

**SISTEM KENDALI DAYA MAKSIMUM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN KONVERTER BOOST**

PROPOSAL TUGAS AKHIR

*Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang Program Studi
Teknik Elektro Industri (DIV) sebagai salah satu persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan*



Disusun Oleh ;

FRANSISKA WULANDARI

14130051/2014

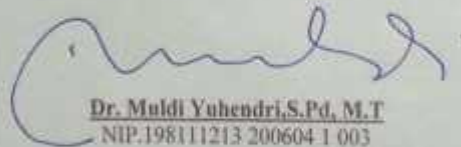
**PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Sistem Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik
Tenaga Angin Menggunakan Konverter Boost
Nama : Fransiska Wulandari
BP / NIM : 2014 / 14130051
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIY)


Padang, 05 November 2018

Disetujui Oleh
Pembimbing



Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd, M.T
NIP.198111213 200604 1 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Drs. Hambali, M.Kes
NIP. 196205081987031004

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Sistem Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik Tenaga Angin
Menggunakan Konverter Boost

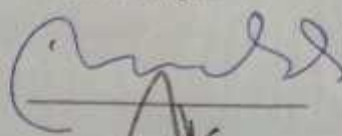
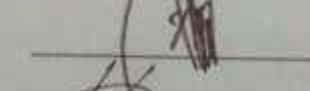
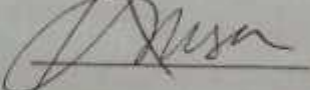
Oleh

Nama : Fransiska Wolandari
BP / NIM : 2014 / 14130051
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro Industri (DIV)

Dinyatakan LULUS Setelah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji Jurusan
Program Studi Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Padang, 05 November 2018

Dewan Penguji

Nama	Tanda Tangan
Ketua : Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd, M.T	
Anggota : Drs. Aswardi, M.T	
Anggota : Krismadinta, S.T, M.T, Ph.D	



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN DIKTI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
Telp. (0751) 443998, Fax (0751) 7055644 e-mail: clo_unp@yahoo.com



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

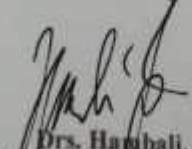
Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fransiska Wulandari
NIM/TM : 14130051/2014
Program Studi : Teknik Elektro Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul "**Sistem Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Converter Boost**" adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan Negara. Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang


Drs. Hambali, M.Kes
NIP. 19620508 1987 03 1004

Saya yang menyatakan,




Fransiska Wulandari
NIM/BP. 14130051/2014

ABSTRAK

Fransiska Wulandari : Sistem Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Konverter Boost.

Pembimbing : Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd, M.T

Kebutuhan energi listrik untuk berbagai keperluan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.. Oleh sebab itu perlu upaya untuk mencari berbagai alternatif sumber energi baru untuk pembangkit tenaga listrik agar kebutuhan energi listrik dapat dipenuhi dimasa yang akan datang. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan energi terbarukan yang dimanfaatkan sebagai sumber energi. Untuk mendapatkan tegangan keluaran PLTA Angin yang dipengaruhi oleh kecepatan angin diperlukan suatu model pengendalian yang dapat mengkompensasi perubahan tersebut. Salah satu model pengendalian yang digunakan yaitu pengendalian sistem kendali daya maksimum pembangkit listrik tenaga angin menggunakan konverter boost berbasis partubasi dan observasi.

Algoritma MPPT yang digunakan yaitu metode partubasi dan observasi berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran boost konverter agar diperoleh daya output generator maksimum pada setiap kecepatan angin. Serta algoritma ini diterapkan untuk menentukan duty cycle konverter boost yang tepat untuk titik daya maksimum berdasarkan perubahan daya dan tegangan output generator. Keseluruhannya akan diolah melalui mikrokontroler ATmega328 yang berfungsi sebagai kendali dari sistem ini.

Sesuai dengan kemampuan alat dan keterbatasan keakuratan dari alat ukur. Hasil yang diperoleh yaitu dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT daya titik maksimum yang dihasilkan pada alat ini yaitu sebesar 28 Watt, 51 Volt, pada kecepatan angin 9,2 m/s dan kecepatan putaran generator sebesar 440 RPM. Maka pada tugas akhir tingkat efektifitas kinerja alatnya sebesar 85%.

Kata kunci :Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Konverter Boost, MPPT, Partubasi dan Observasi, ATmega328.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil 'alamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Sistem Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Konverter Boost Berbasis Partubasi Dan Observasi”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Program Studi Diploma IV, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muldi Yuhendri, S.Pd, M.T, selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam pengerjaan Tugas akhir ini.
2. Bapak Drs. Aswardi, M.T, selaku Penguji pada tugas akhir.
3. Bapak Krismadinata, S.T, M.T, P.hD, selaku Penguji pada Tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik.
5. Bapak Drs. Hambali, M.Kes, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
6. Bapak Dr. Hendri, M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Industri.

7. Bapak dan ibu dosen serta seluruh staf Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membimbing dan membantu penulis selama menuntut ilmu.
8. Kedua Orang Tua dan semua keluarga yang telah banyak berjasa baik moral ataupun materil serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNP, khususnya Program Studi Teknik Elektro Industri angkatan 2014.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk mewujudkan Tugas Akhir ini dan menyelesaikan studi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga bantuan dan bimbingan serta arahan yang diberikan menjadi amal shaleh dan mendapatkan pahala dari Allah SWT, amin. Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kesalahan dan kekeliruan, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin...

Padang, November 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan	6
F. Manfaat	6
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Pembangkit Listrik Tenaga Angin	7
1. Energi angin	7
2. Turbin angin	9
B. Sistem Kendali Daya Maksimum	17
C. <i>Perturbasi</i> dan <i>observasi</i>	19
D. Konverter Boost.....	22
1. Prinsip kerja dari Konverter Boost	23
2. Prosedur merancang Konverter Boost	25
E. PWM (Pulse Width Modulation).....	28
1. Pengertian dan Prinsip Dasar PWM	28
2. Jenis-Jenis PWM.....	29
F. Mikrokontroler.....	30
Pengertian Arduino	30
G. Komponen Pendukung.....	35
1. LCD(<i>Liquid Crystal</i>).....	35
2. Catu Daya.....	37
3. Mosfet	39
4. Gate Drive	43
H. Teknik Pemrograman.....	44
1. Bahasa C.....	44
2. Diagram alur (<i>flowchart</i>).....	45

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

A. Perancangan Alat.....	47
1. Blok Diagram.....	47
2. Prinsip Kerja	50
B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....	52
1. Perancangan Catu Daya	52
2. Perancangan Sensor Tegangan	53
3. Perancangan Sensor Arus	54
4. Perancangan Konverter Boost	55
5. Perancangan Sistem Minimum ATmega328	56
6. Perancangan Gate Drive Mosfet	57
7. Perancangan Rangkaian Penampil LCD.....	58
8. Perancangan Box Alat	58
C. Perancangan Perangkat Lunak (Software)	59
1. Perancangan Flowchart.....	59
2. Pembuatan Program.....	62
D. Pembuatan Alat	63
1. Pembuatan Jalur.....	63
2. Pemindahan Jalur.....	63
3. Pelarutan	64
4. Pembersihan	64
5. Pengeboran	64
6. Pemasangan Komponen	64

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Instrumentasi Pengujian Alat	66
B. Pengujian dan Analisa Hardware	68
1. Rangkaian Catu Daya	68
2. Rangkaian Sistem Minimum ATmega328	71
3. Rangkaian Gate Drive	72
4. Rangkaian Sensor Tegangan	73
5. Rangkaian Sensor Arus	74
6. Rangkaian Konverter Boost	75
7. Pengujian MPPT pada Turbin Angin	76
C. Analisa Program	78

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	84
B. Saran	85

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sistem konversi energi angin	7
2. Turbin Angin Horizontal.....	9
3. Turbin Angin Vertikal.....	11
4. Konstruksi Generator Magnet Permanent.....	12
5. Generator magnet permanent 400 Watt	13
6. Hubungan daya maksimum terhadap kecepatan generator.....	16
7. Hubungan daya maksimum terhadap torsi optimum	16
8. Skema sistem kendali MPPT menggunakan Konverter Boost	19
9. Prinsip kerja algoritma P&O.....	20
10. Rangkaian Konverter Boost.....	22
11. Bentuk gelombang	23
12. Rangkain ekivalen Mode 1	23
13. Rangkaian ekivaln Mode 2	24
14. Gelombang kotak/pulsa	28
15. Modul Arduino Uno.....	32
16. Diagram bolk mikrokontroller ATmega328	34
17. Bentuk fisik LCD-1602a.....	36
18. Bentuk gelombang penyearah gelombang penuh	38
19. Keluaran filter pada penyearah gelombang penuh.....	39
20. Bentuk struktur dan simbol Mosfet tipe-N	41
21. Bentuk struktur dan simbol Mosfet tipe-P	42
22. <i>Gatedrive</i> IR2184S	43
23. Blok diagram.....	48
24. Skema Pengujian Turbin Angin.....	57
25. Rangkaian Catu Daya	53
26. Rangkaian sensor tegangan	54
27. Rangkain sensor arus ACS712.....	54
28. Rangkaian konverter boost	55
29. Skematik ATmega328	57
30. Rangkaian Gatedrive.....	57
31. Rangkaian LCD	58
32. Tampak Depan Box	58
33. Tampak Belakang Box.....	59
34. Tampak Samping Box.....	59
35. Flowchart sistem keseluruhan	60
36. Flowchart program (metode P&O)	61

37. Tampilan utama software arduino.....	62
38. Pemilihan papan arduino.....	62
39. Hasil pengukuran terminal catu daya 5VDC	69
40. Hasil pengukuran terminal catu daya 12 VDC	70
41. Pengujian Gate Drive	72
42. Bentuk gelombang keluaran gatedrive.....	73
43. Pengujian Sensor Tegangan	74
44. Pengujian Sensor Arus	74
45. Pengujian <i>converter boost</i>	75
46. Grafik perbandingan daya output turbin angin terhadap kecepatan angin	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Keterangan pin ISCP pada Arduino Uno	33
2. Konfigurasi pin LCD 16 x 2	36
3. Tabel Flowchart	46
4. Pengukuran mikrokontroler ATmega328	72
5. Hasil Pengujian Turbin Tanpa MPPT	76
6. Hasil Pengujian Turbin Tanpa MPPT	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik untuk berbagai keperluan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Di sisi lain, produksi energi listrik yang didominasi dari energi fosil persediaannya semakin lama semakin berkurang. Oleh sebab itu perlu upaya untuk mencari berbagai alternatif sumber energi baru untuk pembangkit tenaga listrik agar kebutuhan energi listrik dapat dipenuhi dimasa yang akan datang kebutuhannya. Pemanfaatan sumber energi terbarukan adalah salah satu alternatif untuk menggantikan posisi energi fosil ini. Beberapa sumber energi terbarukan, seperti energi surya, air, panas bumi dan angin telah mulai digunakan untuk pembangkit tenaga listrik, walaupun belum berkembang secara maksimal. Kapasitas terpasang pembangkit listrik energi terbarukan baru mencapai 5.2 GW (13%) pada tahun 2011 (Pusdatin ESDM, 2014).

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan pembangkit listrik energi terbarukan yang paling sedikit dikembangkan di Indonesia. Sampai tahun 2011, kapasitas terpasang pembangkit listrik tenaga angin baru mencapai 0.00093 GW, sedangkan potensi energi angin diindonesia mencapai 61.97 GW (wargadalam, 2014). Salah satu faktor penyebab belum berkembangnya pembangkit listrik tenaga angin adalah karena kondisi kecepatan angin rendah (3-6 m/dt) dan masih banyaknya sumber energi lain yang lebih ekonomis energi angin.

Untuk meningkatkan peran pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia perlu dilakukan pengembangan yang dapat meningkatkan performansi pembangkit.

Pengembangan sistem kendali pembangkit listrik tenaga angin mencakup pengembangan sistem kendali pada sisi turbin angin dan sistem kendali pada sisi generator. Salah satu cara untuk meningkatkan performansi pembangkit listrik tenaga angin melalui pengendalian pada sisi generator adalah pengendalian daya output generator untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga angin. Sistem kendali daya output generator ini dikembangkan berdasarkan karakteristik daya mekanik turbin angin yang nilainya bervariasi pada setiap kecepatan angin dan memiliki satu titik maksimum pada setiap variasi kecepatan angin. Salah satu cara meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga angin pada sisi generator adalah dengan mengendalikan daya output generator ini agar tetap berada di titik maksimum pada setiap variasi kecepatan angin, yang disebut juga dengan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT). Titik daya maksimum ini berada pada titik koefisien daya maksimum dan titik tip speed ratio optimum.

Sistem kendali MPPT pada pembangkit listrik tenaga angin dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan putaran generator atau dengan mengatur torsi elektromagnetik generator (Abdullah, 2012). Pengaturan kecepatan putaran generator dapat dilakukan melalui pengaturan arus dan tegangan keluaran generator melalui konverter daya.

Dalam penelitian ini digunakan boost konverter untuk mengatur kecepatan putaran generator secara tidak langsung melalui pengaturan tegangan keluaran konverter agar generator dapat beroperasi pada titik daya maksimum. Pengaturan tegangan keluaran konverter untuk MPPT dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma MPPT. Beberapa algoritma MPPT yang telah diterapkan untuk pembangkit listrik tenaga angin antara lain : metode peturbasi dan observasi (P&O), metode torsi optimum dan TSR optimum (Abdullah, 2012). Dalam penelitian ini dipilih algoritma (P&O) sebagai algoritma MPPT untuk mengatur tegangan keluaran boost konverter agar diperoleh daya output generator maksimum pada setiap kecepatan angin. Algoritma ini diterapkan untuk menentukan duty cycle boost konverter yang tepat untuk titik daya maksimum berdasarkan perubahan daya dan tegangan output generator. Kelebihan algoritma ini adalah tidak membutuhkan data kecepatan angin dan parameter turbin angin, sehingga mudah diaplikasikan untuk sistem kendali pada sisi generator (Ernadi, 2016).

Erik Tridianto (2016) dengan topik “*Maximum Power Point Tracking dengan Algoritma Partubasi dan Observasi untuk Turbin Angin.*” Perbedaannya dengan tugas akhir yang penulis buat yaitu terletak pada sisi konverternya, pada tugas akhir ini penulis menggunakan konverter boost sebagai konverternya sedangkan sebelumnya menggunakan konverter buck. Dari sisi data yang diolah yaitu penulis menggunakan sensor tegangan dan arus sebagai input nya. Sehingga berdasarkan perbandingan diatas maka penulis bermaksud untuk membuat tugas akhir dengan judul “**Sistem**

Kendali Daya Maksimum Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Konverter Boost.” Pada tugas akhir ini, tegangan *input* Konverter Boost atau tegangan *output* generator dimulai dengan *rating maximal* 48 volt, sedangkan *rating tegangan* keluaran yang diinginkan yaitu sebesar 400 Volt. Sedangkan untuk daya *maximum* nya yaitu sebesar 400Watt dengan frekuensi *switching* sebesar 20 KHz. Untuk rancangan sistem kendalinya menggunakan Mikrokontroler ATmega328 (*Arduino uno*) yang berfungsi untuk mengolah data algoritma MPPT yang akan menghasilkan pulsa PWM untuk modulasi switch boost konverter.

B. Identifikasi Masalah

1. Pembangkit listrik tenaga angin masih sedikit dikembangkan di Indonesia. Karena kecepatan angin yang tidak dapat diprediksi, serta kondisi angin yang berubah-ubah mengakibatkan tegangan keluaran dari turbin angin pun tidak stabil.
2. Dibutuhkan sebuah sistem kendali untuk pembangkit listrik tenaga angin seperti converter daya guna mengatasi kecepatan angin yang bervariasi sehingga diperoleh daya maksimum
3. Dibutuhkan algoritma untuk pengendali kecepatan putaran generator secara tidak langsung agar generator bis beroperasi pada titik daya maksimum.

C. Batasan Masalah

Agar perancangan yang dibahas pada proyek akhir tidak terlalu luas dan menyimpang pada topik yang ditentukan, maka dalam perancangan ini dibatasi beberapa hal yaitu :

1. Sistem kendali MPPT diterapkan pada pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan turbin angin horizontal dengan generator magnet permanen yang memiliki *rating* daya 400 Watt, *rating* tegangan 48 Volt, dan *rating* kecepatan 600 rpm
2. Sistem kendali MPPT dirancang menggunakan *converter boost* berbasis algoritma Peturbasi dan Observasi (P&O) .
3. Sistem kendali MPPT diimplementasikan dengan Mikrokontroller Atmega328 (*Arduino uno*) yang berfungsi untuk mengolah data yang didapat dari sensor serta yang menghasilkan pulsa PWM untuk *converter*.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan batasan masalah yang dikemukakan di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini, yaitu “Merancang dan Membuat Sistem kendali MPPT pada pembangkit listrik tenaga angin menggunakan *konverter boost* berbasis algoritma Partubasi dan Observasi?

E. Tujuan

Tujuan penulis dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merancang sistem kendali MPPT untuk pembangkit listrik tenaga angin menggunakan *konverter boost* berbasis algoritma P&O.
2. Menentukan kinerja sistem kendali daya maksimum pembangkit listrik tenaga angin menggunakan konverter boost.

F. Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah dapat meningkatkan performansi pembangkit listrik tenaga angin yang berorientasi pada peningkatan efisiensi melalui sistem kendali daya maksimum.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan : Pembangkit listrik tenaga angin pada penelitian ini telah berhasil dilakukan.

1. Sesuai dengan tujuan yang diinginkan bahwa pada penelitian ini penulis berhasil merancang sistem kendali MPPT untuk pembangkit listrik tenaga angin menggunakan *converter boost* berbasis partubasi dan observasi. Dan pada penelitian ini penulis juga dapat menentukan kinerja sistem kendali daya maksimum pembangkit listrik tenaga angin menggunakan *converter boost*.
2. Turbin angin yang dibuat mampu menjadi media sebagai sumber tegangan untuk tugas akhir ini. Keluaran dari turbin angin masuk keconverter boost, diproses oleh arduino dan ditampilkan di lcd.
3. MPPT pada tugas akhir ini mampu mencari titik daya maksimum dari turbin angin dan dibantu oleh converter boost sebagai penaik tegangan dari sistem ini.
4. Sesuai dengan kemampuan alat dan keterbatasan keakuratan dari alat ukur. Hasil yang diperoleh yaitu dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT daya titik maksimum yang dihasilkan pada alat ini yaitu sebesar 28 Watt pada kecepatan angin 9,2 m/s dan kecepatan

putaran generator sebesar 440 RPM. Nilai yang dihasilkan pada alat ini mendekati titik konstan.

B. SARAN

Dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kesalahan, baik itu pada perancangan sistim maupun pada proses pembuatan Tugas Akhir yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan dalam menyempurnakan sistim ini, penulis menyarankan dalam pengembangan pembuatan alat ini kedepannya yaitu :

1. Turbin angin yang digunakan masih memiliki kecepatan yang lambat, penulis menyarankan agar selanjutnya penerapan MPPT ini dapat menggunakan turbin angin dengan kecepatan yang lebih tinggi. Sehingga dapat diperoleh nilai atau hasil sesuai dengan rating yang diinginkan.
2. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal maka gunakanlah alat ukur dengan tingkat keakuratan yang lebih baik, karena hasil dari alat ukur merupakan salah satu penentu tercapai atau tidaknya tugas akhir ini.
3. Untuk melengkapi karakteristik dari turbin angin maka lengkapi lah tugas akhir ini dengan menentukan dan menambahkan titik koefisien dayanya.
4. Agar dapat melihat berhasil atau tidaknya MPPT ini, penulis menyarankan agar dapat melakukan beberapa percobaan terhadap variasi disetiap parameter yang diambil sehingga lebih jelas letak titik daya maksimum yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.A., Yatim, AHM., Tan, CW dan Saidur, R. 2012, "A Review of Maximum Power Point Tracking Algorithms for Wind Energy Systems", *Renewable Energy*, Vol. 16, No. 5, hal. 3220–3227.
- Andrianto, Heri. 2016. *Arduino(Belajar Cepat dan Pemrograman)*. Informatika Bandung: Bandung.
- Anggriano, bayu. 2017. *Rancang Bangun Bel Sekolah Elektronik Terprogram Dengan Sistem Otomatis Melalui Input Jam Pelajaran Berbasis Mikrokontroler Atmega32*. Universitas Negeri Padang
- Arifin, Samsul dan Akhmad Fathoni. 2014. *Pemanfaatan Pulse Width Modulation Untuk Mengontrol Motor (Studi Kasus Robot Otomatis Dua Deviana*. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA*. Vol. 8 No. 2
- Aswardi. 2010. *Modul Elektronika Daya*. Padang : Universitas Negeri Padang.
- Ernadi, Dwiyan anugrah. 2016. *Desain Maximum Power Point Tracking untuk Turbin Angin Menggunakan Modified Perturb & Observe (P&O) Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin*. *Jurnal Teknik ITS* Vol.5, No. 2
- Hidayatullah, Nur Asyik., Ningrum, Hanifah Nur Kumala. 2016. *Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal Dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracking*. *JEECAE* Vol. 1, No.1.
- Lahfaoui, Badreddine., dkk. 2016. "Real time study of P&O MPPT control for small wind PMSG turbine systems using Arduino microcontroller". *Prosiding 8th International Conference on Sustainability in Energy and Buildings*, SEB-16, 11-13 September 2016, Turin, Italy.
- Manwell, J.F., McGowan, JG. dan Rogers, A.L. 2005, *Wind Energy Explained : Theory, Design and Application*, John Willey & Sons Ltd., West Sussex.
- Mike Enda Putri. 2014. *Rancang Bangun Boost Konverter Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ATmega16 Pada Sistem Solar Cell*. Universitas Negeri Padang. Padang. Ruang baca jurusan Teknik Elektro
- PUSDATIN Kementerian ESDM. 2014, *Sektor Pasokan Energi Pembangkit dari Energi Baru dan Terbarukan : Indonesia 2050 Pathway Calculator*. Kementerian ESDM, Jakarta.
- Rachmat, Antonius. 2010. *Algoritma dan Pemrograman dengan Bahasa C – Konsep, Teori, & Implementasi*. Yogyakarta: Andi