

## Analisa Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT)

**Dian Saputro<sup>1</sup>, Dedi Nugroho<sup>2</sup>, dan Sukarno Budi Utomo<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Universitas Islam Sultan Agung Semarang

<sup>1,2,3</sup> J. Raya Kaligawe KM.4 Semarang

<sup>1</sup>[saputrodian75@gmail.com](mailto:saputrodian75@gmail.com)

**Abstrak** – Kincir angin merupakan alat yang dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik. Hal ini juga merupakan salah satu dari solusi untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang menggunakan minyak ataupun batu bara yang juga tidak menimbulkan polusi udara. Akan tetapi ada permasalahan lain yang muncul yaitu seringnya keluaran daya kincir angin tidak sesuai dengan daya keluaran dari kincir angin yang sebenarnya, terutama jika kondisi angin sedang kecil, hal ini berdampak tegangan kincir angin akan turun dibawah 12V, yang mengakibatkan kincir angin tidak dapat mengisi ke baterai. Karena hal itu diperlukan rangkaian konverterDC-DC yang bernama buckboost konverter yang dibantu dengan sistem kontrol Maximum Power Point Tracking (MPPT).

MPPT digunakan untuk mengoptimalkan daya pada kincir angin karena sifat dari kecepatan angin yang berubah-ubah mengakibatkan perubahan daya keluaran pada kincir angin, akan tetapi dengan adanya MPPT ini, daya keluaran yang dihasilkan kan tetap stabil meski dalam kondisi kecepatan angin yang rendah. MPPT yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode modified incremental conductance. MPPT ini mempunyai sistem kerja yang dimulai dengan pengukuran nilai tegangan dan arus, sehingga diperoleh nilai dayanya. Nilai daya yang dihasilkan pada pengukuran tersebut dibandingkan dengan nilai daya sebelumnya. Jika selisish pada pengukuran ini sama dengan nol maka nilai pada tegangan, arus dan dayanya akan dijadikan nilai terbaru. Akan tetapi jika nilai tegangan, arus dan dayanya pada pengukuran ini tidak sama dengan nol, maka akan diberikan penambahan ataupun pengurangan pada nilai tegangan sesuai dengan nilai tegangan referensi yang telah ditentukan diawal.

Setelah pengukuran yang dilakukan pada kincir angin dengan menggunakan MPPT maka diperolehlah keluaran tegangan dengan nilai antara 14V-27V dan nilai arus yang dihasilkan dapat mencapai 4,16A. Sedangkan daya maksimal yang dapat dihasilkan panel surya saat tidak menggunakan MPPT adalah 78,24W sedangkan saat menggunakan MPPT dapat mencapai 112,32W.

**Kata Kunci** : Kincir Angin, buckboost konverter dan MPPT

**Abstract** – Windmills are devices that can convert wind energy into electrical energy. This is also one of the solutions to reduce the use of electrical energy that uses oil or coal which also does not cause air pollution. However, there are other problems that arise that are often the output power of the windmill does not match the output power of the actual windmill, especially if the wind conditions are small, this has the impact of the windmill voltage will drop below 12V, which results in the windmill not being able to fill battery. Because of that, a DC-DC converter named buckboost converter is needed, which is assisted by a Maximum Power Point Tracking (MPPT) control system.

MPPT is used to optimize power in windmills because the changing nature of wind speeds results in changes in the output power of windmills, but with the presence of this MPPT, the resulting output power will remain stable even in conditions of low wind speeds. The MPPT used in this study uses a modified incremental conductance method. This MPPT has a working system that starts with measuring the voltage and current values, so that the power values are obtained. The value of the power produced in the measurement is compared with the previous power value. If the difference in this measurement is zero then the values for the voltage, current and power will be the latest values. However, if the voltage, current and power values on this measurement are not equal to zero, then the addition or reduction will be given to the voltage value in accordance with the predetermined reference voltage value at the beginning.

After measurements made on a windmill using MPPT, a voltage output with a value between 14V-27V and the resulting current value can reach 4.16A. While the maximum power that can be produced by solar panels when not using MPPT is 78.24W while when using MPPT it can reach 112.32W.

**Key words:** Windmills, buckboost converters and MPPT

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di dunia terus meningkat, hal ini terjadi karena disebabkan oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Salah satu sumber pemasok listrik, PLTA bersama pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memegang peran penting terhadap ketersediaan listrik terutama di Jawa, Madura, dan Bali. Menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2005, cadangan minyak bumi di Indonesia pada tahun 2004 diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 18 tahun dengan rasio cadangan produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun. Sementara tingginya kebutuhan migas tidak diimbangi oleh kapasitas produksinya menyebabkan kelangkaan sehingga di hampir semua negara berpacu untuk membangkitkan energi dari sumber-sumber energi baru dan terbarukan. Salah satu yang dipilih adalah energi angin.[1]

Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/s, diantaranya adalah Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. Hasil studi potensi energi angin yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru Terbarukan, dan Konservasi Energi (P3TKEBTKE) menyatakan bahwa perkiraan total daya yang dapat dibangkitkan oleh energi angin yang ada di seluruh Indonesia mencapai 61.972 MW. Energi angin saat ini belum mendapatkan perhatian cukup di Indonesia. Salah satu faktor penghambat dari pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik adalah kurang optimalnya rancangan sistem pembangkitan listrik tenaga angin yang disebabkan oleh kecepatan angin di Indonesia relatif berubah dengan cepat, sedangkan daya yang dapat diserap oleh pembangkit listrik tenaga angin responnya relatif lambat. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, beberapa penelitian sudah dan telah dilakukan. Secara umum, berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, untuk mengoptimalkan daya keluaran dari turbin angin, sistem pembangkit listrik tenaga angin perlu dilengkapi dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT) [2].

Oleh karena itu, berdasarkan pertimbangan di atas kami mengadakan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul: Analisa Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT).

### A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai tegangan dan arus pada kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin saat tidak menggunakan MPPT.
2. Bagaimana nilai tegangan dan arus pada kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin saat menggunakan MPPT.
3. Berapa daya yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

### B. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup pembahasan pada tugas akhir ini maka penulis akan membatasi masalah pada :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang digunakan adalah motor DC kapasitas 576 Watt yang difungsikan sebagai generator.
2. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juli 2019-Agustus 2019.
3. Pengukuran dilakukan pada lingkungan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Tidak masuk dalam pembahasan mengenai algoritma MPPT dan pemrograman MPPT.

### C. Tujuan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang dikaji maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui nilai tegangan dan arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin saat tidak menggunakan MPPT.
2. Untuk mengetahui nilai tegangan dan arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin saat menggunakan MPPT.
3. Untuk mengetahui berapa daya yang dapat dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

## II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

### A. Potensi Energi Angin di Indonesia

Energi angin merupakan bentuk energi yang penggerakannya berupa angin.

Berdasarkan survey yang dilakukan oleh tim Lentera Angin Nusantara, daerah yang memiliki kecepatan rata-rata angin di atas 3 m/s banyak ditemui pada pesisir Selatan Jawa, Sumatera, dan pulau-pulau di Indonesia bagian timur. Pada peta berikut ini menunjukkan daerah-daerah di Indonesia yang memiliki potensi energi angin berdasarkan data kecepatan angin rata-rata.

## B. 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.

## C. Pengertian Turbin Angin

Kincir angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik.

Energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin [10].

## D. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Kincir angin disusun atas beberapa bagian komponen, yaitu:

### 1. Blade (Bilah)

Blade atau bilah adalah bagian penting dalam sistem kincir angin yang berinteraksi langsung dengan angin. Blade merupakan bagian rotor dari kincir angin. Rotor ini menerima energi kinetik dari angin dan diubah menjadi energi gerak putar.

### 2. Fin

Fin atau ekor kincir angin adalah komponen pendukung yang berfungsi untuk mengarahkan kincir angin menghadap arah angin. Ukuran ekor perlu disesuaikan dengan kincir angin sehingga mampu mendorong badan kincir angin ke arah angin. Kincir angin TSD-500 yang ada di PT. Lentera Bumi Nusantara (LBN) memiliki sirip ekor yang terbuat dari bahan fiber dan batang ekornya terbuat dari besi.

### 3. Generator

Generator merupakan bagian terpenting dalam pembuatan sistem kincir angin. Generator merupakan alat konversi energi mekanik menjadi energi listrik.

## E. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

MPPT ialah suatu metode penjejakan atau tracking untuk memperoleh daya maksimum yang berasal dari kincir angin pada kondisi lingkungan tertentu. MPPT pada umumnya tersusun atas konverter DC-DC, controller, dan sensor. Konverter DC-DC ialah penghubung antara kincir angin dengan beban yang berupa aki atau baterai. Pada sistem MPPT, konverter DC-DC berfungsi untuk mengubah-ubah nilai tegangan masukan yang berasal dari kincir angin berdasarkan nilai duty cycle yang diterima yang berasal dari algoritma MPPT. Untuk mendapatkan nilai duty cycle yang tepat dan sesuai maka diterapkanlah sebuah sistem kontrol yang dinamakan algoritma penjejakan atau algoritma MPPT. Algoritma penjejakan itu sendiri bekerja berdasarkan informasi dari sensor. Informasi tersebut berupa arus, tegangan, dan daya kincir angin[4].

## F. Sensor Arus

Sensor arus adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Sensor arus ini menggunakan metode Hall Effect Sensor. Hall Effect Sensor merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet [6].

## G. Sensor Tegangan

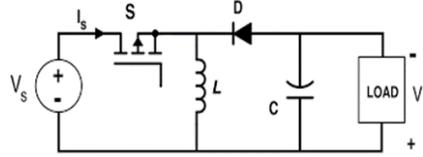
Komponen tegangan disini adalah sensor tegangan yang berfungsi untuk menentukan tegangan jala-jala listrik untuk setiap saatnya. Hal ini diperlukan untuk mengukur tegangan setiap saat. Sensor tegangan ini berupa pembagi tegangan. Tegangan yang dihasilkan masih berupa sinyal sinusoidal. Tegangan ini akan diteruskan ke input rangkaian penyearah

## H. Pulse Width Modulation (PWM)

Proses switching pada converter untuk menghasilkan output tegangan yang bervariasi menggunakan teknik Pulse Width Modulation (PWM). Secara umum PWM merupakan cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, dimana bentuk gelombang sinyal PWM berupa gelombang kotak yang mempunyai waktu hidup (ton) dan waktu mati (toff) dalam satu periode. Dalam PWM juga dikenal dengan perbandingan waktu saat waktu hidup (ton) dibagi jumlah dalam satu periode ( $T = ton + toff$ ), dikenal juga dengan istilah duty cycle (D).

### I. Buckboost konverter

Buckboost konverter berfungsi untuk mengubah nilai tegangan DC, baik ke nilai yang lebih tinggi maupun ke nilai yang lebih rendah. Namun buckboost konverter mengubah polaritas dari tegangan output terhadap tegangan input. Buskboost konverter sendiri merupakan rangkaian yang terdiri dari mosfet, yang digunakan sebagai pensaklaran komponen, induktor, dioda, kapasitor filter, dan resistor [7].

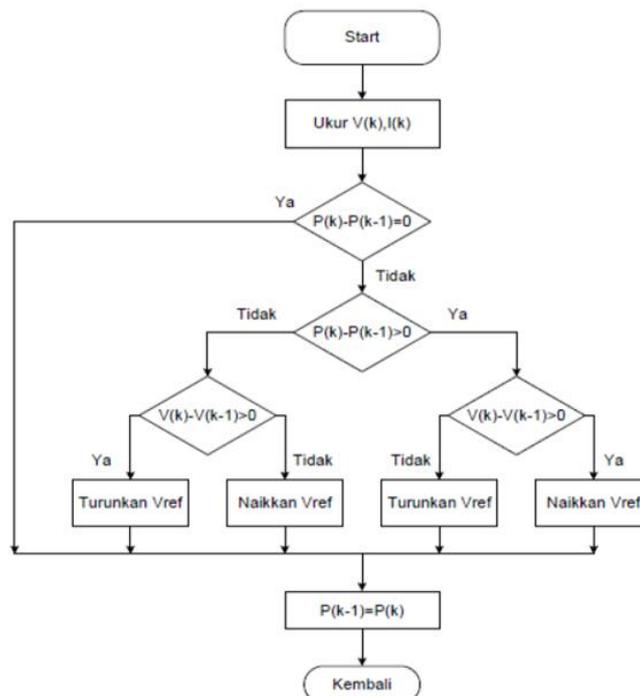


Gambar 1 buckboost konverter [7]

Induktor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple arus. Sedangkan kapasitor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple tegangan. Dioda digunakan sebagai komponen pensaklaran yang bekerja pada keadaan switch open, sehingga arus tetap mengalir ke induktor.

### J. Algoritma MPPT (Perturb and Observe)

Pada aplikasi sepeda listrik seperti diketahui bahwa karakteristik daya keluaran turbinnya dipengaruhi oleh kecepatan kayuh dari penggunanya, diperlukan sebuah algoritma untuk mencari titik daya maksimum (MPPT) dan menjaga pada titik kerja tersebut. Terdapat beberapa cara untuk menjejak titik daya maksimum tersebut seperti Perturb and Observe, Incremental Conductance, Dynamic Approach, Temperature Methods dll. Pada pembahasan kali ini dipilih algoritma perturb and observe (P&O) sebagai algoritma kontrol MPPT karena komputasi yang mudah dan cepat. P&O disebut juga dengan metode hill climbing, yang mengacu pada karakteristik  $P-\omega$  [8].



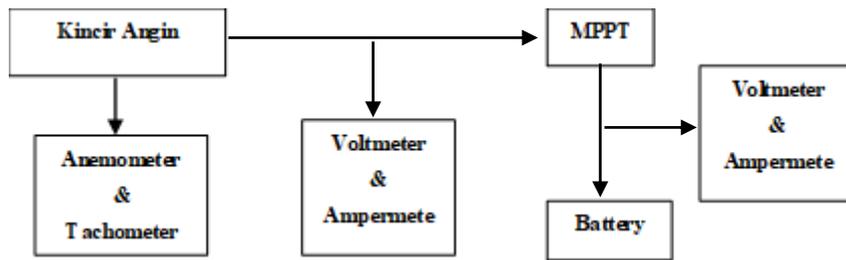
Gambar 2 diagram alir algoritma P&O[8]

## III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Dalam penelitian kali ini metode yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut :

### A. Perancangan Alat

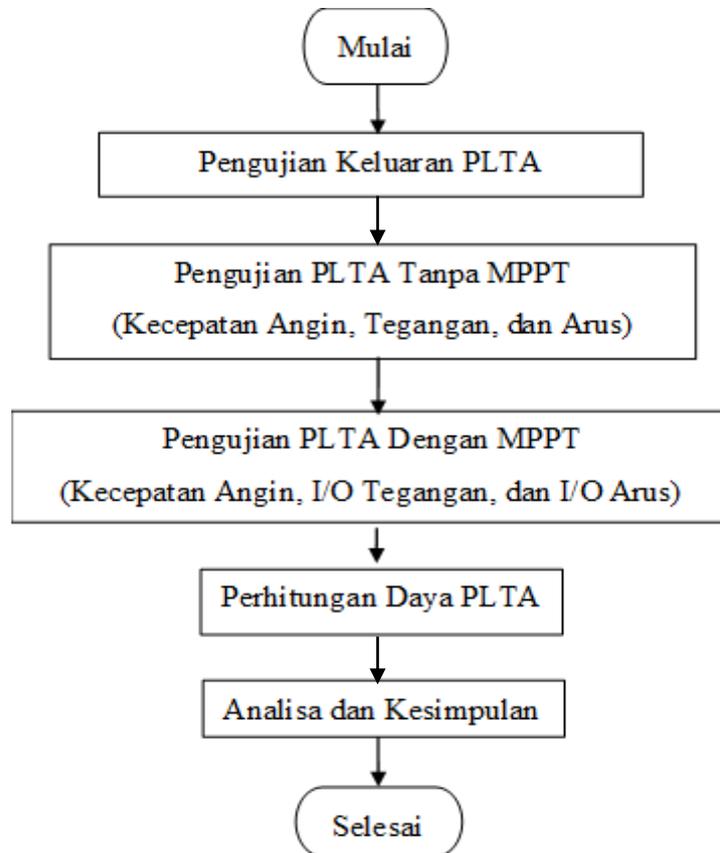
Perancangan alat untuk menganalisa kinerja Kincir Angin bisa digambarkan seperti Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3 Perancangan skema penelitian

**B. Prosedur Penelitian**

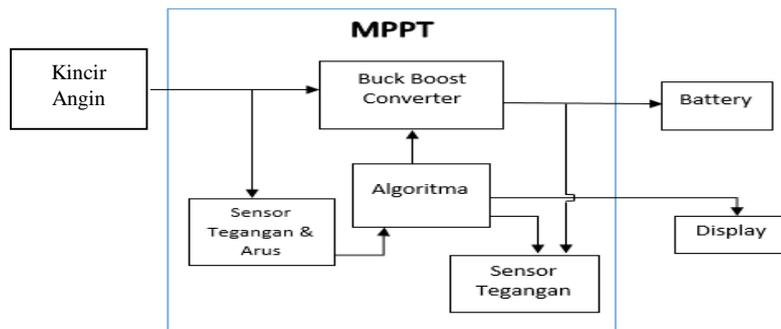
Gambaran umum dari langkah kerja dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat melalui blok diagram pada Gambar 4.



Gambar 4 Blok diagram penelitian

**C. Rangkaian MPPT**

Rangkaian perangkat MPPT dapat ditunjukkan pada diagram sistem seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 5 Perancangan MPPT

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Keluaran Kincir Angin Tanpa MPPT

Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran keluaran kincir angin yang telah dilakukan pukul 09:00 – 16:00, pada kincir angin maka diperoleh data rata-rata pada tabel 1.

Tabel 1 Tabel pengujian keluaran kincir angin

No	Jam	Kecepatan Angin	Kecepatan Generator	Tegangan	Arus	Daya
		m/s	Rpm	(V)	(A)	(Watt)
1	09:00	2.0	260	16	0,49	7,84
2	10:00	2.7	304	18	1,69	30,42
3	11:00	4.1	402	24	3,26	78,24
4	12:00	2.2	249	17	0,23	3,1
5	13:00	3.4	377	24	2,97	71,28
6	14:00	2.1	234	17	0,40	6,8
7	15:00	3.6	231	16	0,12	1,92
8	16:00	3.5	244	16	0,22	3,52

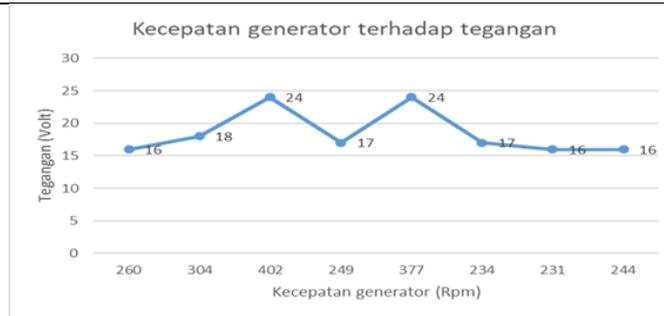
Tabel 1 menunjukkan bahwa data pengamatan dilakukan dalam 8 kali percobaan, pencatatan dilakukan dalam setiap jam dengan pengukuran yang meliputi: kecepatan angin, kecepatan generator, tegangan dan arus.

Dalam penelitian ini kincir angin menghasilkan besarnya kecepatan angin adalah sebesar 4,1 m/s pada pukul 11.00 dengan kecepatan generator 402 Rpm dan dengan nilai tegangan 24 dan nilai arus 3,26. Pada Gambar 6 menunjukkan grafik antara kecepatan angin terhadap kecepatan generator.



Gambar 6 Grafik kecepatan angin terhadap generator

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat diketahui kecepatan angin berbanding lurus dengan kecepatan generator. Semakin besar kecepatan angin maka kecepatan putar pada generator semakin cepat.



Gambar 7 Grafik kecepatan generator terhadap tegangan

Dari hasil penelitian dilihat pada gambar 7 tegangan yang dihasilkan kincir angin sangat berpengaruh dengan kecepatan generator. Jika semakin tinggi kecepatan generator yang ditangkap kincir angin maka tegangan yang dihasilkan kincir juga akan semakin besar, begitu juga ketika kecepatan generator yang ditangkap kincir angin mengecil maka tegangan yang dihasilkan kincir pun akan menjadi berkurang atau menjadi kecil.

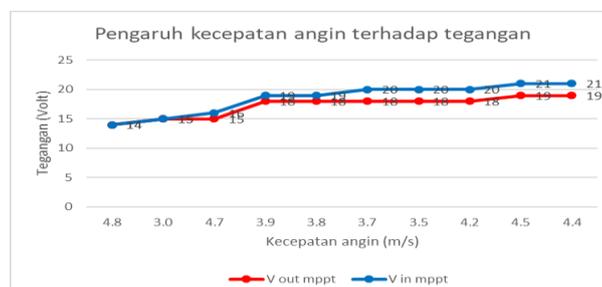
**B. Hasil Penelitian Pengukuran Kincir Angin dengan MPPT**

Pada penelitian tugas akhir ini, penulis berhasil mengumpulkan hasil dari pengukuran yang dilakukan pada kincir angin yang mana membandingkan nilai input dan output mppt, berikut tabel hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Tabel 2 Tabel pengukuran kincir angin antara jam 09.00-10.00

No.	Kecepatan Angin (M/S)	Kecepatan Generator (Rpm)	Input MPPT		Output MPPT	
			Vmppt (Volt)	Imppt (A)	Vmppt (Volt)	Imppt (A)
1	4.8	250	14	0,57	14	0,47
2	3.0	252	15	0,82	15	0,87
3	4.7	281	16	1,66	15	1,69
4	3.9	374	19	2,55	18	2,41
5	3.8	369	19	2,74	18	2,62
6	3.7	397	20	3,19	18	3,01
7	3.5	404	20	3,23	18	3,15
8	4.2	414	20	3,51	18	3,34
9	4.5	403	21	3,07	19	3,00
10	4.4	405	21	2,88	19	2,74

Berdasarkan penelitian dan pengukuran yang dilakukan, kecepatan angin sangat mempengaruhi tegangan keluaran dari kincir angin. Pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan keluaran kincir angin dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



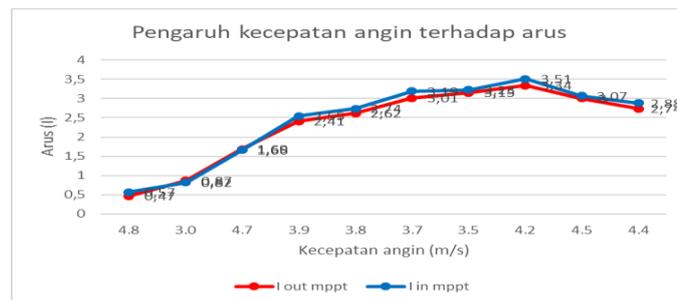
Gambar 8 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan antara jam 09.00-10.00

Berdasarkan gambar 8 sedikit bisa disimpulkan bahwa tegangan pada kincir angin sangat berpengaruh terhadap kecepatan angin yang mengenai kincir angin, dengan nilai kecepatan angin dari 4,8 – 4,4 m/s untuk gambar 8, ketika kecepatan angin mengalami kenaikan, tegangan kincir angin akan ikut naik, begitu juga sebaliknya ketika kecepatan angin turun, tegangan kincir juga akan ikut turun.

Perbandingan input dan output MPPT sangat terlihat dan berpengaruh terhadap kinerja kincir angin disini, karena pada saat kondisi angin sedang tinggi, maka tidak menimbulkan permasalahan. Akan tetapi ketika kecepatan angin mengalami penurunan, tegangannya pun akan ikut turun juga. Dalam hal ini menimbulkan masalah pada proses pengisian pada baterai, jika tegangan yang dihasilkan kincir angin untuk proses pengisian terbilang kecil dan tidak dapat melakukan pengisian ke baterai, kondisi ini terjadi karena tegangan baterai yang digunakan adalah sebesar 12 V, jika tegangan yang dikeluarkan kincir angin masih kurang dari 12 V. pada kondisi ini kincir angin tidak dapat mengisi ke baterai, justru kincir angin yang akan menjadi beban dari baterai dan mengurangi isi dalam baterai. Akan tetapi dalam percobaan kincir angin menggunakan mppt tegangan yang di hasilkan kincir angin diatas 14 V, sehingga dapat mengisi ke baterai.

Pada kondisi ini peran MPPT cukup penting karena dapat berfungsi sebagai penstabil tegangan yang berguna untuk menstabilkan tegangan kincir angin supaya tegangan tidak lebih rendah dibandingkan tegangan pada baterai, sehingga proses pengisian pada baterai masih dapat berlangsung.

Kecepatan angin juga berpengaruh terhadap arus listrik yang dihasilkan oleh kincir angin. Seperti yang terlihat pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap arus antara jam 09.00-10.00

Sama seperti halnya pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan, kecepatan angin juga berpengaruh terhadap arus listrik yang dihasilkan kincir angin, dan keduanya mempunyai karakter perubahan yang sama, seperti yang diperlihatkan pada gambar 9, grafik menunjukkan perubahan nilai arus yang linier terhadap kecepatan angin, ketika kecepatan angin naik, arus juga akan menjadi tinggi, begitu pula ketika kecepatan angin turun, arus pun akan mengalami penurunan.

### C. Hasil Daya Keluaran Kincir Angin

Kecepatan angin yang mengenai kincir angin juga dapat mempengaruhi nilai daya yang dihasilkan, seperti halnya pengaruhnya pada tegangan dan arus. Daya keluaran yang dihasilkan oleh kincir angin diperoleh dari perhitungan antara tegangan yang dikalikan dengan arus. Berikut tabel dan gambar grafik hasil perhitungan daya keluaran yang dihasilkan kincir angin.

Tabel 3 Tabel perhitungan daya keluaran kincir angin

No	Jam					
	09.00-10.00		12.00-13.00		15.00-16.00	
	P input mppt	P output mppt	P input mppt	P output mppt	P input Mppt	P output mppt
	(Watt)	(Watt)	(Watt)	(Watt)	(Watt)	(Watt)
1	7,98	6,58	29,2	24,48	26,6	22,86
2	12,3	13,05	26,4	23,22	39,06	32,49
3	26,56	25,35	30,2	26,64	46	38,88
4	48,45	43,38	25,4	19,98	51,66	45,79
5	52,06	47,16	32,04	30,96	61,11	54,15
6	63,8	54,18	27,55	24,66	61,44	46,74
7	64,6	56,7	33,44	28,98	56,4	42,37
8	70,2	60,12	81,84	62,51	58,08	43,7

9	64,47	57,64	70,32	51,87	55,2	41,99
10	60,48	52,06	112,32	80,2	42,48	32,87



Gambar 10 Grafik pengaruh kecepatan angin terhadap daya keluaran pada jam 09.00-10.00

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 10, kecepatan angin juga mempunyai pengaruh terhadap daya keluaran yang dihasilkan kincir angin sama seperti halnya dengan tegangan dan arus. Karena nilai daya diperoleh dari perkalian antara tegangan dan arus, maka grafik yang ditunjukkannya pun hampir sama.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisa dan beberapa pengujian pada tugas akhir ini, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengujian keluaran PLTA tanpa menggunakan mppt yaitu naik dan turun secara signifikan. Nilai tegangan yang dapat dihasilkan oleh kincir angin adalah sebesar 24 Volt dan terkecil 16 Volt. Pengujian dilakukan pukul 09:00 – 16:00 dengan selang waktu 1 jam selama 8 kali percobaan.
2. Pengujian keluaran PLTA dengan menggunakan mppt yaitu sangat stabil. Dapat dilihat nilai tegangan dan arus input mppt dan output mppt pada pengukuran jam 09.00 – 10.00, 12.00 – 13.00 dan 15.00 – 16.00
3. Daya tertinggi yang dapat dihasilkan oleh kincir angin pada saat tidak menggunakan MPPT adalah sebesar 78,24 Watt yaitu pada jam 11.00. Sedangkan daya tertinggi yang dapat dihasilkan kincir angin pada saat menggunakan MPPT adalah sebesar 112 Watt pada jam 12.00.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Industri, dan kedua dosen pembimbing saya, teman seperjuangan angkatan 2014 Teknik Elektro, Kedua Orang Tua, adik, kakak, dan saudara saya yang telah mendukung dalam kelancaran mengerjakan Tugas Akhir ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ikhwanul Ikhsan, "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Kincir Angin Tipe Propeller Pada Wind Tunnel Sederhana". Tugas Akhir, Jurusan Mesin Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makasar. 2011.
- [2] Muhamad Ootong, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter". Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten. 2016.
- [3] L. A. Nusantara, "Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin," 2014.
- [4] P. Turbin and A. Savonius, "Analisa pengaruh perbedaan variasi jumlah sudu untuk optimalisasi daya listrik pada turbin angin savonius bertingkat," no. 1, 2011.
- [5] I. Abadi, C. Imron, Mardijah, and R. D. Noriyati, "Implementation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Technique on Solar Tracking System Based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)," E3S Web Conf., vol. 43, p. 01014, 2018.
- [6] H. Kuswanto, "Alat Ukur Listrik AC (Arus, Tegangan, Daya) Dengan Port Paralel," Universitas Sebelas Maret, p. 17, 2010.
- [7] H. S. Mochamad, "Rancang bangun buck boost konverter skripsi," Fakultas Teknik. Universitas Indonesia, 2010.
- [8] A. Hasan and A. Hamzah, "Analisa dan Desain Maximum Power Point Tracking Untuk Generator Induksi Pada Aplikasi Sepeda Listrik," vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2017.
- [9] Aulia Laila Fithri, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Desain Dan Karakterisasi Konverter Dc Ke Dc Berbasis Rangkaian Buck-Boost Pada Sistem Maximum Power Point Tracking (Mppt), Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2018.
- [10] A. Bachtiar and W. Hayattul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," J. Tek. Elektro Itp, vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- [11] Richard Blocher, Dipl, Phys, "Dasar Elektronika", 2003, 2004
- [12] William H Hayt, Jr and Jack E. Kemmerly, "Rangkaian Listrik"