

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Data Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan melalui pengukuran langsung selama periode observasi. Untuk mendapatkan data yang diperlukan, pengukuran dilaksanakan dalam beberapa waktu yang berbeda pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu. Dalam kerangka penelitian ini, alat diuji secara berkala setiap 1 jam selama jangka waktu 8 jam pada pembangkit listrik tenaga bayu. Pengujian alat dilakukan selama 3 hari pada rentang waktu Hari Senin hingga Rabu, dari tanggal 3 hingga 5 Juli 2023, antara pukul 8.00 hingga 15.00.

Pada tahap ini, pengukuran dilakukan untuk mengamati kecepatan angin, tegangan, dan arus rata-rata keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dalam setiap jamnya. Setelah itu, dilakukan pengamatan terhadap hasil pembacaan yang dicatat melalui smartphone terhadap perangkat pengukur Avometer dan Tang Ampere.

Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang relevan dengan performa PLTB serta membandingkan hasil pembacaan antara perangkat smartphone dan alat ukur konvensional seperti Avometer dan Tang Ampere

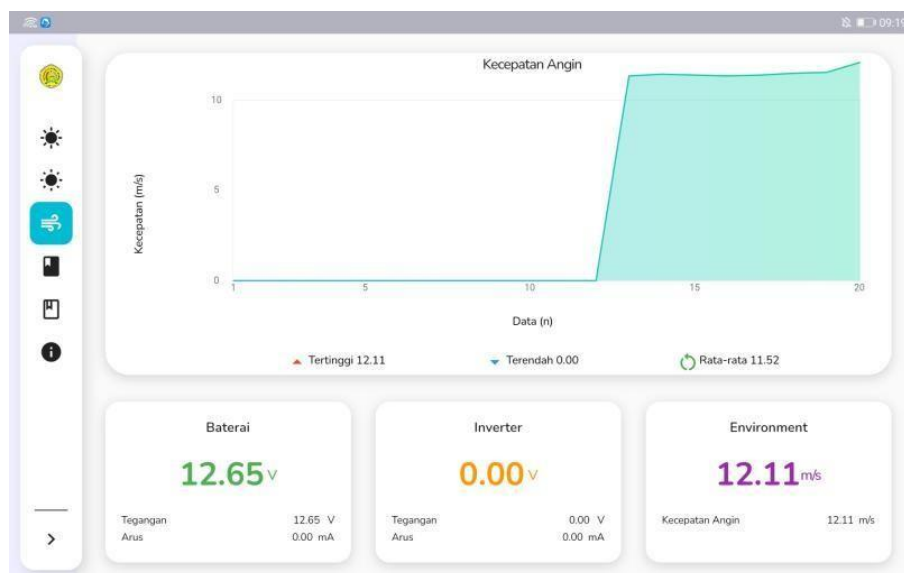


Gambar 4.1 Alat Sistem Monitoring PLTB Berbasis IoT

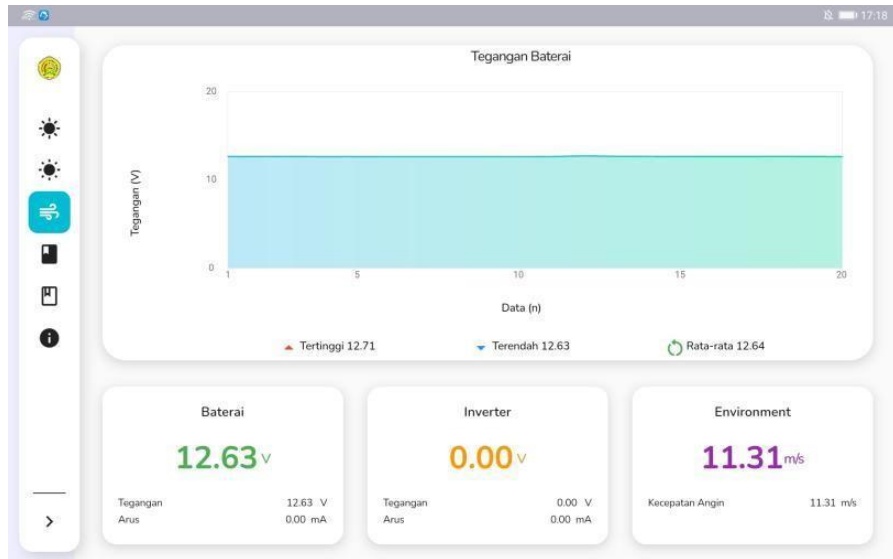
Tujuan dari pengujian dan pengambilan data pada sistem monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif mengenai kemampuan dan kinerja sistem. Pengujian ini mencakup pengujian tiap komponen sensor, mikrokontroler, tampilan (display), dan juga pengujian keseluruhan sistem.

Pada level sensor, pengujian bertujuan untuk memastikan kinerja akurat dan andal dari sensor-sensor yang digunakan. Sensor tegangan, sensor arus, dan anemometer dites untuk memverifikasi bahwa mereka dapat mengukur dengan tepat dan memberikan data yang akurat.

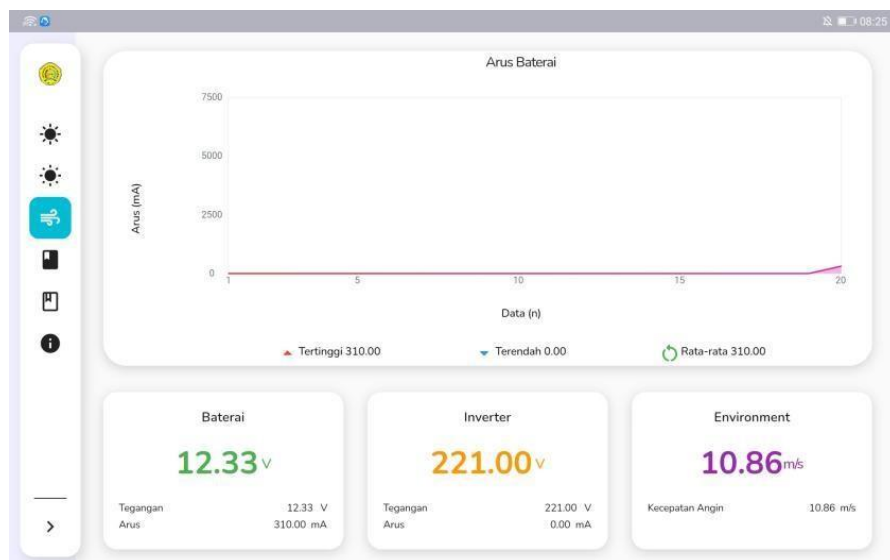
Sistem monitoring parameter PLTB ini memanfaatkan komponen elektronik seperti mikrokontroler, sensor tegangan, sensor arus, dan anemometer. Data dari komponen-komponen ini dapat dimonitor melalui *smartphone* menggunakan layanan cloud database yang terhubung ke jaringan internet.



Gambar 4.2 Monitoring Kecepatan Angin Pada *Smartphone*



Gambar 4.3 Monitoring Tegangan Baterai Pada *Smartphone*



Gambar 4.4 Monitoring Arus Baterai Pada *Smartphone*

Tampilan smartphone dapat dilihat pada Gambar 4.2, 4.3, dan 4.4, Data monitoring yang ditampilkan berupa nilai dan grafik dari Arus, tegangan dan kecepatan angin.

1.2 Data Pengukuran PLTB

Dari hasil daya keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh

pembangkit PLTB dapat di monitor menggunakan smartphone dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan Avometer untuk mengetahui berapa persen errornya.

Tabel 4.1. Pengukuran tanggal 3 Juli 2023

No.	Time	Nilai tegangan Vdc		Error (%)	Nilai Ampere mA		Error (%)
		Avometer	Smartphone		Avometer	Smartphone	
1	8:00	13,07	13,58	3,90	385	400	3,90
2	9:00	13,66	13,94	2,05	1107	1100	1,85
3	10:00	14,88	14,61	1,85	1237	1200	1,85
4	11:00	13,14	13,66	3,96	2331	2400	2,96
5	12:00	13,32	13,74	3,15	1755	1800	2,56
6	13:00	13,27	13,71	3,32	1725	1700	1,47
7	14:00	13,30	13,76	3,46	2648	2600	1,85
8	15:00	13,89	14,15	1,87	1376	1400	1,74
		Rata-rata		2,94	Rata-rata		2,27

Tabel 4.2. Pengukuran Tanggal 4 Juli 2023

No.	Time	Nilai tegangan Vdc		Error (%)	Nilai Ampere mA		Error (%)
		Avometer	Smartphone		Avometer	Smartphone	
1	8:00	13,87	14,18	2,24	1079	1100	1,95
2	9:00	14,25	14,22	0,21	1083	1100	1,57
3	10:00	13,65	14,05	2,93	1273	1300	2,12
4	11:00	13,71	14,35	4,67	1882	1900	0,96
5	12:00	13,71	14,35	4,67	1882	1900	0,96
6	13:00	14,34	14,35	0,07	2161	2100	2,90
7	14:00	14,19	14,44	1,76	2378	2400	0,93
8	15:00	14,48	14,37	0,77	2583	2600	0,66
		Rata-rata		2,16	Rata-rata		1,50

Tabel 4.3. Pengukuran Tanggal 5 Juli 2023

No.	Time	Nilai tegangan Vdc		Error (%)	Nilai Ampere mA		Error (%)
		Avometer	Smartphone		Avometer	Smartphone	
1	8:00	14,14	14,11	0,21	1402	1400	0,14
2	9:00	14,25	14,52	1,89	1239	1200	3,25
3	10:00	13,87	14,37	3,60	1397	1400	0,21
4	11:00	13,72	14,10	2,77	1706	1700	0,35
5	12:00	14,39	14,47	0,56	2406	2400	0,25
6	13:00	14,31	14,12	1,35	1759	1800	2,33
7	14:00	13,96	14,45	3,51	2223	2200	1,05
8	15:00	13,95	14,04	0,65	2633	2600	1,27
		Rata-rata		1,82	Rata-rata		1,11

Dari pengambilan data arus dan tegangan pada baterai selama 3 hari, dapat dilihat bahwa nilai tegangan baterai yang diukur menggunakan Avometer dan yang tertampil pada smartphone pada tanggal 3, 4, dan 5 memiliki nilai rata-rata error sebesar yaitu 2,94%, 2,16%, dan 1,82%, dan jika di rata-rata nilai error pada tegangan adalah 2,30% dan nilai Arus baterai yang diukur menggunakan Avometer dan yang tertampil pada smartphone memiliki nilai error sebesar 2,27%, 1,5%, dan 1,11%, dan jika di rata-rata nilai error pada arus adalah 1,62%.

Adanya Error pembacaan pada arus dan tegangan disebabkan karena delay upload ke website dan tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan. Berdasarkan data tersebut maka sistem ini sangat cocok untuk digunakan karena error yang dihasilkan cukup kecil, dan dapat dilakukan monitoring dari manapun dan kapanpun.

1.3 Analisis Potensi PLTB

Berdasarkan data yang tertampil pada monitor maka dapat dihitung daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Untuk menghitung daya yang dihasilkan berdasarkan data diperoleh besarnya daya adalah

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Daya Tanggal 3 Juli 2023

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
1	8:00	3,27	13,58	400	5,43
2	9:00	6,28	13,94	1100	15,33
3	10:00	11,36	14,61	1200	17,53
4	11:00	12,47	13,66	2400	32,78
5	12:00	11,55	13,74	1800	24,73
6	13:00	11,51	13,71	1700	23,31
7	14:00	12,72	13,76	2600	35,78
8	15:00	12,11	14,15	1400	19,81

Dari Perhitungan daya yang di hasilkan oleh PLTB di hari pertama dapat di ketahui bahwa dengan kecepatan angin dari yang terendah 3,27 m/s didapat daya yang di hasilkan 5,43 Watt dan yang tertinggi 12,72 m/s daya yang di hasilkan 35,78 watt.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Daya Tanggal 4 Juli 2023

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
1	8:00	11,57	14,18	1100	15,60
2	9:00	11,32	14,22	1100	15,64
3	10:00	11,36	14,05	1300	18,27

Tabel 4.5 (Lanjutan)

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
4	11:00	11,93	14,35	1900	27,27
5	12:00	11,93	14,35	1900	27,27
6	13:00	12,46	14,35	2100	30,14
7	14:00	12,75	14,44	2400	34,66
8	15:00	12,83	14,37	2600	37,36

Dari Perhitungan daya yang di hasilkan oleh PLTB di hari kedua dapat di ketahui bahwa dengan kecepatan angin dari yang terendah 11,32 m/s untuk daya yang di hasilkan 15,64 Watt dan kecepatan angin yang tertinggi 12,83 m/s daya yang di hasilkan 37,36 watt.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Daya Tanggal 5 Juli 2023

No.	Time	Wind Velocity (m/s)	Sensor		daya (watt)
			Battery Voltage (V)	Battery Current (mA)	
1	8:00	9,86	14,11	1400	19,75
2	9:00	11,31	14,52	1200	17,42
3	10:00	11,36	14,37	1400	20,12
4	11:00	12,49	14,10	1700	23,97
5	12:00	12,82	14,47	2400	34,73
6	13:00	11,33	14,12	1800	25,42
7	14:00	12,14	14,38	2200	31,64
8	15:00	12,33	14,04	2600	36,50

Dari Perhitungan daya yang di hasilkan oleh PLTB di hari pertama dapat di ketahui bahwa dengan kecepatan angin dari yang terendah 9,86 m/s untuk daya yang di hasilkan 19,75 Watt dan kecepatan angin yang tertinggi 12,82 m/s daya

yang di hasilkan 34,73 watt.

Dari data pengukuran dan perhitungan diatas, kita dapat mengetahui daya yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga angin berdasarkan waktu dan kecepatan angin pada tiap-tiap jamnya.

Tabel 4.7. Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Daya Output PLTB

No.	Waktu Pengukuran	3 Juli 2023		4 Juli 2023		5 Juli 2023	
		Wind Velocity (m/s)	Daya (W)	Wind Velocity (m/s)	Daya (W)	Wind Velocity (m/s)	Daya (W)
1	8:00	3,27	5,43	11,57	15,60	9,86	19,75
2	9:00	6,28	15,33	11,32	15,64	11,31	17,42
3	10:00	11,36	17,53	11,36	18,27	11,36	20,12
4	11:00	12,47	32,78	11,93	27,27	12,49	23,97
5	12:00	11,55	24,73	11,93	27,27	12,82	34,73
6	13:00	11,51	23,31	12,46	30,14	11,33	25,42
7	14:00	12,72	35,78	12,75	34,66	12,14	31,64
8	15:00	12,11	19,81	12,83	37,36	12,33	36,50

Berdasarkan data di atas kita dapat menghitung daya rata-rata yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin di daerah Probolinggo dalam 1 hari selama pengujian dengan menggunakan persamaan berikut.

Perhitungan :

- Daya rata-rata yang dihasilkan PLTB pada hari pertama

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{\sum_{i=08.00}^{15.00} P_i}{\sum_{i=08.00}^{15.00} 1}$$

$$P \text{ (rata - rata)} = \frac{5,43 + 15,33 + 17,53 + 32,78 + 24,73 + 23,31 + 35,78 + 19,81}{8}$$

$$P \text{ (rata- rata)} = 21,83 \text{ Watt}$$

- Daya rata-rata yang dihasilkan PLTB pada hari kedua

$$P (\text{rata - rata}) = \frac{\text{Jumlah Daya Total (dari jam 08.00 - 15.00)}}{\text{Jumlah Data (dari jam 08.00 - 15.00)}}$$

$$P (\text{rata - rata}) = \frac{15,60 + 15,64 + 18,27 + 27,27 + 27,27 + 30,14 + 34,66 + 37,36}{8}$$

$$P (\text{rata- rata}) = 25,77 \text{ Watt}$$

- Daya rata-rata yang dihasilkan PLTB pada hari ketiga

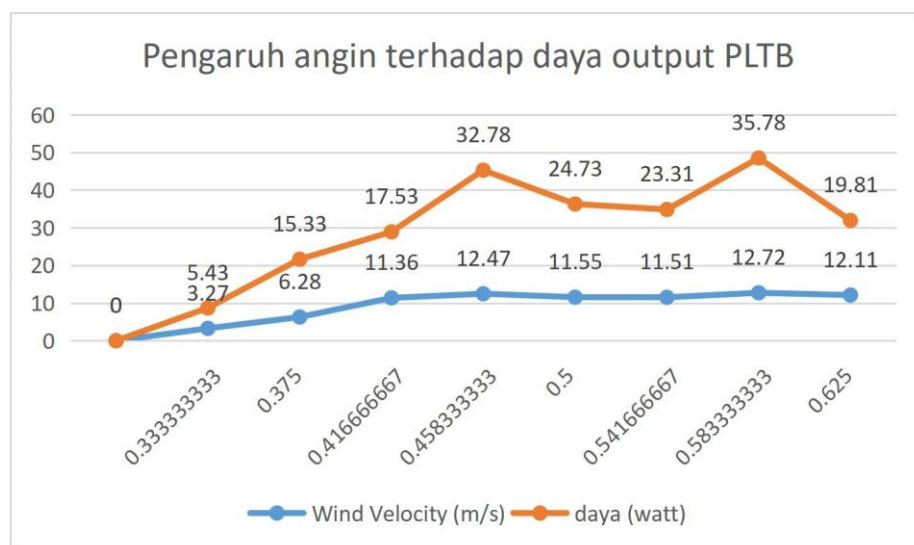
$$P (\text{rata - rata}) = \frac{\text{ulh ol (i 08.00 - 15.00)}}{\text{ulh (i 08.00 - 15.00)}}$$

$$P (\text{rata - rata}) = \frac{19,75 + 17,42 + 20,12 + 23,97 + 34,73 + 25,42 + 31,64 + 36,50}{8}$$

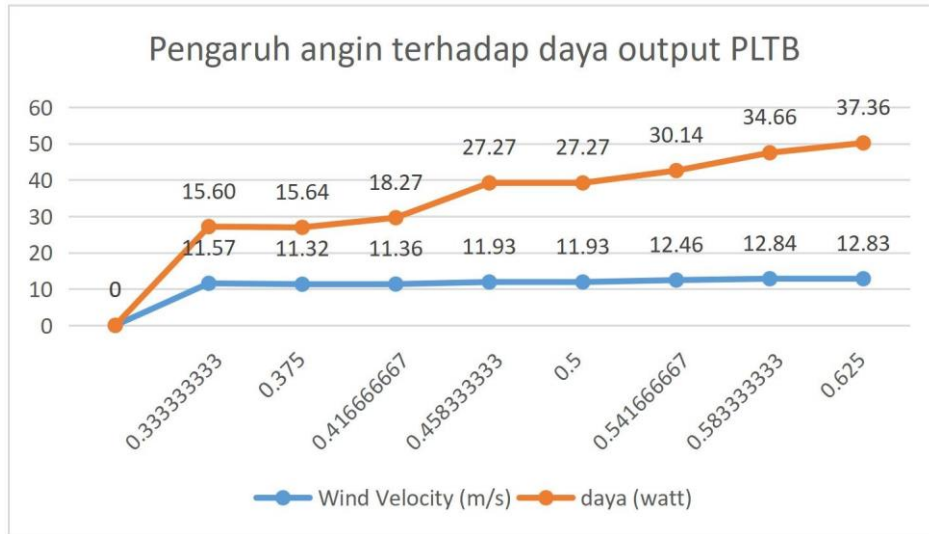
$$P (\text{rata- rata}) = 26,19 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka di peroleh daya rata-rata yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin pada hari pertama sebesar 21,84 watt, hari kedua sebesar 25,77 watt dan 26,19 watt pada hari ketiga.

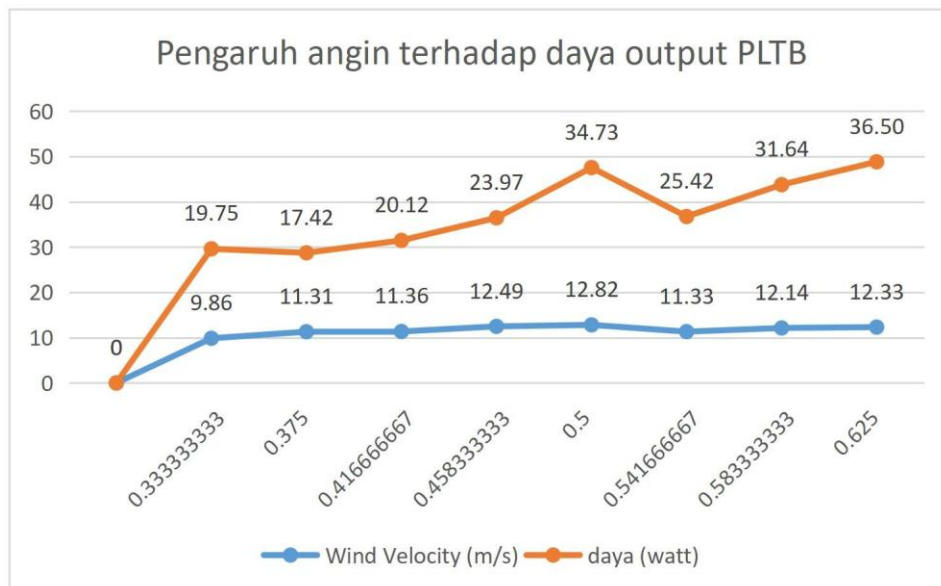
Setelah mengetahui daya yang dihasilkan dari PLTB yang diletakkan diatas gedung bertingkat di kota Probolinggo, kita dapat mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan angin terhadap daya output dari pembangkit listrik tenaga angin tersebut.



Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Angin Terhadap Daya PLTB 3 Juli 2023



Gambar 4.5 Grafik Kecepatan Angin Terhadap Daya PLTB 4 Juli 2023



Gambar 4.6 Grafik Kecepatan Angin Terhadap Daya PLTB 5 Juli 2023

Pada grafik 4.4 s/d 4.6 dapat kita lihat bahwa kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap daya output dari pembangkit listrik tenaga angin (PLTB). Dari ke tiga grafik tersebut dapat kita simpulkan bahwa Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap kecepatan putaran rotor turbin, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan oleh PLTB.

Untuk hasil monitoring kecepatan angin terhadap keluaran daya tidak selalu linier dikarenakan pembacaan sensor angin mengambil data sampling yang di akumulasi, sedangkan sensor tegangan dan arus tidak mengambil data sampling yang mengakibatkan saat kondisi angin tiba-tiba melambat tetapi nilai keluaran sensornya masih tinggi sedangkan tegangan dan arus yang terbaca lebih rendah.