

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING STASIUN PENGISIAN LISTRIK UMUM (SPLU) HYBRID BERBASIS IOT DI SMKN 2 KOTA BEKASI

Naufal Abdurrahman¹⁾, Ariepl Jaenul²⁾, Devan Junesco Vresdian³⁾

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Program Sarjana Universitas Global Jakarta

Email: [naufalabdurrahman@student.jgu.ac.id^{1\)}](mailto:naufalabdurrahman@student.jgu.ac.id)

Nomor Telp : +62 858 7850 0213

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi oleh perkembangan kendaraan listrik di Indonesia yang diatur pada Perpres Nomor 55 tahun 2019 yang mendorong penggunaan kendaraan listrik. Karena itu perkembangan kendaraan listrik mulai mengalami peningkatan setiap tahunnya. Seiring perkembangan kendaraan listrik harus diikuti pula dengan perkembangan stasiun pengisinya. Dalam penelitian ini lebih berfokus pada pengembangan sistem monitoring stasiun pengisian listrik umum (SPLU) *Hybrid* agar tercipta suatu sistem monitoring SPLU *Hybrid* yang dapat diakses dengan mudah kapanpun dan dimanapun secara *realtime* dan berbasis *IoT*. Untuk sistem monitoring SPLU *Hybrid* bekerja dengan baik, hasil data dari pembacaan sensor dapat dimonitoring secara *realtime* dan berbasis *IoT*. Lalu data dari penelitian ini sudah dibandingkan (kalibrasi) dengan alat ukur yang sudah ada dengan rata – rata *error* dari masing – masing sensor tidak lebih dari 5% dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* tidak lebih dari 10%. Dari ketentuan yang ada, jika nilai *MAPE* <10% maka data tersebut dapat dikatakan sangat akurat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dapat dikatakan berhasil dikarenakan sudah memenuhi tujuan awal dari penelitian ini.

Kata kunci: SPLU *Hybrid*, Sistem Monitoring, *Internet of Things (IoT)*

ABSTRACT

This research is motivated by the development of electric vehicles in Indonesia which is regulated in Presidential Regulation Number 55 of 2019 which encourages the use of electric vehicles. Therefore, the development of electric vehicles began to increase every year. Along with the development of electric vehicles, it must also be followed by the development of charging stations. This research focuses more on developing a Hybrid public electric charging station (SPLU) monitoring system in order to create a Hybrid SPLU monitoring system that can be accessed easily anytime and anywhere in realtime and IoT-based. For the Hybrid SPLU monitoring system to work well, the data results from sensor readings can be monitored in realtime and IoT-based. Then the data from this study has been compared (calibration) with existing measuring instruments with the average error of each sensor is no more than 5% and the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is not more than 10%. From the existing provisions, if the MAPE value is <10%, the data can be said to be very accurate. So it can be concluded that this research can be said to be successful because it has fulfilled the initial objectives of this research.

Keywords: SPLU *Hybrid*, Monitoring System, *Internet of Things (IoT)*

1. PENDAHULUAN

Kendaraan listrik di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan secara signifikan, apalagi didorong oleh Peraturan Presiden Nomor 55 [1] tentang percepatan kendaraan bermotor listrik. Tercatat jumlah kendaraan bermotor listrik ditahun 2023 sebesar 53.091 unit serta pada tahun 2022 jumlah SPKLU sebesar 439 unit [2].

Dari meningkatnya jumlah populasi kendaraan bermotor listrik, salah satu infrastruktur untuk mendukung kendaraan listrik adalah fasilitas pengisian daya. Indonesia memiliki beberapa jenis infrastruktur pengisian kendaraan listrik umum, yaitu SPLU, SPKLU, dan SPBKLU. Stasiun Penyedia Listrik Umum (SPLU) merupakan stasiun

pengisian yang biasanya juga dapat digunakan untuk kendaraan listrik khususnya sepeda motor listrik atau kendaraan listrik roda dua. Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) adalah stasiun pengisian yang diperuntukan khusus untuk mobil listrik, SPKLU dapat melakukan pengisian secara normal dan pengisian secara cepat. Dan Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) adalah stasiun pengisian yang diperuntukan untuk kendaraan listrik yang menggunakan sistem penukaran baterai atau *Switch Battary* [3]. Untuk mengatur tentang infrastruktur Kementerian ESDM mengeluarkan Permen ESDM [4] tentang penyediaan infrastruktur pengisian listrik untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai. Didalam peraturan ini berisikan tentang

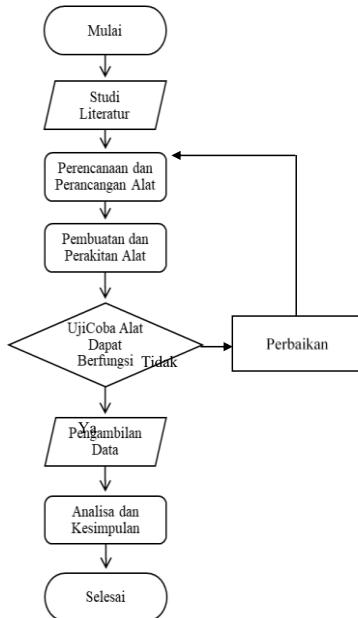
infrastruktur, tarif, dan keselamatan infrastruktur pengisian listrik.

Untuk mengimbangi jumlah populasi kendaraan bermotor listrik yang setiap tahunnya mengalami peningkatan, maka diperlukannya pula peningkatan jumlah fasilitas pengisian daya. Indonesia memiliki sumber energi alam yang sangat berlimpah. Energi surya dan energi angin adalah contoh energi yang cukup besar potensinya untuk dijadikan pembangkit listrik *hybrid*. Pembangkit listrik *hybrid* itu sendiri adalah suatu pembangkit yang menggabungkan kedua energi yang berbeda untuk menghasilkan energi listrik [5]. Hal ini cocok untuk menjadi alternatif dalam menghemat biaya penggunaan energi listrik untuk dijadikan Stasiun Pengisian Listrik yang ramah lingkungan. Pada stasiun pengisian listrik umum (SPLU) yang bersumber pada pembangkit listrik *hybrid* menjadi salah satu contoh upaya dalam mengurangi penggunaan energi listrik konvensional yang tidak ramah lingkungan dan dari waktu ke waktu akan habis [6].

Untuk membantu operasional dalam memonitoring SPLU, maka diperlukan suatu sistem yang dapat diakses dengan mudah. Penelitian ini lebih berfokus untuk membuat suatu sistem monitoring stasiun pengisian listrik umum (SPLU) *Hybrid* yang dapat diakses kapanpun dan dimanapun dengan mudah berbasis IoT. Dengan harapan sistem ini dapat membantu dalam memonitoring SPLU *Hybrid* secara *realtime*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak. Berikut adalah alur dari penelitian ini mulai dari perencanaan alat sampai pengambilan dan analisis data.

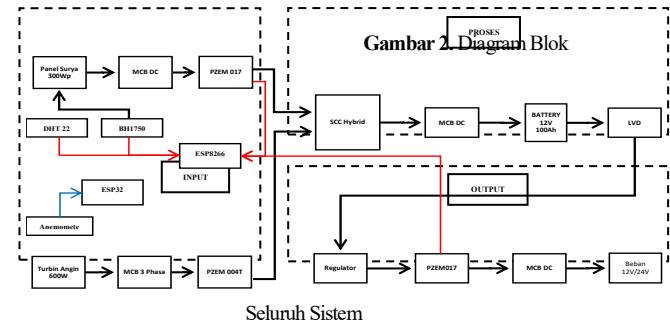


Gambar 1. Diagram Blok Pola Penelitian

Perencanaan Perangkat Keras

Pada perencanaan perangkat keras terdiri dari diagram blok seluruh sistem dan diagram blok sistem monitoring. Berikut adalah diagram blok dari seluruh sistem dan sistem monitoring.

Diagram Blok Seluruh Sistem



Pada diagram blok seluruh sistem menjelaskan tentang sistem SPLU *Hybrid* dan sistem monitoring SPLU *Hybrid*. Akan tetapi pada *point* ini akan lebih menjelaskan tentang sistem SPLU *Hybrid* terlebih dahulu, untuk sistem monitoring SPLU *Hybrid* akan dibahas pada *point* selanjutnya. Berikut adalah komponen pada sistem SPLU *Hybrid*, terdiri dari :

1. Panel Surya

Secara umum panel surya berfungsi untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan arus berjenis *Direct Current* (DC). Pada penelitian ini menggunakan panel surya dengan daya 300Wp (150Wp x 2 unit) yang diperkirakan dapat menghasilkan energi sekitar 900Wh s/d 1200Wh dengan kurun waktu 3 s/d 4 jam diwaktu optimal panel surya menyerap sinar matahari.



Gambar 3. Panel Surya

2. Turbin Angin

Turbin angin berfungsi mengubah energi kinetik dari putaran baling – baling yang digerakkan oleh kecepatan angin menjadi energi listrik. Pada penelitian ini menggunakan turbin angin dengan generator menghasilkan daya 600W, berjenis arus *Alternatif Current* (AC) dan bertegangan 3 phasa.



Gambar 4. Turbin Angin[7]

3. MCB

Miniature Circuit Breaker (MCB) berfungsi untuk memutuskan arus jika terjadi kesalahan pada rangkaian listrik (Trouble) atau kosleting listrik. Dapat dikatakan pula bahwa MCB berfungsi sebagai pengaman suatu rangkaian listrik jika terjadi gangguan atau kosleting listrik. Secara garis besar MCB terdiri dari 2 jenis yaitu MCB untuk 1 phasa dan MCB untuk 3 phasa. MCB juga memiliki batasan untuk memutus arus yang berbeda – beda, diantaranya 2A, 4A, 6A, sampai 63A untuk MCB yang 1 phasa. Dan untuk MCB 3 phasa diantaranya 6A, 10A, 16A, sampai 63A.



Gambar 5. Miniature Circuit Breaker (MCB)[8]

4. SCC Hybrid

Solar Charger Controller (SCC) *Hybrid* berfungsi untuk mengontrol proses pengisian baterai dari 2 jenis energi yang berbeda agar tidak terjadi *over charging*. Salah satu kelebihan dari SCC agar tidak terjadi *over charging* yaitu memutuskan arus secara otomatis jika baterai sudah terisi penuh. Pada penelitian ini SCC yang digunakan yaitu berjenis SCC *Hybrid* yang dapat mengontrol pengisian dari panel surya dan juga turbin angin dengan spesifikasi untuk panel surya maksimal dengan daya 400Wp dan turbin angin dengan daya 600W.



Gambar 6. Solar Charger Controller Hybrid

5. Baterai

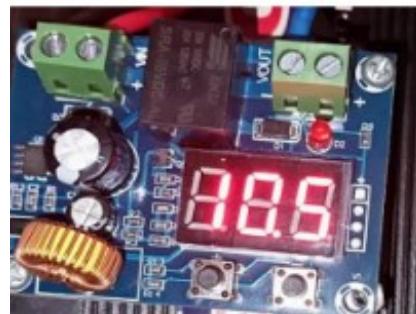
Secara umum baterai berfungsi sebagai komponen untuk menyimpan energi listrik. Jenis listrik pada baterai biasanya berjenis *Direct Current* (DC). Pada penelitian ini baterai yang digunakan berjenis *Deep Cycle Gel* yang mana jenis baterai ini didesain agar dapat diisi dan dikuras secara terus menerus dengan *Depth of Discharge* (DOD) atau batas pengurasan baterai sebesar 80%. Pada penelitian baterai yang digunakan memiliki spesifikasi bertegangan 12V dan berkapasitas 100Ah dengan energi sebesar 1200Wh.



Gambar 7. Baterai

6. LVD

Low Voltage Disconnect (LVD) adalah suatu komponen elektronika yang memiliki fungsi sebagai proteksi terhadap baterai agar baterai tidak terjadi kerusakan akibat *over charging*. Cara kerja dari LVD yaitu memutus arus saat proses pengisian jika baterai sudah penuh atau dapat diartikan juga sebagai *cut off*.



Gambar 8. Low Voltage Disconnect (LVD)[9]

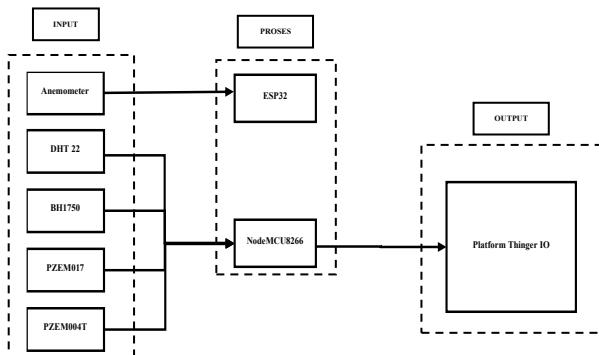
7. Regulator

Regulator merupakan suatu rangkaian regulasi yang berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran dari sebuah sumber daya (catu daya) agar efek dari naik atau turunnya tegangan tidak mempengaruhi tegangan dari catu daya sehingga menjadi stabil.



Gambar 9. Regulator[10]

Diagram Blok Sistem Monitoring



Gambar 10. Diagram Blok Sistem Monitoring

Pada diagram blok sistem monitoring menjelaskan tentang sistem monitoring dari SPLU *Hybrid*. Pada blok diagram ini pula akan menjelaskan komponen atau sensor – sensor yang digunakan pada sistem monitoring SPLU *Hybrid*. Berikut adalah komponen pada sistem monitoring SPLU *Hybrid*, terdiri dari :

1. Sensor Anemometer

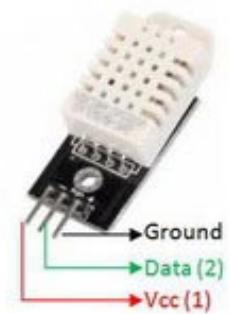
Sensor anemometer adalah suatu alat ukur yang dapat mengukur atau menentukan kecepatan angin. Cara kerja dari sensor anemometer ini yaitu baling – baling atau mangkok pada sensor akan tertarik oleh angin sesuai dengan kecepatan angin, semakin cepat angin berhembus maka akan semakin cepat pula baling – baling atau mangkok berputar. Sensor ini harus dipasang di tempat yang terbuka agar pembacaan sensor dapat maksimal. Dari jumlah putaran dalam satu detik maka dapat diketahui kecepatan anginnya dan di dalam sensor anemometer pula terdapat alat pencacah yang akan menghitung kecepatan angin.



Gambar 11. Sensor Anemometer

2. Sensor DHT 22

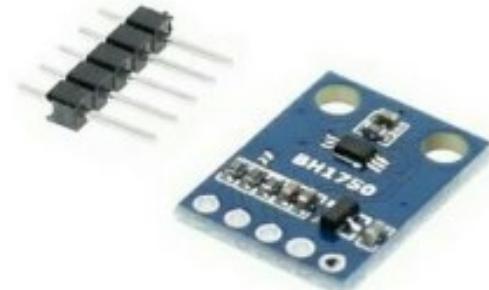
Sensor DHT 22 merupakan sensor digital yang dapat mendeteksi atau mengukur suhu dan kelembaban di suatu tempat atau lingkungan melalui udara sekitar.



Gambar 12. Sensor DHT 22[11]

3. Sensor BH1750

Sensor BH1750 merupakan sensor yang dapat mendeteksi atau mengukur cahaya dengan antarmuka bus I2C dengan rentang lebar pada resolusi tinggi sekitar 16-bit. Sensor ini menghasilkan pengukuran luminositas dalam lux (satuan iluminasi turunan SI) yang dapat mengukur minimal 1 lux dan maksimal 65535 lux. Sensor ini lebih akurat dan mudah digunakan dari pada sensor cahaya lain seperti *Light Dependent Resistor* (LDR) yang keluarannya berupa sinyal analog dan juga untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya-nya harus melakukan perhitungan terlebih dahulu.



Gambar 13. Sensor BH1750[12]

4. Sensor PZEM017

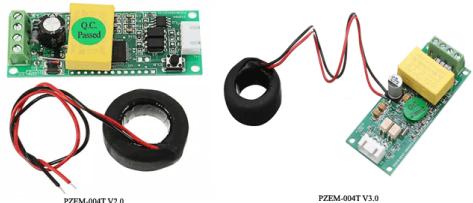
Sensor PZEM017 adalah suatu modul yang dapat mengukur daya DC hingga sampai 300VDC dan untuk pengukuran arus pada rentang pemasangan shunt eksternal 50A hingga 300A. Modul ini dapat mengukur Tegangan, Arus, Daya dan Energi. Sensor ini memiliki antarmuka komunikasi RS485 bawaan menggunakan protokol Modbus-RTU.



Gambar 14. Sensor Pzem017 & Shunt[13]

5. Sensor PZEM004T

Sensor PZEM004T merupakan sebuah modul yang memiliki fungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi dan faktor daya. Dengan berbagai fungsi ini, maka modul PZEM004T sangat ideal untuk digunakan sebagai projek maupun eksperimen alat pengukur daya pada sebuah jaringan listrik seperti rumah atau gedung. Modul ini memiliki prinsip kerja yaitu bekerja pada tegangan 80~260VAC, rentang arus sampai 100A, rentang daya sampai 22.000W, dan frekuensi 45~65Hz.



Gambar 15. Sensor Pzem004T[14]

6. ESP32

Modul ESP32 yaitu modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266, yang merupakan modul WiFi populer. ESP32 memiliki dua prosesor komputasi, satu prosesor untuk mengelola jaringan WiFi dan Bluetooth, serta satu prosesor lainnya untuk menjalankan aplikasi. Dilengkapi dengan memori RAM yang cukup besar untuk menyimpan data. Fitur yang berguna seperti TCP/IP, HTTP, dan FTP. Modul ini juga dilengkapi fitur pemrosesan sinyal analog, dukungan untuk sensor, dan dukungan untuk perangkat masukan/keluaran (I/O) digital.



Gambar 16. Modul ESP32[15]

7. NodeMcu ESP8266

Modul NodeMcu ESP8266 merupakan board elektronika yang berbasis chip ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan juga koneksi internet (WiFi) biasa disebut dengan NodeMCU. NodeMCU terdapat beberapa pin I/O sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah aplikasi monitoring maupun controlling pada proyek IOT. NodeMCU ESP8266 dapat diprogram dengan compiler-nya Arduino, menggunakan Arduino IDE.

Versi NodeMCU ESP8266



Gambar 17. Modul ESP8266[16]

Perencanaan Perangkat Lunak

Pada perencanaan perangkat lunak akan menjelaskan platform yang digunakan untuk memonitoring secara *realtime* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan menyimpan data hasil pembacaan dari sistem monitoring SPLU *Hybrid*. Pada penelitian ini menggunakan platform Thinger IO, dimana platform ini dapat mengirim dan menampilkan suatu data dengan *delay* sampai 1 detik dan platform ini juga dapat sekaligus menyimpan data dalam bentuk *database* yang dapat diexport dalam format CSV, ARFF, dan Json. Platform Thinger IO ini selain memonitoring dapat juga mengontrol suatu objek secara *realtime* serta platform ini dapat diakses dengan mudah dan gratis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan ini akan menjelaskan tentang hasil pengujian keseluruhan alat yang telah dibuat pada penelitian ini. Nantinya data yang telah didapat akan menjelaskan keberhasilan sistem alat dalam penelitian ini. Untuk mencari *error* dalam penelitian ini menggunakan suatu rumus yaitu MAPE. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu suatu nilai rata – rata perbedaan *absolut* yang ada diantara nilai dari prediksi dan nilai realisasi yang biasanya disebut sebagai hasil persenan dari nilai realisasi. Dalam referensi lain MAPE dikenal juga dengan *Mean Absolute Percentage Deviation* (MAPD).

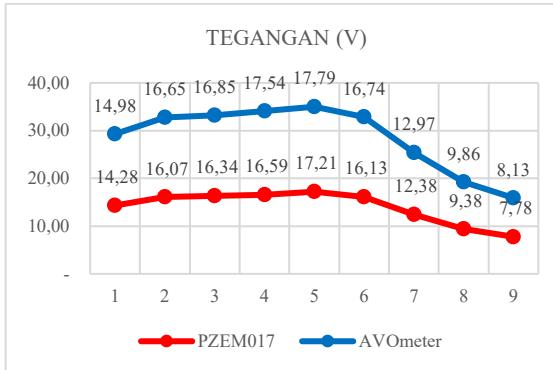
Hasil Pengujian Panel Surya

Pada hasil pengujian panel surya ini akan menjelaskan secara detail tentang hasil pengujian seluruh sensor yang terdapat pada panel surya, seperti sensor PZEM017 yang mengukur tegangan, arus, daya, dan sensor BH1750 yang mengukur intensitas cahaya. Berikut adalah hasil dari pembacaan sensor dan alat ukur yang dituliskan dalam bentuk tabel dan grafik.

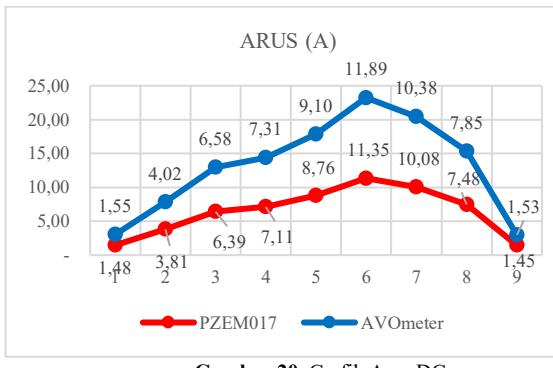
Hasil Pengujian Sensor PZEM017

Pada Gambar 19 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari panel surya. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOmeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,13%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. **Tabel 1.** Hasil Pengukuran PZEM017

Tanggal: 9 Oktober 2023										
No	Waktu	Sensor PZEM017			AVOMeter			Error		
		Panel Surya								
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan	Arus	Daya
1	08:00:37 s.d 08:59:37	14,28	1,48	21,50	14,98	1,55	23,22	0,05	0,05	0,07
2	09:00:37 s.d 09:59:37	16,07	3,81	61,46	16,65	4,02	66,93	0,03	0,05	0,08
3	10:00:37 s.d 10:59:37	16,34	6,39	104,48	16,85	6,58	110,87	0,03	0,03	0,06
4	11:00:37 s.d 11:59:37	16,59	7,11	117,94	17,54	7,31	128,22	0,05	0,03	0,08
5	12:00:37 s.d 12:59:37	17,21	8,76	150,82	17,79	9,10	161,89	0,03	0,04	0,07
6	13:00:37 s.d 13:59:37	16,13	11,35	183,49	16,74	11,89	199,04	0,04	0,05	0,08
7	14:00:37 s.d 14:59:37	12,38	10,08	125,10	12,97	10,38	134,63	0,05	0,03	0,07
8	15:00:37 s.d 15:59:37	9,38	7,48	71,74	9,86	7,85	77,40	0,05	0,05	0,07
9	16:00:37 s.d 16:59:37	7,78	1,45	11,46	8,13	1,53	12,44	0,04	0,05	0,08
RATA - RATA		14,02	6,43	94,22	14,61	6,69	101,63	0,37	0,37	0,66
n		9		MAPE (%)		4,13	4,07	7,37		



Gambar 19. Grafik Tegangan DC

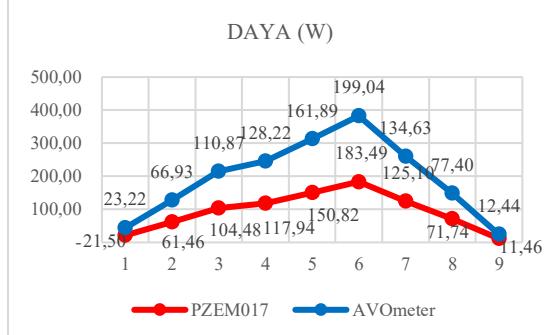


Gambar 20. Grafik Arus DC

Pada Gambar 20 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran arus yang dihasilkan dari panel surya. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOMeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,07%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Gambar 21 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran daya yang dihasilkan dari panel surya. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOMeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki

range selisih relatif kecil dengan *error* diantara 6% s/d 8% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 7,37%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 21. Grafik Daya DC

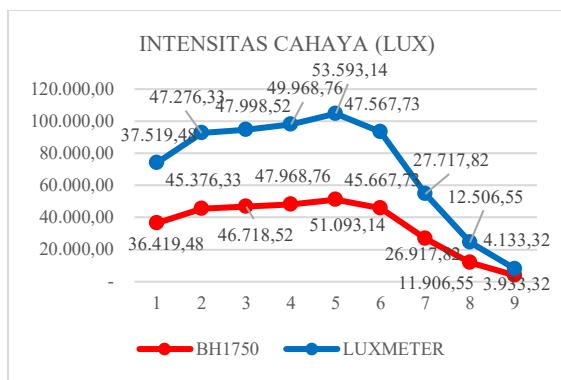
Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata *error* dari sensor Pzem017 yaitu antara 3% s/d 5% untuk tegangan dan arus, serta 6% s/d 8% untuk daya karena daya merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus sehingga nilai *error* cukup tinggi. Akan tetapi melihat dari seluruh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memiliki nilai <10% yaitu 4,13% untuk tegangan, 4,07% untuk arus, dan 7,37% untuk daya, dimana menurut ketentuan interpretasi MAPE nilai <10% dapat dikategorikan data tersebut sangat akurat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor Pzem017 bekerja dengan baik.

Hasil Pengujian Sensor BH1750

Pada Gambar 22 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran intensitas cahaya yang berasal dari paparan sinar matahari ke panel surya. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor BH1750 dan alat ukur berupa Luxmeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,87%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran BH1750

Tanggal: 9 Oktober 2023					
No	Waktu	Panel Surya		Error	
		Intensitas Cahaya (Lux)			
		Intensitas Cahaya (Lux)	Intensitas Cahaya (Lux)		
1	08:00:37 s.d 08:59:37	36.419,48	37.519,48	0,03	
2	09:00:37 s.d 09:59:37	45.376,33	47.276,33	0,04	
3	10:00:37 s.d 10:59:37	46.718,52	47.998,52	0,03	
4	11:00:37 s.d 11:59:37	47.968,76	49.968,76	0,04	
5	12:00:37 s.d 12:59:37	51.093,14	53.593,14	0,05	
6	13:00:37 s.d 13:59:37	45.667,73	47.567,73	0,04	
7	14:00:37 s.d 14:59:37	26.917,82	27.717,82	0,03	
8	15:00:37 s.d 15:59:37	11.906,55	12.506,55	0,05	
9	16:00:37 s.d 16:59:37	3.933,32	4.133,32	0,05	
RATA - RATA		35.111,29	36.475,74	0,35	
n		9	MAPE (%)	3,87	



Gambar 22. Grafik Intensitas Cahaya

Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata *error* dari sensor BH1750 yaitu antara 3% s/d 5%. Dan untuk nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memiliki nilai <10% yaitu sebesar 3,87%, dimana menurut ketentuan interpretasi MAPE nilai <10% dapat dikategorikan data tersebut sangat akurat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor BH1750 bekerja dengan baik.

Hasil Pengujian Turbin Angin

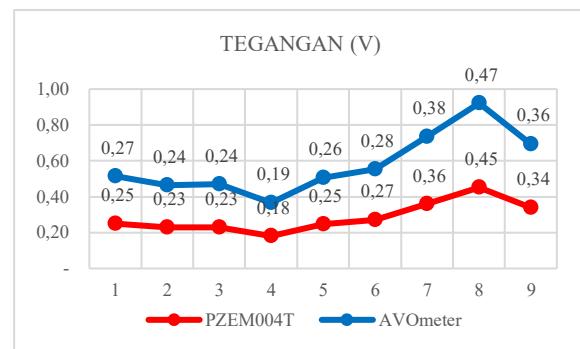
Pada hasil pengujian turbin angin ini akan menjelaskan secara detail tentang hasil pengujian seluruh sensor yang terdapat pada turbin angin, seperti sensor PZEM004T yang mengukur tegangan, arus, daya, dan sensor Anemometer yang mengukur kecepatan angin. Berikut adalah hasil dari pembacaan sensor dan alat ukur yang dituliskan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil Pengujian Sensor PZEM004T

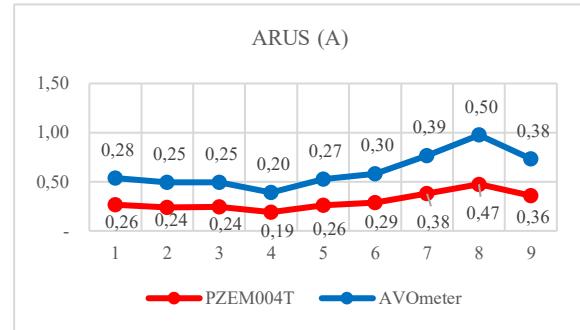
Pada Gambar 23 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari turbin angin. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem004T dan alat ukur berupa AVOMeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 2% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,99%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran PZEM004T

		Sensor PZEM004T			AVOMeter			Error		
No	Waktu	Turbin Angin								
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan	Arus	Daya
1	08:00:37 s.d 08:59:37	0,25	0,26	0,09	0,27	0,28	0,07	0,05	0,04	0,20
2	09:00:37 s.d 09:59:37	0,23	0,24	0,07	0,24	0,25	0,06	0,03	0,05	0,21
3	10:00:37 s.d 10:59:37	0,23	0,24	0,08	0,24	0,25	0,06	0,04	0,03	0,41
4	11:00:37 s.d 11:59:37	0,18	0,19	0,05	0,19	0,20	0,04	0,02	0,05	0,46
5	12:00:37 s.d 12:59:37	0,25	0,26	0,09	0,26	0,27	0,07	0,05	0,04	0,26
6	13:00:37 s.d 13:59:37	0,27	0,29	0,10	0,28	0,30	0,08	0,03	0,03	0,23
7	14:00:37 s.d 14:59:37	0,36	0,38	0,15	0,38	0,39	0,14	0,04	0,02	0,04
8	15:00:37 s.d 15:59:37	0,45	0,47	0,28	0,47	0,50	0,24	0,04	0,05	0,21
9	16:00:37 s.d 16:59:37	0,34	0,36	0,13	0,36	0,38	0,13	0,04	0,05	0,06
RATA – RATA		0,28	0,30	0,12	0,30	0,31	0,10	0,36	0,36	2,07
n		9			MAPE (%)			3,99	4,03	23,02



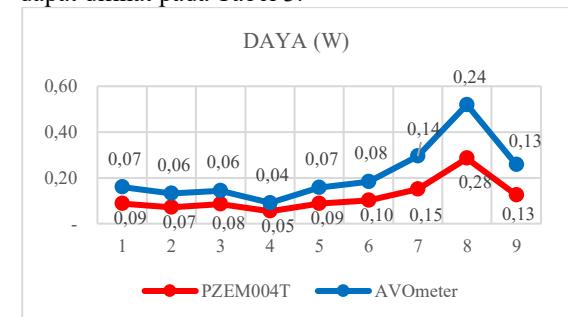
Gambar 23. Grafik Tegangan AC



Gambar 24. Grafik Arus AC

Pada Gambar 24 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran tegangan yang dihasilkan dari turbin angin. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem004T dan alat ukur berupa AVOMeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 2% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,03%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Gambar 25 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran daya yang dihasilkan dari turbin angin. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem004T dan alat ukur berupa AVOMeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 4% s/d 46% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 23,02%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 25. Grafik Daya AC

Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata hasil pengukuran mulai dari tegangan, arus, dan daya memiliki nilai nol (0), dikarenakan agar sensor Pzem004T dapat beroperasi dengan baik, tegangan yang masuk agar dapat dibaca oleh sensor harus memiliki tegangan minimal 80VAC sesuai dengan spesifikasi sensor.

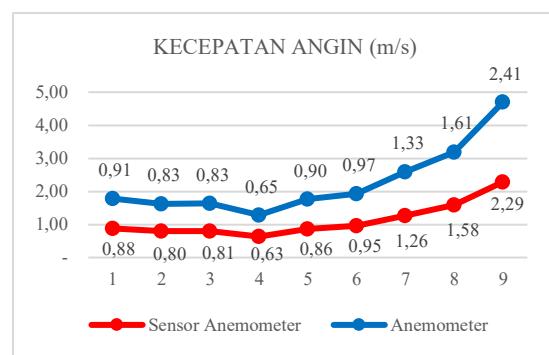
Sedangkan turbin angin hanya dapat menghasilkan tegangan maksimal sekitar ± 15 VAC dengan kondisi berputar secara maksimal, oleh sebab itu sensor Pzem004T tidak dapat bekerja dengan semestinya. Ditambah lagi kondisi angin di SMKN 2 Kota Bekasi memiliki kondisi kecepatan angin yang kurang baik, tidak stabil dan *continue* sehingga kurang mendukung untuk menunjang kinerja dari turbin angin itu sendiri. Dan saat pengambilan data turbin angin hanya berputar beberapa kali tetapi tidak terus menerus atau *continue*, dikarenakan kondisi angin yang kurang mendukung yaitu rata – rata kecepatan angin sebesar ± 1 m/s dengan rata – rata kecepatan angin perjambinya mulai dari 0 m/s - 2 m/s, dan untuk turbin angin itu sendiri baru dapat berputar jika kecepatan angin minimal sebesar 4 m/s keatas dan dalam kondisi yang stabil dan *continue*, sehingga dengan kondisi tersebut maka turbin angin tidak dapat berputar dengan semestinya atau baik. Untuk lebih detail-nya dapat dilihat pada Tabel 4 yaitu berisi tentang data kondisi kecepatan angin. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor Pzem004T tidak dapat bekerja dengan semestinya dikarenakan kondisi lingkungan, lebih tepatnya kondisi angin yang kurang baik atau mendukung.

Hasil Pengujian Sensor Anemometer

Tabel 4. Hasil Pengukuran Anemometer

Tanggal : 9 Oktober 2023							
No	Nama Alat	Sensor Anemometer		Anemometer		Error	
		Turbin Angin		Kecepatan Angin (m/s)			
		Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Angin	Kecepatan Angin		
1	08:00:37 s.d 08:59:37		0,88	0,91	0,91	0,03	
2	09:00:37 s.d 09:59:37		0,80	0,83	0,83	0,04	
3	10:00:37 s.d 10:59:37		0,81	0,83	0,83	0,03	
4	11:00:37 s.d 11:59:37		0,63	0,65	0,65	0,02	
5	12:00:37 s.d 12:59:37		0,86	0,90	0,90	0,04	
6	13:00:37 s.d 13:59:37		0,95	0,97	0,97	0,02	
7	14:00:37 s.d 14:59:37		1,26	1,33	1,33	0,05	
8	15:00:37 s.d 15:59:37		1,58	1,61	1,61	0,02	
9	16:00:37 s.d 16:59:37		2,29	2,41	2,41	0,05	
RATA - RATA			1,12	1,16	1,16	0,30	
n			9	MAPE (%)	MAPE (%)	3,34	

Pada Gambar 26 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran kecepatan angin yang berasal dari hembusan angin ke turbin angin. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Anemometer dan alat ukur berupa Anemometer. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 2% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,34%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 26. Grafik Kecepatan Angin

Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata *error* dari sensor Anemometer yaitu diantara 2% s/d 5%. Dan untuk nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memiliki nilai <10% yaitu sebesar 3,34%, dimana menurut ketentuan interpretasi MAPE nilai <10% dapat dikategorikan data tersebut sangat akurat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor Anemometer bekerja dengan baik.

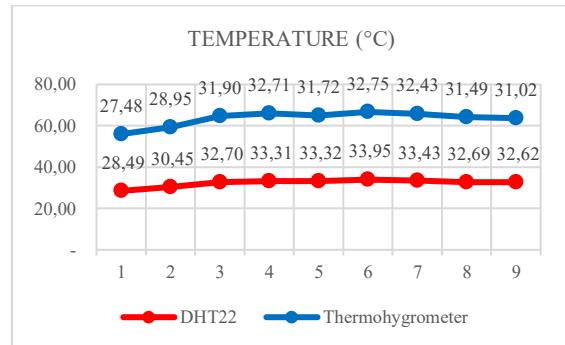
Hasil Pengujian Suhu dan Kelembaban

Pada hasil pengujian suhu dan kelembaban pada lingkungan SPLU *Hybrid* ini akan menjelaskan secara detail tentang hasil pengujian seluruh sensor yang terdapat pada lingkungan SPLU *Hybrid*, seperti sensor DHT22 yang mengukur temperatur/suhu dan kelembaban. Berikut adalah hasil dari pembacaan sensor yang dituliskan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil Pengujian Sensor DHT22

Tabel 5. Hasil Pengukuran DHT22

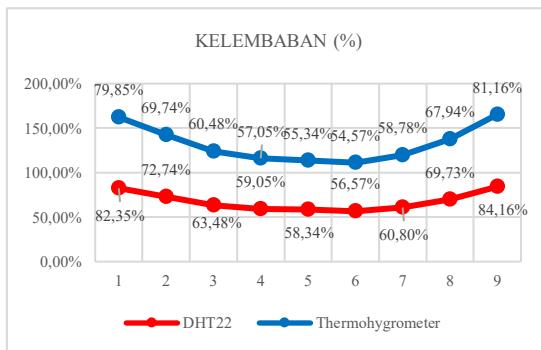
Lingkungan SPLU Hybrid						
No	Nama Alat	Sensor DHT22		Thermohygrometer		Error
		Waktu	Temperature (°C)	Kelembaban (%)	Temperature (°C)	
1	08:00:37 s.d 08:59:37	28,49	82,35%	27,48	79,85%	0,04
2	09:00:37 s.d 09:59:37	30,45	72,74%	28,95	69,74%	0,05
3	10:00:37 s.d 10:59:37	32,70	63,48%	31,90	60,48%	0,02
4	11:00:37 s.d 11:59:37	33,31	59,05%	32,71	57,05%	0,02
5	12:00:37 s.d 12:59:37	33,32	58,34%	31,72	55,34%	0,05
6	13:00:37 s.d 13:59:37	33,95	56,57%	32,75	54,57%	0,04
7	14:00:37 s.d 14:59:37	33,43	60,80%	32,43	58,78%	0,03
8	15:00:37 s.d 15:59:37	32,69	69,73%	31,49	67,94%	0,04
9	16:00:37 s.d 16:59:37	32,62	84,16%	31,02	81,16%	0,05
RATA - RATA		32,33	67,47%	31,16	64,99%	0,34
n		9		MAPE (%)	MAPE (%)	3,77
						3,86



Gambar 27. Grafik Temperature/Suhu

Pada Gambar 27 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran *temperature/suhu* yang berasal dari kondisi suhu disekitar lingkungan SPLU *Hybrid*. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor DHT22 dan alat ukur berupa Thermohygrometer. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 2% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,77%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Pada Gambar 28 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran kelembaban yang berasal dari kondisi kelembaban disekitar lingkungan SPLU *Hybrid*. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor DHT22 dan alat ukur berupa Thermohygrometer. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 3,86%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 28. Grafik Kelembaban

Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata *error* dari sensor DHT22 yaitu diantara 2% s/d 5% untuk *temperature/suhu*, serta 3% s/d 5% untuk kelembaban. Dan untuk nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memiliki nilai <10% yaitu sebesar 3,77% untuk *temperature/suhu* dan 3,86% untuk kelembaban, dimana menurut ketentuan interpretasi MAPE nilai <10% dapat dikategorikan data tersebut sangat akurat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 bekerja dengan baik.

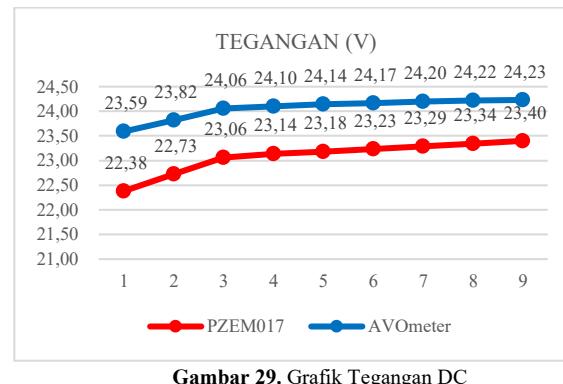
Hasil Pengujian Output SPLU *Hybrid*

Pada hasil pengujian output SPLU *Hybrid* ini akan menjelaskan secara detail tentang hasil pengujian seluruh sensor yang terdapat pada output dari SPLU *Hybrid*, seperti sensor PZEM017 yang mengukur tegangan, arus, dan daya. Berikut adalah hasil dari pembacaan sensor yang dituliskan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil Pengujian Sensor PZEM017

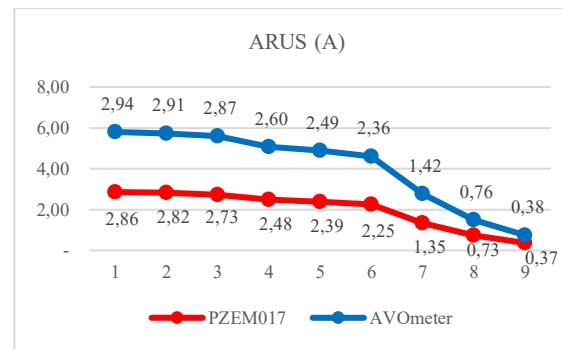
Tabel 6. Hasil Pengukuran PZEM017

Nama Alat		Sensor PZEM017			AVOmeter			Error		
No	Waktu	Output								
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan	Arus	Daya
1	20 Menit	22,38	2,86	64,01	23,59	2,94	69,35	0,05	0,03	0,08
2	40 Menit	22,73	2,82	64,10	23,82	2,91	69,32	0,05	0,03	0,08
3	60 Menit	23,06	2,73	62,95	24,06	2,87	69,05	0,04	0,05	0,09
4	80 Menit	23,14	2,48	57,39	24,10	2,60	62,66	0,04	0,05	0,08
5	100 Menit	23,18	2,39	55,40	24,14	2,49	60,11	0,04	0,04	0,08
6	120 Menit	23,23	2,25	52,27	24,17	2,36	57,04	0,04	0,05	0,08
7	140 Menit	23,29	1,35	31,44	24,20	1,42	34,36	0,04	0,05	0,09
8	160 Menit	23,34	0,73	17,04	24,22	0,76	18,41	0,04	0,04	0,07
9	180 Menit	23,40	0,37	8,54	24,23	0,38	9,21	0,03	0,04	0,07
RATA - RATA		23,08	2,00	45,90	24,06	2,08	49,95	0,37	0,37	0,72
n		9			MAPE (%)			4,06	4,09	7,99



Gambar 29. Grafik Tegangan DC

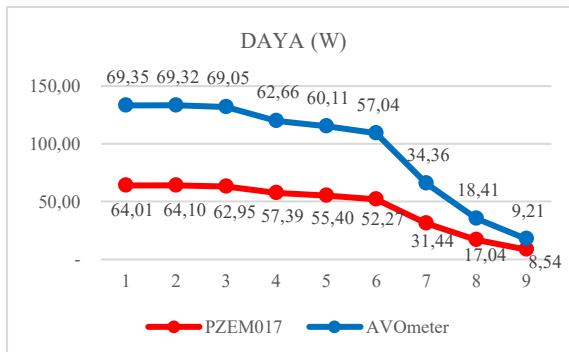
Pada Gambar 29 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran tegangan yang berasal dari keluaran SPLU *Hybrid* menuju beban. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOmeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,06%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 30. Grafik Arus DC

Pada Gambar 30 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran arus yang berasal dari keluaran SPLU *Hybrid* menuju beban. Pada

grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOmeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,09%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.



Gambar 31. Grafik Daya DC

Pada Gambar 31 terdapat grafik yang memperlihatkan hasil pengukuran arus yang berasal dari keluaran SPLU *Hybrid* menuju beban. Pada grafik tersebut terdapat data perbandingan antara hasil pembacaan dari sensor Pzem017 dan alat ukur berupa AVOmeter. Dari grafik itu pula dapat dilihat bahwa hasil pengukuran dari sensor dan alat ukur memiliki *range* selisih relatif kecil dengan *error* diantara 3% s/d 5% dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,09%, dimana hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari data diatas dapat dilihat bahwa rata – rata *error* dari sensor Pzem017 yaitu antara 3% s/d 5% untuk tegangan dan arus, serta 7% s/d 9% untuk daya karena daya merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus sehingga nilai *error* cukup tinggi. Akan tetapi melihat dari seluruh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) memiliki nilai <10% yaitu 4,06% untuk tegangan, 4,09% untuk arus, dan 7,99% untuk daya, dimana menurut ketentuan interpretasi MAPE nilai <10% dapat dikategorikan data tersebut sangat akurat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa sensor Pzem017 bekerja dengan baik.

Hasil Pengujian Monitoring Thinger IO

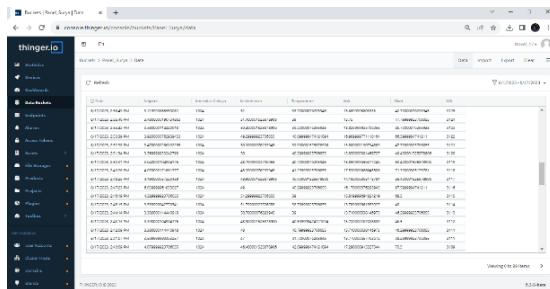
Pada hasil pengujian sistem monitoring menggunakan thinger io ini akan menjelaskan secara detail tentang hasil pembacaan seluruh sensor yang ditampilkan pada platform thinger io. Ada 2 cara agar dapat menampilkan data pada platform thinger io yaitu menggunakan laptop dan handphone. Berikut adalah tampilan dari platform thinger io saat menggunakan laptop dan handphone.



Gambar 32. Tampilan Monitoring via Laptop dan HP

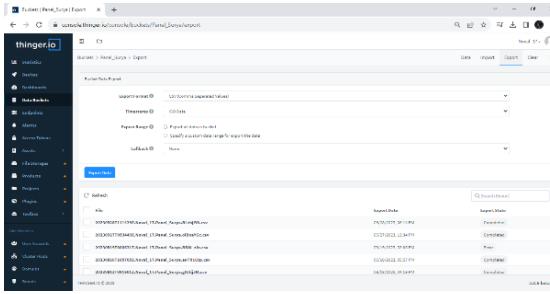
Pada Gambar 32 dapat dilihat tampilan dari platform thinger io saat menggunakan laptop dan handphone (HP). Kedua tampilan tersebut dapat menampilkan data secara *realtime* dengan minimal waktu selama 1 detik untuk menampilkan data pada platform thinger io. Perbedaan dari kedua cara menampilkan data hanya pada tata letak penampilan data, untuk yang menggunakan laptop cenderung kesamping dan dapat diatur ukuran widget-nya. Sedangkan yang menggunakan handphone cenderung kebawah dan tidak dapat diatur ukuran widget-nya, ukuran widget mengikuti lebar dari layar handphone.

Kemudian terdapat fitur *Data Buckets* dari platform thinger io, dimana data hasil pengukuran yang dikirim ke platform thinger io dapat disimpan pada *Data Buckets* dengan *delay* minimal selama 1 menit dan kemudian data tersebut dapat diexport dalam format CSV, ARFF, dan JSON.



Gambar 33. Tampilan DataBuckets

Gambar 33 diatas menampilkan *DataBuckets* pada platform thinger io yang berisikan data hasil pembacaan sensor yang telah diterima oleh platform thinger io dari sistem SPLU *Hybrid* secara *realtime*.



Gambar 34. Tampilan Bucket Data Export

Pada Gambar 34 menampilkan *Bucket Data Export* yang terdapat pada fitur *DataBuckets*, dimana pada fitur ini berfungsi untuk meng-*export* data yang tersimpan pada *DataBuckets*. Pada fitur ini pula dapat mengatur data yang ingin di *export* terlebih dahulu, seperti mengatur *Export Format*, *Timestamp*, *Export Range* dan *Callback*. Jika sudah mengatur data yang ingin diexport, maka data sudah siap diexport.

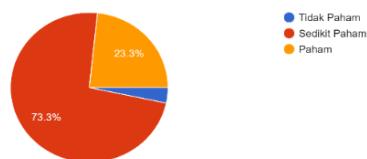
Hasil Survey Sistem Monitoring

Pada hasil *survey* mengenai sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini akan menjelaskan tentang tanggapan dari 60 orang sebagai *sampling* yang terdiri dari para siswa dan guru SMKN 2 Kota Bekasi. Dimana, dalam kuesioner tersebut terdapat beberapa pertanyaan yang berkaitan dengan sistem monitoring SPLU *Hybrid*, agar dapat diketahui berapa persentase dari pemahaman para siswa dan guru SMKN 2 Kota Bekasi mengenai sistem Monitoring SPLU *Hybrid*. Berikut adalah persentase dari beberapa pertanyaan yang terdapat pada kuesioner.

Pertanyaan Pertama

Seberapa Pahamkah Anda Pada Sistem Monitoring Hybrid ini?

60 responses



Gambar 35. Karakteristik Responden Pertanyaan Pertama

doi: <https://doi.org/10.56190/ijree.v2i1.26> p-issn/e-issn: /2986-1063/2988-554X

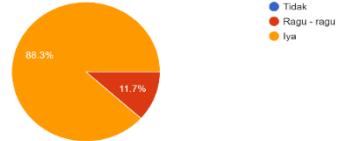
Journal Of Renewable Energy Engineering, Program Vokasi-Universitas Negeri Gorontalo

Pada Gambar 35 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan pertama terbagi menjadi 3 tanggapan, yaitu tidak paham (3,3%), sedikit paham (73,3%), dan paham (23,3%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* hanya sedikit paham dari sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini. Dikarenakan mayoritas dari para *sampling* mengaku masih kurang memahami perihal tentang rangkaian sistem monitoring SPLU *Hybrid*.

Pertanyaan Kedua

Menurut Anda Apakah Sistem Monitoring Hybrid ini Dapat Memonitoring Secara Realtime?

60 responses



Gambar 36. Karakteristik Responden Pertanyaan Kedua

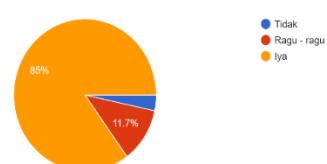
Pada Gambar 36 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan kedua terbagi menjadi 2 tanggapan, yaitu ragu – ragu (11,7%), dan iya (88,3%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini dapat memonitoring secara *realtime*.

Pertanyaan Ketiga

Pada Gambar 37 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan ketiga terbagi menjadi 3 tanggapan, yaitu tidak (3,3%), ragu – ragu (11,7%), dan iya (85%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini dapat mudah diakses dimanapun dan kapanpun.

Menurut Anda Apakah Sistem Monitoring Hybrid ini Dapat Mudah Diakses Dimanapun dan Kapanpun?

60 responses

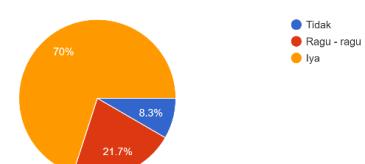


Gambar 37. Karakteristik Responden Pertanyaan Ketiga

Pertanyaan Keempat

Menurut Anda Apakah Sistem Monitoring Hybrid ini Mudah Digunakan?

60 responses



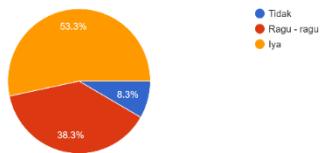
Gambar 38. Karakteristik Responden Pertanyaan Keempat

Pada Gambar 38 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan keempat terbagi menjadi 3

tanggapan, yaitu tidak (8,3%), ragu – ragu (21,7%), dan iya (70%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini dapat mudah digunakan.

Pertanyaan Kelima

Menurut Anda Apakah Tampilan Data Pada Platform Sistem Monitoring Mudah Dipahami?
60 responses

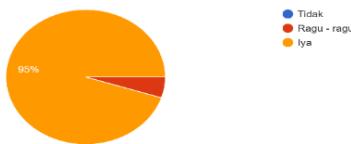


Gambar 39. Karakteristik Responden Pertanyaan Kelima

Pada Gambar 39 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan kelima terbagi menjadi 3 tanggapan, yaitu tidak (8,3%), ragu – ragu (38,3%), dan iya (53,3%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau tampilan data pada platform sistem monitoring mudah dipahami.

Pertanyaan Keenam

Jika Anda Menggunakan Sistem ini Apakah Akan Bermanfaat Bagi Anda?
60 responses

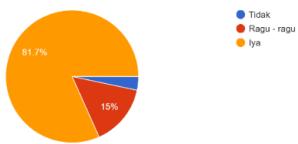


Gambar 40. Karakteristik Responden Pertanyaan Keenam

Pada Gambar 40 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan keenam terbagi menjadi 2 tanggapan, yaitu ragu – ragu (5%), dan iya (95%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini bermanfaat bagi para *sampling*.

Pertanyaan Ketujuh

Jika Ada Kesempatan, Apakah Anda Berminat Untuk Mengembangkan Sistem Monitoring SPLU Hybrid ini ?
60 responses



Gambar 41. Karakteristik Responden Pertanyaan Ketujuh

Pada Gambar 41 dapat dilihat bahwa hasil *survey* dari pertanyaan ketujuh terbagi menjadi 3 tanggapan, yaitu tidak (3,3%), ragu – ragu (15%), dan iya (81,7%). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa para *sampling* berpendapat kalau para *sampling* berminat untuk mengembangkan sistem monitoring SPLU *Hybrid* ini.

Dari data seluruh tanggapan pada pertanyaan kuesioner diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa sebagian besar para *sampling* telah memahami cara kerja dari sistem monitoring SPLU *Hybrid*. Diantaranya berpendapat bahwa sistem ini dapat diakses dengan mudah dimanapun dan kapanpun, dapat memonitoring secara *realtime*, mudah digunakan, dan paham dalam pembacaan data yang ditampilkan dari tampilan platform thinger io. Dimana semua itu adalah salah satu tujuan dari penelitian ini yaitu merancang suatu sistem yang dapat memonitoring SPLU *Hybrid* yang mudah diakses dimanapun dan kapanpun secara *realtime* berbasis *IoT* di SMKN 2 Kota Bekasi, dengan demikian dari kesimpulan tersebut dapat dikatakan bahwa salah satu tujuan dari penelitian ini telah terpenuhi dan berhasil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Setiap penelitian memiliki kesimpulan dari dilakukannya penelitian tersebut dan setiap penelitian juga memiliki kekurangan dari apa yang diteliti. Oleh sebab itu pada BAB ini akan dijelaskan kesimpulan dan saran untuk mengetahui hasil dari penelitian ini serta mengetahui solusi dari kekurangan penelitian ini jika penelitian ini dikembangkan.

Kesimpulan

Dari uji coba dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini serta melihat data yang sudah diambil, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk sistem monitoring SPLU *Hybrid* bekerja dengan baik. Hasil data dari pembacaan sensor dapat dimonitoring secara *realtime* dan berbasis *IoT*, sehingga data tersebut dapat dilihat dimanapun dan kapanpun dengan syarat harus terhubung dengan internet. Dan terdapat pula LCD pada SPLU *Hybrid* yang bertujuan agar data dapat dilihat secara langsung.
- Serta untuk target selanjutnya yaitu keakuratan dari data yang telah diambil dari masing – masing sensor dapat dikatakan memiliki keakuratan yang cukup baik, karena data tersebut sudah dibandingkan (kalibrasi) dengan alat ukur yang sudah ada dengan rata – rata error dari masing – masing sensor tidak lebih dari 5% dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) tidak lebih dari 10%. Dari ketentuan interpretasi MAPE jika nilai MAPE $<10\%$, maka data tersebut dapat dikatakan sangat akurat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penelitian ini dapat dikatakan berhasil dikarenakan sudah memenuhi tujuan awal dari penelitian ini.

Saran

Dalam setiap penelitian pasti memiliki beberapa kekurangan yang nanti dapat dikembangkan kembali oleh peneliti lainnya. Berikut adalah beberapa saran yang terdapat pada penelitian ini:

- Agar sensor PZEM004T dapat bekerja dengan baik, diharuskan objek yang ingin diukur

- tegangan, arus dan dayanya memiliki tegangan minimal 80VAC sesuai dengan spesifikasi dari sensor tersebut, detail dari spesifikasi sensor tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1. Contoh agar sensor PZEM004T dapat bekerja dengan baik yaitu mengukur tegangan dari sumber listrik PLN, karena memiliki tegangan diatas 80VAC dan konsisten.
2. Untuk pemanfaatan tenaga angin tidak direkomendasikan di SMKN 2 Kota Bekasi, dikarenakan kecepatan angin disana tidak terlalu tinggi dan tidak konsisten, serta tergantung dengan kondisi lingkungan sekitar. Jika ingin turbin angin berputar, ada waktu tertentu yang memiliki kecepatan angin yang cukup besar yaitu seperti waktu akan hujan karena disaat itu kondisi angin cukup besar. Jika tetap ingin menggunakan turbin angin, disarankan menggunakan turbin angin bertipe vertikal dengan berat dari setiap sudut turbin yang tidak terlalu berat, serta memperhatikan pemasangan turbin angin dengan ketinggian ± diatas 10m, agar memiliki kemungkinan turbin angin berputar cukup tinggi.
 3. Pemilihan lokasi penelitian yang ideal itu sangatlah penting, contoh lokasi ideal untuk turbin angin dan panel surya adalah disekitaran pantai, dikarenakan kondisi angin didaerah pesisir pantai cukup kencang dan stabil begitu pula dengan sinar matahari yang sangat terik disekitaran pantai yang sangat cocok untuk panel surya.
 4. Jika ingin SPLU dapat memenuhi kebutuhan yang cukup tinggi seperti contoh beban yang memiliki tegangan diatas 24V, daya beban diatas 1,2kW atau kapasitas baterai diatas 100Ah. Maka disarankan harus meningkatkan pula spesifikasi dari SPLU *Hybrid*, seperti menambah kapasitas baterai, panel surya, turbin angin serta SCC *Hybrid* agar dapat memenuhi kebutuhan yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Presiden Republik Indonesia, “Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan,” *Republik Indonesia*, no. 55, pp. 1–22, 2019.
- [2] E. Setiawan, “Jumlah Kendaraan Listrik di Indonesia Diklaim Terus Meningkat,” *Kompas.com*, 2023. <https://otomotif.kompas.com/read/2023/03/08/141200115/jumlah-kendaraan-listrik-di-indonesia-diklaim-terus-meningkat>
- [3] A. F. Setiadi, “Apa Perbedaan SPLU dan SPKLU, Tempat Pengisian Daya Kendaraan Listrik,” *SOLOPOS.COM*, 2022, [Online]. Available: <https://www.solopos.com/apa-perbedaan-splu-dan-spklu-tempat-pengisian-daya-kendaraan-listrik-1288788>
- [4] Menteri ESDM RI, “Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai,” *Peratur. MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA Miner. RI NOMOR 13*, 2020.
- [5] J. Sih Setyono, F. Hari Mardiansyah, and M. Febrina Kusumo Astuti, “Potensi Pengembangan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Di Kota Semarang,” *J. Riptek*, vol. 13, no. 2, pp. 177–186, 2019.
- [6] E. Prianto, S. Yatmono, and A. Asmara, “Pengembangan Solar Panel Dan Inverter Sebagai Alat Untuk Charging Baterai Pada Sepeda Listrik,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 148–156, 2017.
- [7] M. Rangkuti, “Apa Itu Pembangkit Listrik Tenaga Angin?,” *Fakultas Teknik UMSU*, 2023. <https://fatek.umsu.ac.id/2023/07/31/apa-itu-pembangkit-listrik-tenaga-angin/>
- [8] Tim Editorial Rumah.com, “Apa Itu MCB Listrik? Fungsi, Cara Kerja, Hingga Jenisnya,” *Rumah.com*, 2023. <https://www.rumah.com/panduan-properti/mcb-listrik-83728>
- [9] F. Fadilah, S. S, and A. Rikardo, “Analisis Kerja Lvd (Low Voltage Disconnect) Multisistem Pada Akumulator 12 Volt Pada Panel Surya,” *J. Surya Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 54–59, 2023.
- [10] T.K. Hareendran, “XL4015 Step-Down DC Module with CV/CC Control – Quick Review,” *ELECTRO SCHEMATICS*, 2020. <https://www.electroschematics.com/dc-module/>
- [11] admin ardutech, “Sensor Suhu Kelembaban DHT22 dan Arduino,” 2023. <https://www.ardutech.com/sensor-suhu-kelembaban-dht22-dan-arduino/>
- [12] NN-Digital, “Interfacing / Programming Sensor Cahaya BH1750 dengan Arduino,” *NN-Digital*, 2019. <https://www.nndigital.com/blog/2019/11/10/interfacing-programming-sensor-cahaya-bh1750-dengan-arduino/>
- [13] Solarduino, “How to combine 2 PZEM meters together using Blynk App for NodeMCU,” *Solarduino.com*, 2020. <https://solarduino.com/how-to-combine-2-pzem-meters-together-using-blynk-app-for-nodemcu/>
- [14] TIM NN-DIGITAL, “Mengenal PZEM-004T Modul Elektronik Untuk Alat Pengukuran Listrik,” *NN-DIGITAL*, 2019. <https://www.nndigital.com/blog/2019/07/10/mengenal-pzem-004t-modul-elektronik-untuk-alat-pengukuran-listrik/>

- pengukuran-listrik/
- [15] K. Yudha Maulana, “Apa Itu ESP32, Salah Satu Modul Wi-Fi Poppuler,” *anakteknik.co.id*, 2022. https://www.anakteknik.co.id/krysnayudha_maulana/articles/apa-itu-esp32-salah-satu-modul-wi-fi-poppuler
- [16] A. Faudin, “Apa itu Module NodeMCU ESP8266?,” *Nyebarilmu.com*, 2017. <https://www.nyebarilmu.com/apa-itu-module-nodemcu-esp8266/>
- [17] T. EU-STARTUPS, “Thinger.io,” *EU-STARTUPS*, 2018. <https://www.eu-startups.com/directory/thinger-io/>