gambar 3.8 Spesifikasi dan Tampilan Motor *Servo* Futaba S3003

Sumber : <http://servodatabase.com/servo/futaba/S3003>

3.11 Perencanaan Desain *Wind Tunnel*

Pada perencanaan desain *wind tunnel* ini mengacu pada Pada penelitian sebelumnya yaitu pada tugas akhir yang berjudul analisis pengaruh pembebanan terhadap kinerja kincir angin tipe *propeller* pada *wind tunnel* sederhana yang dilakukan oleh Ikhwanul Ikhsan dan M. Akbar Hipi (2011) dimana gambar instalasi dari *wind tunnel* itu sendiri sebagai berikut:



Gambar 3.9 Desain perencanaan konstruksi *wind tunnel*

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar sudut sirip – sirip yang dihasilkan maka kecepatan angin yang dihasilkan akan semakin besar. Contoh ketika sudut sebesar 5° maka kecepatan angin yang dihasilkan sebesar 4 m/s, dan ketika sudutnya sebesar 86° maka kecepatan yang dihasilkan 6,6 m/s. (Gambar 4.13 halaman 41)
2. Kecepatan angin maksimal pada alat ini sebesar 6,9 m/s dengan sudut 90° . (Tabel 4.4 halaman 40)
3. Kecepatan putaran kincir angin maksimal sebesar 2534 Rpm dengan tegangan yang dihasilkan sebesar 8,84 Volt tanpa beban. (Tabel 4.4 halaman 40)
4. Potensi energi angin terbesar yaitu sebesar 12,14 Watt pada kecepatan angin sebesar 6,9 m/s. (Tabel 4.4 halaman 40)
5. Tegangan maksimal pada penelitian ini sebesar 8,84 Volt dengan sudut sirip – sirip 90° dan tanpa beban. (Tabel 4.4 halaman 40)
6. Nilai arus terbesar pada penelitian ini yaitu sebesar 0,72 Ampere pada *set point* 1,8 Volt dan dengan beban 2,5 Volt / 3,75 Watt. (Tabel 4.4 halaman 40)
7. Nilai koefisiensi daya pada penelitian ini kurang dari nilai idealnya dengan nilai rata – rata koefisiensi daya sebesar 0.071333.

5.2 Saran

1. Perlunya penambahan sebuah *system* program agar tegangan yang dihasilkan oleh kincir angin dapat terkunci sesuai *set point* yang di berikan.
2. Perlu adanya pengembangan penelitian dengan menambahkan perhitungan kontruksi *wind tunnel* secara detail. Agar didapat hasil yang lebih maksimal.

3. Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini kurang sesuai sebagai alat uji, Karena nilai koefisiensi dayanya jauh dari nilai ideal.
4. Untuk penelitian selanjutnya pada generator atau kincir angin perlu ditambahkan sebuah kontrol agar kincir angin tidak hanya sebagai penguji kemiringan sirip-sirip *wind tunnel* tetapi juga sebagai alat yang akan di uji.



DAFTAR PUSTAKA

- A.A.Ngr. Angga Candra Wardana., Aldilah Abubakar. (Tanpa Tahun). *Pengaturan Kecepatan Motor Menggunakan Metode Fuzzy Pada Roll Banner*. Surabaya :STIKOM Surabaya. (Paper)
- Abshar Parama Panji. 2016. *Perancangan Model Bilah Turbin Angin di Wind tunnel Berdasarkan Modifikasi Bentuk Sudu* (Paper). Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Badan Penerbit Universitas Jember. 1998. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*, Edisi Pertama. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Dolan D.S., Zepeda D., Taufik T. (Tanpa Tahun). *Development Of Wind Tunnel For Laboratory Wind Turbine Testing*. Canada. (Paper)
- Fariduzzaman. 2008. *Sistem Data Hasil Uji Terowongan Angin*. Bandung. Institute Teknologi Bandung. (Paper)
- Ikhsan, I., Hipi, A. M. 2011. *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Kincir Angina Tipe Propeller Pada Wind Tunnel Sederhana*. Makassar: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. (Paper)
- Kadir, Abdul. 1996. *Energy*. Jakarta: UPI. (Jurnal)
- Kidwind Project. 2007. *Building the Basic PVC Wind Turbin*. U.S.A. U.S. DEPARTMENT of ENERGY. (Jurnal)
- McCosker, J., 2012. *Design and Optimalisasi of a Small Wind Turbine*, New York: Rensselaer Polytechnic Institute.
- Sri Utami Handayani. 2014. *Pengembangan Dan Analisa Keseragaman Aliran Terowongan Angin Tipe Terbuka Sebagai Sarana Pengujian Aerodinamika* (Paper). Semarang: UNDIP .

Tjukup Marnoto.2011. *Peningkatan Effisiensi Kincir Angin Poros Vertikal Melalui Sistem Buka-tutup Sirip Pada 3 Sudu*.Yogyakarta. Universitas Pembangunan Nasional. (Paper)

<http://riyansblog.blogspot.co.id/2016/06/pengujian-motor-servo.html>.

<http://eprints.undip.ac.id/BAB II/S hanifa/2005>.

<http://www.servodatabase.com/servo/Futaba/S3003>.

<http://blog.circuits4you.com>.

<http://wikipedia.org>



Lampiran

A. Perhitungan Daya

Daya pada Alat

Daya pada alat = Tegangan pada sensor \times arus pada sensor

$$\text{Pada beban 0} = 1,65 \text{ V} \times 0,00 \text{ A} = 0,00 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 1} = 1,50 \text{ V} \times 0,21 \text{ A} = 0,31 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 2} = 1,48 \text{ V} \times 0,48 \text{ A} = 0,71 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 3} = 1,72 \text{ V} \times 0,51 \text{ A} = 0,87 \text{ W}$$

Daya pada multimeter

Daya pada multimeter = tegangan pada multimeter \times arus pada multimeter

$$\text{Pada beban 0} = 1,62 \text{ V} \times 0,00 \text{ A} = 0,00 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 1} = 1,50 \text{ V} \times 0,21 \text{ A} = 0,31 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 2} = 1,46 \text{ V} \times 0,47 \text{ A} = 0,68 \text{ W}$$

$$\text{Pada beban 3} = 1,75 \text{ V} \times 0,50 \text{ A} = 0,87 \text{ W}$$

B. Perhitungan Energi angin

Set Point 1,8 Volt

$$E = 1/2 \cdot \rho \cdot A_T \cdot v^3$$

$$= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 4^3$$

$$= 2,36544 \text{ Watt}$$

$$E = 1/2 \cdot \rho \cdot A_T \cdot v^3$$

$$= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 5^3$$

$$= 4,62 \text{ Watt}$$

$$E = 1/2 \cdot \rho \cdot A_T \cdot v^3$$

$$= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6^3$$

$$= 7,98336 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,6^3 \\ &= 10,62585216 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Set Point 7 Volt

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6^3 \\ &= 7,98336 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,5^3 \\ &= 10,15014 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Set Point 12 Volt

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \alpha \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1/2 \cdot \rho \cdot a \cdot A_T \cdot v^3 \\ &= 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,0616 \cdot 6,9^3 \\ &= 12,14169264 \text{ Watt} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Koefisien Daya (CP)

Set Point 1,8 Volt

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,00 / 2,36544 \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,31 / 4,62 \\ &= 0.067099567 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,71 / 7,98336 \\ &= 0.088934985 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,87 / 10,62585216 \\ &= 0.081875786 \end{aligned}$$

Set Point 7 Volt

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,00 / 7,98336 \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3} \\ &= 0,98 / 10,15014 \\ &= 0.096550392 \end{aligned}$$

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 1,34 / 12,14169264$$

$$= 0.110363525$$

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 1,24 / 12,14169264$$

$$= 0.102127441$$

Set Point 12 Volt

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 0,00 / 12,14169264$$

$$= 0,00$$

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 0,92 / 12,14169264$$

$$= 0.075771972$$

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 1,50 / 12,14169264$$

$$= 0.123541259$$

$$Cp = \frac{P}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3}$$

$$= 1,64 / 12,14169264$$

$$= 0.135071777$$

D. Perhitungan Tip Speed Ratio

Set Point 1,8 Volt

$$(\lambda) = \omega R / V$$

$$= 159,0933 \cdot 0,14 / 4$$

$$= 5.568266667$$

$$(\lambda) = \omega R / V$$

$$= 150.9293333 \cdot 0,14 / 5$$

$$= 4.226021333$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 149.8826667. 0,14/6$$

$$= 3.497262222$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 162.338. 0,14/6,6$$

$$= 3.443533333$$

Set Point 7 Volt

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 211.7406667. 0,14/6$$

$$= 4.940615556$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 207.7633333. 0,14/6,5$$

$$= 4.474902564$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 193.9473333. 0,14/6,9$$

$$= 3.935163285$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 184.7366667. 0,14/6,9$$

$$= 3.748280193$$

Set Point 12 Volt

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 265.2253333. 0,14/6,9$$

$$= 5.381383575$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 240.7333333. 0,14/6,9$$

$$= 4.884444444$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 198.0293333. 0,14/6,9$$

$$= 4.017986473$$

$$(\lambda) = \omega^R/v$$

$$= 184.946. 0,14/6,9$$

$$= 3.752527536$$

E. Perhitungan *error* %

Error % tegangan pada alat

$$Error \% = \left[\frac{\text{nilai pada sensor} \times \text{nilai pada multimeter}}{\text{nilai pada sensor}} \right] \times 100 \%$$

$$\text{Pada beban 0} = Error \% = \left[\frac{1,65 \times 1,62}{1,65} \right] \times 100 \% = 1,8 \%$$

$$\text{Pada beban 1} = Error \% = \left[\frac{1,50 \times 1,50}{1,50} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada beban 2} = Error \% = \left[\frac{1,48 \times 1,46}{1,48} \right] \times 100 \% = 1,3 \%$$

$$\text{Pada beban 3} = Error \% = \left[\frac{1,72 \times 1,75}{1,72} \right] \times 100 \% = 1,7 \%$$

Error % Arus pada alat

$$Error \% = \left[\frac{\text{nilai pada sensor} \times \text{nilai pada multimeter}}{\text{nilai pada sensor}} \right] \times 100 \%$$

$$\text{Pada beban 0} = Error \% = \left[\frac{0,00 \times 0,00}{0,00} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada beban 1} = Error \% = \left[\frac{0,21 \times 0,21}{0,21} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada beban 2} = Error \% = \left[\frac{0,48 \times 0,47}{0,48} \right] \times 100 \% = 2 \%$$

$$\text{Pada beban 3} = Error \% = \left[\frac{0,51 \times 0,50}{0,51} \right] \times 100 \% = 1,9 \%$$

Error % Daya pada alat

$$Error \% = \left[\frac{\text{nilai pada sensor} \times \text{nilai pada multimeter}}{\text{nilai pada sensor}} \right] \times 100 \%$$

$$\text{Pada beban 0} = Error \% = \left[\frac{0,00 \times 0,00}{0,00} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada beban 1} = Error \% = \left[\frac{0,31 \times 0,31}{0,31} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada beban 2} = Error \% = \left[\frac{0,71 \times 0,68}{0,71} \right] \times 100 \% = 4,22 \%$$

$$\text{Pada beban 3} = Error \% = \left[\frac{0,87 \times 0,87}{0,87} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

Error % Pada motor servo

$$Error \% = \left[\frac{\text{nilai yang diinginkan} \times \text{nilai busur derajat}}{\text{nilai yang diinginkan}} \right] \times 100 \%$$

$$\text{Pada } 0^{\circ} = Error \% = \left[\frac{0 \times 0}{0} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada } 45^{\circ} = Error \% = \left[\frac{45 \times 50}{45} \right] \times 100 \% = 11,11 \%$$

$$\text{Pada } 90^{\circ} = Error \% = \left[\frac{90 \times 90}{90} \right] \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{Pada } 135^{\circ} = Error \% = \left[\frac{135 \times 140}{135} \right] \times 100 \% = 3,7 \%$$

$$\text{Pada } 180^{\circ} = Error \% = \left[\frac{180 \times 190}{180} \right] \times 100 \% = 5,56 \%$$

F. Listing Program

```
#include <Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 4);
```

```
Servo myservo;
```

```
float tegangan = 0;
```

```
float arus = 0;
float daya = 0;
int relay = 8;
int servo = 9;
int ValServo = 0;
int OldVal = 0;
int OldValS = 0;
float SetPoint = 1.8;
int ServoMode = 1;

int number = 0;

void setup() {
  pinMode(relay, OUTPUT);
  //pinMode(servo, OUTPUT);
  digitalWrite(relay,HIGH);
  myservo.attach(servo);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  Serial.begin(9600);
  lcd.clear();
  lcd.print("SYSTEM RUNNING");
}

void loop() {
  Tegangan();
  Arus();
  Daya();
  Data();
  Command();
  TranslateCommand();
```

```
SystemWork();
LCDView();
}

void Tegangan() {
    tegangan = (0.0218 * analogRead(A3)) - 0.2649; //(0.0253 *
analogRead(A3)) - 3.8724;
}

void Arus() {
    arus = 0;
    for (int i = 0; i < 500; i++) {
        arus = arus + (.0264 * analogRead(A2) - 13.51) / 500;
    }

    //arus = (1.4011 * arus) + 0.0388;
}

void Daya() {
    daya = tegangan * arus;
}

void Data() {
    Serial.print(tegangan);
    Serial.print("|");
    Serial.print(arus);
    Serial.print("|");
    Serial.print(daya);
    Serial.print("|");
    Serial.print(ValServo);
    Serial.print("|");
```

```
Serial.print(SetPoint);
Serial.println("|");
}

void LCDView() {
  if (OldVal != ValServo)
    lcd.clear();

  if (OldValS != SetPoint)
    lcd.clear();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("CONTROLLER WORKING");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("V :");
  lcd.print(tegangan, 2);
  lcd.setCursor(9, 1);
  lcd.print("V");

  lcd.setCursor(0, 2 );
  lcd.print("A :");
  lcd.print(arus, 2);
  lcd.setCursor(9, 2);
  lcd.print("I");

  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("P :");
  lcd.print(daya, 2);
  lcd.setCursor(9, 3 );
  lcd.print("W");
```

```
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print("S(<:");
lcd.print(ValServo);
OldVal = ValServo;

lcd.setCursor(11, 2);
lcd.print("StP :");
lcd.print(SetPoint);
OldValS = SetPoint;
}

void Command() {
  if ( Serial.available() > 0 )
  {
    static char input[16];
    static uint8_t i;
    char c = Serial.read();

    if ( c != '\r' && i < 15 ) // assuming "Carriage Return" is chosen in the
Serial monitor as the line ending character
      input[i++] = c;

    else
    {
      input[i] = '\0';
      i = 0;

      number = atoi(input);
      Serial.println(number);
    }
  }
}
```

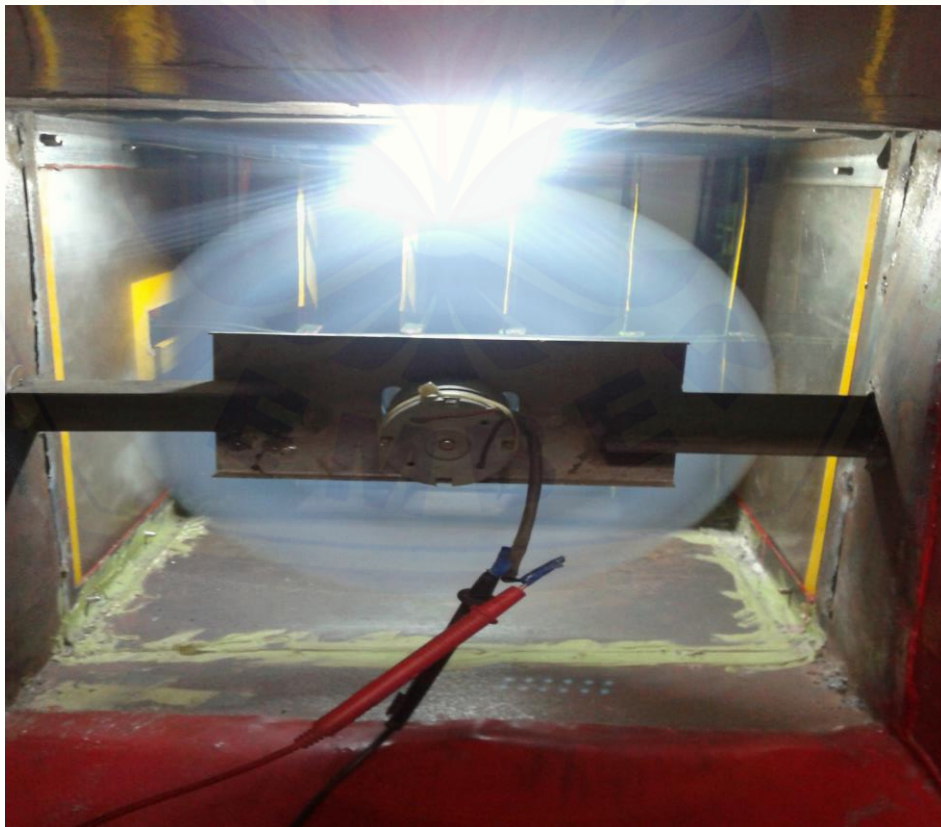
```
    }  
  }  
  
  void TranslateCommand() {  
    if (number == 1000) //Relay ON  
      digitalWrite(relay, LOW);  
  
    if (number == 1500) //Relay OFF  
      digitalWrite(relay, HIGH);  
  
    if (number >= 2000 && number < 3000) {  
      ServoMode = 0; //Manual  
      ValServo = number - 2000;  
  
      //ValServo = map(ValServo, 180, 0, 0, 180);  
      myservo.write(ValServo);  
    }  
  
    if (number == 3000) {  
      ServoMode = 1;  
    }  
  
    if (number >= 4000 && number < 5000) {  
      SetPoint = number - 4000;  
    }  
  }  
  
  void SystemWork() {  
  
    if (ServoMode = 1) {
```

```
if (tegangan < SetPoint) {  
    ValServo += 1;  
  
    if (ValServo > 90)  
        ValServo = 90;  
  
    myservo.write(ValServo);  
}  
  
if (tegangan > SetPoint) {  
    ValServo -= 1;  
  
    if (ValServo < 0)  
        ValServo = 0;  
    myservo.write(ValServo);  
}  
}  
}
```

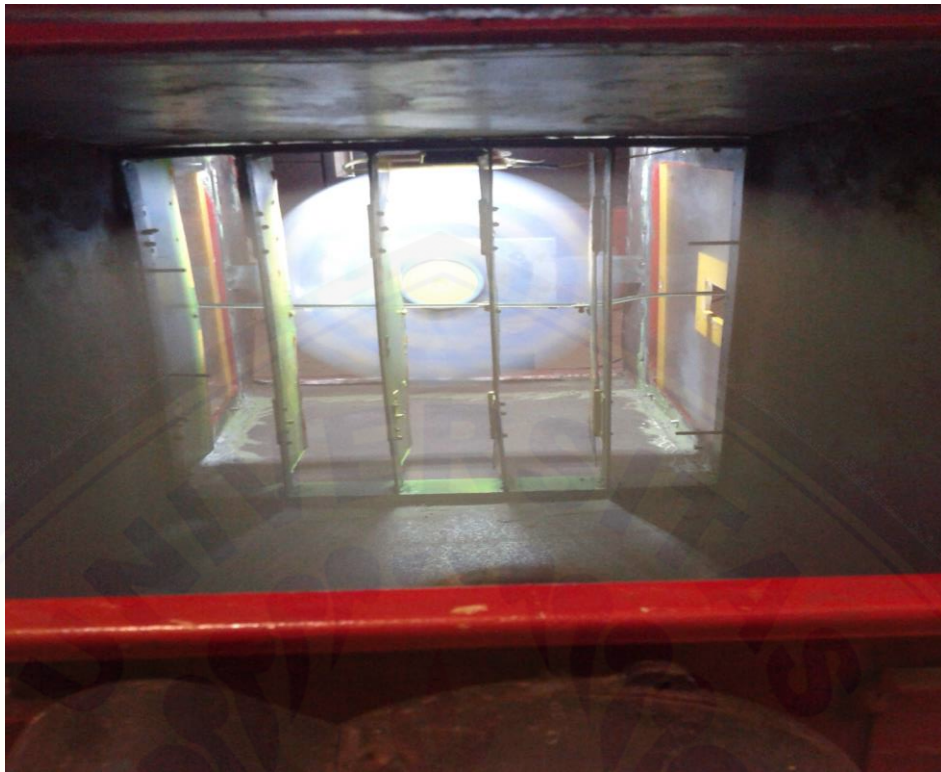
G. Dokumentasi Alat

1. Pembuatan *hardware*







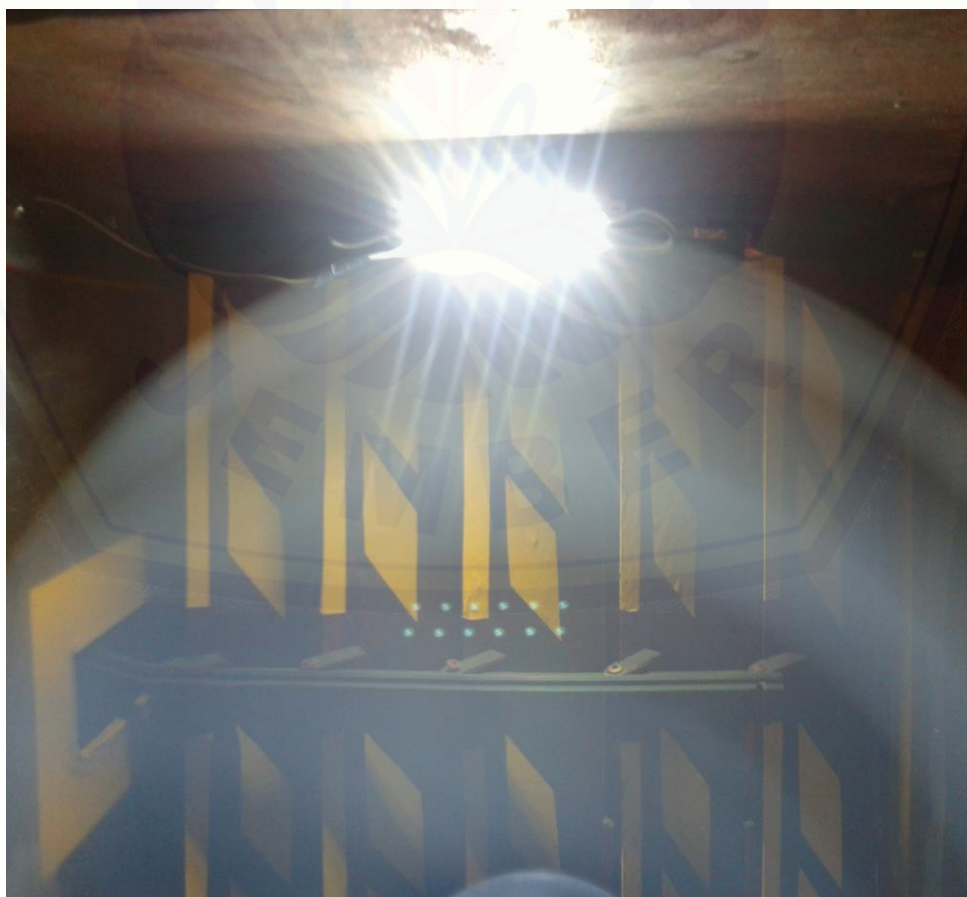
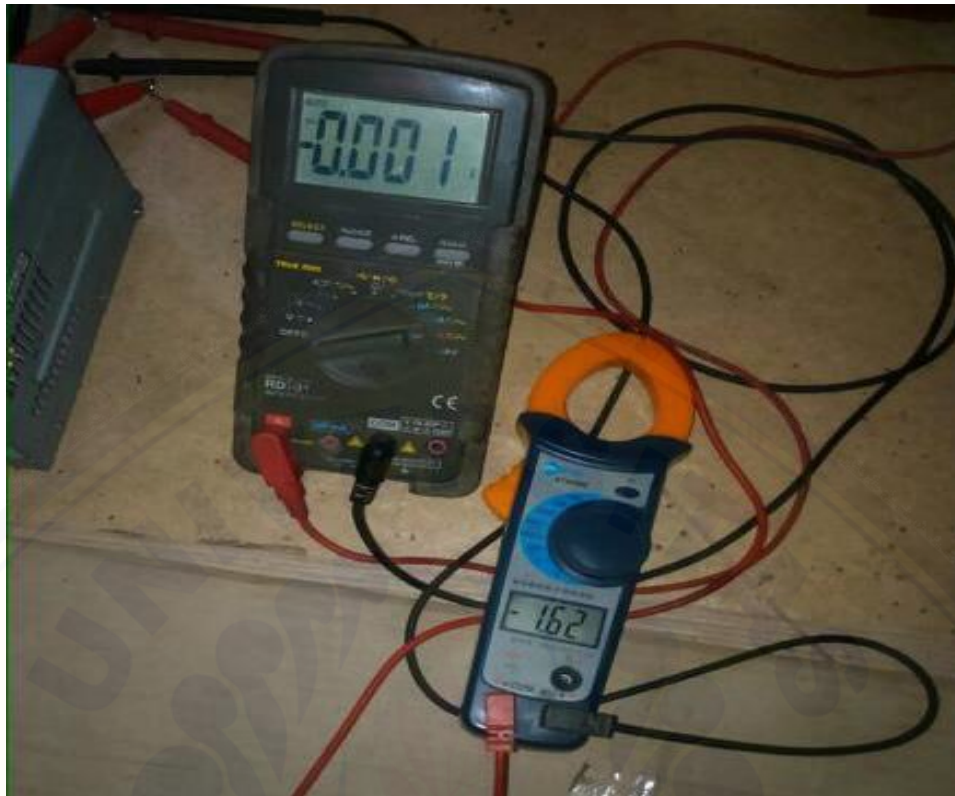




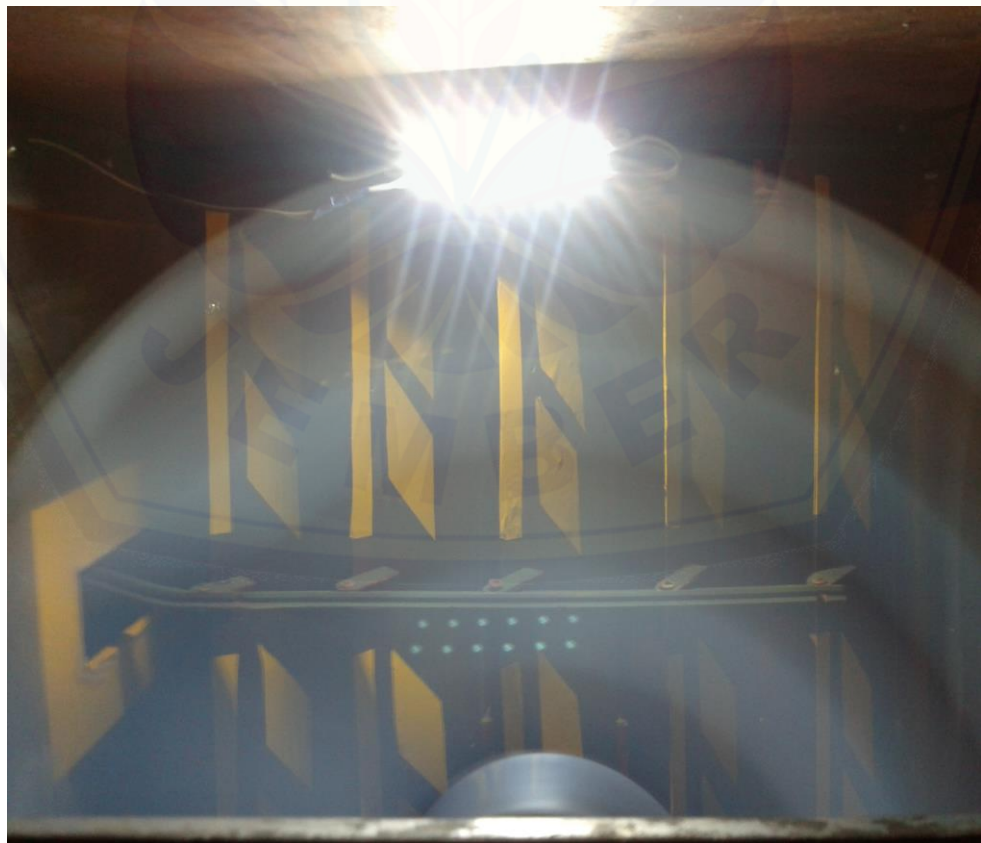
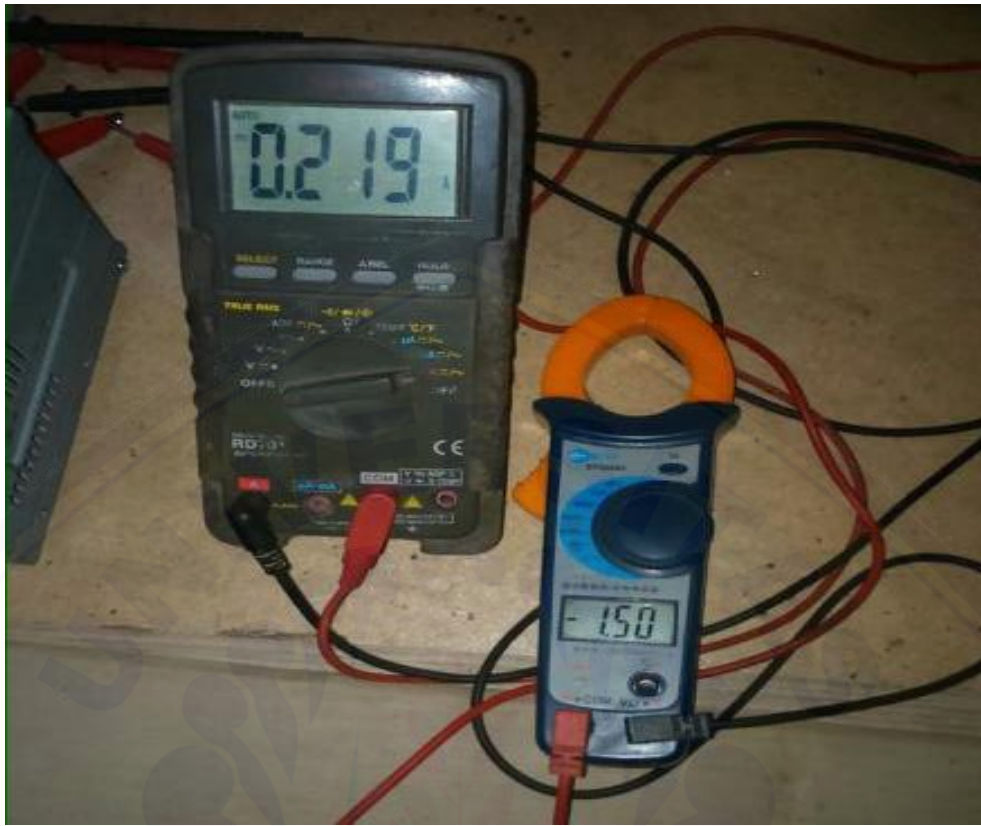
H. Dokumentasi pengambilan data

Pada set point 1,8 Volt

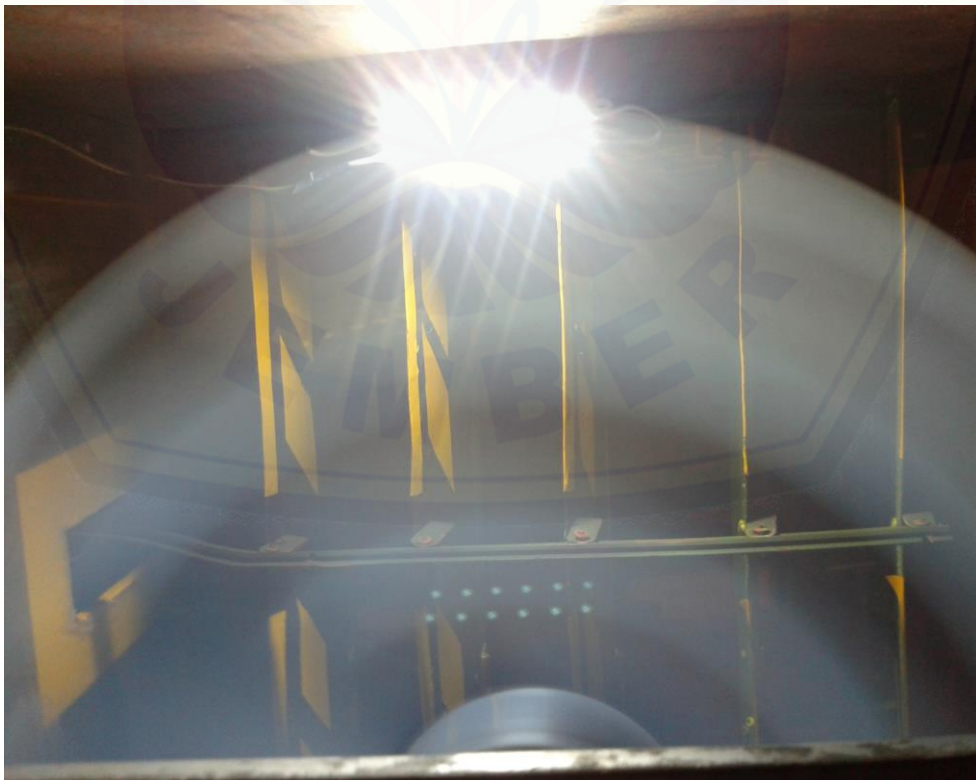












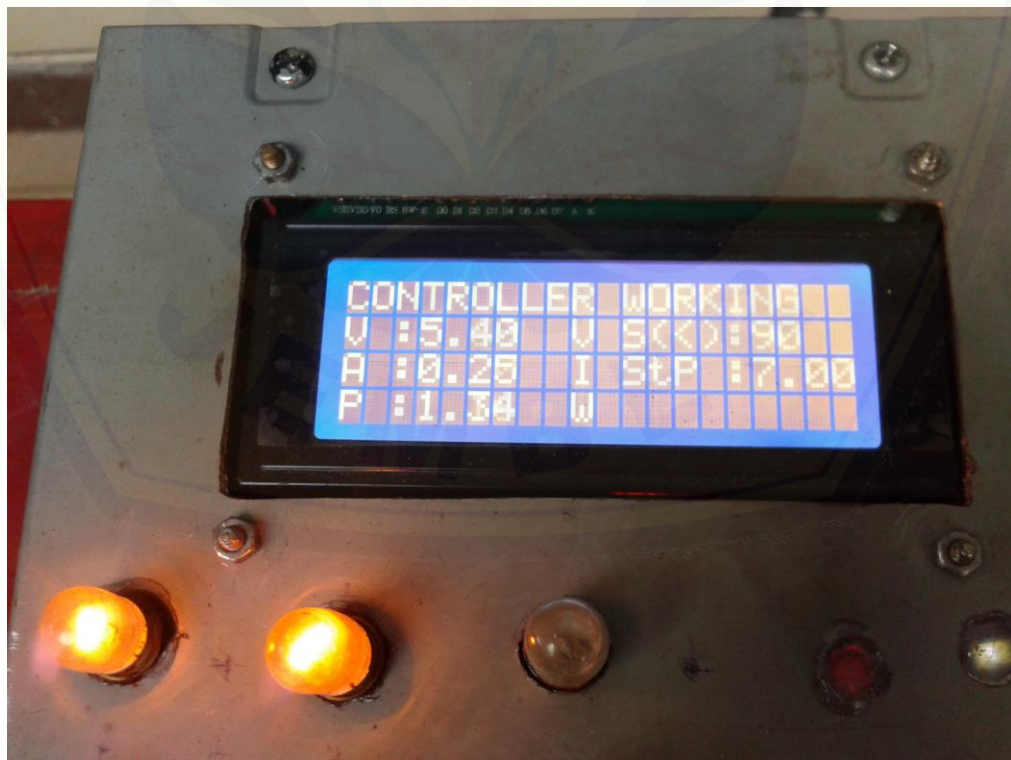
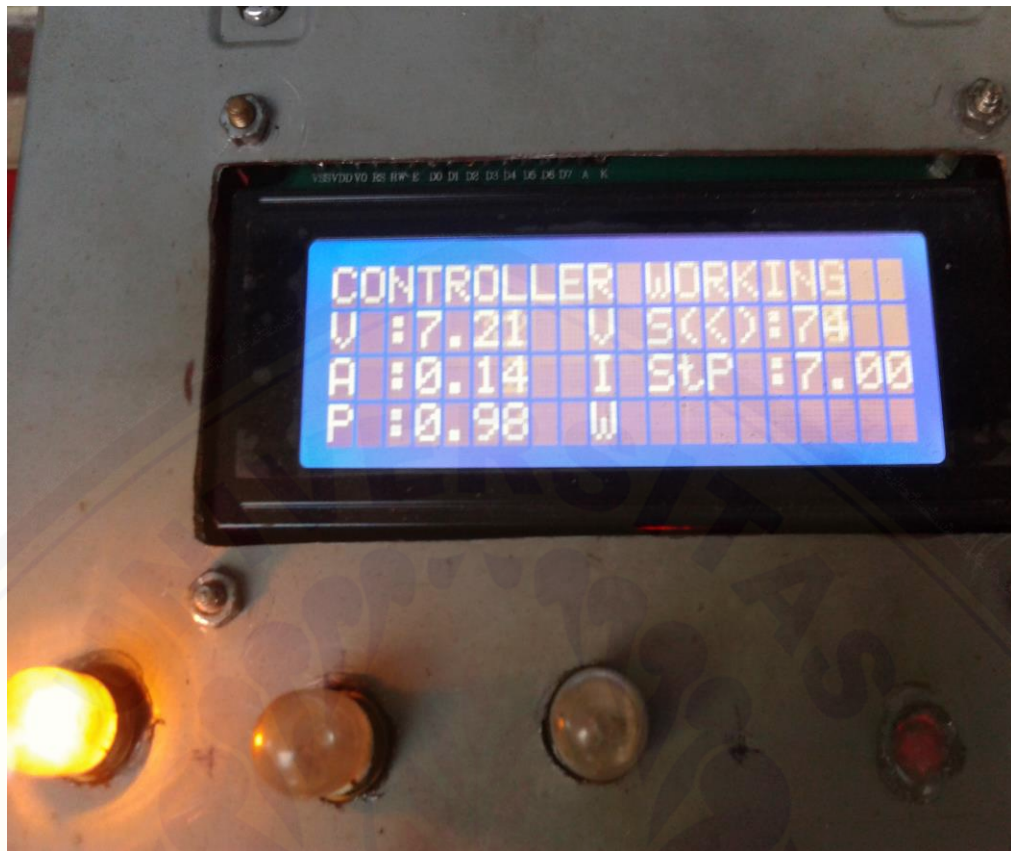






Pada set point 7 Volt



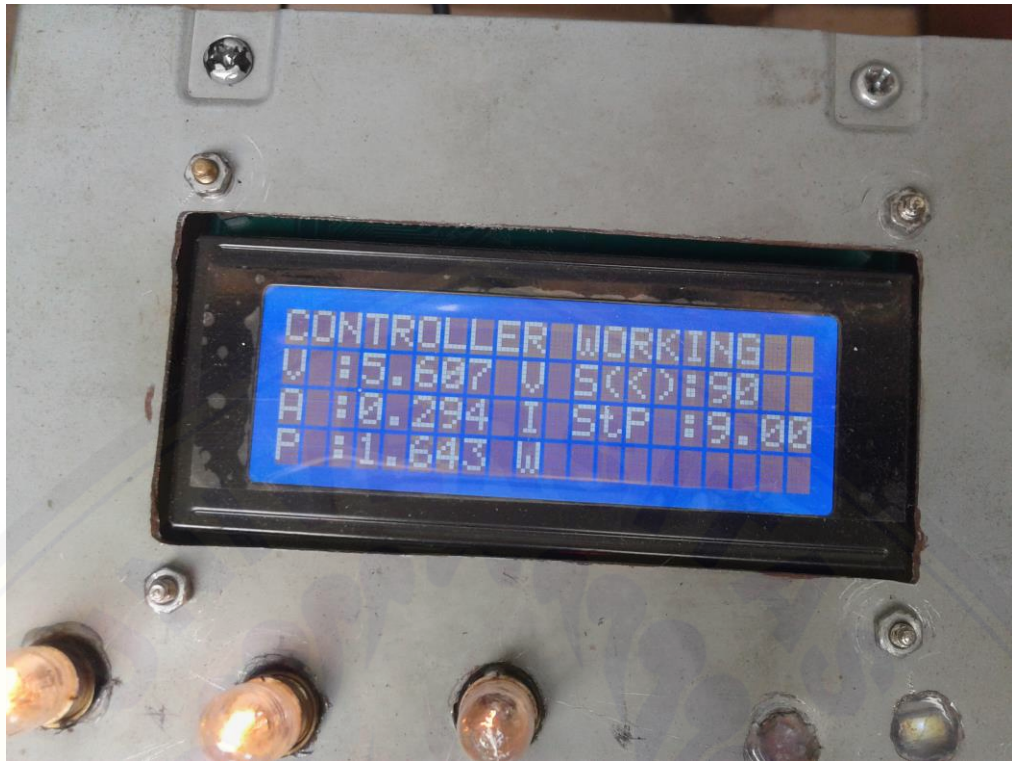




Pada set point 9 Volt







Pengukuran kecepatan angin



