

STUDI EKSPERIMENTAL TATA LETAK TURBIN PLTB SUMBU VERTIKAL UNTUK KINERJA YANG LEBIH OPTIMAL

Febriana Putri Anggita, Rizki Nurilyas Ahmad

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui tata letak bilah turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) untuk kinerja yang lebih optimal. Studi menggunakan alat uji PLTB untuk mensimulasikan tata letak turbin vertikal dan horizontal pada lengan turbin. Melalui eksperimen laboratorium, variabel seperti kecepatan angin dan jarak antar turbin dianalisis untuk menentukan konfigurasi optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tata letak turbin yang dioptimalkan secara signifikan meningkatkan efisiensi konversi energi angin menjadi listrik dibandingkan tata letak konvensional. Temuan ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan PLTB yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terdapat 3 kondisi, pertama kondisi 1 dengan turbin pada panjang lengan 35cm, kondisi 2 dengan turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm, dan terakhir yaitu kondisi 3 dengan turbin yang diputas secara *horizontal* dengan posisi turbin pada panjang lengan 35cm. Dapat disimpulkan untuk potensi angin paling besar pada kondisi 1 terdapat pada hari ke-1 tanggal 13 Juli 2024 dengan kecepatan angin sebesar 1,58m/s pada pukul 15.30 WIB dengan tegangan generator sebesar 6,5V arus 0,064A dan daya 0,416W. Kondisi 2 potensi angin paling besar didapatkan pada hari ke-3 tanggal 20 Juli 2024 dengan kecepatan angin sebesar 1,60m/s pada pukul 16.00WIB dengan tegangan generator sebesar 6,9V arus 0,064A dan daya 0,416W. Kondisi 3 potensi angin paling besar didapatkan pada hari ke-2 tanggal 18 Juli 2024 dengan kecepatan angin sebesar 2,09m/s pada pukul 14.00WIB dengan tegangan generator sebesar 10,5V arus 0,104A dan daya 1,092W.

Kata Kunci: energi angin, efisiensi energi, konfigurasi turbin, optimalisasi, PLTB, tata letak turbin.

Abstract

This research aims to determine the layout of the turbine blades at the Wind Power Plant (PLTB) for more optimal performance. The study uses a PLTB test tool to simulate the turbine layout: vertical and horizontal on the turbine arm. Through laboratory experiments, variables such as wind speed and distance between turbines are analyzed to determine the optimal configuration. The research results show that the optimized turbine layout significantly increases the efficiency of wind energy conversion into electricity compared to the conventional layout. These findings are expected to make a significant contribution to the development of more efficient and environmentally friendly PLTB. From the results of the tests that have been carried out there are 3 conditions, first condition 1 with the turbine at an arm length of 35cm, condition 2 with the turbine at an arm length of 35cm and 26cm, and finally condition 3 with the turbine rotating horizontally with the turbine positioned at an arm length of 35cm. It can be concluded that the greatest wind potential in condition 1 is on day 1, July 13 2024, with a wind speed of 1.58m/s at 15.30 WIB with a generator voltage of 6.5V, current of 0.064A and power of 0.416W. Condition 2 with the greatest wind potential was obtained on day 3, July 20 2024, with a wind speed of 1.60m/s at 16.00 WIB with a generator voltage of 6.9V, current of 0.064A and power of 0.416W. Condition 3 with the greatest wind potential was obtained on the 2nd day of July 18 2024 with a wind speed of 2.09m/s at 14.00 WIB with a generator voltage of 10.5V, current of 0.104A and power of 1.092W.

Keywords: wind energy, energy efficiency, turbine configuration, optimization, PLTB, turbine layout.

1. PENDAHULUAN

Cadangan energi di masa depan selalu menjadi perhatian global karena kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern sangat bergantung pada jumlah dan kualitas energi yang digunakan. Untuk Indonesia, yang termasuk negara berkembang, penyediaan energi adalah faktor krusial dalam mendorong pembangunan sehingga pengembangan pemanfaatan energi terbarukan harus dilakukan secara nasional (Mahroni & Supriyatna, 2024). Hal ini juga beriringan dengan meningkatnya pembangunan, terutama di sektor industri, serta pertumbuhan ekonomi dan populasi, kebutuhan akan energi terus bertambah (Adhi et al., 2017). Pemanfaatan energi terbarukan ramah lingkungan, yang mampu mengurangi efek negatif penggunaan bahan bakar tidak terbarukan sebagai sumber energi nasional yang banyak digunakan pada sumber energi lainnya (Nurdiyanto, 2020). Upaya pengurangan energi tidak terbarukan ini penting untuk membantu Indonesia dalam mengatasi krisis energi yang berkepanjangan.

Energi angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang murah, ramah lingkungan, dan tersedia secara konsisten, bahkan di daerah terpencil seperti kepulauan sebagai sumber energi untuk pembangkit energi listrik (Bachtiar & Hayyatul, 2018). Sayangnya, potensi energi ini belum dimanfaatkan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah-wilayah tersebut. Terutama di pulau-pulau yang belum teraliri listrik dan belum terhubung dengan jaringan listrik PT PLN (Persero) (Yani, 2021). Dengan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) diharap dapat menjadi salah satu solusi energi terbarukan yang terus berkembang dan mendapatkan perhatian global.

Dalam era yang semakin mengedepankan keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon, pemanfaatan energi angin menjadi semakin penting karena selain menekan pengurangan emisi karbon juga dapat menekan biaya sehingga lebih efektif secara ekonomi dan pelestarian lingkungan (Judijanto et al., 2023). Salah satu aspek krusial dalam optimisasi kinerja PLTB adalah tata letak turbin yang efektif, yang dapat memaksimalkan efisiensi produksi energi dan meminimalkan biaya operasional (Nawawi & Fatkhurrozi, 2017).

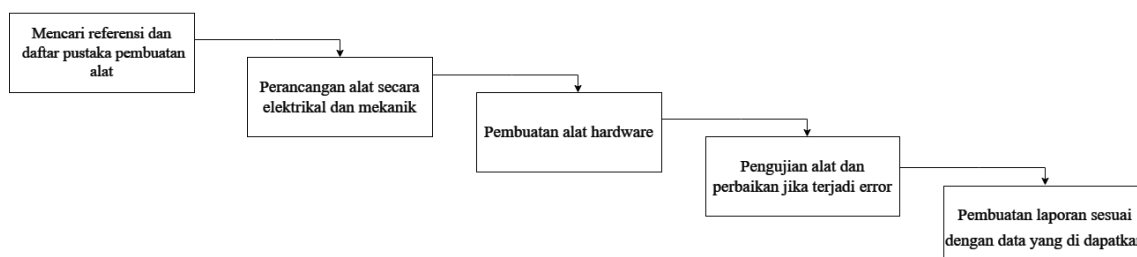
Pemilihan tata letak turbin dalam perakitan PLTB sangat mempengaruhi kinerja turbin dan jumlah energi yang dihasilkan (Nurdin et al., 2022). Posisi dan jarak antar turbin dapat menentukan seberapa optimal angin yang diterima oleh turbin. Turbin yang ditempatkan terlalu dekat satu sama lain dapat menyebabkan efek bayangan, di mana turbin di hilir menerima angin yang telah kehilangan sebagian energinya, sehingga menurunkan efisiensi keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian untuk menentukan tata letak yang paling optimal sangatlah penting. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji alat eksperimental yang dirancang khusus untuk mengevaluasi tata letak turbin dalam PLTB. Alat ini akan digunakan untuk

mensimulasikan berbagai konfigurasi tata letak turbin dan mengukur kinerja masing-masing konfigurasi dalam kondisi yang ditentukan. Dengan melakukan eksperimen ini, diharapkan dapat ditemukan tata letak turbin yang paling efisien dan efektif untuk memanfaatkan energi angin.

Penelitian ini tidak hanya akan memberikan wawasan baru tentang bagaimana mengoptimalkan tata letak turbin, tetapi juga akan menghasilkan alat uji yang dapat digunakan dalam penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang energi terbarukan. Dengan demikian, studi ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi dan keberlanjutan penggunaan PLTB, serta mendukung upaya global dalam mencapai target energi bersih dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil (Nur Fitri & Azis, 2021).

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan penulis adalah metode *waterfall*, bertujuan setiap proses pada penelitian berjalan dengan urut serta dapat melakukan identifikasi ketika terjadi kegagalan atau kesalahan selama proses pengerjaan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh tata letak dari turbin PLTB dengan hasil keluaran yang dialirkan ke generator DC, yang tentunya akan menghasilkan tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan potensi angin yang di dapat dalam pergerakan turbinnya. Sedangkan untuk parameter yang diamati yaitu tegangan dari generator, arus, kecepatan angin dan kecepatan putar generator, pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur seperti Multimeter, tachometer dan anemometer. Untuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Mencari referensi dan daftar pustaka pembuatan alat bertujuan untuk mengetahui sistem perancangan, pembuatan dan pengujian seperti apa yang akan digunakan dalam penelitian.
- Adanya perancangan alat secara elektrik dan mekanik. Dengan adanya tahapan ini akan meliputi sistem kelistrikan yang aan digunakan dalam penelitian dan konstruksi alat.
- Melakukan pembuatan alat *hardware*, dalam proses ini pembuatan alat dan sistem kelistrikan dilakukan.

- d. Pengujian dilakukan agar mengetahui bahwa alat yang dibuat berjalan dan bekerja dengan semestinya, dan melakukan perbaikan jika terjadi kesalahan atau *error*.
- e. Pembuatan laporan berdasarkan data yang sudah didapatkan selama pengujian berlangsung, dengan adanya proses ini bertujuan dapat menganalisis hasil dari pengujian pembuatan alat tersebut.

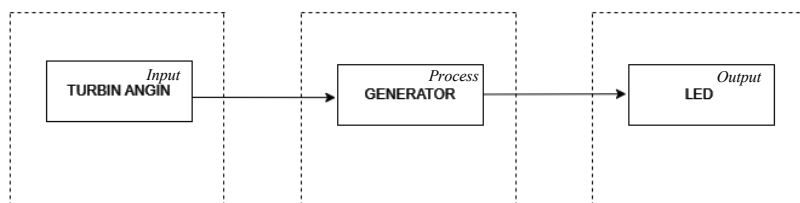
2.1 Alat dan Bahan

Tabel 1. Tabel alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1.	Generator DC	12V 30W 1800 RPM	1
2.	<i>Pulley</i>	9inc diameter 20mm ²	1
3.	<i>Pulley</i>	1,5inc diameter 20mm ²	1
4.	<i>Vanbelt</i>	M-30	1
5.	LED	3V	1
6.	Resistor	1K Ω	1
7.	<i>Shaff</i>	6301-2RS	4
8.	Turbin angin	diameter 25cm	8

Berdasarkan tabel alat dan bahan diatas menjelaskan komponen apa saja yang digunakan dalam penelitian tata letak turbin untuk kinerja yang lebih optimal seperti adanya generator dc bertipe 12V 30W 1800RPM, dilanjut komponen selanjutnya terdapat 2 buah *pulley* berukuran 9 inc dan 1,5 inc dengan diameter yang sama yaitu 20mm, dilanjut komponen selanjutnya terdapat *vanbelt* ukuran M-30, dilanjut terdapat LED 3V dan resistor 1Kohm, setelah itu terdapat *shaff* tipe 6301-2RS dan turbin angin yang berdiameter 25cm.

2.2 Blog Diagram Sistem



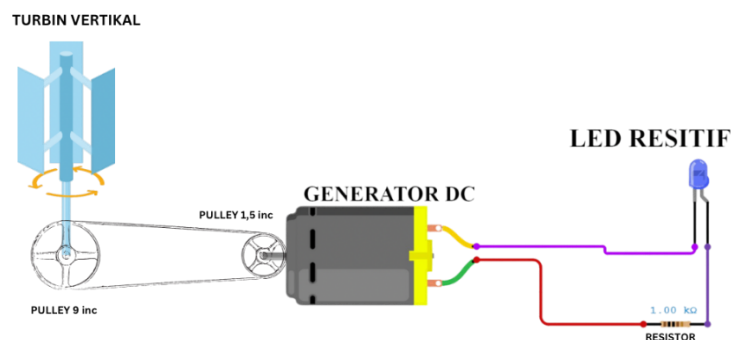
Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan diagram blok sistem diatas menjelaskan terdapat input, proses dan output. Dimana input itu ditandai dengan turbin angin yang bekerja dilanjut proses disini proses berupa generator sebagai konversi dari energi angin yang diterima akan di ubah menjadi sumber listrik DC dengan demikian, proses konversi angin yang diterima oleh turbin mejadi energi listrik yang mengalir ke output berupa LED resitif.

Data yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan alat pengukur seperti anemometer, Multimeter digital, Multimeter analog dan tachometer. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin dengan cara mengarahkan anemometer ke arah angin yang

datang ke turbin angin, selanjutnya multimeter analog digunakan untuk mengukur tegangan pada generator dengan cara mengarahkan selector multimeter digital ke pengukuran tegangan dc (V) dilanjut dengan ke dua probe yaitu probe merah di hubungkan ke kabel merah generator yang merupakan kutub (+) dan probe hitam yang dihubungkan ke kabel hitam generator yang merupakan kutub (-). Selanjutnya, multimeter analog disini digunakan untuk mengukur arus secara seri pada generator yang terhubung beban, untuk cara penggunaan multimeter analog pertama-tama melakukan kalaibrasi sebelum pengukuran dimulai, setelah melakukan kalibrasi multimeter analog berfungsi dengan normal dapat dilanjutkan pengukuran arus pada beban dengan cara pertama arahkan selector ke DCA pada nilai 25m dan untuk probe nya, pada probe merah dihubungkan ke sumber positif pada generator sedangkan probe hitam dihubungkan ke kaki positif beban yang akan di ukur. Ketika mengarahkan selector ke nilai 25m pada DCA multimeter analog maka nilai yang didapat bisa dihitung dengan rumus $\text{Nilai Arus} = \text{Pembacaan Skala} \times \frac{\text{Skala Selector}}{\text{Skala Maksimum}}$ dalam satuan miliamper (mA) dan untuk dikonversi menjadi ampere(A) dapat dihitung dengan rumus $\text{Nilai dalam A} = \frac{\text{Nilai dalam mA}}{1000}$. Selanjutnya yaitu *tachometer* berfungsi untuk mengukur kecepatan dengan satuan RPM.

2.3 Perancangan *Hardware*



Gambar 3. Perancangan *Hardware*

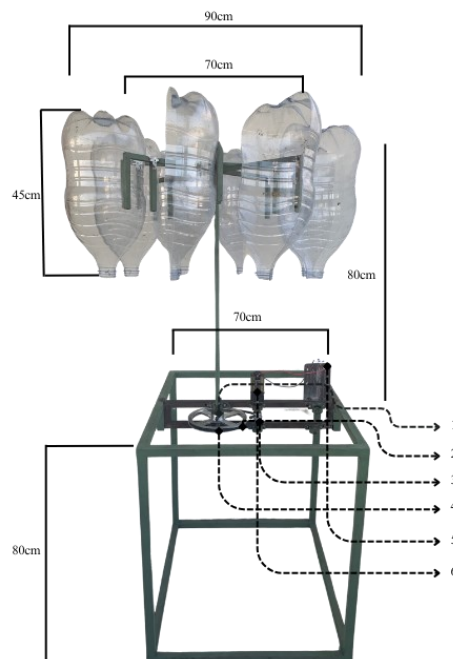
Merujuk pada perancangan *Hardware* yang akan dibuat, pada gambar diatas terdapat beberapa komponen inti yang digunakan dalam pembuatan seperti adanya turbin yang berbentuk vertikal yang terhubung dengan 2 buah pulley, pulley yang berukuran 9 inc dan 1,5 inc ini terhubung dengan vanbelt untuk menggerakkan generator dc dan menghasilkan listrik keluaran yang terhubung pada led resistif. Untuk generator yang digunakan ini memiliki spesifikasi seperti generator dc 12V 30W 1800 RPM, untuk beban resistif yang digunakan itu adalah resistor 1K Ω dan led biru 3V.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 IMPLEMENTASI *HARDWARE*

3.1.1 Sistem Kelistrikan

Sistem kelistrikan dirancang berdasarkan perancangan Hardware yang telah di buat, seperti pada gambar di atas yaitu gambar 2.3 perancangngan Hardware dari generator akan terhubung langsung ke beban yaitu berupa led resitif berwarna biru dengan tegangan 3V dan resistor 1K Ω . Untuk generator dc sendiri memiliki spesifikasi tegangan 12V dan arus 30watt. Dimana ketika turbin yang berputar memutar generator akan menghasilkan tegangan listrik dc yang akan di alirkan ke led resitif.



Gambar 4. Foto *Hardware*

Tabel 2. Spesifikasi Perancangan *Hardware*

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1.	Leker/ <i>Shaff</i>	Tipe 6301-2RS	4
2.	<i>Vanbelt</i>	Tipe M-30	1
3.	<i>Pulley</i>	9 inc diameter 20 mm	1
4.	<i>Pulley</i>	1,5 inc diameter 20 mm	1
5.	Led Resitif	3V	1
6.	Generator DC	12V 30W 1800 RPM	1

3.2 Hasil pengujian

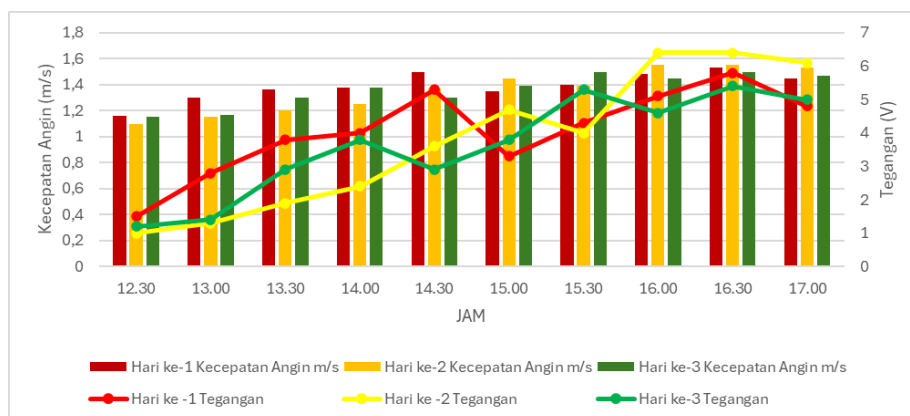
Pengolahan data ini, pengambilan data akan dilakukan selama 9 hari berturut-turut, dalam 9 hari ini akan ada 3 kondisi ujicoba yang dilakukan dalam penelitian ini. Kondisi 1 yaitu turbin berbentuk Vertikal dengan peletakan baling baling turbin pada ujing lengan tiang di posisi 35cm pada masing masing lengan turbinnya. Kondisi 2 yaitu turbin berbentuk Vertikal dengan

peletakan baling-baling pada ujung lengan tiang di posisi 35cm dan 26 cm. Kondisi 3 turbin berbentuk *Horizontal* dimana baling-baling turbin akan diletakan pada ujung lengan yang sama pada posisi 35cm. Dari ke 3 kondisi tersebut pada setiap percoaan perkondisi akan diambil data dalam kondisi dengan beban (*loaded*) dan tanpa beban (*no-load*).

3.2.1 Pengujian Kondisi 1

Tabel 3. kondisi tanpa beban (*no-Load*) Turbin Vertikal pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm.

Waktu	Hari pertama			Hari kedua			Hari ketiga			
	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	
12.30	1,16	24,1	1,5	1,10	19	1,0	1,15	23	1,2	
13.00	1,30	46	2,8	1,15	21,3	1,3	1,17	25,4	1,4	
13.30	1,36	54	3,8	1,20	28	1,9	1,30	46	2,9	
14.00	1,38	58	4,0	1,25	38	2,4	1,38	55	3,8	
14.30	1,50	92	5,3	1,37	55,9	3,6	1,30	46,4	2,9	
15.00	1,35	54,2	3,3	1,45	67,1	4,7	1,39	58,9	3,8	
15.30	1,40	65,5	4,3	1,39	58	4	1,50	93,8	5,3	
16.00	1,48	90,1	5,1	1,55	106	6,4	1,45	57	4,6	
16.30	1,53	98,3	5,8	1,55	106	6,4	1,50	95	5,4	
17.00	1,45	68,4	4,8	1,53	102	6,1	1,47	90	5,0	
Rata-Rata Nilai			4,07	Rata-Rata Nilai			3,37	Rata-Rata Nilai		3,63



Gambar 5. Grafik Tegangan kondisi 1 *No-Load*

Berdasarkan tabel 2. kondisi tanpa beban (*no-load*) turbin pada panjang lengan 35cm terdapat data dari hari pertama, hari kedua dan hari ketiga, dari ketiga data itu diambil pada tanggal 13, 16, dan 19 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Dari data kondisi 1 tanpa beban (*no-load*) pada hari pertama tegangan keluar ketika potensi angin mencapai 1,16m/s

dengan tegangan yang di dapat 1,5V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari pertama didapatkan ketika kecepatan angin 1,53m/s dengan tegangan 5,8V untuk rata-rata tegangan didapatkan pada hari pertama yaitu 4,07V. Pada hari kedua tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 1,10m/s dengan tegangan yang didapat 1,0V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari kedua didapatkan ketika kecepatan angin 1,55m/s dengan tegangan 6,4V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada hari kedua yaitu 3,78V. Pada hari ketiga tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 1,15m/s dengan tegangan yang didapat 1,2V sedangkan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1,50m/s dengan tegangan 5,4V.

Dilanjut pada grafik tegangan pada kondisi 1 tanpa beban (*no-load*) turbin pada panjang lengan 35cm menampilkan hasil tegangan dan kecepatan angin sesuai dengan jam data yang diambil dari data di atas selama tiga kali pengambilan data dijadikan dalam 1 grafik, dari grafik terlihat jelas tegangan paling tinggi berada pada hari ke-2 pukul 16.00 WIB dan 16.30 WIB yang mencapai 6,4V dengan kecepatan angin paling besar didapatkan pada hari ke-2 pukul 16.00 WIB – 16.30 WIB dengan kecepatan mencapai 1,55m/s.

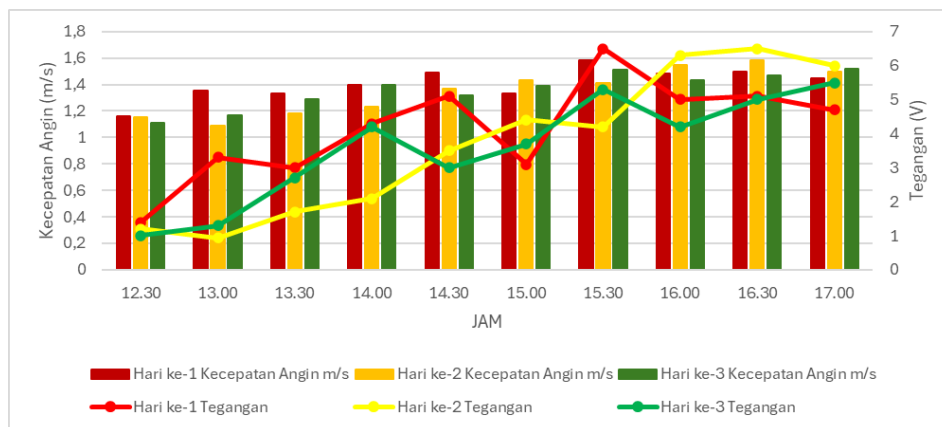
Tabel 4. kondisi dengan beban (*loaded*) Turbin Vertikal pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm

No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	1.16	24,1	1,4	0,014	0,0196
2.	13.00	1.35	54,7	3,3	0,031	0,1023
3.	13.30	1,33	50	3,0	0,03	0,09
4.	14.00	1,40	59,3	4,3	0,043	0,1849
5.	14.30	1,49	91,2	5,1	0,05	0,255
6.	15.00	1,33	53,2	3,1	0,031	0,0961
7.	15.30	1,58	104,8	6,5	0,064	0,416
8.	16.00	1,48	90,1	5,0	0,05	0,25
9	16.30	1,50	91,9	5,1	0,051	0,2601
10.	17.00	1,45	65,2	4,7	0,045	0,2115
Nilai Rata - Rata				4,15	0,0409	0,1885

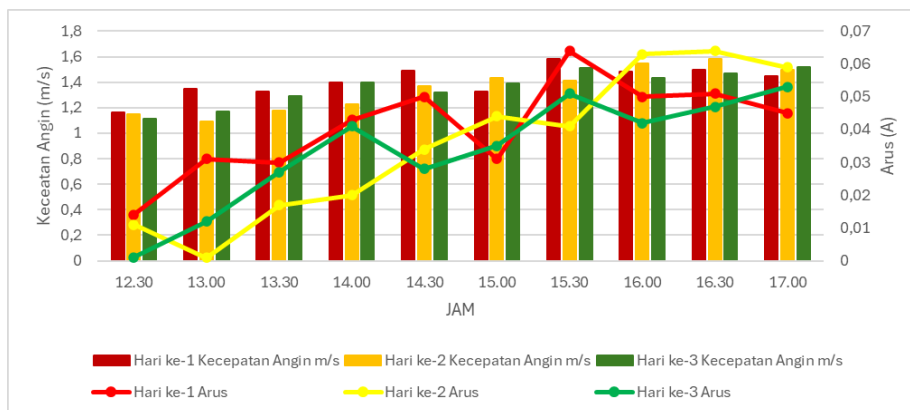
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan(V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	1,15	20,5	1,2	0,011	0,0132
2.	13.00	1,09	18,4	0,93	0,0009	0,000837
3.	13.30	1,18	29,1	1,7	0,017	0,0289
4.	14.00	1,23	34,3	2,1	0,02	0,042
5.	14.30	1,37	55,7	3,5	0,034	0,119
6.	15.00	1,43	62,5	4,4	0,044	0,1936
7.	15.30	1,41	59,1	4,2	0,041	0,1722
8.	16.00	1,55	104	6,3	0,063	0,3969

No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan(V)	Arus (A)	Daya (W)
9	16.30	1,58	110	6,5	0,064	0,416
10.	17.00	1,5	100	6,0	0,059	0,354
Nilai Rata - Rata				3,68	0,0353	0,1736

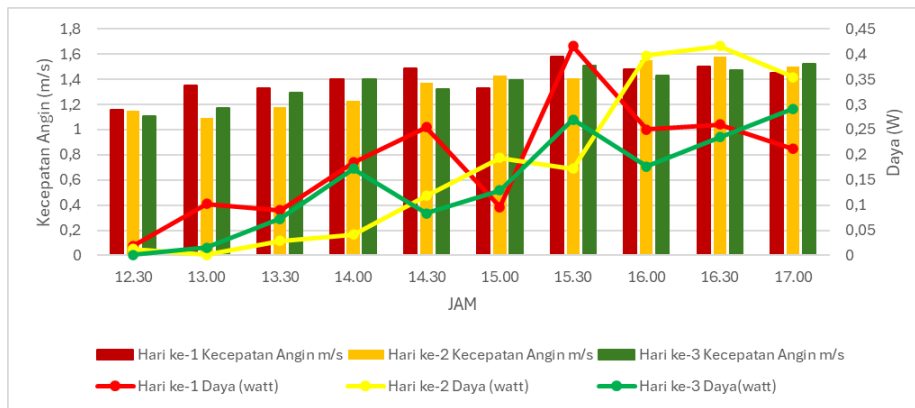
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	1,11	19,1	1,0	0,011	0,001
2.	13.00	1,17	25	1,3	0,012	0,0156
3.	13.30	1,29	40	2,7	0,027	0,0729
4.	14.00	1,4	59,5	4,2	0,041	0,1722
5.	14.30	1,32	50	3,0	0,028	0,084
6.	15.00	1,39	58,1	3,7	0,035	0,1295
7.	15.30	1,51	94	5,3	0,051	0,2703
8.	16.00	1,43	53	4,2	0,042	0,1764
9	16.30	1,47	90,1	5,0	0,047	0,235
10.	17.00	1,52	98	5,5	0,053	0,2915
Nilai Rata - Rata				3,59	0,0337	0,1448



Gambar 6. Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan Kondisi 1 Loaded



Gambar 7. Grafik Kecepatan Angin dan Arus Kondisi 1 Loaded



Gambar 8. Grafik Kecepatan Angin dan Daya Kondisi 1 Loaded

Berdasarkan tabel 4 kondisi dengan beban (*loaded*) turbin pada panjang lengan 35cm akan dianalisis dari ketiga data yang diambil pada tanggal 13, 16, dan 19 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Berdasarkan data kondisi 1 dengan beban (*loaded*) pada tanggal 13 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 1,16m/s dengan tegangan yang di dapat 1,4V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 13 Juli didapatkan pada kecepatan angin 1,58m/s dengan tegangan 6,5V sedangkan untuk rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 13 Juli yaitu 4,15V. Pada tanggal 16 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 1,15m/s dengan tegangan yang didapat 1,2V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 16 Juli didapatkan pada kecepatan angin 1,58m/s dengan tegangan 6,5V sedangkan untuk rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 16 Juli yaitu 3,683V. Pada tanggal 19 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 1,11m/s dengan tegangan yang didapat 1,0V dan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1,52m/s dengan tegangan 5,5V sedangkan untuk rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 19 Juli yaitu 3,59V.

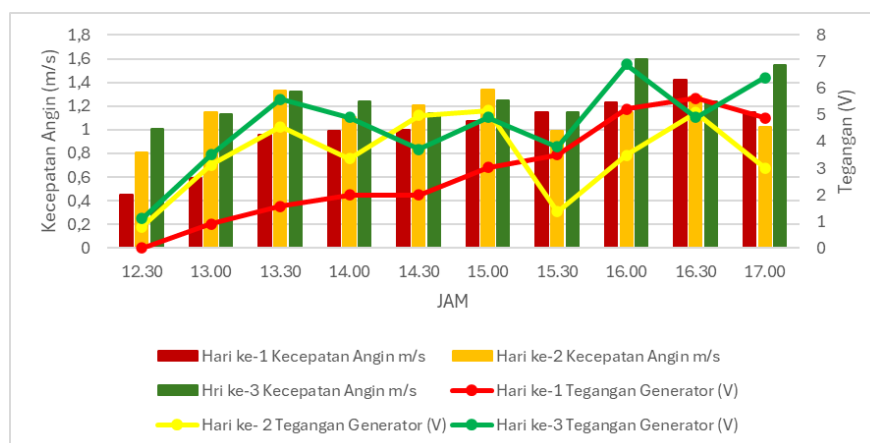
Berdasarkan pada grafik kondisi 1 dengan beban (*loaded*) menampilkan hasil data yang diambil dari tabel yang sudah di rekap selama tiga kali pengambilan data yaitu pada tanggal 13, 16, dan 19 Juli 2024. Untuk grafik yang akan dianalisis terdapat tiga grafik yang terdiri dari Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Arus *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Daya *Loaded* . Grafik pertama menunjukkan Grafik kecepatan angin dan Tegangan *Loaded* tegangan paling besar didapatkan pada hari ke-1 dan ke-2 pukul 15.30 WIB dan 16.30 WIB yaitu tanggal 13 dan 16 Juli sebesar 6,5V dengan kecepatan angin yang sama yaitu 1,58m/s. Pada Grafik kedua, dapat dilihat bahwa Grafik kecepatan angin dan Arus *Loaded* paling besar didapatkan pada hari ke-1 dan ke-2 pukul 15.30 WIB dan 16.30 WIB tanggal 13 dan 16 Juli sebesar 0,064A dengan kecepatan angin sama sebesar 1,58m/s.

Sedangkan, pada Grafik ketiga kecepatan angin dan Daya *Loaded* paling besar didapatkan pada hari ke-1 dan ke-2 pukul 15.30 WIB dan 16.30 WIB tanggal 13 dan 16 Juli sebesar 0,416W dengan kecepatan angin sama sebesar 1,58m/s. Dapat disimpulkan bahwasanya dari grafik Tegangan, Arus dan Daya yang sudah di rangkum menghasilkan data nilai tertinggi pada hari ke-1 dan ke-2 tanggal 13 dan 16 Juli mendapatkan nilai Tegangan, Arus dan Daya terbesar pada pukul 15.30 WIB dan 16.30 WIB.

3.2.2 Pengujian Kondisi 2

Tabel 5. Kondisi tanpa beban (*no-load*) Turbin Vertikal pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm dan 26cm

Waktu	Hari pertama			Hari kedua			Hari ketiga		
	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)
12.30	0,45	0	0	0,81	7,1	0,79	1,01	20,5	1,1
13.00	0,59	12,2	0,9	1,15	53,2	3,11	1,13	55,3	3,5
13.30	0,96	25,9	1,56	1,33	64,2	4,56	1,32	95,7	5,6
14.00	0,99	35,8	2,0	1,11	54,2	3,35	1,24	73,6	4,9
14.30	1,00	36,4	2,0	1,21	71,3	4,98	1,14	56,4	3,7
15.00	1,07	50,2	3,03	1,34	91,3	5,17	1,25	73,1	4,9
15.30	1,15	56,3	3,5	0,99	22,6	1,37	1,15	56,9	3,8
16.00	1,23	93,4	5,23	1,15	56,9	3,49	1,60	125,9	6,9
16.30	1,42	108,3	5,62	1,28	90,5	5,1	1,24	74,5	4,9
17.00	1,15	75,1	4,89	1,02	49,7	3,01	1,55	104,8	6,4
Rata-Rata Nilai			2,648	Rata-Rata Nilai		3,546	Rata-Rata Nilai		4,57



Gambar 9. Kondisi 2 Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan *No-Load*

Berdasarkan tabel 5. kondisi tanpa beban (*no-load*) turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm terdapat data dari hari pertama, hari kedua dan hari ketiga, dari ketiga data diambil pada tanggal 14, 17, dan 20 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Dari data kondisi 2 tanpa

beban (*no-load*) pada hari pertama tegangan keluar ketika potensi angin mencapai 0,59m/s dengan tegangan yang di dapat 0,9V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari pertama didapatkan ketika kecepatan angin 1,42m/s dengan tegangan 5,62V untuk rata-rata tegangan didapatkan pada hari pertama yaitu 2,648V. Pada hari kedua tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 0,81m/s dengan tegangan yang didapat 0,79V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari kedua didapatkan ketika kecepatan angin 1,34m/s dengan tegangan 5,17V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada hari kedua yaitu 3,54V. Pada hari ketiga tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 1,01m/s dengan tegangan yang didapat 1,1V sedangkan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1,60m/s dengan tegangan 6,9V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada hari ketiga yaitu 4,57V.

Dilanjut grafik tegangan kondisi 2 tanpa beban (*no-load*) turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm menampilkan hasil tegangan dan kecepatan angin sesuai dengan jam data yang telah diambil dari data di atas selama tiga kali pengambilan data dijadikan dalam 1 grafik, dari grafik terlihat jelas tegangan paling tinggi berada pada hari ke-3 pukul 16.00 WIB yang mencapai 6,9V dengan kecepatan angin paling besar didapatkan pada hari ke-3 pukul 16.00 WIB mencapai kecepatan 1,60m/s.

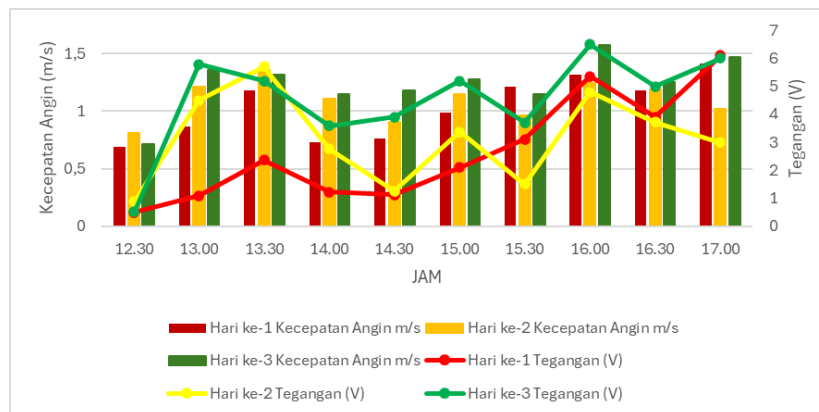
Tabel 6. Kondisi dengan beban (*loaded*) Turbin Vertikal pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm dan 26cm

No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Teganga (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	0,69	9,3	0,5	0,0005	0,0003
2.	13.00	0,87	19,6	1,1	0,01	0,011
3.	13.30	1,18	39,2	2,36	0,02	0,0472
4.	14.00	0,73	23,1	1,22	0,012	0,0146
5.	14.30	0,76	20,7	1,13	0,011	0,0124
6.	15.00	0,99	37,8	2,11	0,016	0,0338
7.	15.30	1,21	51,1	3,12	0,028	0,0874
8.	16.00	1,32	98,3	5,36	0,053	0,2841
9	16.30	1,18	60,2	3,9	0,037	0,1443
10.	17.00	1,41	110,2	6,1	0,06	0,366
Nilai Rata-Rata				2,69	0,0247	0,1001

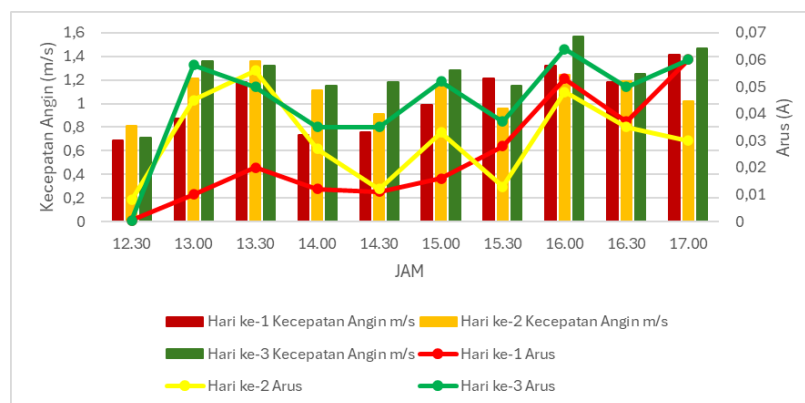
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	0,81	6,9	0,87	0,008	0,0069
2.	13.00	1,21	61,6	4,5	0,045	0,2025
3.	13.30	1,36	118,3	5,71	0,056	0,3197
4.	14.00	1,11	43,9	2,26	0,027	0,0745
5.	14.30	0,91	18,3	1,26	0,011	0,0138

No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
6.	15.00	1,15	54,9	3,37	0,033	0,1112
7.	15.30	0,96	19,5	1,5	0,013	0,0195
8.	16.00	1,24	67,1	4,8	0,048	0,2304
9.	16.30	1,19	57,2	3,72	0,035	0,1302
10.	17.00	1,02	49,9	3,0	0,030	0,09
Nilai Rata-Rata				3,149	0,0307	0,1200

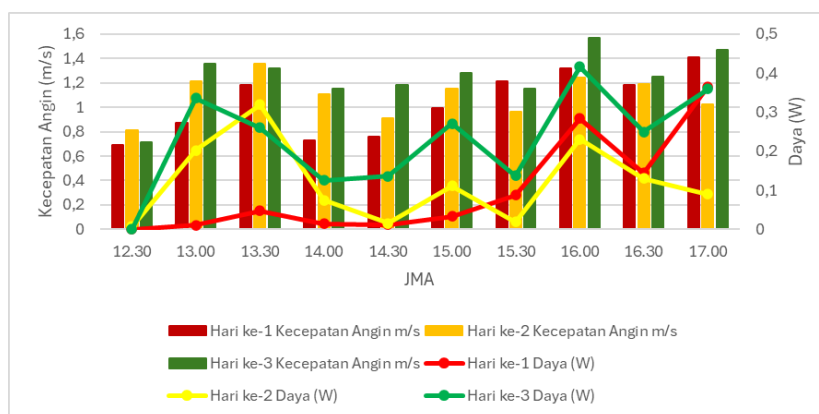
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	0,71	6,5	0,52	0,0005	0,00056
2.	13.00	1,36	98,2	5,8	0,058	0,3364
3.	13.30	1,32	94,8	5,2	0,050	0,26
4.	14.00	1,15	56,2	3,6	0,035	0,126
5.	14.30	1,18	57,2	3,9	0,035	0,1365
6.	15.00	1,28	91,1	5,2	0,055	0,2764
7.	15.30	1,15	56,2	3,7	0,032	0,1369
8.	16.00	1,57	155,9	6,5	0,064	0,416
9.	16.30	1,25	276,1	5,0	0,050	0,25
10.	17.00	1,87	208,4	6,0	0,06	0,36
Nilai Rata-Rata				4,542	0,0441	0,2292



Gambar 10. Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan Kondisi 2 Loaded



Gambar 11. Grafik Kecepatan Angin dan Arus Kondisi 2 Loaded



Gambar 12. Grafik Kecepatan Angin dan Daya Kondisi 2 *Loader*

Berdasarkan tabel 6. kondisi dengan beban (*loaded*) turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm akan dianalisis dari ketiga data yang diambil pada tanggal 14, 17, dan 20 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Berdasarkan data kondisi 2 *Loaded* pada tanggal 14 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 0,69m/s dengan tegangan yang di dapat 0,5V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 14 Juli didapatkan pada kecepatan angin 1,41m/s dengan tegangan 5,1V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 14 Juli yaitu 2,69V. Pada tanggal 17 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 0,81m/s dengan tegangan yang didapat 0,87V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 17 Juli didapatkan pada kecepatan angin 1,36m/s dengan tegangan 5,71V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 17 Juli yaitu 3,149V. Pada tanggal 20 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 0,71m/s dengan tegangan yang didapat 0,52V dan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1.57m/s dengan tegangan 6,5V sedangkan untuk rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 20 Juli yaitu 4,542V.

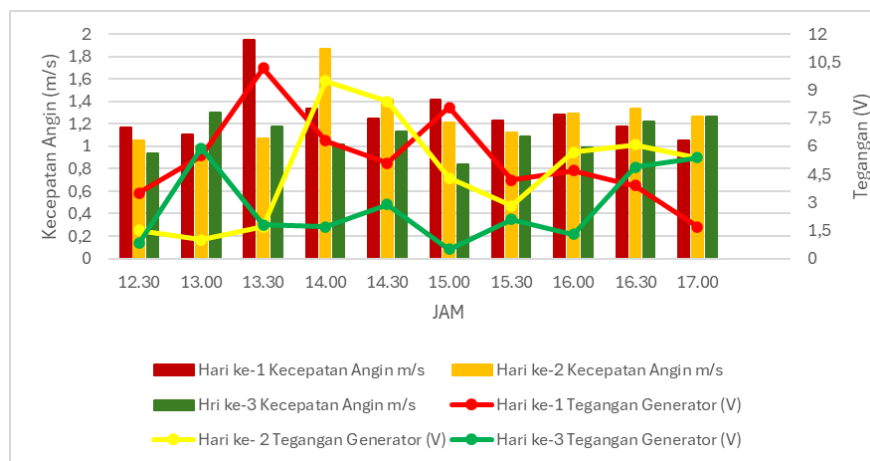
Berdasarkan grafik kondisi 2 dengan beban (*loaded*) turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm menampilkan hasil data yang diambil dari tabel yang sudah di rekap selama tiga kali pengambilan data yaitu pada tanggal 14, 17, dan 20 Juli 2024. Untuk grafik yang akan dianalisis terdapat tiga grafik yang terdiri dari Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Arus *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Daya *Loaded* . Grafik pertama menunjukkan Grafik kecepatan angin dan Tegangan *Loaded* tegangan paling besar didapatkan pada hari ke-3 pukul 16.00 WIB yaitu tanggal 20 Juli sebesar 6,5V dengan kecepatan angin 1,57m/s. Pada Grafik kedua, dapat dilihat bahwa Grafik kecepatan angin dan Arus *Loaded* paling besar didapatkan pada hari-3 pukul 16.00 WIB tanggal 20 Juli sebesar 0,064A dengan kecepatan angin 1,57m/s. Sedangkan, pada Grafik ketiga kecepatan angin dan Daya *Loaded*

paling besar didapatkan pada hari-3 pukul 16.00 WIB tanggal 20 Juli sebesar 0,416W dengan kecepatan angin 1,57m/s. Dapat disimpulkan bahwasanya dari grafik Tegangan, Arus dan Daya yang sudah di rangkum menghasilkan data nilai tertinggi pada hari ke-3 tanggal 20 Juli mendapatkan nilai Tegangan, Arus dan Daya terbesar pada pukul 16.00 WIB.

3.2.3 Pengujian Kondisi 3

Tabel 7. Kondisi 3 tanpa beban (*no-load*) Turbin *Horizontal* pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm

Waktu	Hari pertama			Hari kedua			Hari ketiga				
	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)		
12.30	1,17	48,5	3,5	1,05	19,3	1,5	0,94	11,4	0,8		
13.00	1,11	115,7	5,5	1,01	14,2	1,0	1,30	120,1	5,9		
13.30	1,95	175,2	10,2	1,07	21,8	1,7	1,18	24,6	1,8		
14.00	1,34	141,1	6,3	1,87	178,7	9,5	1,02	22,3	1,7		
14.30	1,25	110,9	5,1	1,42	144,6	8,4	1,13	38,6	2,9		
15.00	1,42	142,2	8,1	1,21	67,8	4,3	0,84	8,6	0,5		
15.30	1,23	65,4	4,2	1,12	37,3	2,8	1,09	34,3	2,1		
16.00	1,28	68,1	4,7	1,29	118,5	5,7	0,99	18,1	1,3		
16.30	1,18	52,7	3,9	1,34	137,1	6,1	1,22	71,6	4,9		
17.00	1,05	23,2	1,7	1,27	114,8	5,4	1,27	114,5	5,4		
Rata-Rata Nilai			5,32	Rata-Rata Nilai			4,64	Rata-Rata Nilai			2,73



Gambar 13. Grafik Kecepatan angin dan Tegangan Kondisi 3 *No-Laded*

Berdasarkan tabel 7. kondisi tanpa beban (*no-load*) turbin horizontal pada panjang lengan 35cm terdapat data dari hari pertama, hari kedua dan hari ketiga, dari ketiga data itu diambil pada tanggal 14, 18, dan 21 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Dari data kondisi 3 *no-load* pada hari pertama tegangan keluar ketika potensi angin mencapai 1,05m/s dengan tegangan yang di dapat 1,7V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari pertama didapatkan ketika kecepatan angin 1,95m/s dengan tegangan 10,2V untuk rata-rata tegangan didapatkan pada hari

pertama yaitu 5,32V. Pada hari kedua tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 1,01m/s dengan tegangan yang didapat 1V sedangkan untuk tegangan tertinggi pada hari kedua didapatkan ketika kecepatan angin 1,87m/s dengan tegangan 9,5V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada hari kedua yaitu 4,64V. Pada hari ketiga tegangan keluar ketika potensi angin mencapai kecepatan 1,94m/s dengan tegangan yang didapat 0,8V sedangkan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1,30m/s dengan tegangan 5,9V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada hari ketiga yaitu 2,73V.

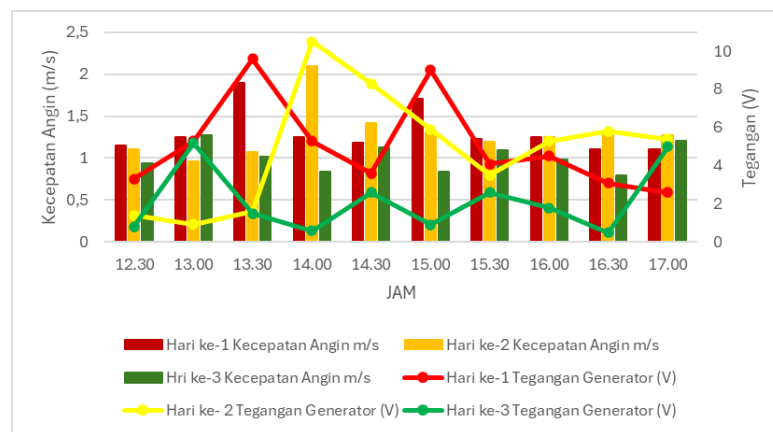
Dilanjut grafik tegangan pada kondisi 3 tanpa beban (*no-load*) turbin *horizontal* pada panjang lengan 35cm menampilkan hasil tegangan dan kecepatan angin sesuai dengan jam data yang diambil dari data di atas selama tiga kali pengambilan data dijadikan dalam 1 grafik, dari grafik terlihat jelas tegangan paling tinggi berada pada hari ke-1 pukul 13.30 WIB yang mencapai 10,2V dan kecepatan angin paling besar dengan kecepatan 1,95m/s.

Tabel 8. Kondisi dengan beban (*loaded*) Turbin *Horizontal* pada hari pertama, hari kedua dan hari ketiga dengan kondisi turbin di panjang lengan 35cm

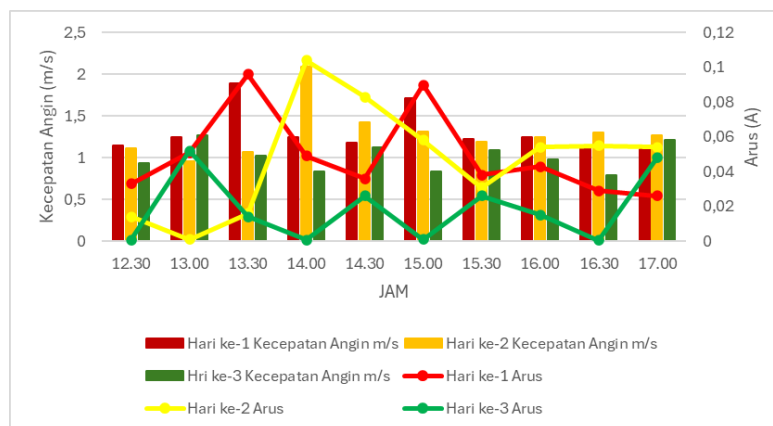
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Teganga (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	1,5	43,2	3,3	0,033	0,1089
2.	13.00	1,25	117,1	5,3	0,051	0,2703
3.	13.30	1,89	166,9	9,6	0,096	0,9216
4.	14.00	1,25	117,3	5,3	0,049	0,2597
5.	14.30	1,18	50,7	3,6	0,036	0,1296
6.	15.00	1,71	159,2	9,0	0,090	0,81
7.	15.30	1,23	65,4	4,1	0,038	0,1558
8.	16.00	1,25	67,1	4,5	0,043	0,1935
9.	16.30	1,11	35,7	3,1	0,029	0,0899
10.	17.00	1,10	29,1	2,6	0,026	0,0676
Nilai Rata-Rata				5,04	0,0491	0,3007

No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	1,11	18,8	1,4	0,014	0,0196
2.	13.00	0,96	11,2	0,94	0,0009	0,00085
3.	13.30	1,07	20,8	1,6	0,015	0,0256
4.	14.00	2,09	180,1	10,5	0,104	1,092
5.	14.30	1,42	144,7	8,3	0,083	0,6889
6.	15.00	1,31	120,8	5,9	0,058	0,3422
7.	15.30	1,19	48,3	3,5	0,031	0,1085
8.	16.00	1,25	112,5	5,3	0,054	0,2862
9.	16.30	1,30	123,1	5,8	0,055	0,319
10.	17.00	1,27	115,3	5,2	0,054	0,2916
Nilai Rata-Rata				4,864	0,0469	0,3174

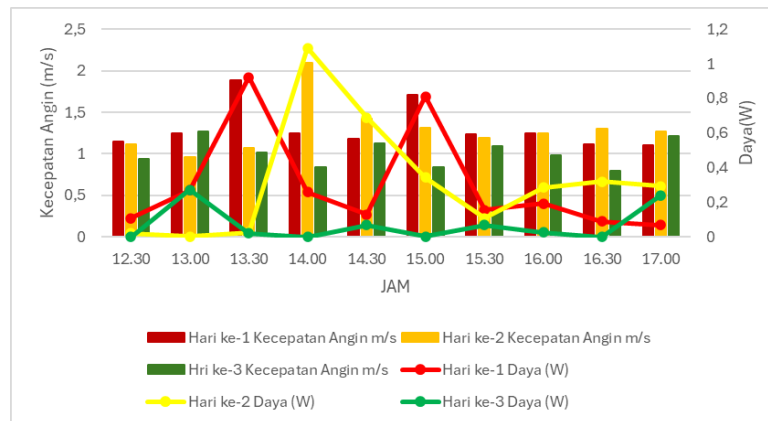
No Pengujian	Waktu	Angin (m/s)	RPM Generator	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1.	12.30	0,94	11,4	0,8	0,0006	0,00048
2.	13.00	1,27	112,1	5,2	0,052	0,2764
3.	13.30	1,02	20,6	1,5	0,014	0,021
4.	14.00	0,84	9,1	0,6	0,0006	0,00036
5.	14.30	1,13	46,3	2,6	0,026	0,0676
6.	15.00	0,84	54,2	0,9	0,0009	0,00081
7.	15.30	1,09	46,3	2,6	0,026	0,0676
8.	16.00	0,98	11,1	1,8	0,015	0,027
9.	16.30	0,79	8,6	0,5	0,0004	0,0002
10.	17.00	1,21	110,8	5,0	0,048	0,024
Nilai Rata-Rata				2,15	0,0183	0,0695



Gambar 14. Grafik Grafik Kecepatan angin dan Tegangan Kondisi 3 *Loaded*



Gambar 15. Grafik Grafik Kecepatan angin dan Arus Kondisi 3 *Loaded*



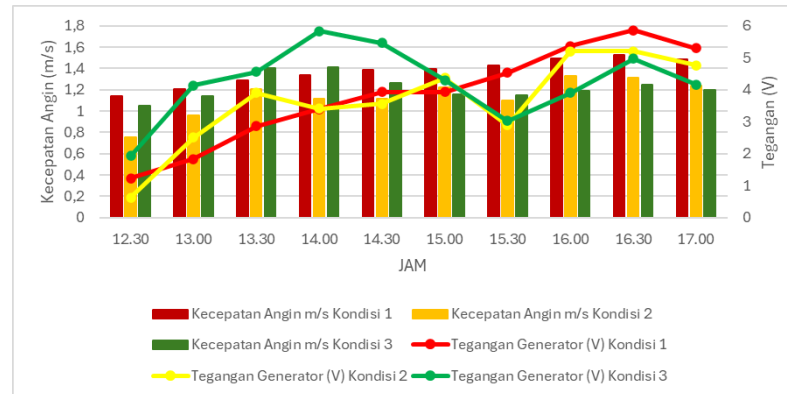
Gambar 16. Grafik Grafik Kecepatan angin dan Daya Kondisi 3 *Loaded*

Berdasarkan tabel 8. kondisi dengan beban (*loaded*) turbin Horizontal pada panjang lengan 35cm akan dianalisis dari ketiga data yang diambil pada tanggal 15, 18, dan 21 Juli 2024 dari jam 12.30 WIB – 17.00 WIB. Berdasarkan data kondisi 3 *Loaded* pada tanggal 15 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 1,1m/s dengan tegangan yang di dapat 2,6V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 15 Juli didapatkan pada kecepatan angin 1,89m/s dengan tegangan 9,6V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 15 Juli yaitu 5,04V. Pada tanggal 18 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 1,1m/s dengan tegangan yang didapat 1,4V dan untuk tegangan tertinggi pada tanggal 18 Juli didapatkan pada kecepatan angin 2,09m/s dengan tegangan 10,5V sedangkan rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 18 Juli yaitu 4,864V. Pada tanggal 21 Juli tegangan yang keluar ketika kecepatan angin mencapai 0,79m/s dengan tegangan yang didapat 0,5V dan untuk tegangan tertinggi didapatkan pada kecepatan angin 1.27m/s dengan tegangan 5,2V sedangkan untuk rata-rata tegangan yang didapatkan pada tanggal 21 Juli yaitu 2,15V.

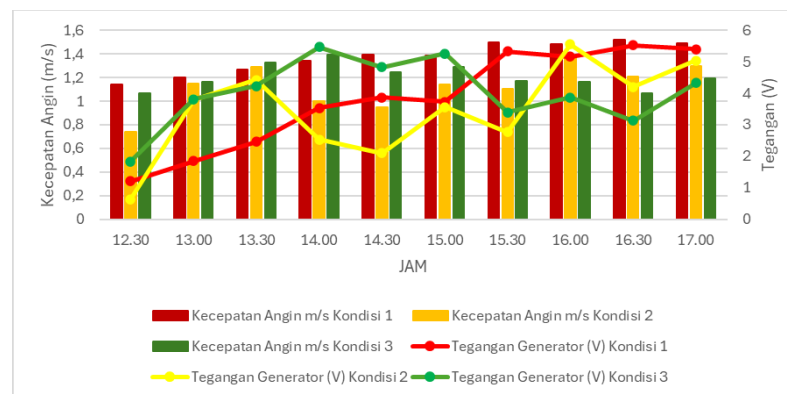
Berdasarkan grafik kondisi 3 dengan beban (*loaded*) turbin *Horizontal* pada panjang lengan 35cm menampilkan hasil data yang diambil dari tabel yang sudah di rekap selama tiga kali pengambilan data yaitu pada tanggal 15, 18, dan 21 Juli 2024. Untuk grafik yang akan dianalisis terdapat tiga grafik yang terdiri dari Grafik Kecepatan Angin dan Tegangan *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Arus *Loaded*, Grafik Kecepatan Angin dan Daya *Loaded* . Grafik pertama menunjukkan Grafik kecepatan angin dan Tegangan *Loaded* tegangan paling besar didapatkan pada hari ke-2 pukul 14.00 WIB yaitu tanggal 18 Juli sebesar 10,5V dengan kecepatan angin 2,09m/s. Pada Grafik kedua, dapat dilihat bahwa Grafik kecepatan angin dan Arus *Loaded* paling besar didapatkan pada hari-2 pukul 14.00 WIB tanggal 18 Juli sebesar 0,104A dengan kecepatan angin 2,09m/s. Sedangkan, pada Grafik ketiga kecepatan angin dan Daya *Loaded* paling besar didapatkan pada hari-2 pukul 14.00 WIB tanggal 18 Juli sebesar 1,092W dengan

kecepatan angin 2,09m/s. Dapat disimpulkan bahwasanya dari grafik Tegangan, Arus dan Daya yang sudah di rangkum menghasilkan data nilai tertinggi pada hari ke-2 tanggal 18 Juli mendapatkan nilai Tegangan, Arus dan Daya terbesar pada pukul 14.00 WIB.

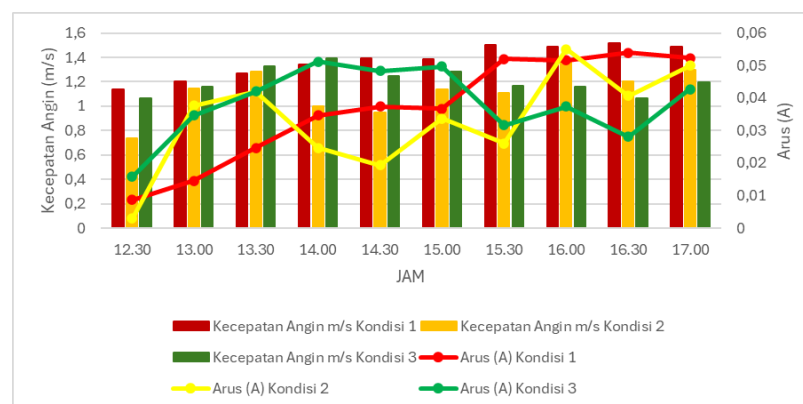
3.2.4 Perbandingan Hasil Uji Kondisi 1,2, dan 3



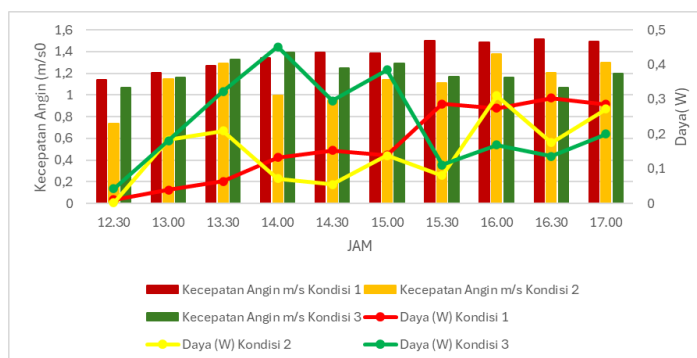
Gambar 17. Grafik Tegangan *No-Load*



Gambar 18. Grafik Tegangan *Loaded*



Gambar 19. Grafik Arus *Loaded*



Gambar 20. Grafik Daya Loaded

Perbandingan hasil kinerja PLTB yang diuji disajikan pada gambar 17, gambar 18, gambar 19, dan gambar 20. Gambar 17 menunjukkan perbandingan rata-rata hasil pengujian tanpa beban (*no-load*) pada kondisi 1, 2, dan 3. Dari gambar 17 tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata kecepatan angin yang didapatkan di awal kondisi 1 itu sebesar 1,136m/s, kondisi 2 0,756m/s dan kondisi 3 yaitu 1,053m/s diwaktu yang sama yaitu pada pukul 12.30 WIB, untuk kecepatan angin paling besar didapatkan di rata-rata kondisi 1 sebesar 1,256m/s. Untuk tegangan tertinggi yang didapatkan pada Gambar 17 kondisi tanpa beban (*no-load*) sebesar 5,86V pada kondisi 1 di pukul 16.30 WIB. Gambar 18 menunjukkan perbandingan rata-rata hasil pengukuran Tegangan pada pengujian dengan beban (*loaded*) pada kondisi 1, 2, dan 3. Dari gambar 3.21 tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata kecepatan angin yang didapatkan di awal kondisi 1 itu sebesar 1,14m/s, kondisi 2 0,736m/s dan kondisi 3 yaitu 1,066m/s diwaktu yang sama yaitu pada pukul 12.30 WIB, sedangkan untuk kecepatan angin paling besar didapatkan di rata-rata kondisi 1 sebesar 1,51m/s. Untuk tegangan tertinggi yang didapatkan pada Gambar 18 kondisi dengan beban (*loaded*) sebesar 5,55V pada kondisi 2 di pukul 16.00 WIB. Gambar 19 menunjukkan perbandingan rata-rata hasil pengukuran Arus pada pengujian dengan beban (*loaded*) pada kondisi 1, 2, dan 3. Dari gambar 19 tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata kecepatan angin yang didapatkan di awal kondisi 1 itu sebesar 1,14m/s, kondisi 2 0,73m/s dan kondisi 3 yaitu 1,06m/s diwaktu yang sama yaitu pada pukul 12.30 WIB, sedangkan untuk kecepatan angin paling besar didapatkan di rata-rata kondisi 1 sebesar 1,516m/s. Untuk Arus tertinggi yang didapatkan pada Gambar 19 kondisi dengan beban (*loaded*) sebesar 0,055A pada kondisi 2 di pukul 16.00 WIB. Gambar 20 menunjukkan perbandingan rata-rata hasil pengukuran Daya pada pengujian dengan beban (*loaded*) pada kondisi 1, 2, dan 3. Dari gambar 20 tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata kecepatan angin yang didapatkan di awal kondisi 1 itu sebesar 1,14m/s, kondisi 2 0,73m/s dan kondisi 3 yaitu 1,06m/s diwaktu yang sama yaitu pada pukul 12.30 WIB, sedangkan untuk kecepatan angin paling besar didapatkan di rata-rata kondisi 1 sebesar 1,51m/s. Untuk Daya

tertinggi yang didapatkan pada Gambar 20 kondisi dengan beban (*loaded*) sebesar 0,4506W pada kondisi 3 di pukul 14.00 WIB.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil uji studi eksperimental tata letak bilah turbin PLTB sumbu vertikal untuk kerja yang lebih optimal dengan tipe turbin Savonius dapat menganalisis keluaran hasil dari setiap uji ekperimental yang telah dilakukan oleh penulis. Dimana dalam pengujiannya terdapat 3 kondisi yang diujikan selama 9 hari yang dilakukan secara bergantian. Kondisi 1 turbin vertikal dengan posisi turbin pada panjang lengan 35cm. Kondisi 2 turbin vertikal dengan posisi turbin pada panjang lengan 35cm dan 26cm. Kondisi 3 turbin diputar pada posisi horizontal dengan posisi turbin pada panjang lengan 35cm. Untuk pengujian menggunakan beban led resistif sebagai indikator output beban yang digunakan dalam uji coba. Berdasarkan pengujian rata-rata perkondisi, dapat disimpulkan untuk kondisi 1, 2, dan 3. Pertama untuk perbandingan antara kondisi 1 dan 2 pada pengujian pukul 13.00 WIB dan 16.00 WIB potensi angin lebih besar didapatkan pada kondisi 1 namun untuk daya energi yang dihasilkan kondisi 2 lebih unggul dibandingkan dengan kondisi 1, tentunya ini berpengaruh dari tataletak turbin tersebut. Ketika kondisi 1 turbin terletak pada panjang lengan 35cm sedangkan kondisi 2 turbin terletak pada panjang lengan 26cm dan 35cm dengan posisi turbin yang sama yaitu vertikal, dapat disimpulkan kondisi 1 kurang optimal dalam menghasilkan energi yang lebih efektif. Selanjutnya perbandingan antara kondisi 2 dan 3 pada pukul 13.00 WIB memiliki kondisi angin yang tidak jauh berbeda yaitu kondisi 2 memiliki angin 1,14m/s sedangkan kondisi 3 memiliki potensi angin 1,16m/s dan untuk energi yang dihasilkan juga $\leq$ dengan kondisi 3, dan ini juga dipengaruhi dari optimal nya kondisi turbin tersebut, pada kondisi 2 posisi turbin pada lengan 26cm dan 35cm posisi vertikal dan untuk kondisi 3 posisi turbin pada panjang lengan 35cm dengan turbin yang diputar bentuk horizontal. Dari hasil uji ke-3 kondisi tersebut dapat dilihat bahwasannya untuk posisi peletakan turbin pada lengan pembangkit juga mempengaruhi turbin tersebut dalam menangkap angin.

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah penulis lakukan terdapat beberapa saran untuk perkembangan alat uji ekperimental ini untuk pengembangan pada penelitian yang penulis lakukan agar dapat lebih baik lagi yaitu, disarankan mengeksplorasi lebih lanjut pengaruh berbagai variabel lingkungan seperti perubahan arah angin musiman. Ini termasuk pengaruh perubahan arah angin yang terjadi sepanjang musim dan bagaimana topografi atau bentuk dan ketinggian permukaan tanah di lokasi tersebut berdampak pada kinerja turbin. Dengan memahami lebih baik bagaimana variabel-variabel ini berinteraksi dengan turbin, serta dapat mengoptimalkan penempatan dan pengoperasian turbin untuk mencapai efisiensi maksimal.

Selain itu, penelitian lebih mendalam mengenai integrasi teknologi canggih seperti kontrol adaptif berbasis sensor dan analisis data real-time dapat memberikan wawasan lebih lanjut tentang cara mengoptimalkan kinerja PLTB di berbagai kondisi operasional. Dan juga untuk dilakukan pengujian analisis fluida pada PLTB dengan turbin sumbu vertikal, untuk melihat bagaimana aliran fluida (angin) ketika mengenai turbin dengan 3 kondisi yang di uji cobakan.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah rabbil alamin, puji syukur atas segala rahmat dan hidayah Allah SWT yang telah diberikan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan penelitian ini. Peneliti tidak berenti mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan nikmat rahmat dan ridhoNya kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Kepada alm. Bapak Rajudin dan alm. Ibu Ana Wahyuna penulis banyak mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang telah berjuang dan selalu mendoakan penulis dimasa hidupnya, serta kedua abang penulis dan keluarga besar terimakasih atas doa dan semangat yang telah diberikan kepada penulis. Kemudian dosen pembimbing bapak Rizky Nurilyas, S.T., M.T yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dan seluruh dosen Teknik Elektro UMS yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis. Kepada teman-teman penulis , dan teman-teman Asisten Laboratorium Teknik Elektro periode 2023/2024 penulis banyak mengucapkan terimakasih karna telah banyak membantu dan memberikan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selanjutnya terimakasih kepada mba Iza yang turut berkontribusi membantu banyak hal dalam proses Tugas Akhir ini. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Febriana Putri Anggita terimakasih sudah bertahan sejauh ini. Terimakasih tetap memilih berusaha kuat, semangat, berjuang dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini. Walaupun seringkali merasa putus asa atas apa yang diusahakan belum berhasil, namun terimakasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Termakasih karna tidak memutuskan untuk menyerah dimasa-masa tersulit dalam hidup penulis terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Dimana pun penulis berada percayalah kamu tidak sendirian ke-2 orangtuamu akan seelalu bersama didalam hatimu.

DAFTAR PUSTAKA

Adhi, C., Wahyudi, I., & Mudiyo, R. (2017). Prosiding SNST ke-6 Tahun 2015 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang 101. *Kaji Eksperimen Turbin Angin Poros Horizontal Tipe Kerucut Terpancung Dengan Variasi Sudut Sudu Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin*, 1(1), 23–30.

- Bachtiar, A., & Hayyatul, W. (2018). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(1), 34–45. <https://doi.org/10.21063/JTE.2018.3133706>
- Judijanto, L., Karina Putri, V., & Ansori, T. (2023). Analisis Dampak Penggunaan Energi Terbarukan, Efisiensi Energi, dan Teknologi Hijau pada Pengurangan Emisi Karbon di Industri Manufaktur Kota Tangerang. In *Jurnal Multidisiplin West Science* (Vol. 02, Issue 12).
- Mahroni, & Supriyatna, D. (2024). ENERGI BARU TERBARUKAN DALAM PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN DAN PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 2(11), 66–76.
- Nawawi, I., & Fatkhurrozi, B. (2017). *Sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil pada bangunan bertingkat*. 2–7.
- Nur Fitri, S., & Azis, F. (2021). Rancang Bangun Turbin Vertikal Axis Pada PLTB. *Journal Of Electrical Engineering (Joule)*, 2(1), 76–80.
- Nurdin, A., Munadi, M., Sidiq, R., & Paundra, F. (2022). KAJIAN POTENSI DAN PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN DAERAH URBAN. *Nozzle : Journal Mechanical Engineering (NJME)*, 11(1), 18–23.
- Nurdiyanto, A. (2020). Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius. *Jurnal Teknik Elektro*, 09(01), 711–717.
- Yani, A. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Angin Tipe Propeller Terhadap Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Daerah Pesisir Pantai). *Jurnal Teknik Juara Aktif Global Optimis*, 1(2), 39–44. <https://doi.org/10.53620/jtg.v1i2.45>