

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Pembuatan proyek akhir Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Menggunakan Sensor PZEM-004T Berbasis dalam pengujiannya terbagi menjadi dua yaitu pengujian fungsional atau uji tiap bagian pada alat proyek akhir, dan pengujian kinerja atau unjuk kerja dari sistem monitoring daya yang dibuat.

Hasil pengujian akan dimasukkan ke dalam tabel, setelah data hasil pengujian telah dimasukkan ke dalam tabel maka langkah selanjutnya dengan mencari nilai *error* (kesalahan). Hasil yang telah didapat akan dirangkum dalam presentase nilai *error* yang dapat dilihat pada persamaan 1 dan persamaan 2 untuk persentase rata-rata *error* .

$$\%error = \frac{\text{Selisih Nilai Sensor dengan Nilai Acuan}}{\text{Nilai Acuan}} \times 100\% \dots\dots\dots(23)$$

$$\%error = \frac{\sum error}{\sum uji\ coba} \times 100\% \dots\dots\dots(24)$$

1. Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional merupakan pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan pada beberapa bagian dari prototipe tersebut. Berikut ini macam-macam pengujian fungsional yang diterapkan pada prototipe:

a. Pengujian *Power Supply*

Tabel 11. Hasil Pengujian *Power Supply*

Catu Daya	Pengujian ke-	Vout pada <i>nameplate</i> (Volt)	Vout alat ukur (Volt)	Selisih tegangan (Volt)	Error(%)
<i>Power regulator</i> 5V	1	5V	4,95	0,05	1%
	2	5V	4,96	0,06	0.8%
<i>Step down</i> 3.3V	1	3,3V	3,26	0,04	1.2%
	2	3,3V	3,28	0,02	0.6%

Tabel diatas merupakan hasil pengujian dari *power supply* untuk mengetahui nilai *outputnya* yang dibandingkan dengan nilai tegangan yang diinginkan. *Output* dari *power regulator* digunakan sebagai input untuk LCD, Sensor PZEM-004T sedangkan *output* dari *stepdown* digunakan sebagai *input* untuk mikrokontroller.

b. Pengujian *Relay*

Pengujian *Relay* ini bertujuan untuk mengetahui tindakan dan kondisi pada *relay* hingga sesuai dengan yang di harapkan. Dalam pemasangannya posisi *common relay* baik itu *relay* 1,2, dan 3 semua terhubung pada NC (*Normally Closed*).

Berikut ini ditunjukkan tabel hasil pengujian *relay*

Tabel 12. Hasil Pengujian *Relay*

No	Relay	Kondisi <i>Coil</i>	Posisi <i>Relay</i>	Keterangan	Pengujian
1	<i>Relay 1</i>	<i>HIGH</i>	NO (Buka)	<i>Relay 2 dan 3</i> hubung <i>Relay</i> 1putus	Benar
		<i>LOW</i>	NC (Tutup)	<i>Relay 1</i> hubung <i>Relay 2 dan 3</i> putus	Benar
2	<i>Relay 2</i>	<i>HIGH</i>	NO (Buka)	<i>Relay 1</i> hubung <i>Relay 2 dan 3</i> putus	Benar
		<i>LOW</i>	NC (Tutup)	<i>Relay 2 dan 3</i> hubung <i>Relay</i> 1putus	Benar
3	<i>Relay 3</i>	<i>HIGH</i>	NO (Buka)	<i>Relay 1</i> hubung <i>Relay 2 dan 3</i> putus	Benar
		<i>LOW</i>	NC (Tutup)	<i>Relay 2 dan 3</i> hubung <i>Relay</i> 1putus	Benar

Tabel diatas merupakan hasil pengujian *relay* yang ditujukan untuk mengetahui kondisi *relay* sudah sesuai dengan yang diharapkan, dan dapat melakukan *interlock* pada saat sumber 1 yang berasal dari tegangan 220VAC ataupun sumber 2 yang berasal dari kabel USB dengan tegangan 5VDC aktif

c. Pengujian Pembacaan Sensor

Pengujian pembacaan sensor merupakan pengujian yang paling utama dalam dibandingkan dengan pengujian parameter lain dalam proses pembuatan prototipe ini. Pengujian ini melibatkan beberapa pembacaan variabel terukur yaitu : variabel tegangan, arus, daya dan $\cos \phi$. Pengujian ini dilakukan dengan 10 kondisi beban yang berbeda sehingga data yang terukur lebih variatif, yang kemudian data tersebut akan dibandingkan langsung dengan alat ukur konvensional, yaitu dengan Hioki 3286-20 *Clamp On Hi-Tester*

1) Pengujian Pembacaan Tegangan

Tabel 13. Hasil Pengujian Pengukuran Tegangan dengan Variasi Beban

No	Beban	Tegangan pada Alat Ukur	Tegangan pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	225	224.40	0.6	0.26
2	Ballast 10W	224.7	223.30	1.4	0.62
3	Ballast 40W	223.6	222.70	0.9	0.4
4	Ballast (10W + 40W)	223.2	221.60	1.6	0.71
5	Lampu + Ballast 10W	221.7	220.30	1.4	0.63
6	Lampu + Ballast 40W	221.3	220.30	1	0.45
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	220.4	219.8	0.6	0.27
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	221.4	220.8	0.6	0.27
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	222.1	220.80	1.3	0.58
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	221.8	221.30	0.5	0.22
Rata-Rata Galat Prototipe		0.445%			

Berdasarkan tabel 13. pengukuran pada beban yang berbeda dilakukan selama 10 menit dan kemudian dari masing-masing parameter diatas di rata-rata sebelum dimasukkan kedalam tabel tersebut

Data dari Tabel 13. menunjukkan hasil pengujian sensor tegangan pada prototipe proyek akhir. Berdasarkan perhitungan persentase *error* dan rata-rata *error* dari pengukuran tegangan tersebut ialah sebagai berikut :

Perhitungan persentase *error* pada sensor tegangan saat pembebanan lampu 100W.

$$Error(\%) = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(225)-(224.40)}{225} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(0.6)}{225} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 0.26\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian sensor tegangan dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{4.445}{10} = 0.445\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian tegangan dengan variasi beban sebesar 0.445%

2) Pengujian Pembacaan Arus

Tabel 14. Hasil Pengujian Pengukuran Arus dengan Variasi Beban

No	Beban	Arus pada Alat Ukur	Arus pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	0.46	0.44	0.02	4.35
2	Ballast 10W	0.31	0.29	0.02	6.45
3	Ballast 40W	0.66	0.63	0.03	4.55
4	Ballast (10W + 40W)	0.92	0.90	0.02	2.17
5	Lampu + Ballast 10W	0.60	0.56	0.04	6.67
6	Lampu + Ballast 40W	0.87	0.82	0.05	5.75
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	0.58	0.54	0.04	6.90
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	0.62	0.58	0.04	6.45
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	1.08	1.06	0.02	1.85
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	0.8	0.75	0.05	6.25
Rata – Rata Galat Prototipe		5.14%			

Data dari tabel 14. menunjukkan hasil pengujian sensor arus dengan kondisi beban yang bervariasi. Berdasarkan perhitungan persentase *error* dan rata-rata *error* dari pengukuran arus tersebut ialah sebagai berikut :

Perhitungan persentase *error* pada sensor arus saat pembebanan lampu Ballast 10W dan ballast 40W.

$$Error (\%) = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(0.92)-(0.90)}{0.92} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(0.02)}{0.92} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 2.17\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian sensor arus dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji\ coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{51.4}{10} = 5.14\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian arus dengan variasi beban sebesar 5.14%

3) Pengujian Pembacaan Daya

Tabel 15. Hasil Pengujian Pengukuran Daya dengan Variasi Beban

No	Beban	Daya pada Alat Ukur	Daya pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	103	95.52	7.48	7.26
2	Ballast 10W	17	15.44	1.56	9.18
3	Ballast 40W	32	31.22	0.78	2.44
4	Ballast (10W + 40W)	46	46.64	0.64	1.39
5	Lampu + Ballast 10W	113	109.10	3.9	3.45
6	Lampu + Ballast 40W	127	124.08	2.92	2.3
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	117	105.63	11.37	9.72
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	129	121.26	7.74	6.00
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	135	139.42	4.42	3.27
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	149	140.06	8.94	6.00
Rata – rata galat prototipe			5.1%		

Data dari tabel 15. menunjukkan hasil pengujian pembacaan daya nyata pada dengan beban yang berbeda-beda. Berdasarkan perhitungan persentase *error* dan rata-rata *error* dari pengukuran daya tersebut ialah sebagai berikut :

Perhitungan persentase *error* pembacaan daya pada prototipe saat pembebanan lampu 100W dan ballast 40W.

$$Error (\%) = \frac{\text{Selisih alat ukur dengan sensor prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(127)-(124.08)}{127} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(2.92)}{127} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 2.3\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian daya nyata dibandingkan dengan alat ukur dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{51.01}{10} = 5.1\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian daya dengan variasi beban sebesar 5.1%

4) Pengujian Pembacaan Pemakaian Energi

Tabel 16. Hasil Pengujian Pengukuran Energi dengan Variasi Beban

No	Beban	Nilai Energi dengan Perhitungan (5 mnt)	Energi pada Prototipe (5 mnt)	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	8.58	10	1.42	14.2
2	Ballast 10W	1.41	2	0.59	29.5
3	Ballast 40W	2.67	3	0.33	11.00
4	Ballast (10W + 40W)	3.83	4	0.17	4.25
5	Lampu + Ballast 10W	9.5	10	0.5	5
6	Lampu + Ballast 40W	10.58	12	1.42	11.83
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	9.75	10	0.25	2.5
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	10.75	11	0.25	2.27
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	11.25	12	0.5	6.25
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	12.41	13	0.59	4.53
Rata – rata galat prototipe			9.13%		

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan pengujian nilai energi pada prototipe proyek akhir. Pengukuran energi sangat bergantung pada lamanya pengukuran, dalam pengujian diatas pengukuran dilakukan selama 5 menit pada masing-masing jenis beban. Adapun untuk perbandingan menggunakan metode perhitungan dari nilai daya yang terukur pada alat ukur dibandingkan dengan pengukuran pada prototipe. Perhitungan nilai energi pada pengujian sebagai berikut

$$\text{Energi (Wh)} = \frac{\text{Nilai Daya Alat Ukur}}{60} \times \text{Lama Pengukuran}$$

Perhitungan pada Beban Ballast 40W.

$$\text{Energi (Wh)} = \frac{32}{60} \times 5 \text{ menit} = 2.67 \text{ Wh}$$

Sedangkan pada prototipe terbaca 3.00Wh sehingga perhitungan error yaitu,

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Selisih Nilai dengan sensor pada prototipe}}{\text{Pembacaan Prototipe}} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{0.33}{3} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = 11\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian nilai $\cos \phi$ dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{\sum \text{error}}{\sum \text{uji coba}}$$

$$\text{Rata-rata Error (\%)} = \frac{91.34}{10} = 9.13\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian pemakaian energi listrik dengan variasi beban sebesar 9.13%

5) Pengujian Pembacaan Cos ϕ

Tabel 17. Hasil Pengujian Pengukuran Cos ϕ dengan Variasi Beban

No	Beban	Cos ϕ pada Alat Ukur	Cos ϕ pada Prototipe	Selisih	Galat (%)
1	Lampu 100W	1	0.96	0.04	4
2	Ballast 10W	0.252	0.24	0.012	4.76
3	Ballast 40W	0.217	0.23	0.013	5.99
4	Ballast (10W + 40W)	0.224	0.23	0.006	2.68
5	Lampu + Ballast 10W	0.856	0.87	0.014	1.64
6	Lampu + Ballast 40W	0.662	0.69	0.028	4.23
7	Lampu + Ballast 10W+Kapasitor 7uF	0.917	0.89	0.027	2.94
8	Lampu + Ballast 40W+Kapasitor 7uF	0.934	0.94	0.006	0.64
9	Lampu + Ballast (10W + 40W)	0.562	0.59	0.028	4.98
10	Lampu + Ballast (10W + 40W) + Kapasitor 7uF	0.842	0.82	0.022	2.61
Rata – rata galat prototipe		3.45%			

Data dari tabel 17. menunjukkan hasil pengujian nilai cos ϕ pada prototipe proyek akhir. Berdasarkan perhitungan persentase *error* dan rata-rata *error* dari pengukuran nilai cos ϕ tersebut ialah sebagai berikut

Perhitungan persentase *error* cos ϕ saat pembebanan lampu 100W dan ballast 10W secara bersamaan.

$$Error (\%) = \frac{\text{Selisih nilai pada alat ukur dan prototipe}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{(0.87)-(0.856)}{0.87} \times 100\%$$

$$Error (\%) = \frac{0.014}{0.87} \times 100\%$$

$$Error (\%) = 1.64\%$$

Perhitungan rata-rata *error* pada saat melakukan pengujian nilai $\cos \phi$ dengan beban yang bervariasi.

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{\sum error}{\sum uji\ coba}$$

$$\text{Rata-rata } Error (\%) = \frac{34.5}{10} = 3.45\%$$

Jadi nilai rata-rata *error* dari pengujian $\cos \phi$ dengan variasi beban sebesar 3.45%%

d. Pengujian Pembacaan data pada *Dashboard Platform IoT*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecocokan data dan waktu tunggu yang diperlukan bagi mikrokontroler untuk memproses data dan mengirimkannya melalui koneksi Wi-Fi ke *platform IoT*.

Tabel 18. Hasil Pengujian Pembacaan data pada Blynk dengan Variasi Beban

Beban	Tegangan (Volts)	Arus (A)	Daya (Watt)	Energi (Wh)	Cos ϕ	<i>Elapsed time (ms)</i>
Kipas Angin	220.9	0.18	36.66	392	0.92	10101
Hairdryer	217.7	2.21	414.54	415	0.95	10001
Dispenser	218.1	1.47	304.56	421	0.95	10001
Kipas, Hair Dryer, Dispenser	215.8	3.67	746.36	432	0.94	10002
Rata – rata waktu pengiriman data				10026.25ms		

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa rata-rata pengiriman data dari kelima parameter yang diukur tersebut membutuhkan waktu kurang lebih 10 detik. Pada dasarnya waktu tunggu untuk pengiriman data tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan, namun apabila pengaturan waktu tunggu dibuat semakin kecil/ lebih cepat maka akan mengakibatkan bertumpuknya data dan *flooding data*.

2. Hasil Pengujian Kinerja

Pengujian unjuk kerja dari prototipe ini untuk mengetahui kinerja prototipe secara aktual. Unjuk kerja ini dilakukan dengan melakukan pengukuran dan monitoring. Adapun objek yang akan diukur dalam pengujian kinerja ini adalah panel pada kereta pembangkit dengan nomor sarana P08002.

Kereta pembangkit merupakan kereta yang berfungsi untuk mensuplai listrik kepada rangkaian kereta lain. Kereta ini mempunyai genset didalamnya sebagai sumber listrik utama dengan kapasitas 500kVA

Kereta pembangkit tersebut telah melewati semua prosedur perawatan (*overhaul*) dan pengecekan akhir, yang selanjutnya dilakukan pengtesan pembebanan (*load test*). *Load test* ini merupakan tes dimana genset yang berada di dalam kereta pembangkit dikondisikan layaknya mensuplai untuk rangkaian kereta. Adapun kondisi pembebanan genset dilakukan antara 60-90% dari kapasitas genset tersebut.

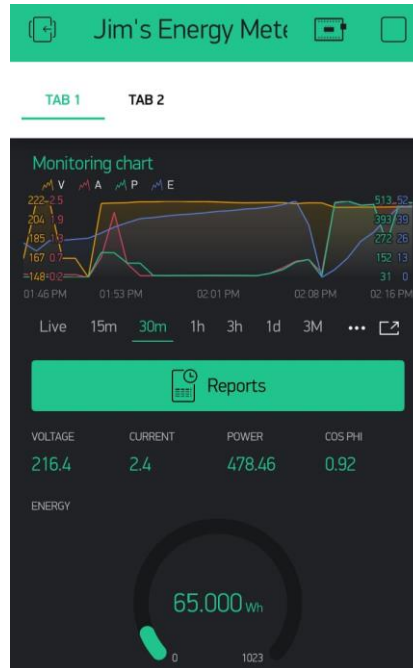
Namun karena prototipe ini mempunyai batasan pengukuran maka pengambilan data hanya terbatas pada panel kelistrikan untuk kereta pembangkit tersebut yang mana beban kelistrikannya cenderung lebih kecil.

Tabel 19. Hasil Unjuk Kerja Pengukuran Pengukuran pada Kereta Pembangkit

Fasa	Pengukuran ke-	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Pemakaian Energi (Wh)	Cos ϕ
R-N	1	216.30	2.44	485.04	27	0.92
	2	216.4	2.4	478.46	65	0.92
	3	216.8	2.43	490.68	102	0.93
	4	217.3	2.47	494.44	143	0.92
	5	216.7	2.4	489.74	191	0.94
	6	217.6	2.45	496.32	234	0.93
S-N	1	206.4	5.34	1037.76	84	0.94
	2	206.8	5.35	1044.34	174	0.94
	3	206.7	5.33	1036.82	259	0.94
	4	207.6	5.31	1038.7	342	0.94
	5	207	5.29	1034.94	429	0.94
	6	207.3	5.27	1031.18	515	0.94
T-N	1	218.6	0.96	174.84	14	0.83
	2	218	0.92	173.9	29	0.87
	3	218.5	0.93	170.14	43	0.84
	4	219.6	0.95	176.72	57	0.85
	5	219.3	0.93	179.54	72	0.88
	6	219.2	0.96	176.72	87	0.84

Pengukuran pada tabel 19. dilakukan antara fasa dengan netral mengingat karena prototipe ini hanya mampu mengukur listrik 1 fasa. Pengambilan data pada pengukuran dilakukan selama 5 menit sekali pada tiap-tiap fasanya, sehingga pengukuran bergantian pada setiap fasanya.

Adapun hasil pengujian kinerja tersebut dalam *dashboard* IoT ditunjukkan sebagai berikut



Gambar 26. Tampilan *Monitoring Dashboard* pada Pengukuran fasa R-N

Berdasarkan gambar 26. Menunjukkan tampilan pengukuran pada prototipe *monitoring* daya dalam aplikasi blynk, untuk pengukuran ke-2 fasa R-N (lihat tabel 19). Pengukuran yang ditampilkan berupa tegangan sebesar 216.4 V, arus sebesar 2.4 A, Daya sebesar 478.46 W, $\text{Cos}\phi$ sebesar 0.92 dan energi sebesar 65 Wh. Dalam *dashboard* tersebut juga terdapat tampilan grafik *realtime*, sehingga perubahan nilai masing-masing pengukurannya akan tampak pada grafik tersebut persatuan waktu.



Gambar 27. Tampilan *Monitoring Dashboard* pada Pengukuran fasa S-N

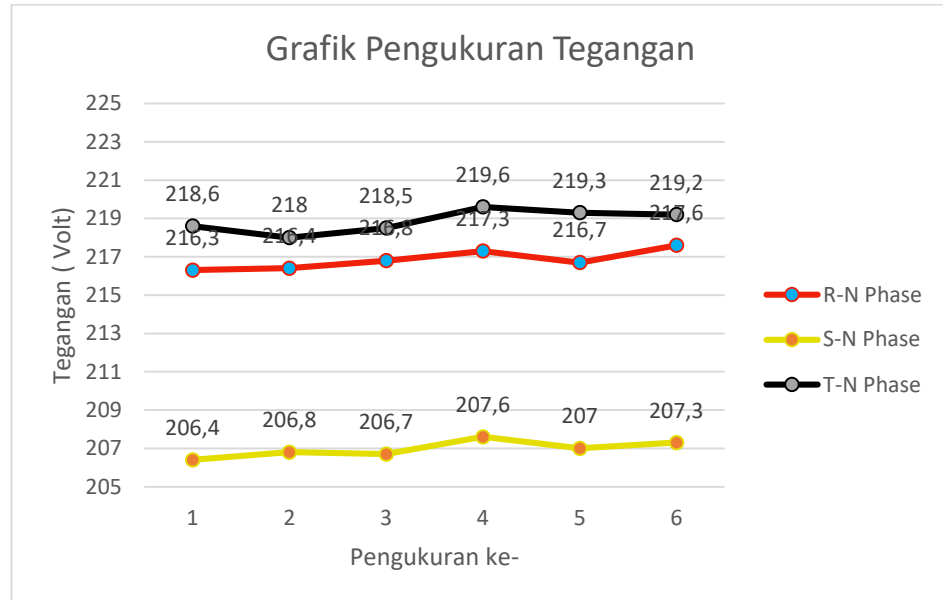
Berdasarkan gambar 27. Menunjukkan tampilan pengukuran prototipe *monitoring* daya dalam aplikasi blynk untuk fasa S-N pada pengukuran ke-2 (lihat tabel 19). Pengukuran yang ditampilkan berupa tegangan sebesar 206.8 V, arus sebesar 5.35 A, Daya sebesar 1044.34 W, $\text{Cos}\phi$ sebesar 0.94 dan energi sebesar 174 Wh. Dalam *dashboard* tersebut juga terdapat tampilan grafik *realtime* dengan perubahan grafik selama 15 menit.



Gambar 28. Tampilan *Monitoring Dashboard* pada Pengukuran fasa T-N

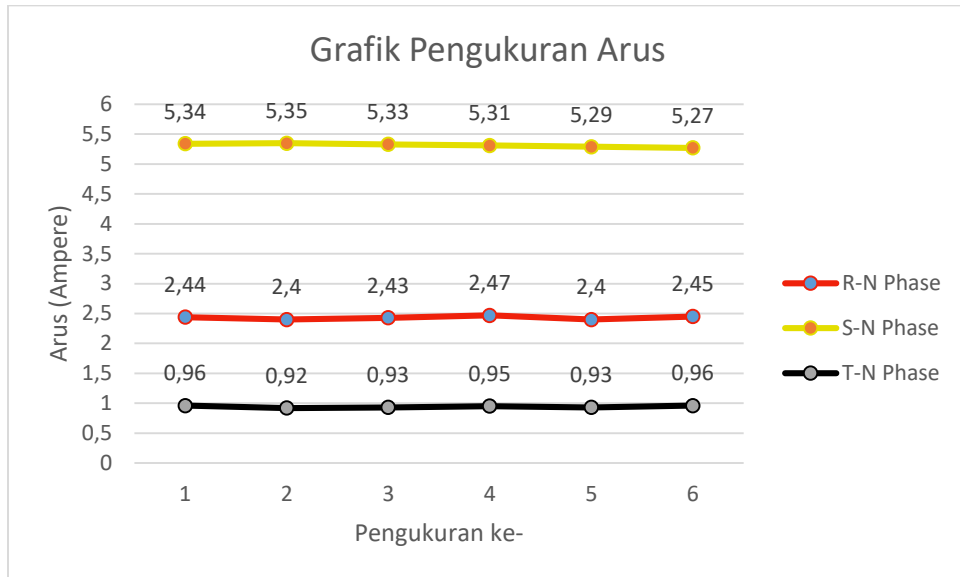
Berdasarkan gambar 28. Menunjukkan tampilan pengukuran prototipe *monitoring* daya dalam aplikasi blynk pada fasa T-N pada pengukuran ke-2 (lihat tabel 19.). Pengukuran yang ditampilkan berupa tegangan sebesar 218 V, arus sebesar 0.92 A, Daya sebesar 173.9 W, $\text{Cos}\phi$ sebesar 0.87 dan energi sebesar 29 Wh. Dalam *dashboard* tersebut juga terdapat tampilan grafik *realtime*, sehingga perubahan nilai masing-masing pengukurannya akan tampak pada grafik tersebut persatuan waktu

Hasil dari pengujian kinerja tersebut apabila disajikan dalam bentuk grafik antara lain sebagai berikut :



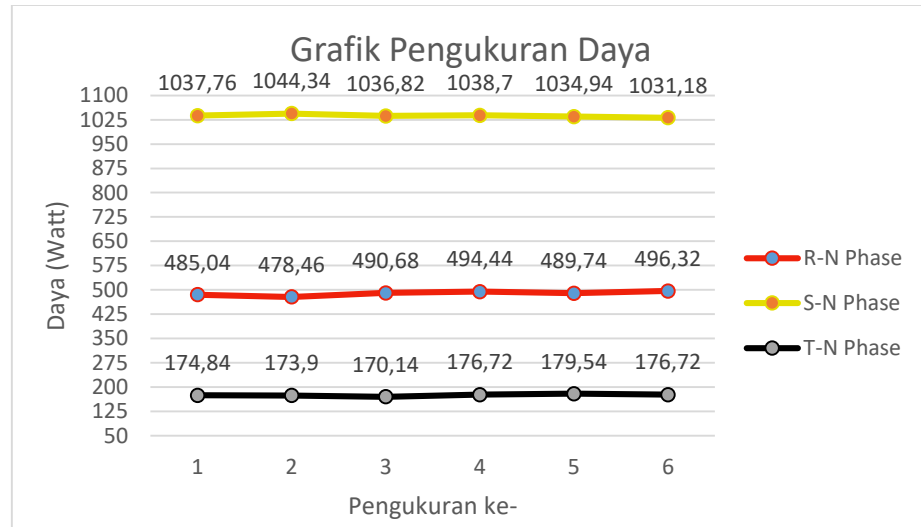
Gambar 29. Grafik Perbandingan Pengukuran Tegangan Tiap Fasa

Berdasarkan grafik diatas tegangan pada fasa R-N memiliki nilai rerata 216.85 Volt dengan pengukuran terendah pada 216.3 Volt dan pengukuran tertinggi pada nilai 217.6 Volt. Pada Fase S-N nilai tegangan memiliki rata-rata sebesar 206.96 Volt dengan pengukuran terendah pada 206.4 Volt dan pengukuran tertinggi pada nilai 207.6 Volt. Fase T-N memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu sebesar 218.87 V dengan pengukuran terendah pada 218 Volt dan pengukuran tertinggi pada nilai 219.6 Volt



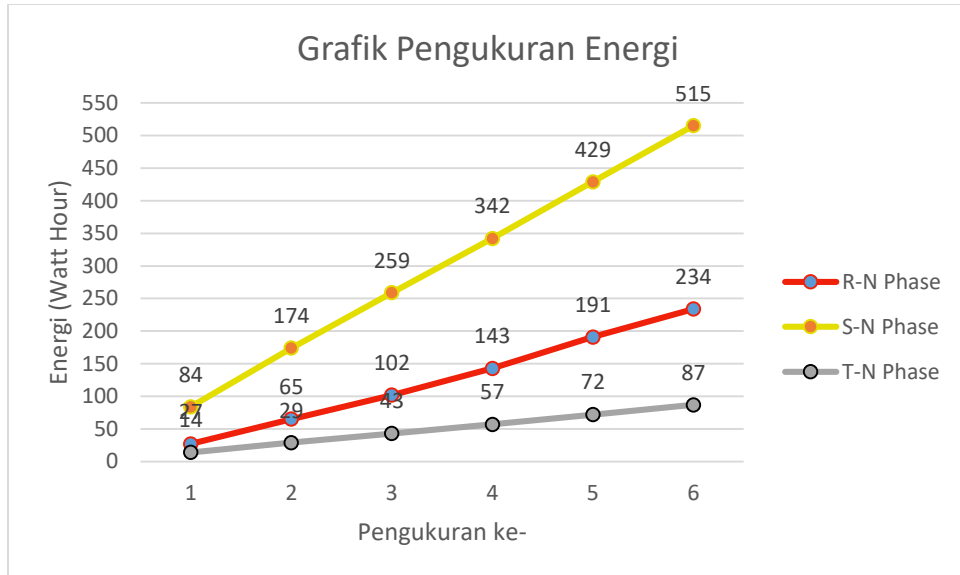
Gambar 30. Grafik Perbandingan Pengukuran Arus Tiap Fasa

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan diatas berupa pengukuran arus pada tiap-tiap fasa, arus pada fasa R-N memiliki nilai rata-rata 2.43 Ampere dengan pengukuran terendah pada 2.4 Ampere serta pengukuran tertinggi pada nilai 2.47 Ampere. Pada Fase S-N nilai arus memiliki rata-rata sebesar 5.31 Ampere dengan pengukuran terendah pada 5.27 Ampere dan pengukuran tertinggi pada nilai 5.35 Ampere. Fase T-N memiliki nilai rata-rata yang terendah yaitu sebesar 0.94 Ampere dengan pengukuran terendah pada 0.92 Ampere dan pengukuran tertinggi pada nilai 0.96 Ampere. Dari pengukuran yang telah dilakukan pada tiap fasanya diperoleh bahwa pengukuran arus pada prototipe relatif lebih stabil dan selisih angka antara pada setiap pengambilan data relatif kecil, yang menimbulkan bentuk grafik yang cenderung konstan



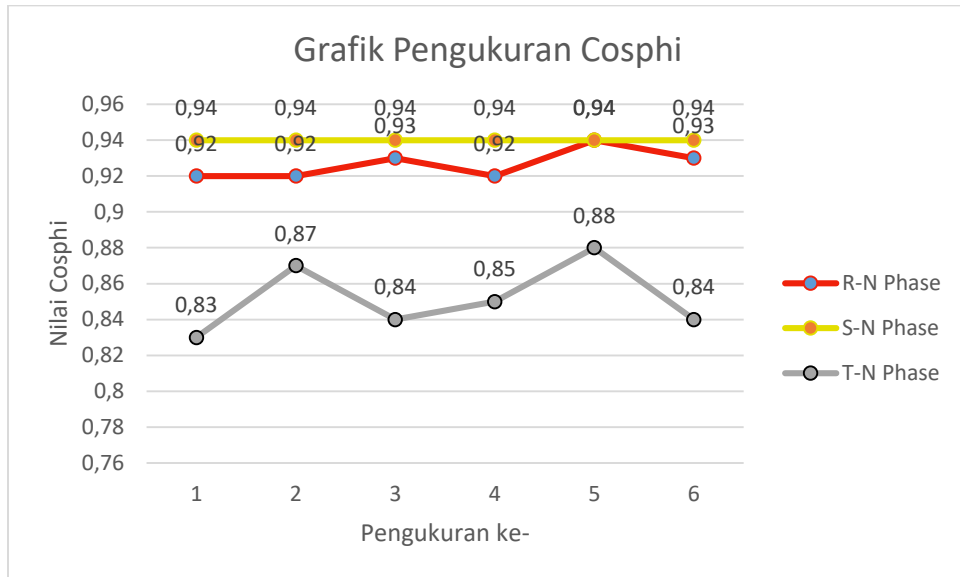
Gambar 31. Grafik Perbandingan Pengukuran Daya Tiap Fasa

Grafik pada gambar 28. Menunjukkan pengukuran daya pada tiap-tiap fasa, daya pada fasa R-N memiliki nilai rata-rata 489.11 Watt dengan pengukuran terendah pada 478.46 Watt serta pengukuran tertinggi pada nilai 496.32 Watt. Pada fase S-N nilai tegangan memiliki rata-rata terbesar yakni sebesar 1037.29 Watt dengan pengukuran terendah pada 1031.18 Watt dan pengukuran tertinggi pada nilai 1044.34 Watt. Sedangkan untuk fase T-N memiliki nilai rata-rata sebesar 175.31 Watt dengan pengukuran terendah pada 170.14 Watt dan pengukuran tertinggi pada nilai 179.54 Watt. Pada pengukuran daya ini beban yang terpasang pada tiap kelompok fasa berbeda-beda nilai dan jenisnya, sehingga nilai daya tiap fasa pun berbeda signifikan. Bentuk grafik cenderung konstan dan selisih nilai antar pengukuran pun tidak terlalu besar.



Gambar 32. Grafik Perbandingan Pengukuran Energi Tiap Fasa

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan dalam Gambar 29. Diketahui bahwa konsumsi energi berbanding lurus dengan lama waktu pengukuran. Adapun pengambilan data dilakukan enam kali setiap 5 menit yang berarti lama waktu pengujian sekaligus pengukuran untuk masing-masing fasa sebesar 30 menit. Bentuk grafik dari masing-masing fasa menunjukkan adanya kenaikan nilai setiap waktunya, adapun nilai tertinggi yang dicapai pada fasa R-N sebesar 234 Wh, fasa S-N sebesar 515 Wh, serta pada fasa T-N sebesar 87 Wh. Perbedaan nilai pada masing-masing fasa juga dipengaruhi oleh beban yang terpasang dan karakteristik beban tersebut.



Gambar 33. Grafik Perbandingan Pengukuran $\cos \phi$ Tiap Fasa

Berdasarkan grafik diatas $\cos \phi$ pada fasa R-N memiliki nilai rata-rata $\cos \phi$ sebesar 0.927 dengan pengukuran terendah pada nilai $\cos \phi$ 0.92 dan pengukuran tertinggi pada nilai $\cos \phi$ sebesar 0.94. Pada Fase S-N nilai yang terukur pada enam kali percobaan yang dilakukan menunjukkan nilai yang sama, sehingga nilai rata-rata $\cos \phi$ sebesar 0.94. Pada Fase T-N nilai rata-rata yang diperoleh dari tiap pengukurannya yaitu sebesar 0.852 dengan pengukuran terendah pada nilai $\cos \phi$ 0.83 dan pengukuran tertinggi pada nilai $\cos \phi$ 0.88. Hasil pengukuran $\cos \phi$ ini sangat tergantung pada jenis beban pada tiap fasanya, sehingga memunculkan nilai yang berbeda.

B. Pembahasan

Setelah melakukan serangkaian pengujian pada prototipe proyek akhir yang telah dirancang dan direalisasikan. Adapun pembahasan dari tiap pengujian itu antara lain :

1. Pembahasan Pengujian Fungsional

a. Pengujian *Power Supply*

Pengujian *power supply* dan *step down* pada tabel 11, merupakan uji tegangan keluaran yang dihasilkan baik dari *Power Regulator* tegangan maupun modul *step down*. Berdasarkan hasil pengujian keduanya dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Tegangan keluaran pada keduanya terdapat selisih antara tegangan yang terbaca dengan *datasheet* komponen tersebut.

Adapun keluaran tegangan pada *power regulator* yaitu sebesar 4.96V dan hal tersebut sudah cukup untuk memberi suplai pada Sensor PZEM-004T, dan LCD yang nominalnya diberi masukan tegangan sebesar 5V. Pada Modul *stepdown* tegangan keluaran yang terukur 3.26V dan nilai tersebut sudah cukup untuk memberi suplai pada mikrokontroler NodeMCU yang nominalnya diberi masukan tegangan sebesar 3.3V.

b. Pengujian *Relay*

Dari Hasil Pengujian *Relay* pada tabel 12, fungsi penguncian dari relay dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan

sehingga ketika prototipe disuplai baik dari suplai 220V atau langsung menggunakan kabel micro usb dapat menghindari kondisi reverse bias ke mikrokontroller yang dapat mengganggu kinerja dari prototipe tersebut. *Relay-relay* ini juga menggunakan prinsip interlock sehingga apabila salah satu suplainya terdapat tegangan maka suplai yang lain akan otomatis putus (rangkaiannya terbuka).

c. Pengujian Pembacaan Sensor

Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan pada prototipe pembacaan sensor baik tegangan, arus, daya, energi maupun $\cos \phi$ dapat bekerja dengan baik. Uji coba tegangan dengan variasi beban yang dibandingkan dengan alat ukur konvensional seperti ditunjukkan dalam tabel 13. Memiliki rata-rata error sebesar 0.445%. Uji coba pengukuran arus berdasarkan tabel 14. memiliki rata-rata error sebesar 5.14%. Pengujian pengukuran Daya berdasarkan tabel 15. Memiliki rata-rata error sebesar 5.101%. Selanjutnya pada pengukuran energi perbandingan dilakukan dengan perhitungan antara daya yang terbaca pada prototipe per satuan waktu dibandingkan dengan energi yang terbaca pada prototipe dan memiliki rata-rata error sebesar 9.13%. Pada pengujian pengukuran $\cos \phi$ berdasarkan tabel 17. Memiliki rata-rata error sebesar 3.45%.

d. Pengujian Pembacaan data pada *Dashboard Platform IoT*

Dari pengujian yang telah dilakukan, pembacaan nilai pengukuran pada *Dashboard Platform IoT* (Blynk.cc) dapat bekerja dengan baik pengukuran yang ditampilkan pada LCD prototipe akan ditampilkan langsung pada *Dashboard* secara real-time. Akan tetapi, hal tersebut dapat memicu *flooding data* sehingga diberi *delay* 10 sekon setiap pengiriman datanya. Berdasarkan tabel 18. Rata-rata waktu tunggu pengiriman data tersebut 10026 ms.

2. Pembahasan Kinerja

Pengujian Pengukuran Tegangan, Arus, Daya, Energi, dan $\cos \phi$ dilakukan pada kereta pembangkit yang sedang di lakukan uji beban di Balai Yasa Yogyakarta dengan mengambil panel kelistrikan yang hanya menyuplai kereta itu sendiri (karena *rating* daya dari panel tersebut relatif lebih kecil dan menyesuaikan dengan kemampuan prototipe). Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 19. Prototipe ini dapat menjalankan fungsinya dengan baik walupun pengukuran harus dilakukan bergantian tiap fasanya. Pengukuran dilakukan setiap 5 menit dengan 6 kali pengambilan data pada setiap fasanya.