

MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)
UNTUK WINDTURBINE

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan
Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun oleh:

Dori Oktariandi	NIM	1051708
Rifqy Adrian	NIM	1051725

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2021

LEMBAR PENGESAHAN

MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) UNTUK WIND TURBINE

Oleh :

Dori Oktariandi	NIM	1051708
Rifqy Adrian	NIM	1051725

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Eko Sulistyono, M.T.

Pembimbing 2



Ocsirendi, M.T.

Penguji 1



Zanu Saputra, M.Tr.T.

Penguji 2



Yudi, M.T.

Penguji 3



Linda Fujiyanti, M.T.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1: Dori Oktariandi

NIM: 1051708

Nama Mahasiswa 2: Rifqy Adrian

NIM: 1051725

Dengan Judul: *Maximum power point tracking (MPPT) untuk wind turbine*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 16 Maret 2021

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Dori Oktariandi



2. Rifqy Adrian



ABSTRAK

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin bergantung pada kecepatan angin dan jumlah blade pada turbin angin. Kedua hal ini menyebabkan kurva daya keluaran turbin angin menjadi non-linear, karena non-linear tersebut menyebabkan energi yang masuk ke kincir angin tidak dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu cara untuk memaksimalkan keluaran turbin angin adalah dengan mencari titik maksimum pada turbin angin tersebut. Tujuan yang harus dicapai pada proyek akhir ini adalah mampu mencari titik maksimum pada turbin angin, maximum power point tracking (MPPT) menggunakan algoritma perturbe dan observe (PO) dengan jenis beban resistor serta dapat menampilkan nilai arus dan tegangan pada serial monitor dan menyimpan nilai arus dan tegangan pada SD card. Dalam hasil pengujian pada alat ini menggunakan beban resistor 20 ohm didapatkan bahwa nilai tegangan maksimum yang terbaca sebesar 6.28v dan arus masimum 0.12A dengan daya maksimum sebesar 0.78 Watt.

Kata kunci : MPPT, algoritma(PO), turbin angin

ABSTRACT

The electrical energy produced by wind power plants depends on the wind speed and the number of blades in the wind turbine. Both of these causes the wind turbine output power curve to be non-linear, because this non-linearity causes the energy that enters the windmill not to be fully utilized. One way to maximize wind turbine output is to find the maximum point on the wind turbine. The goal that must be achieved in this final project is to be able to find the maximum point on the wind turbine, maximum power point tracking (MPPT) using the perturb and observe (PO) algorithm with the type of load resistor and be able to display the current and voltage values on the serial monitor and store the current values. and the voltage on the SD card. In the test results on this tool using a load resistor of 20 ohms, it was found that the maximum voltage value read was 6.28v and the maximum current was 0.12A with a maximum power of 0.78 Watt.

Keyword: MPPT, algoritma (PO), wind turbine

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh. Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun laporan proyek akhir ini berjudul "*Maximum Power Point Tracking (MPPT) Untuk Wind Turbine*" dengan tujuan dapat menyelesaikan Program Studi D4 Teknik Elektronika jurusan teknik elektro dan Informatika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini banyak terdapat kesalahan dan kekurangan, dan tidak lupa juga ucapan terima kasih dari berbagai pihak yang telah membantu laporan proyek akhir ini sehingga dapat diselesaikan. Harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat.

Sehubungan dengan itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta serta seluruh keluarga yang dengan penuh keikhlasan dan kesungguhan hati memberikan bantuan serta dukungan yang tak ternilai harganya.
2. Bpk I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D. Selaku Direktur di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak memberikan kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan.
3. Bpk Eko Sulistyono, M.T dan Bpk Ocsirendi, M.T Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi saran-saran dalam pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhirnya.
4. Dosen dan Staf Pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah mendidik, membina dan mengantarkan penulis untuk menempuh kematangan dalam berfikir dan berperilaku.
5. Teman-teman seperjuangan dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan masukan.

6. Sahabat-sahabat yang selalu memberikan bantuan, support, dukungan selama penyusunan laporan proyek akhir ini.

Setelah melalui proses yang panjang dan penuh tantangan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan pembuatan alat dan laporan proyek akhir ini yang masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap laporan proyek akhir ini dapat digunakan dan bermanfaat terutama bagi penulis khususnya. Semoga Allah senantiasa melimpahkan taufiq dan hidayah-Nya kepada penulis dan semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan alat dan penulisan laporan proyek ini, Wassalamua'laikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 16 Maret 2021

Penulis

DAFTAR ISI

PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah Proyek Akhir	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir	2
1.4 Manfaat Proyek Akhir	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Wind Turbine	4
2.2 Algoritma MPPT	7
2.3 Metode Perturb and Observe (PO)	8
2.4 Buck-Boost Converter	9
2.5 Pulse Width Modulation (<i>PWM</i>)	12
BAB III METODE PELAKSANAAN	13
3.1 Konsultasi, Pengumpulan Data dan Pengolahan Data	13

3.2	Perancangan <i>Hardware</i> MPPT	13
3.3	Perancangan dan pembuatan <i>software</i> Maximum Power Point Tracking (MPPT).....	14
3.4	Perancangan Sistem.....	16
3.5	Komponen yang digunakan	17
3.6	Perancangan hardware Turbin Angin	17
BAB IV PEMBAHASAN.....		19
4.1	Diagram Blok	19
4.2	Pengujian Sensor Tegangan.....	20
4.3	Pengujian Sensor arus INA 219.....	21
4.4	Pengujian Buck Boost Converter	22
4.5	Pengujian Turbin Angin	24
4.6	Pengujian Algoritma Perturb and Observe	26
4.6.1	Menggunakan beban 1K Ohm	27
4.6.2	Menggunakan beban 200 Ohm.....	28
4.6.3	Menggunakan beban 50 Ohm.....	28
4.6.4	Pengujian MPPT Terhadap Turbin Angin.....	29
4.6.4.1	Pengujian dengan menggunakan beban 20 Ohm	30
4.7	Kelebihan dan Kelemahan.....	31
4.7.1	Kelebihan	31
4.7.2	Kelemahan	32
BAB V PENUTUP.....		33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran.....	33
DAFTAR PUSTAKA		35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 kurva perbandingan antara C_p , C_t , dan λ berbagai jenis turbin	7
Gambar 2. 2 Kurva MPPT hubungan kecepatan rotor dan daya.....	8
Gambar 2. 3 Kurva karakteristik Algoritma (PO).....	9
Gambar 2. 4 Rangkaian Buck-boost converter	10
Gambar 2. 5 Rangkaian switch tertutup	10
Gambar 2. 6 Rangkaian switch terbuka	11
Gambar 3. 1 Desain perancangan MPPT	14
Gambar 3. 2 Flowchart MPPT <i>wind turbine</i>	15
Gambar 3. 3 Flowchart perancangan sistem	16
Gambar 3. 4 Desain perancangan turbin angin	18
Gambar 4. 1 Blok Diagram	19
Gambar 4. 2 <i>Schematic</i> Buck Boost Converter.....	22
Gambar 4. 3 Grafik data tegangan XLSEMI 6019	24
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Turbin Angin tanpa MPPT	26
Gambar 4. 5 Grafik XLSEMI 6019 resistor 1K ohm dengan <i>duty cycle</i> 0-255....	27
Gambar 4. 6 Tampilan grafik beban 200 ohm dengan <i>duty cycle</i> 0-255	28
Gambar 4. 7 Menggunakan beban resistor 50 Ohm dengan <i>duty cycle</i> 255.....	29
Gambar 4. 8 Tampilan serial monitor	30
Gambar 4. 9 Grafik hasil uji dengan beban 20 Ohm.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi komponen yang digunakan.....	17
Tabel 4. 1 Tabel pengujian sensor tegangan	20
Tabel 4. 2 Pengujian sensor arus INA 219.....	21
Tabel 4. 3 Data Pengujian Buck Boost Converter	23
Tabel 4. 4 Tabel pengujian Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Berbeda	25

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : DAFTAR RIWAYAT HIDUP
- Lampiran 2 : PROGRAM ARDUINO MEGA 2560
- Lampiran 3 : DATA PENGUJIAN MPPT

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi manusia untuk digunakan secara terus menerus, semakin meningkatnya kebutuhan energi manusia terhadap penggunaan energi dan terbatasnya sumber energi tidak terbarukan yang ada (bahan bakar fosil), sehingga antara pasokan sumber energi dan kebutuhan tidak sebanding. Salah satu alternatif untuk mengatasi krisis energi tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan, salah satu energi terbarukan yang dapat digunakan adalah energi angin.

Angin merupakan salah satu energi terbarukan yang banyak tersedia di alam, energi yang dihasilkan angin dapat dimanfaatkan salah satunya menjadi energi listrik. *Wind Turbine* atau kincir angin merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik, dengan cara kerja cukup sederhana, dimana energi angin yang memutar turbin digunakan untuk memutar rotor pada generator sehingga terjadi perubahan *fluks* pada stator sehingga menghasilkan tegangan dan arus listrik. Namun dalam penggunaannya, daya yang terserap tidak digunakan sepenuhnya, karena setiap kecepatan angin memiliki daya maksimum yang berbeda-beda, sehingga untuk mengoptimalkan daya yang terserap dari *Wind Turbine* perlu menggunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).

Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mendapat nilai daya maksimum dari *wind turbine*. MPPT berbasis *metode Pertube & Observe* salah satu metode yang mudah diimplementasikan pada sistem *wind turbine* karena memiliki algoritma yang sederhana (Dwiyani Anugrah Ernadi, 2016). Metode ini mengacu pada karakteristik V-P dari sel surya yang terdiri dari 3 titik yaitu, jika nilai $P(t)-P(t-1)=0$, nilai $P(t)-P(t-1)<0$, dimana $P(t)$ merupakan daya saat ini, sedangkan $P(t-1)$ merupakan daya sebelumnya, dimana algoritma *perturb* yaitu perubahan yang

terjadi terhadap tegangan/arus referensi, sedangkan *Observe* adalah perhitungan daya yang disebabkan oleh perubahan tegangannya (Utami, 2017).

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka penulis tertarik untuk membuat sebuah alat yang berjudul “**Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk Wind Turbine**”, dengan menggunakan metode *Perturb & Observe* sebagai algoritma dan *wind turbine* sebagai sumber energi listrik. Sehingga MPPT ini dapat memaksimalkan pengeluaran daya yang dihasilkan oleh *wind turbine*.

1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah Proyek Akhir

1.2.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat berdasarkan latar belakang proyek akhir ini antara lain:

1. Bagaimana membuat alat yang dapat memaksimalkan keluaran daya *wind turbine* menggunakan algoritma *Perturb and Observe* ?.
2. Bagaimana pengaruh nilai output *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Untuk *Wind Turbine* menggunakan beban resistor yang berbeda ?.

1.2.2 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pembuatan proyek akhir yang berjudul *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Untuk *Wind Turbine* ini adalah:

1. Algoritma yang digunakan dalam mencari titik maksimum pada alat ini menggunakan algoritma *Perturb and Observe* (PO).
2. Batasan tegangan maksimum pada alat sebesar 25V.
3. Pengujian alat hanya menggunakan beban resistor variasi.

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan pembuatan proyek akhir yang berjudul *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Untuk *Wind Turbine* ini adalah:

1. Mendapatkan rancangan alat yang dapat memaksimalkan keluaran daya *Wind Turbine*.
2. Menyimpan data hasil keluaran daya pada *Maximum Power Point Tracking*

(MPPT) pada *Wind Turbine* menggunakan SD card.

1.4 Manfaat Proyek Akhir

Berdasarkan tujuan di atas, maka manfaat yang diharapkan dalam pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi pembuatan proyek akhir atau penelitian selanjutnya tentang *Maximum Power Point Tracking* Untuk *Wind Turbine*, agar MPPT dapat mendapatkan nilai titik daya maksimum secara kontinyu terhadap kecepatan angin yang berubah-ubah.
2. Pembuatan proyek akhir ini bermanfaat untuk mengetahui nilai daya maksimum pada *Wind Turbine*, menggunakan algoritma *Perturb and Observe* dengan menampilkan tegangan maksimum, arus maksimum, daya maksimum, terhadap nilai output *Wind Turbine* dengan batas duty cycle 0-255 dan menyimpan hasil data tersebut pada modul SD card, sehingga data tersebut dapat tersimpan dan digunakan kembali, serta pengaruh penggunaan *Wind Turbine* terhadap MPPT dan tanpa MPPT.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Wind Turbine*

Wind turbine atau turbin angin adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik dengan prinsip induksi magnetik. Generator merupakan komponen yang menghasilkan energi listrik pada turbin angin yang terdiri dari dua bagian, yaitu stator (bagian stasioner) meliputi rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan rotor (bagian yang berputar) terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor. Prinsip kerja generator adalah menggunakan kaidah Hukum Faraday, yaitu apabila sebuah penghantar digerakan dalam sebuah medan magnet, maka kedua ujung penghantar tersebut akan timbul ggl induksi. Bila kedua ujungnya dihubungkan dengan beban, misalnya sebuah lampu, maka akan mengalir arus listrik dan timbul daya listrik (Sumiati & Zamri, 2013).

Wind turbine atau turbin angin dibagi menjadi dua jenis yaitu turbin angin poros horizontal (HAWT) yang memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun sejajar, dan turbin angin poros vertikal (VAWT) yang memiliki poros atau sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Proses konversi energi dari kecepatan angin terhadap daya mekanik (P_m) dan produksi torsi (T_m) dapat diketahui dengan persamaan (2.1) dan (2.2) berikut :

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \pi \cdot R^2 \cdot V^3 \cdot C_p \dots \dots \dots (2.1)$$

$$T_m = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \pi \cdot R^3 \cdot V^2 \cdot C_T \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

C_p = koefisien daya

C_T = koefisien torsi

ρ = kerapatan udara

πR^2 = area sapuan rotor turbin angin (m^2)

v_w = kecepatan angin

Koefisien daya merupakan perbandingan antara daya mekanik pada *shaft* turbin dengan daya yang terdapat pada angin tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai dari daya mekanik adalah jumlah *blade*, bagian *airfoil*, permukaan *blade* (bentuk dan sudut). Secara sederhana dapat dijelaskan bahwa perubahan kecepatan angin mempengaruhi kecepatan rotasi (ω_m) dimana (ω_m) harus mencapai nilai C_P terbaik. *Tip speed ratio* adalah perbandingan antara kecepatan ujung rotor ($R\omega_m$) terhadap kecepatan angin (V_w) dapat diketahui dengan persamaan (2.3).

$$\lambda = \frac{R\omega_m}{V_w} \dots\dots\dots(2.3)$$

Fungsi dari perbandingan kecepatan *shaft* terhadap kecepatan ujung angin dapat diketahui dengan persamaan (2.4).

$$C_T = \frac{C_p}{\lambda} \dots\dots\dots(2.4)$$

Torsi statis dan torsi dinamis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$T_s = F_s \cdot r_s \dots\dots\dots (2.5)$$

$$T_d = F_d \cdot r_d \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$F_s = F_d$ = gaya pada poros akibat puntiran (Newton)

$r_s = r_d$ = jarak lengan ke poros (meter)

Perhitungan daya output poros pada gerak melingkar secara umum dapat dijelaskan dengan persamaan :

$$P_p = Td \cdot \frac{2\pi\eta}{60} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

P_p = daya putar poros (watt)

n = banyaknya putaran poros per menit

Daya yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{gen} = V_{gen} \cdot I_{gen} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

P_{gen} = daya pada generator (Watt)

V_{gen} = tegangan (volt)

I_{gen} = arus (ampere)

Efisiensi sistem dapat dihitung dengan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh generator (P_{gen}) dengan daya yang dihasilkan oleh angin (P_{in}) melalui persamaan :

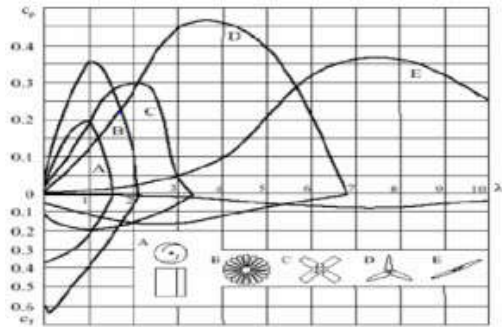
$$\eta_{sistem} = \frac{P_{gen}}{P_{in}} \cdot 100\% \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

P_{gen} = daya pada generator (Watt)

P_{in} = daya pada angin (Watt)

Dengan hubungan C_P , λ dan untuk jenis turbin yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.1 terdapat satu titik dimana nilai koefisien daya mencapai nilai maksimum pada tipe 3 blade. Pada operasi kecepatan tetap kecepatan turbin ωm akan tetap. karena kecepatan angin berubah-ubah, maka perbandingan kecepatan ujung dan koefisien dayanya pun akan berubah. Karena karakteristik C_P yang hanya memiliki satu nilai maksimum, maka koefisien daya ini hanya akan bernilai maksimum pada satu nilai kecepatan angin.



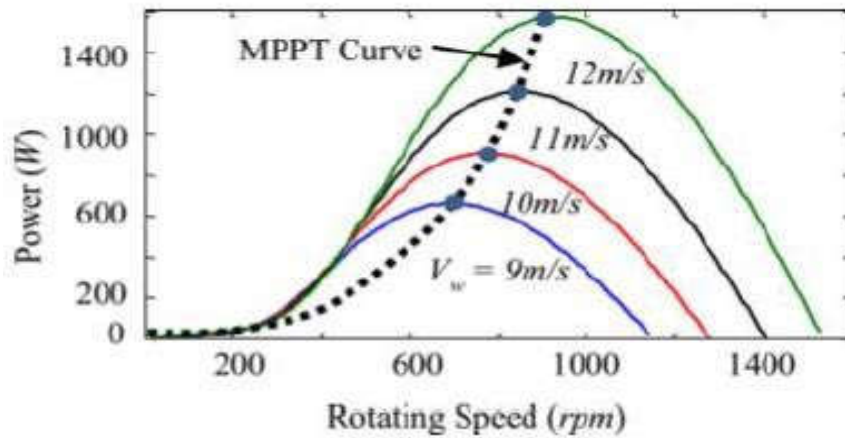
Gambar 2. 1 kurva perbandingan antara C_p , C_t , dan λ untuk berbagai jenis turbin (Aryanto, Mara, & Nuarsa, 2013)

2.2 Algoritma MPPT

MPPT merupakan suatu metode/algoritma yang digunakan untuk menemukan titik maksimum daya pada *wind turbine*. Daya pada MPPT dalam pengoperasiannya memiliki arus input (I) dan tegangan input (V), sehingga didapatkan daya (P) dengan persamaan (1).

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.10)$$

Daya yang dihasilkan oleh *wind turbine* sangat bergantung pada kecepatan angin yang diterima oleh *wind turbine* sehingga dengan kondisi tersebut daya yang dikeluarkan *wind turbine* memiliki nilai yang bervariasi. Sehingga diperlukan sebuah sistem yang dapat mencari titik maksimum daya yang dihasilkan *wind turbine*. Efisiensi konversi energi turbin akan maksimal jika nilai *tip speed ratio* sehingga perubahan kecepatan angin harus diikuti dengan perubahan kecepatan rotor turbin untuk mempertahankan *tip speed ratio* pada titik optimal. Hubungan antara kecepatan rotor dengan daya dapat dilihat sebagai berikut:

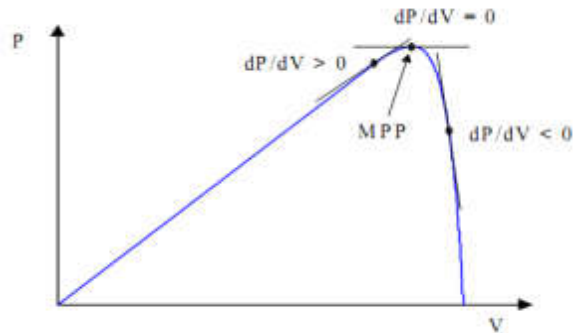


Gambar 2. 2 Kurva MPPT hubungan kecepatan rotor dan daya (Akbar, 2017)

Dapat dilihat perbandingan daya dengan *rpm* dimana Pada kecepatan angin tertentu yang membuat rotor pada turbin angin berputar, semakin besar nilai *rpm* pada turbin angin maka dayanya akan semakin besar pula. Oleh karena itu, metode yang digunakan pada MPPT bervariasi sesuai dengan algoritma yang digunakan, dimana tujuan dari algoritma ini adalah menemukan titik optimal yang berarti kecepatan tidak terlalu jatuh namun arus yang dihasilkan dalam kondisi maksimal.

2.3 Metode *Perturb and Observe* (PO)

Pada metode *Perturb and Observe* (PO) nilai daya maksimum bias didapatkan tanpa harus mengetahui karakteristik dari sistem turbin angin. Nilai daya maksimum didapatkan dengan cara mengatur besaran tegangan dc pada konverter, dengan perubahan besar tegangan dc pada konverter, maka nilai daya juga akan berubah (Prasetyo & Endryansyah, 2018). Kurva karakteristik algoritma (PO) dapat dilihat pada gambar 2.3.

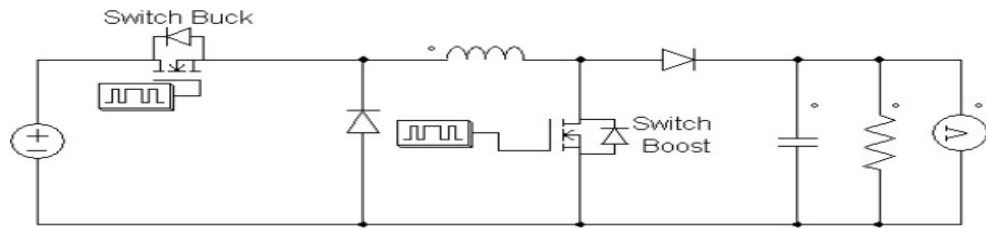


Gambar 2. 3 Kurva karakteristik Algoritma (PO) (Widodo, Rugianto, Asmuniv, & Sejati, 2009)

Pada Gambar 2.3, terdapat 3 titik yang berada pada 3 posisi. Di posisi pertama $P/V > 0$ adalah perbandingan daya saat ini dengan tegangan sebelumnya > 0 dan algoritma mppt akan mencari nilai *maximum power point* (MPP), kurva $P/V=0$ titik daya maksimum yang dicapai (MPP) dan di sebelah kanan puncak $P/V < 0$ akan menuju nilai (MPP). Algoritma ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan $V(k)$ dan arus $I(k)$ untuk memperoleh $P(k)$. *Perturb* $D(V)$ diberikan untuk meng-observe nilai daya output $P(k+1)$. Nilai $P(k+1)$ kemudian dibandingkan dengan nilai $P(k)$. Jika $P(k+)$ lebih besar dari $P(k)$ maka nilai *perturb* dilakukan benar. Namun jika sebaliknya *perturb* harus dilakukan dalam arah sebaliknya. Dengan demikian nilai MPP akan didapatkan (Utami, 2017).

2.4 *Buck-Boost Converter*

Buck-boost converter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah tegangan DC to DC. *Buck-boost converter* bisa untuk menaikkan tegangan (*Boost*) maupun menurunkan tegangan (*Buck*). Untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan dapat dilakukan dengan cara mengubah *duty cycle*-nya menggunakan rangkain PWM. Jika *Duty cycle* 50%, tegangan output sama dengan tegangan input. Apabila *duty cycle*-nya diturunkan ($< 50\%$), tegangan output akan lebih kecil daripada tegangan input yang berarti berfungsi sebagai *buck converter*. Sedangkan apabila *duty cycle*-nya dinaikkan ($> 50\%$), tegangan output akan lebih besar daripada tegangan input yang berarti berfungsi sebagai *boost converter*. Berikut ini dapat dilihat pada gambar 2.5 rangkaian *Buck-boost converter*.



Gambar 2. 4 Rangkaian Buck-boost converter (kurniawan & kusumaningrum, 2016)

Buck-boost converter dibagi menjadi dua kondisi yaitu kondisi *switch* tertutup dan kondisi *switch* terbuka. Ketika kondisi *switch boost* tertutup maka D1 dan D2 akan bekerja *reverse bias* sehingga arus akan mengisi induktor L dan arus induktor (I_L) naik sampai arus maksimum dari induktor. Penurunan pada *switch* tertutup dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_{in} = V.L \dots \dots \dots (2.11)$$

$$V_{in} = L \times (di/dt) \quad V_{in} = L \times (di/Ton) \text{Dimana :}$$

V_{in} = Tegangan input (V)

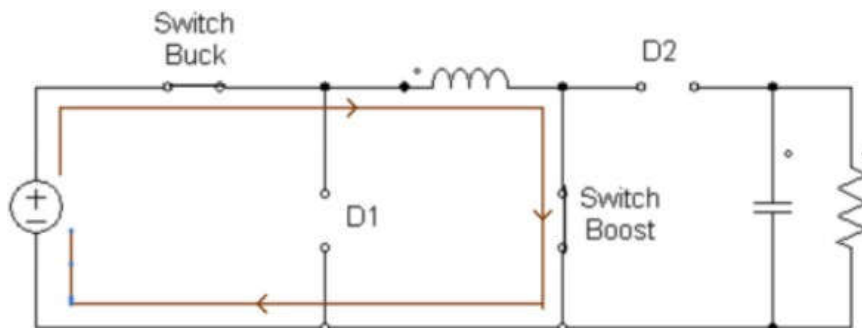
V = Tegangan (V)

L = Induktor (H)

T_{on} = Time ON (s)

D_i = perubahan arus (A)

di/dt = perubahan arus terhadap waktu (A/s)



Gambar 2.5 Rangkaian *switch* tertutup (kurniawan & kusumaningrum, 2016)

Pada saat *switch boost* terbuka, maka kedua dioda bekerja *forward-bias* dan arus yang tersimpan pada induktor L akan menyuplai ke beban. Penurunan pada saat *switch* terbuka dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_{out} = V \dots \dots \dots (2.12)$$

$$V_{out} = L \times (di/dt)$$

$$V_{out} = L \times (di/T_{off})$$

$$L di = V_{out} \cdot T_{off}$$

Dimana :

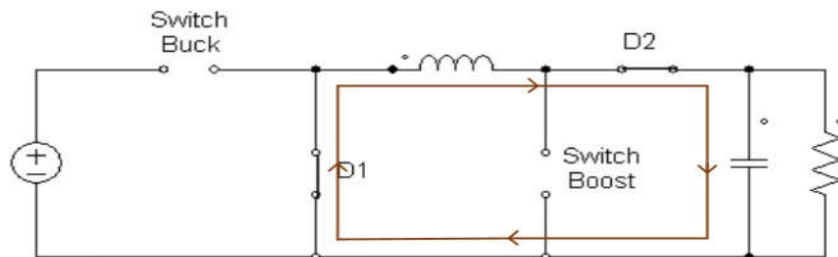
V_{out} = Tegangan output (V)

L = Induktor (H)

T_{off} = Time OFF (s)

Di = perubahan arus (A)

di/dt = perubahan arus terhadap waktu (A/s)



Gambar 2. 6 Rangkaian switch terbuka (kurniawan & kusumaningrum, 2016)

Ketika *switch* tertutup dan terbuka di gabungkan, maka diperoleh persamaan tegangan output rangkain *buck-boost converter* sebagai berikut :

$$V_{in} = (V_{out} \cdot T_{off}) / T_{on}$$

$$T_{on} = D \cdot T$$

$$T_{off} = (1-D) \cdot T$$

$$V_{in} = (V_{out} \cdot (1-D) \cdot T) / (D \cdot T)$$

$$V_{in} = (V_{out} \cdot (1-D)) / D$$

$$V_{out} = (V_{in} \cdot D) / (1-D)$$

Dimana :

V_{in} = Tegangan input (V)

- Ton = Time ON (s)
- D = *Dutty cycle*
- Vout = Tegangan output (V)
- Toff = Time OFF (s)
- T = Time (s)

2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM (*pulse width modulation*) merupakan cara yang dilakukan untuk mengontrol lebar daya. Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi, lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).

Sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dapat menggunakan metode analog atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut (Fortuna & Alamsyah, 2020). Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak $2^8 = 256$ variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut. *Duty cycle* pada PWM dapat diketahui dengan persamaan :

$$Dc = (Ton / (Ton + Toff)) \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

Ton = Periode High (Hz)

Toff = Periode Low (Hz)

Tegangan rata-rata dapat diketahui dengan persamaan :

$$Va = Vin \cdot Dc \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

Vin = Tegangan input (V)

Dc = *Duty Cycle*.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

3.1 Konsultasi, Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

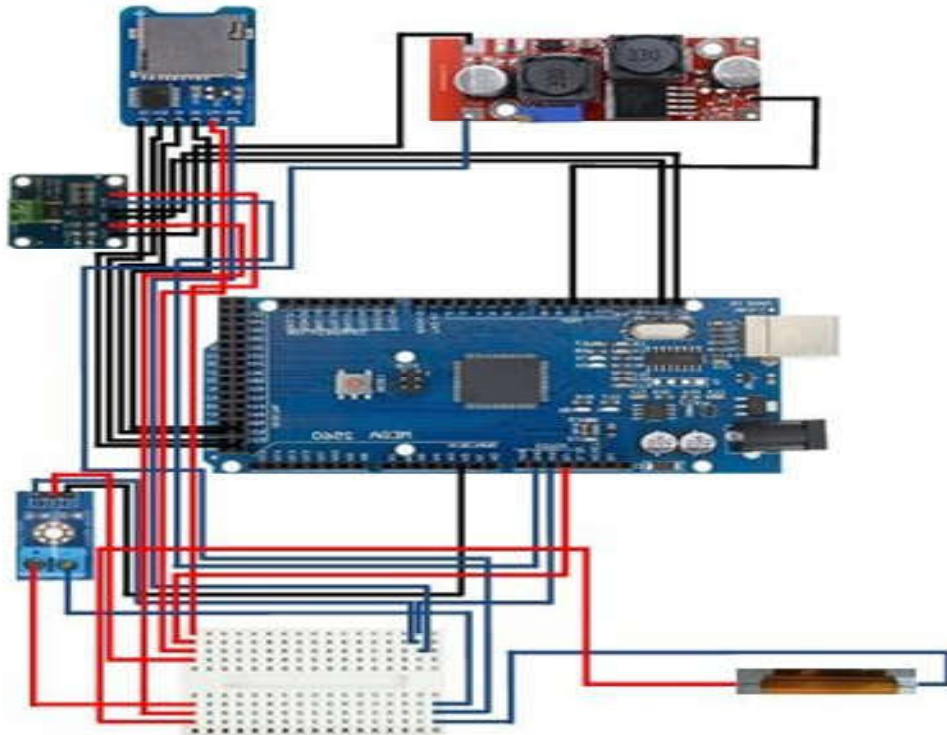
Konsultasi kepada dosen pembimbing mengenai hal-hal yang diperlukan, seperti komponen yang digunakan, prinsip kerja alat. Pengumpulan data dalam proyek akhir ini berupa informasi tentang data-data sumber referensi, baik yang diambil dari jurnal ilmiah ataupun artikel agar dapat mendukung pembuatan alat “*Maximum Power Point Tracking Untuk Wind Turbine*”. Pada pengolahan data dilakukan pemilihan pada referensi yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan dan penggunaan, beberapa data yang dilakukan didapat hasil yaitu:

1. Jenis turbin angin yang digunakan adalah horizontal, dan spesifikasi turbin angin yang digunakan adalah 300W.
2. Metode pengontrolan menggunakan *Perturb and Observe* untuk mendapatkan titik daya maksimum yang diinginkan.

Pada proyek akhir ini proses pengukuran sensor arus maupun tegangan ditampilkan dalam serial monitor, dimana Arduino dihubungkan ke sensor untuk menampilkan arus yang terukur, tegangan yang terukur, nilai arus maksimum, nilai tegangan maksimum dan nilai daya maksimum keluaran pada arus dan tegangan yang akan ditampilkan dalam grafik.

3.2 Perancangan *Hardware* MPPT

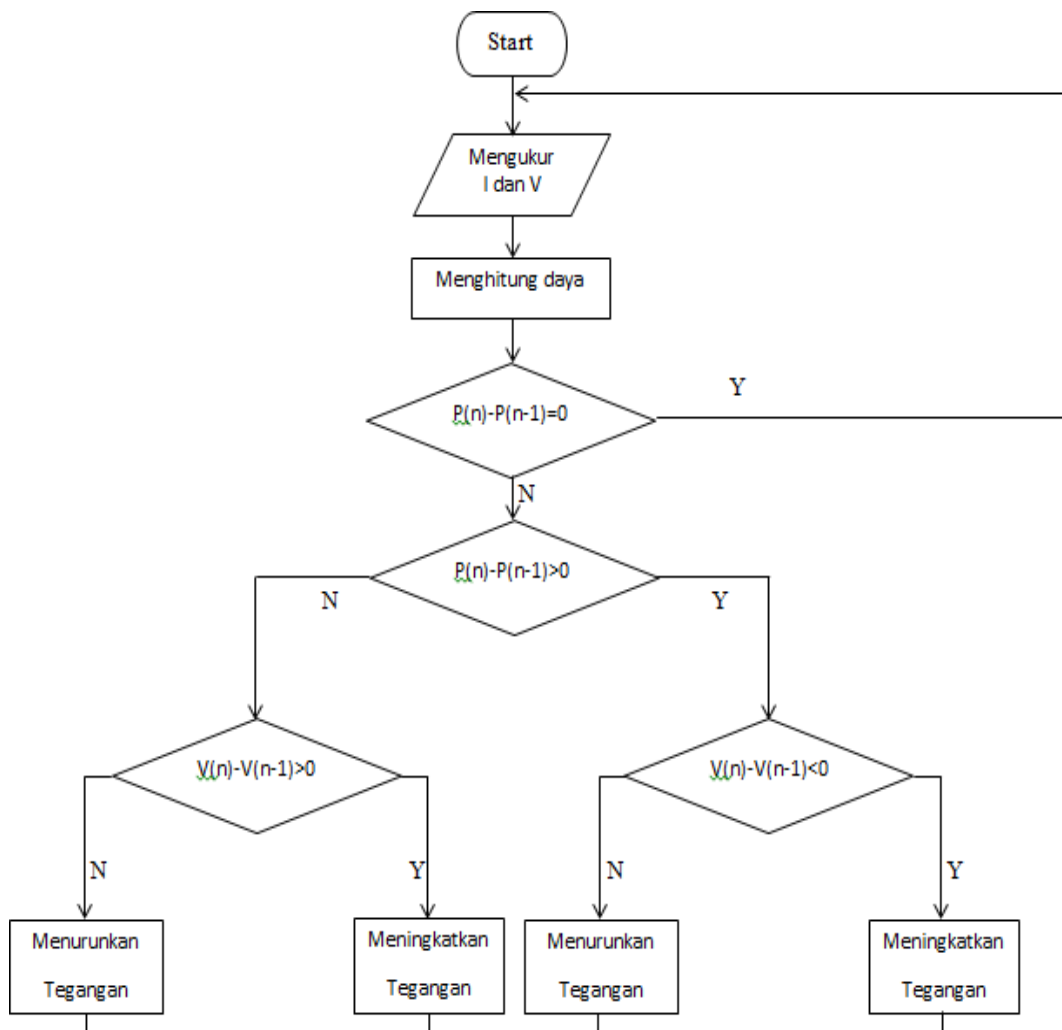
Perancangan *hardware* pada *maximum power Point tracking* (MPPT) untuk *wind turbine*, agar dapat memudahkan dalam merangkai alat yang meliputi perancangan dudukan alat dan rangkaian kontrol. Pada gambar 3.1 dapat dilihat gambar rangkaian schematic *buck boost converter* XLSEMI6019 dari MPPT untuk *wind turbine*.



Gambar 3. 1 Desain perancangan MPPT

3.3 Perancangan dan pembuatan *software Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

Perancangan pada *software* Arduino digunakan untuk mencari nilai titik daya maksimum tersebut. Untuk pembuatan MPPT menggunakan arduino mega 2560 sebagai *Microcontroller* dengan pembuatan program berdasarkan *flowchart* pada algoritma *perturb and observe (PO)*, dengan *flowchart* pada gambar 3.2 berikut.

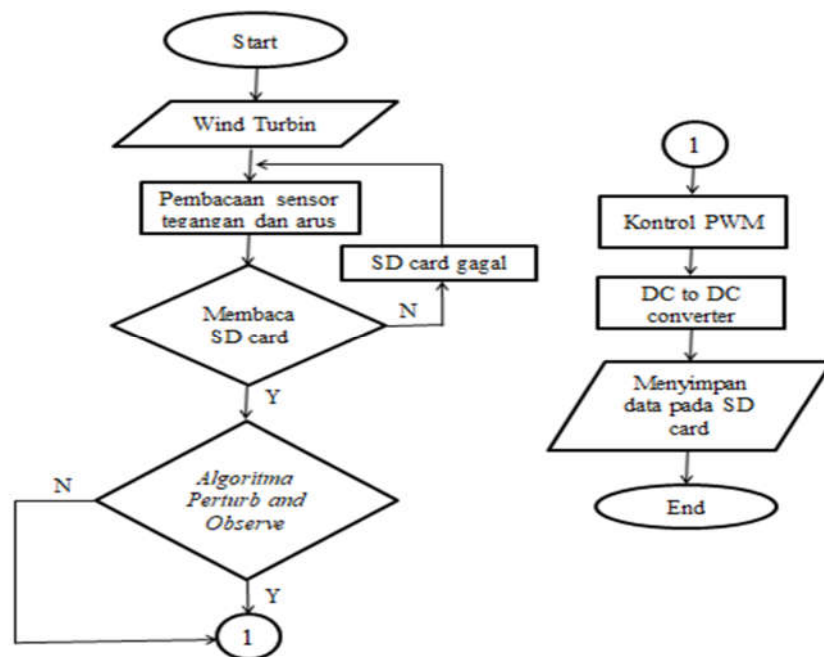


Gambar 3. 2 Flowchart MPPT wind turbine

Dari *flowchart* di atas merupakan dasar dari algoritma *Perturb and Observe* yang digunakan sebagai referensi untuk mengetahui alur kerja dari MPPT yang kemudian akan dimodifikasi dengan penambahan penyimpanan pada SD card. Pada *flowchart* tersebut dapat dilihat untuk mendapatkan nilai daya maksimum dari turbin angin, pertama-tama program mengukur nilai arus dan tegangan pada output turbin, kemudian menghitung nilai daya, kemudian membandingkan daya saat ini dan daya sebelumnya jika perbandingannya belum sama dengan nol maka program menaikkan dan menurunkan tegangan dengan *pwm duty cycle* pada arduino dengan *DC to DC Converter* sampai menemukan nilai titik daya maksimum dari perbandingan tersebut.

3.4 Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini, digunakan referensi pada 3.3 dimana proses dan tahapan dari algoritma *Perturb and Observe* dijadikan dasar sebagai pembuatan program dan dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan pada proyek akhir ini, untuk mengetahui *Flowchart* perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:



Gambar 3. 3 Flowchart perancangan sistem

Pada gambar 3.3. tersebut dapat dilihat bahwa pada perancangan sistem dilakukan penambahan pada modul SD card, dimana program membaca apakah pin SD card terhubung atau tidak, jika modul tidak terhubung maka program membaca modul SD card tidak terhubung, jika terhubung maka program menjalankan proses *Algoritma Perturb and Observe*, kemudian mengontrol PWM yaitu berupa *duty cycle* yang merupakan tracking pada pin *enable* yang terhubung ke *DC to DC converter* sebagai penaik atau penurun tegangan dengan *tracking* nilai pada *duty cycle* dan kemudian data tersebut akan disimpan di modul SD card secara otomatis.

3.5 Komponen yang digunakan

Berdasarkan parameter serta *design* komponen yang akan digunakan dalam pembuatan “*maximum power poin tracking (MPPT) untuk wind turbine*”, berikut spesifikasi komponen yang digunakan :

Tabel 3. 1 Spesifikasi komponen yang digunakan

No	Nama komponen	Spesifikasi
1.	Arduino Mega 2560	A. Tegangan operasi 5V
		B. Tegangan <i>input</i> (yang direkomendasikan via <i>jack DC</i>) 7V-12V
		C. Digital I/O pin 54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM <i>output</i>
		D. Arus DC per pin I/O 20 mA
		E. Arus DC pin 3.3V 50 Ma
2.	Sensor arus INA219	A. <i>Power supply</i> , 3V to 5V
3.	Sensor tegangan	A. <i>Max Voltage</i> 25V
		A. <i>Buck-Boost Converter</i>
4.	XLSEMI 6019	B. Tegangan <i>input</i> dari 5V sampai 40V
		C. Tegangan <i>output</i> dari 0V sampai 25V
		D. 5A <i>maximum switching</i>
		E. <i>Frekuensi</i> 180 Khz

3.6 Perancangan *hardware* Turbin Angin

Pada tahapan ini adalah merancang *hardware* turbin angin seperti dudukan turbin angin, box panel sebagai tempat ruangan kontrol agar dapat digunakan untuk memudahkan penggunaan turbin angin. Perancangan *hardware* ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Desain konstruksi dudukan *wind turbine*

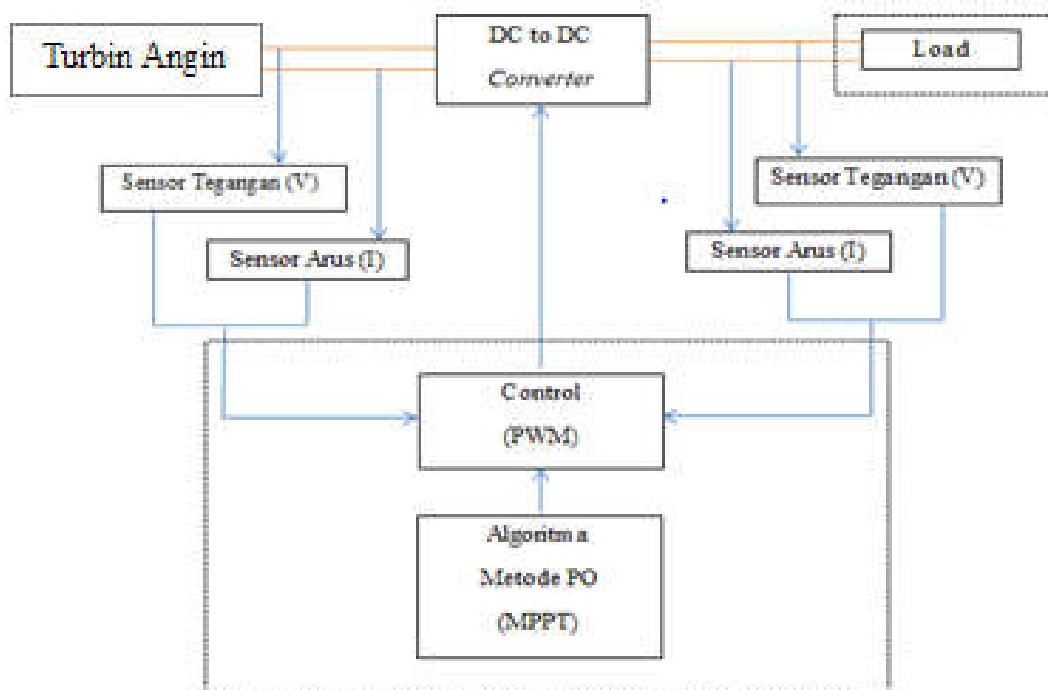
Perancangan turbin angin menggunakan tipe turbin angin horizontal dengan 3 blade, hal ini karena biaya yang digunakan pada turbin angin tipe ini lebih murah dan bisa digunakan sesuai kebutuhan dan penggunaan alat tersebut. Dengan tinggi dudukan 1,64 m dan lebar 60 cm yang berfungsi agar turbin angin tidak bergerak dan berpindah tempat ketika digunakan dan memudahkan pengambilan data.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses serta pengujian alat Proyek Akhir dengan judul “MPPT Untuk *Wind Turbine*”. Untuk proses pengujiannya dapat dilihat sebagai berikut :

4.1 Diagram Blok

Diagram blok dari MPPT untuk turbin angin dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Blok Diagram

Pada blok diagram *hardware* diatas terdapat input yaitu turbin angin, input turbin angin tergantung dari kecepatan angin kemudian dari turbin angin mengeluarkan output dan dibaca oleh sensor tegangan (v) dan sensor arus (I). DC to DC Converter digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan tergantung frekuensi dari PWM yang diberikan kemudian dialirkan ke beban.

Algoritma MPPT yaitu algoritma *Perturb and Observe* yang berfungsi untuk mendapat titik maksimum *output* dari *wind turbine*.

4.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pada pengujian ini digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor tegangan tersebut yang digunakan untuk mengukur output dari DC to DC Converter XLSEMI6019. Pengujian pada sensor tegangan ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang keluar dari sensor tegangan dengan nilai *source converter* sebesar 12 volt menggunakan multimeter, data hasil percobaan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Tabel pengujian sensor tegangan

Set Point (Volt)	Sensor Tegangan (Volt)	Multimeter (Volt)	Error (%)
1	1.20	1.22	1.6
2	2.03	2.04	1.02
3	3.12	3.08	0.42
4	4.02	4.0	0.49
5	5.06	5.08	0.39
6	6.04	6.08	0.66
7	7.06	7.03	0.42
8	8.09	8.03	0.74
9	9.05	9.02	0.33
10	10.4	10.6	1.92
11	11.07	11.12	0.45
12	12.08	12.01	0.57
13	13.10	13.06	0.31
14	14.09	14.03	0.43
15	15.11	15.05	0.40
16	16.14	16.06	0.50
17	17.14	17.03	0.64
18	18.10	18.02	0.44
19	19.08	19.03	0.26
20	20.24	20.18	0.30
21	21.35	21.26	0.42
22	22.12	22.03	0.45
23	23.14	23.04	0.43
24	24.09	24.03	0.24
25	25.03	24.98	0.21

Dari tabel diatas dapat dihitung perbandingan persentase *error* dengan persamaan berikut.

$$error = \left| \frac{\text{sensor tegangan-multimeter}}{\text{sensor tegangan}} \right| \times 100\%$$

Setelah melakukan pengujian sensor tegangan dan data yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa pembacaan tegangan pada sensor tegangan keluaran dari sensor tegangan tidak linierasi hal ini disebabkan karena pengaruh pada frekuensi yang tersedia oleh arduino sebesar 60Hz, sedangkan *switching frequency* pada *converter* XLSEMI 6019 sebesar 180KHz. dengan batasan pembacaan sensor tegangan yaitu sebesar 25 V.

4.3 Pengujian Sensor arus INA 219

Sensor INA 219 merupakan modul sensor yang dapat membaca nilai arus pada suatu rangkaian INA 219 dilengkapi dengan *interface* I2C dan dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2A$ dengan kisaran resolusi pada 0,8 mA pada internal data 12 bit ADC. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran dimana pin positif dihubungkan ke beban dan pin negatif dihubungkan dengan *ground* dengan pin SCL dan SDA adalah pin *serial* komunikasi 12c ke arduino mega 2560, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Pengujian sensor arus INA 219

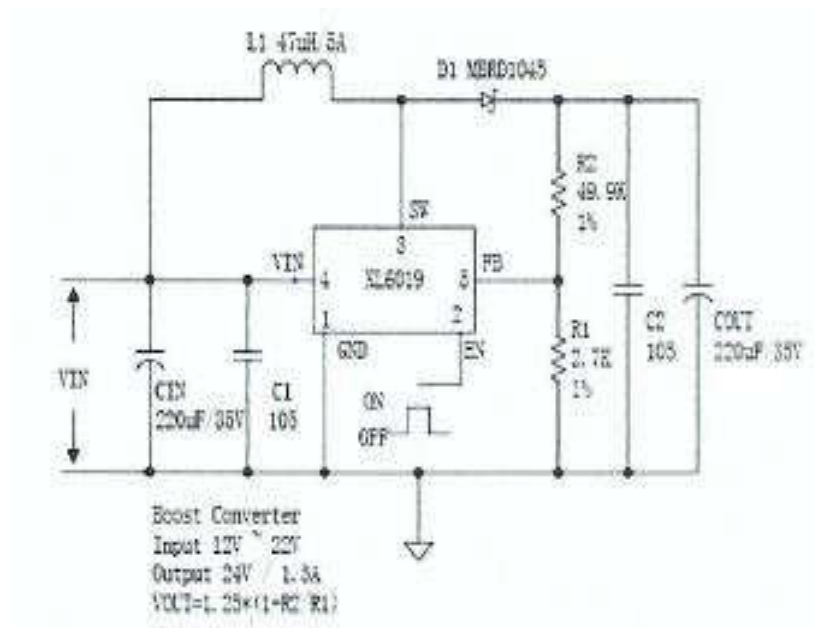
Set Point(Volt)	Pengukuran		Error(%)
	Sensor Arus(mA)	Multimeter(mA)	
1.09	0.70	0.68	2.85
2.07	2.07	2.10	1.4
3.14	2.80	2.78	0.71
4.92	4.30	4.37	1.6

Berdasarkan data Tabel 4.2, diketahui bahwa pembacaan sensor arus tidak linier dengan tegangan *set point*, dapat dilihat dari persentase erornya, pada *set point* 1V, arus tidak terbaca sehingga kepresisian sensor arus akan bekerja sebagaimana semestinya apabila tegangan kerja memenuhi. Persentase eror dari data diatas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut.

$$error = \left| \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai ukur}}{\text{nilai asli}} \right| \times 100\%$$

4.4 Pengujian Buck Boost Converter

Pada tahap ini yang akan dilakukan Pengujian menggunakan *DC to DC Converter* XLSEMI 6019 tipe *Buck-Boost converter*, yang digunakan untuk mengatur tegangan input yang diperlukan sebagai penaik dan penurun tegangan. Berikut dapat dilihat rangkaian *schematic* dari *Buck-Boost Converter* pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 *Schematic* Buck Boost Converter

Pengujian pada *DC to DC Converter* dilakukan dengan menggunakan pin *Enable converter*, dimana pin *enable* berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan *converter* dengan menggunakan pin *digital* pada Pin 10 dengan

frekuensi 60 Hz pada Arduino Mega 2560 dengan list program sebagai berikut.

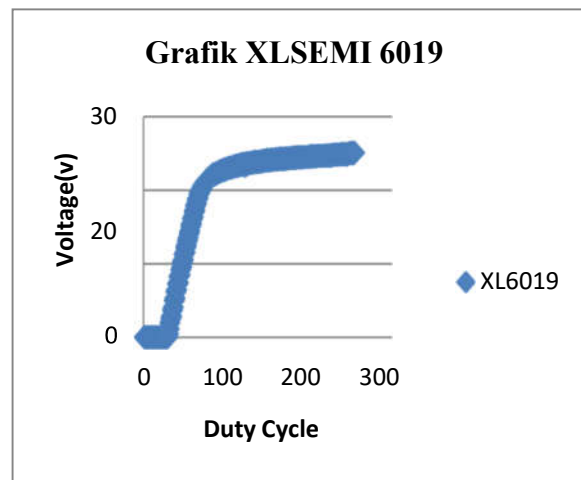
```
void loop(){
float current_mA = 0;
for (int sensorValue=0; sensorValue<=255; sensorValue += 1)
{
current_mA = ina219.getCurrent_mA(); voltage1 = analogRead(A2);
float voltage = voltage1 * (25.0 / 1023.0); analogWrite (ledPin,
sensorValue); Serial.print(sensorValue); Serial.print("\t");
Serial.print(voltage); Serial.print("\t");
Serial.println(current_mA); delay (500);
}}
```

Dari program diatas pengujian menggunakan komponen DC to DC Converter dan sensor tegangan dengan sumber tegangan input 12V dan *duty cycle* sebanyak 255, pengujian ini dilakukan untuk melihat perubahan pada nilai tegangan yang terbaca. Dari program tersebut didapatkan data pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Data Pengujian *Buck Boost Converter*

Duty	Sensor	Multimeter
Cycle	Tegangan	
29	0.00	0.00
30	0.46	0.40
31	0.61	0.70
32	1.22	1.30
33	1.42	1.50
34	1.91	2.00
35	2.17	2.30
36	2.69	2.80
37	2.91	3.00
38	3.37	3.40
39	3.52	3.60
40	4.03	4.10

Pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa nilai tegangan muncul pada *duty cycle* 30 yaitu sebesar 0.46V pada serial monitor dan pada pengukuran multimeter yaitu 0.40V pada komponen *buck boost* yang digunakan hanya untuk menaikkan tegangan saja karena menaikkan *duty cycle* dari 0 sampai 255 dengan perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran *buck boost* dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Grafik data tegangan XLSEMI 6019

Berdasarkan grafik data XLSEMI 6019 tersebut dapat diketahui bahwa dengan sumber tegangan input sebesar 12 V, DC to DC Converter dapat menaikkan tegangan dari sumber sebesar 25 V dengan perubahan *duty cycle* sampai 255.

4.5 Pengujian Turbin Angin

Pada pembuatan Perancangan turbin angin dibuat menggunakan bahan besi hollow sebagai kerangka utamanya dengan lebar kaki 60 cm dan tinggi 164 cm, perancangan dibuat agar turbin angin dapat digunakan dengan efisien dan tidak bergerak bebas saat blade berputar. Untuk MPPT digunakan acrylic 3mm sebagaiudukan komponen dengan kabel jumper sebagai penghubung antar komponen, dengan pengukuran RPM pada baling-baling menggunakan Tachometer, pengukuran tegangan dan arus menggunakan Multimeter tanpa beban hambatan,

berikut ini adalah gambar dari pengujian turbin angin dan MPPT.

Tabel 4. 4 Tabel pengujian Turbin Angin dengan Kecepatan Angin Berbeda

Kecepatan Angin (m/s)	RPM	I (Ampere)	V (volt)	P (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
2.53	179.6	0.78	07.12	05.55	58.5
2.86	185.7	0.91	08.43	07.67	58.9
2.98	219.2	1.13	10.56	11.93	57.6
3.29	234.5	1.23	12.97	15.95	58.0
3.54	268.9	1.35	15.99	23.03	59.0
3.83	375.8	1.42	16.77	23.81	60.5
4.30	381.4	1.37	17.21	23.57	57.2
4.40	411.4	1.43	17.64	25.22	57.2
4.45	421.3	1.48	18.02	26.66	58.4

Berdasarkan data pada pengujian turbin angin di atas dapat dicari efisiensi turbin dengan persamaan (2.10) berikut.

$$\eta_{sistem} = \frac{P_{gen}}{P_{in}} \cdot 100\%$$

Dimana :

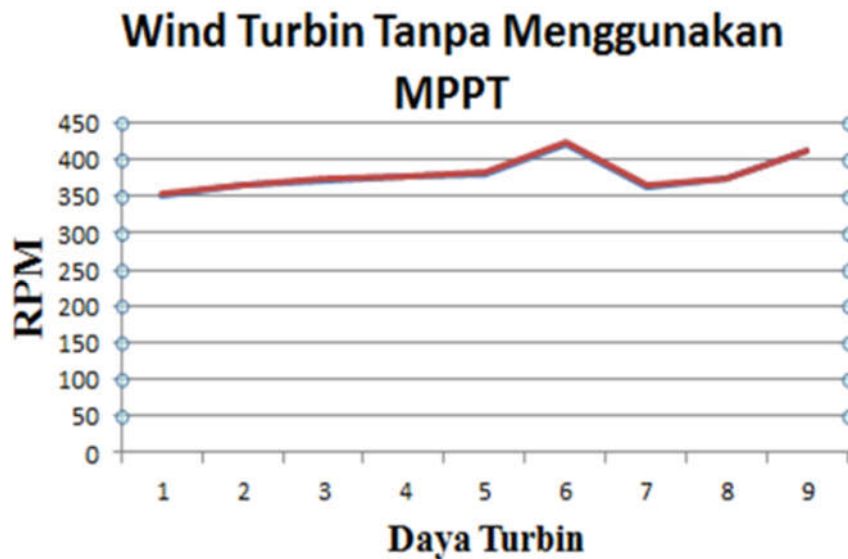
$$\rho = 1.145 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$A = \frac{3.14}{4} \times (1.08)^2$$

$$A = 0.91 \text{ m}^2$$

Dengan menggunakan persamaan $P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$ didapatkan daya angin kemudian membandingkan dengan daya generator yang telah di ukur dengan rumus efisiensi sistem. Didapatkan efisiensi dari turbin angin seperti pada table diatas, berdasarkan teori Betz, tidak semua daya mekanik kincir angin dapat dikonversi menjadi energi listrik, sekitar 60 % daya yang dapat digunakan sehingga berdasarkan teori tersebut dengan data yang telah di hitung dan didapatkan bahwa efisiensi yang dikeluarkan oleh turbin angin tidak melebihi dari 60 % sesuai dengan teori Betz tersebut. Dengan grafik hasil pada gambar berikut:



Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Turbin Angin tanpa MPPT

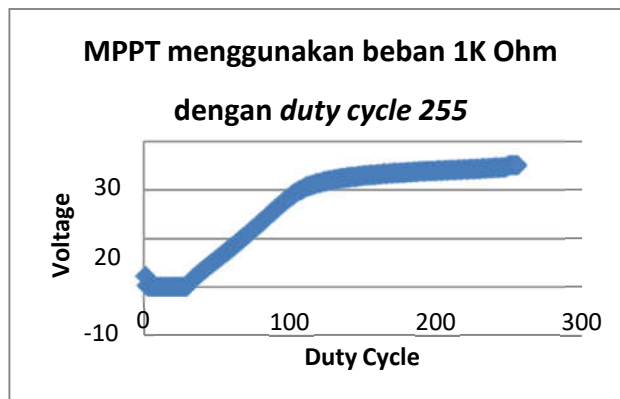
4.6 Pengujian Algoritma *Perturb and Observe*

Algoritma *Perturb and Observe* yang berarti mengubah dan menghitung perubahan daya yang disebabkan akibat adanya perubahan sebelumnya, dan digunakan untuk mencari nilai daya maksimum pada *wind turbine* dengan karakteristik daya keluaran *wind turbine* yang bergantung terhadap kecepatan angin. Berikut list program dari algoritma *Perturb and Observe*.

```
void loop() {
{
analogWrite (ledPin, duty_cycle); int adc = analogRead(A1);
float v_saadini = adc * (25.0 / 1023.0); i_saadini =
ina219.getCurrent_mA() / 1000;
Serial.println(v_saadini); Serial.println(i_saadini);
duty_cycle = duty_cycle + 1 ; if (duty_cycle > 255)
{
ulang = 1;
}
delay (0.1); Serial.flush();
}
} }
```

4.6.1 Menggunakan beban 1K Ohm

Berdasarkan program di atas, pengukuran arus dan tegangan pada resistor menggunakan satu beban yaitu beban resistor dengan nilai 1K ohm menggunakan adaptor 12 V dan didapatkan Hasil dengan grafik yang dapat dilihat sebagai berikut.

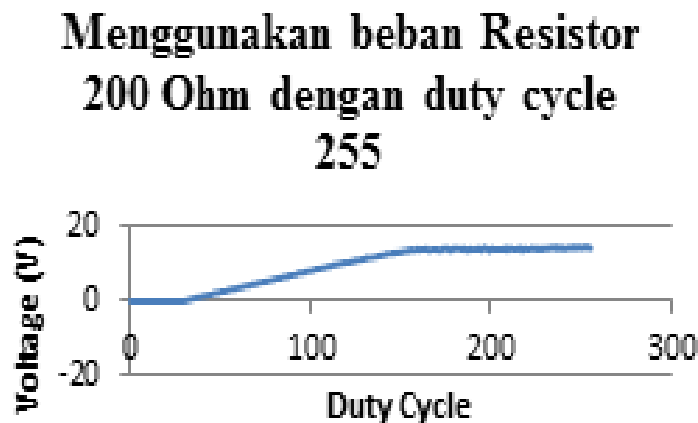


Gambar 4. 5 Grafik XLSEMI 6019 resistor 1K ohm dengan *duty cycle* 0-255

Berdasarkan grafik yang didapat menggunakan beban resistor 1K Ohm dengan *duty cycle* 0-255. Diketahui bahwa dengan menggunakan beban 1K Ohm dengan output tegangan yang terukur sampai 25 V, hal ini dikarenakan sumber tegangan sebesar 12 V dari adaptor kemudian dinaikan tegangan oleh DC to DC converter sebesar 25 V dengan output tegangan maksimum DC to DC converter sebesar 25 V. Pada beban resistor 1K ohm nilai daya yang dihasilkan sebesar 0,625 watt hasil ini didapat dari rumus daya yaitu $P = \frac{V^2}{R}$ dengan daya input 24 watt didapatkan dari rumus ($P = V \cdot I$), sehingga daya *wind turbine* melebihi daya yang dibutuhkan beban dan menyebabkan titik adanya titik maksimum pada turbin angin.

4.6.2 Menggunakan beban 200 Ohm

Berikut hasil Pengujian dengan menggunakan beban resistor 200 Ohm dengan input adaptor 12 V dan batasan nilai duty cycle 0-255, didapatkan hasil pengujian pada gambar grafik berikut.

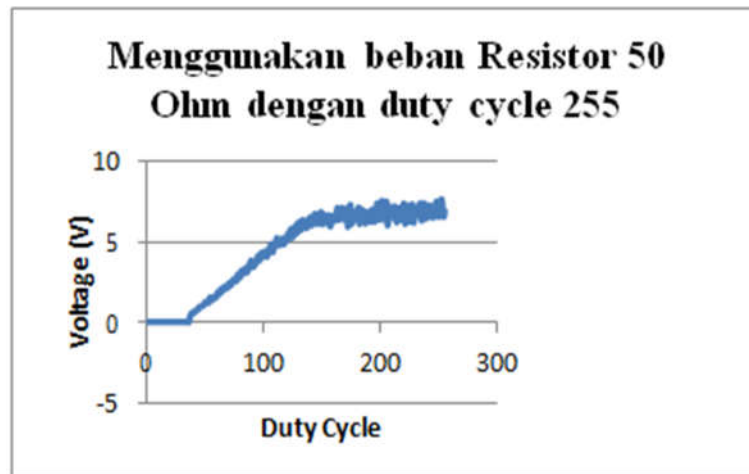


Gambar 4. 6 Tampilan grafik beban 200 ohm dengan duty cycle 0-255

Berdasarkan grafik yang didapat menggunakan beban resistor 200 Ohm, diketahui bahwa nilai tegangan maksimum yang terukur sebesar 15 V, hal ini disebabkan karena pada beban resistor dihubungkan secara paralel sehingga terjadi penurunan voltase yang melewati rangkaian. Pada beban resistor 1K ohm nilai daya yang dihasilkan sebesar 3,125 watt hasil ini didapat dari rumus daya yaitu $P = \frac{V^2}{R}$ dengan daya input 24 watt didapatkan dari rumus ($P = V \cdot I$). Sehingga pada pengujian ini berdasarkan data grafik dan analisa perhitungan bahwa sistem tidak menemukan nilai daya maksimumnya karena nilai daya yang diberikan *wind turbine* lebih besar dari daya yang dibutuhkan beban.

4.6.3 Menggunakan beban 50 Ohm

Berikut hasil Pengujian dengan menggunakan beban resistor 50 Ohm dengan nilai batasan duty cycle 0-255, dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



Gambar 4. 7 Menggunakan beban resistor 50 Ohm dengan duty cycle 255

Dapat dilihat pada gambar grafik diatas dengan menggunakan beban 50 Ohm, nilai daya maksimum yang terbaca adalah sekitar 7 V dengan daya daya yang dihasilkan sebesar 12,5 watt hasil ini didapat dari rumus daya yaitu $P = \frac{V^2}{R}$ dengan daya input 24 watt didapatkan dari rumus ($P = V \cdot I$). pada pengujian ini menggunakan beban resistor 40 Ohm diketahui bahwa nilai daya beban belum juga mencukupi dengan nilai daya yang dikeluarkan *wind turbine*, sehingga nilai daya maksimum tidak maksimal di proses oleh algoritma *Perturb and Observe*.

4.6.4 Pengujian MPPT Terhadap Turbin Angin

Pada pengujian MPPT terhadap Turbin Angin ini dimana output dari turbin angin phasa dan netral terhubung pada terminal blok yang tersambung ke input MPPT yang kemudian masuk ke komponen dan diproses yang kemudian berfungsi untuk mencari nilai titik daya maksimum turbin angin dan menyimpan data di modul SD card dan menampilkan pada serial monitor.

4.6.4.1 Pengujian dengan menggunakan beban 20 Ohm

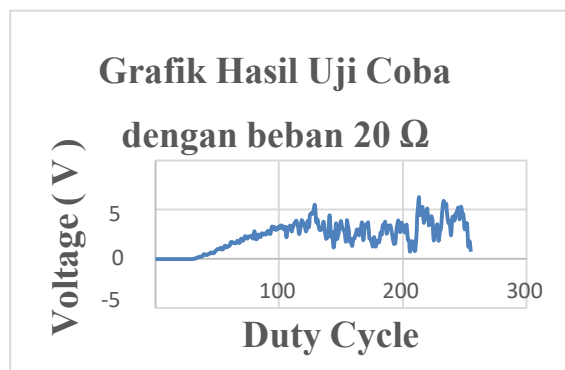
```
212      4.67      0.10
213      6.28      0.12
vmaks = 6.28
imaks = 0.12
daya_maks = 0.78
duty-cycle = 213
```

Data Tersimpan

```
214      4.45      0.09
215      4.52      0.10
216      5.28      0.11
217      3.67      0.09
218      4.67      0.09
219      4.74      0.10
220      4.99      0.11
221      3.42      0.07
222      3.57      0.08
223      4.33      0.09
224      3.98      0.09
225      1.88      0.04
226      2.86      0.06
227      2.54      0.06
228      3.54      0.07
229      1.83      0.04
230      2.60      0.05
```

Gambar 4. 8 Tampilan serial monitor

Berdasarkan tampilan serial monitor tersebut, pengukuran arus dan tegangan pada resistor menggunakan satu beban yaitu beban resistor dengan nilai 20 Ohm dan didapatkan gambar grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 9 Grafik hasil uji dengan beban 20 Ohm

Berdasarkan grafik yang didapat menggunakan resistor 20 Ohm, dengan duty cycle dari 0-255, dapat disimpulkan bahwa nilai daya maksimum adalah pada duty cycle 213 yaitu sebesar 6,28V dengan nilai dari tampilan serial monitor, nilai daya beban dapat dihitung dengan persamaan $P = \frac{V^2}{R}$, sehingga

didapatkan nilai daya yang dihasilkan sebesar nilai daya yang dihasilkan sebesar 31,25 watt. Pada grafik dapat dilihat dan dibandingkan dengan dan tanpa menggunakan MPPT, tanpa menggunakan MPPT grafik dari keluarannya hanya naik dan turun saja, hal ini terjadi karena tidak adanya kontrol yang mentracking pada nilai dari output turbin angin dan membandingkan nilai daya pada turbin sehingga tidak diketahui nilai maksimum yang dikeluarkan dari turbin angin tersebut, dengan menggunakan MPPT output turbin angin lebih terkontrol karena di triger oleh PWM arduino dan dibandingkan daya sebelumnya dengan daya saat ini menggunakan metode *Perturb and Observe*, sehingga nilai daya maksimumnya dapat diketahui dan dapat di amati sesuai dengan grafik. Pada grafik MPPT menggunakan turbin angin, hasil gelombang grafik yang didapatkan tidak sebagus menggunakan *solar panel*, hal ini terjadi karena karakteristik pada turbin angin itu sendiri dinamis dimana *step up* dan *step down* teganganya berubah dengan cepat tergantung dengan kecepatan angin yang melewati turbin.

4.7 Kelebihan dan Kelemahan

Berdasarkan hasil pembuatan serta pengujian pada proyek akhir ini yang berjudul “*Maximum Power Point Tracking (MPPT) untuk Wind Turbine*”.

Didapatkan kelebihan dan kelemahan pada proyek akhir ini yaitu:

4.7.1 Kelebihan

Kelebihan pada proyek akhir ini diluar fungsi dari MPPT itu sendiri adalah Karena MPPT tersebut di desain dan dibuat sesuai dengan kebutuhan dan keinginan pembuat, sehingga kita dapat mempelajari proses MPPT tersebut seperti prinsip kerjanya, komponen yang digunakan untuk membuat sebuah MPPT, serta dapat memodifikasi MPPT itu sendiri seperti menambahkan modul SD card.

Selain mampu menemukan nilai daya optimum dari wind turbin. Pada proyek akhir ini, MPPT mampu menyimpan data hasil prosesnya pada modul SD card,

sehingga dapat terhubung dengan Handphone ataupun PC yang memiliki slot SD card dan memudahkan untuk menyimpan data apabila suatu saat ingin digunakan kembali.

4.7.2 Kelemahan

Kelemahan pada proyek akhir ini adalah proses sistem pada alat ini tidak kontinu dengan proses yang dilakukan hanya sekali dengan duty cycle 0-255, sehingga data yang di ambil terhadap perubahan kecepatan angin yang berubah-ubah dengan proses MPPT kurang maksimal.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengerjaan dan pengujian proyek akhir ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada pengujian MPPT seperti menggunakan beban 1K Ohm tegangan maksimum yang terbaca melewati rangkaian sebesar 25 V dengan *DC to DC Converter* yang mampu menaikkan tegangan dengan trigger dari PWM arduino sebesar 25 V, resistor 200 Ohm sebesar 15 V, dan pada beban resistor 50 Ohm sebesar 7 V, dengan input power supply 12V. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa PWM menggunakan arduino melalui *DC to DC Converter* mampu bekerja sesuai dengan fungsinya dimana mentracking dan mengontrol output daya Serta mampu menghasilkan daya sesuai dengan kebutuhan beban resistor variasi yang digunakan.
2. Pada pengujian menggunakan sumber turbin angin dengan MPPT beban 20 Ohm didapatkan nilai daya maksimum pada keluaran turbin angin sebesar 0,78 Watt, tegangan maksimum sebesar 6,28 V dan arus maksimum sebesar 0,12 A. Dan alat "*Maximum Power Point Tracking* untuk *Wind Turbine* ini mampu menemukan titik nilai optimum dari turbin angin dan mampu menyimpan data hasil percobaan pada modul SD card sehingga data dapat disimpan dan digunakan kembali.

5.2 Saran

Dari keseluruhan proyek akhir ini terdapat beberapa saran untuk kedepannya dalam pembuatan proyek akhir ini, yaitu :

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya pengukuran dapat ditambahkan menggunakan sensor seperti anemometer (mengukur kecepatan angin), tachometer (kecepatan putaran turbin), untuk dibandingkan dengan keluaran

output pada turbin angin secara otomatis yang terhubung dengan arduino Mega 2560. Sehingga pengukuran tidak dilakukan secara manual karena agar dapat memudahkan dalam pengambilan data tersebut dan agar data yang di ambil dapat valid terhadap perubahan kecepatan angin dan kecepatan putaran turbin terhadap tegangan dan arus keluaran turbin angin.

2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan tambahan metode lainya pada MPPT sehingga dapat mengetahui perbedaan dari algoritma lainya dan pengaruh pada penggunaan MPPT karena pada metode ini memiliki kelemahan yaitu memiliki osilasi yang besar.
3. Diharapkan dapat menggunakan beban yang lebih bervariasi lagi selain resistor dengan batas pembacaan tegangan maksimum melebihi 25V.
4. Diharapkan pada penelitian berikutnya dapat membuat MPPT yang prosesnya berkelanjutan atau *continue*, agar dapat melihat perubahan daya maksimum yang dihasilkan wind turbin disebabkan oleh perubahan kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F. (2017). *DESAIN KONTROL MPPT MENGGUNAKAN PERTURB & OBSERVE (P&O) BERBASIS OPTIMUM RELATION UNTUK TURBIN ANGIN YANG TERKONEKSI DENGAN GRID*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aryanto, F., Mara, I. M., & Nuarsa, M. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal . *Dinamika Teknik Mesin*, 50-59.
- Dwiyani Anugrah Ernadi, M. P. (2016). Desain Maximum Power Point Tracking untuk Turbin Angin Menggunakan Modified Perturb & Observe (P&O) Berdasarkan Prediksi Kecepatan Angin. *Jurnal Teknik ITS*, 265-271.
- Fortuna, D. M., & Alamsyah, N. (2020). *Maximum Power Point Tracking untuk Solar Panel* . Sungailiat: Polman Babel.
- Sumiati, R., & Zamri, A. (2013). Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknik Mesin*, 1-8.
- Utami, S. (2017). Implementasi Algoritma Perturb and Observe untuk Mengoptimasi Daya Keluaran Solar Cell Menggunakan MPPT. *Jurnal INFOTEL Informatika -Telekomunikasi -Elektronika*, 92-99.
- Widodo, R. T., Rugianto, Asmuniv, & Sejati, P. (2009). Maximum Power Point Tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb and Observe. *I*.

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Rifqy Adrian
Tempat&Tanggal lahir : Toboali, 08Juli 1999
Alamat : Jl. Jend.Sudirman,kab. BangkaSelatan,
Bangka Belitung
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 085947591785
E-mail : rifqvadrin080799@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SDN 6 Toboali Lulus Tahun 2011
SMPN 1 Toboali Lulus Tahun 2014
SMAN 1 Toboali Lulus Tahun 2017

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, 16 Maret 2021



Rifqy Adrian

LAMPIRAN 1 DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Dori Oktariandi
Tempat&Tanggal lahir : Jebus, 25Oktober 1999
Alamat : JL. dusun Johar desa Ranggi asam kec.
Jebus kab. Bangka barat, kep.Bangka
Belitung.
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Telp : -
Hp : 083173314824
E-mail : oktariandidasilva@gmail.com

2. Riwayat Pendidikan

SDN 12 Jebus Lulus Tahun 2011
SMPN 1 Jebus Lulus Tahun 2014
SMAN 1 Jebus Lulus Tahun 2017

3. Riwayat Pendidikan Non Formal

.

Sungailiat, 16 Maret 2021

Dori Oktariandi

LAMPIRAN

Lampiran 2 list program MPPT untuk *Wind Turbine*

```
#include <Adafruit_INA219.h> #include <SPI.h>

#include <SD.h> #include <Wire.h> Adafruit_INA219 ina219; int
ledPin = 10;

float voltage1; float voltage; int sensorValue; float vmaks = 0;
float imaks = 0; float v_saatin ;
float daya_maks = 0; float i_saatin = 0 ; float daya_saatin ;
int duty_cycle = 0;
int duty_cycle_maks = 0; int ulang = 0;
int ulang1 = 0; const int CS = 4; File dataku; void setup()
{
  Serial.begin (9600);
  pinMode (ledPin , OUTPUT); Serial.println ("DataLogger sensor");
  Serial.print ("Membaca SDcard..."); if (!SD.begin(CS))
  {
    Serial.println ("gagal/ SDcard rusak!"); while(1);
  }
  Serial.println ("Berhasil"); delay (50);
  while (!Serial) {
    // will pause Zero, Leonardo, etc until serial console opens
    delay(1);
  }
  uint32_t currentFrequency; ina219.begin();
  analogWrite (ledPin, duty_cycle); delay (1000);
}

void loop()
{
```

```
while (ulang == 0)
{
analogWrite (ledPin, duty_cycle);
int adc = analogRead(A2);
float v_saadini = adc * (25.0 / 1023.0);


---


i_saadini = ina219.getCurrent_mA() / 1000; daya_saadini =
(v_saadini * i_saadini);
//current_mA = ina219.getCurrent_mA();
//float voltage1 = analogRead(A1); Serial.print(duty_cycle);
Serial.print("\t"); Serial.print(v_saadini); Serial.print("\t");
Serial.println(i_saadini);
dataku = SD.open ( "MPPTun.txt" , FILE_WRITE); delay(300);
if (daya_saadini > daya_maks)
{
if (dataku){
vmaks = v_saadini ; Serial.print ("vmaks = ");
Serial.println(vmaks); dataku.print (vmaks); dataku.print("\t");
imaks = i_saadini; Serial.print ("imaks = ");
```

```
Serial.println(imaks); dataku.println(imaks); dataku.print("\t");
daya_maks = daya_saatin;
Serial.print ("daya_maks = "); Serial.println(daya_maks);
dataku.println(imaks); duty_cycle_maks = duty_cycle; Serial.print
("duty-cycle = "); Serial.println(duty_cycle_maks); delay (1000);
dataku.close(); Serial.print("\t\t\t");
Serial.println (" Data Tersimpan");
}
else {
Serial.println (" Gagal Tersimpan"); Serial.println (" Program
Berakhir");
Serial.println (" Masukkan microSD/periksa pin CS"); ulang = 1;
}
}
duty_cycle = duty_cycle + 1 ;
if (duty_cycle > 200)
{
ulang = 1;
}
delay (0.1); Serial.flush ();
}
}
```

LAMPIRAN

LAMPIRAN 3

TABEL PENGUJIAN

Data pengujian XLSEMI 6019 dengan resistor 1K Ohm tanpa batasan nilai duty cycle 0-255

Duty Cycle	Voltage (V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
1	0.24	31	0	61	3.62
2	0.07	32	0	62	3.71
3	0.02	33	1.34	63	3.96
4	0	34	1.64	64	4.06
5	0	35	1.88	65	4.11
6	0	36	2.22	66	4.18
7	0	37	2.44	67	4.50
8	0	38	2.81	68	4.50
9	0	39	2.96	69	4.57
10	0	40	3.37	70	4.62
11	0	41	3.52	71	4.89
12	0	42	3.91	72	4.95
13	0	43	4.03	73	5.06
14	0	44	4.42	74	5.08
15	0	45	4.55	75	5.25
16	0	46	4.89	76	5.47
17	0	47	5.06	77	5.52
18	0	48	5.47	78	5.57
19	0	49	5.60	79	5.67
20	0	50	5.94	80	5.94
21	0	51	6.11	81	6.01

Duty Cycle	Voltage (V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
22	0	52	6.43	82	6.04
23	0	53	6.65	83	6.09
24	0	54	6.92	84	6.40
25	0	55	7.14	85	6.48
26	0	56	7.48	86	6.50
27	0	57	7.72	87	6.57
28	0	58	7.97	88	6.89
29	0	59	8.24	89	6.99
30	0.37	60	8.46	90	7.01
91	7.01	132	21.33	173	22.61
92	7.01	133	21.43	174	22.63
93	7.21	134	21.55	175	22.57
94	7.48	135	21.53	176	22.61
95	7.48	136	21.51	177	22.78
96	7.62	137	21.60	178	22.63
97	7.94	138	21.60	179	22.65
98	7.99	139	21.75	180	22.80
99	8.02	140	21.73	181	22.70
100	8.11	141	21.82	182	22.78
101	8.26	142	21.80	183	22.73
102	8.36	143	21.80	184	22.73
103	8.70	144	21.87	185	22.90
104	8.70	145	21.85	186	22.78
105	8.70	146	21.87	187	22.87
106	8.99	147	21.97	188	22.85
107	8.92	148	21.95	189	22.92
108	8.97	149	21.97	190	23.00
109	9.26	150	21.95	191	22.87
110	9.38	151	22.02	192	22.90

Duty Cycle	Voltage (V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
111	9.38	152	22.04	193	23.00
112	9.68	153	22.21	194	22.90
113	9.68	154	22.12	195	22.95
114	9.63	155	22.12	196	23.00
115	10.00	156	22.19	197	22.92
116	10.02	157	22.29	198	22.95
117	10.17	158	22.36	199	22.95
118	10.12	159	22.31	200	23.00
119	10.48	160	22.24	201	23.12
120	10.34	161	22.29	202	23.04
121	10.29	162	22.39	203	23.04
122	10.61	163	22.36	204	23.14
123	10.75	164	22.43	205	23.04
124	10.70	165	22.51	206	23.04
125	11.07	166	22.51	207	23.14
126	10.97	167	22.61	208	23.09
127	11.05	168	22.46	209	23.19
128	11.27	169	22.53	210	23.09
129	11.19	170	22.61	211	23.26
130	11.31	171	22.51	212	23.14
131	11.73	172	22.68	213	23.17
214	23.31	228	23.39	242	23.75
215	23.26	229	23.46	243	23.66
216	23.31	230	23.53	244	23.73
217	23.26	231	23.51	245	23.75
218	23.26	232	23.48	246	23.83
219	23.34	233	23.51	247	23.73
220	23.27	234	23.46	248	23.83

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
221	23.44	235	23.56	249	23.97
222	23.31	236	23.63	250	24.61
223	23.36	237	23.63	251	24.63
224	23.36	238	23.56	252	24.66
225	23.34	239	23.58	253	24.66
226	23.44	240	23.73	254	24.66
227	23.36	241	23.66	255	24.63

Data pengujian XLSEMI 6019 dengan resistor 200 Ohm dengan nilai duty cycle 0-255

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
1	0	31	0.24	61	8.45
2	0	32	0.29	62	8.97
3	0	33	0.46	63	9.36
4	0	34	0.54	64	9.56
5	0	35	0.73	65	9.80
6	0	36	0.81	66	10.04
7	0	37	0.98	67	10.26
8	0	38	1.08	68	10.51
9	0	39	1.22	69	10.85
10	0	40	1.27	70	11.09
11	0	41	1.39	71	11.31
12	0	42	1.54	72	11.58
13	0	43	1.61	73	11.80
14	0	44	1.74	74	12.19
15	0	45	1.81	75	12.39
16	0	46	2.00	76	12.63
17	0	47	2.05	77	12.85
18	0	48	2.20	78	13.17

19	0	49	2.25	79	1354
20	0	50	2.54	80	13.71
21	0	51	2.52	81	13.98
22	0	52	2.64	82	14.13
23	0	53	2.69	83	14.44
24	0	54	2.99	84	14.83
25	0	55	2.98	85	15.08
26	0	56	3.13	86	15.22
27	0	57	3.13	87	15.54
28	0	58	3.30	88	15.64
29	0	59	3.47	89	15.98
30	0.37	60	3.59	90	16.38

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
91	16.54	132	11.68	173	14.08
92	16.69	133	11.58	174	14.15
93	16.94	134	11.90	175	13.98
94	17.08	135	11.83	176	14.22
95	17.35	136	11.90	177	13.64
96	17.74	137	12.17	178	13.71
97	17.91	138	12.02	179	14.15
98	18.06	139	12.39	180	14.08
99	18.23	140	12.24	181	14.17
100	18.35	141	12.44	182	14.00
101	18.52	142	12.78	183	14.03

102	18.91	143	12.73	184	13.88
103	18.99	144	12.68	185	14.15
104	19.09	145	13.07	186	13.81
105	19.16	146	12.76	187	13.59
106	19.35	147	13.25	188	14.13
107	19.62	148	13.00	189	13.93
108	19.72	149	13.00	190	13.76
109	19.77	150	13.32	191	13.83
110	19.92	151	13.12	192	13.93
111	19.94	152	13.54	193	14.17
112	20.21	153	13.39	194	13.66
113	20.21	154	13.42	195	13.88
114	20.23	155	13.93	196	14.44
115	20.33	156	13.71	197	14.00
116	20.50	157	13.59	198	13.98
117	20.50	158	13.66	199	13.56
118	20.67	159	14.15	200	14.05
119	20.58	160	13.83	201	14.03
120	20.82	161	13.73	202	13.78
121	20.82	162	14.05	203	13.95
122	20.92	163	13.76	204	13.93
123	21.07	164	14.15	205	14.08
124	21.07	165	13.64	206	13.76
125	21.21	166	13.91	207	13.88
126	21.11	167	13.69	208	14.32
127	21.14	168	14.08	209	13.96
128	21.14	169	13.83	210	14.13
129	21.31	170	14.05	211	14.25
130	21.26	171	13.64	212	13.93
131	21.29	172	13.91	213	13.98

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
214	13.83	228	13.88	242	12.27
215	14,08	229	14.22	243	14.37
216	14.30	230	14.13	244	14.30
217	13.61	231	14.13	245	14.27
218	13.98	232	14.22	246	14.54
219	14.15	233	14.22	247	14.32
220	13.88	234	14.54	248	14.57
221	13.93	235	14.15	249	14.44
222	14.05	236	14.54	250	14.25
223	14.25	237	14.03	251	14.39
224	14.22	238	14.35	252	14.96
225	13.91	239	14.44	253	14.59
226	14.25	240	13.98	254	14.39
227	13.93	241	14.15	255	14.20

Data pengujian XLSEMI 6019 dengan resistor 50 Ohm tanpa batasan nilai
duty cycle 0-255

Duty Cycle	Voltage (V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
1	0	31	0	61	1.88
2	0	32	0	62	1.88
3	0	33	0	63	1.83
4	0	34	0	64	2.08
5	0	35	0	65	2.03
6	0	36	0	66	2.03
7	0	37	0.34	67	2.22
8	0	38	0.51	68	2.20
9	0	39	0.59	69	2.15
10	0	40	0.56	70	2.39

11	0	41	0.71	71	2.35
12	0	42	0.76	72	2.32
13	0	43	0.73	73	2.52
14	0	44	0.81	74	2.66
15	0	45	0.95	75	2.61
16	0	46	0.98	76	2.54
17	0	47	1.03	77	2.64
18	0	48	1.10	78	2.96
19	0	49	1.25	79	2.91
20	0	50	1.28	80	2.83
21	0	51	1.24	81	3.20
22	0	52	1.23	82	3.08
23	0	53	1.23	83	3.08
24	0	54	1.52	84	3.32
25	0	55	1.44	85	3.25
26	0	56	1.47	86	3.15
27	0	57	1.44	87	3.52
28	0	58	1.61	88	3.40
29	0	59	1.59	89	3.81
30	0.37	60	1.61	90	3.67

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
91	3.67	132	5.79	173	6.40
92	3.45	133	6.33	174	7.33
93	3.62	134	6.09	175	6.21
94	3.74	135	5.94	176	6.35
95	4.11	136	6.13	177	6.52
96	3.98	137	5.91	178	6.87
97	3.91	138	6.38	179	6.65

98	4.30	139	6.21	180	6.43
99	4.11	140	6.57	181	7.16
100	4.15	141	6.04	182	6.13
101	4.40	142	6.50	183	6.23
102	4.23	143	6.21	184	7.01
103	4.13	144	6.77	185	6.79
104	4.55	145	6.28	186	6.55
105	4.35	146	6.18	187	6.16
106	4.84	147	6.67	188	6.89
107	4.57	148	6.43	189	6.87
108	4.42	149	6.87	190	6.62
109	4.89	150	6.11	191	6.26
110	4.72	151	6.67	192	6.89
111	5.21	152	6.50	193	6.99
112	4.94	153	6.18	194	6.43
113	4.81	154	6.55	195	6.30
114	4.94	155	6.43	196	6.77
115	4.86	156	6.67	197	7.43
116	5.21	157	5.96	198	6.43
117	4.89	158	6.57	199	6.30
118	5.13	159	6.43	200	6.77
119	5.28	160	6.62	201	7.43
120	5.11	161	6.33	202	6.45
121	5.55	162	6.48	203	6.65
122	5.23	163	7.14	204	6.65
123	5.77	164	6.38	205	7.53
124	5.52	165	6.67	206	6.04
125	5.35	166	6.55	207	6.45
126	5.89	167	7.14	208	7.21
127	5.50	168	6.43	209	6.62

128	6.09	169	6.70	210	6.55
129	5.60	170	6.55	211	6.60
130	6.18	171	7.11	212	7.23
131	6.06	172	13.91	213	13.98

Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)	Duty Cycle	Voltage(V)
214	6.23	228	7.26	242	7.06
215	7.11	229	6.28	243	6.55
216	6.92	230	6.57	244	7.23
217	6.38	231	6.96	245	6.52
218	6.77	232	7.36	246	6.65
219	7.16	233	6.23	247	7.31
220	7.38	234	6.52	248	7.48
221	6.13	235	6.94	249	6.84
222	6.92	236	7.18	250	6.57
223	7.26	237	6.77	251	7.16
224	6.28	238	6.96	252	7.67
225	6.57	239	6.48	253	7.14
226	6.96	240	6.92	254	6.57
227	7.36	241	7.28	255	7.06