

Modular Renewable Energy Dengan Konsep Mini SCADA

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 30 Oktober 2019

Direvisi : 10 Desember 2019

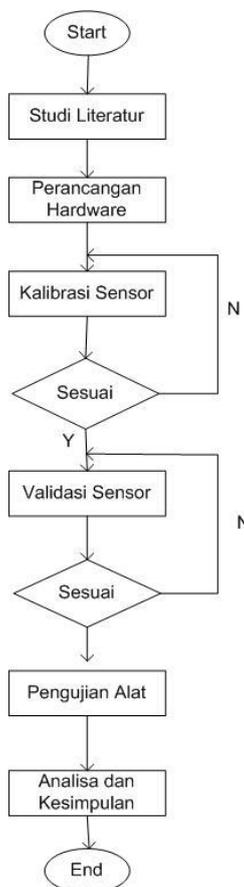
Disetujui : 20 Desember 2019

Prima Dewi Permatasari¹, Erik Tridianto¹, Muhammad Syafii¹

¹Program Studi Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

***Korespondensi Penulis:**
primadewi@pens.ac.id

Graphical abstract



Abstract

In an effort to improve the national electrification ratio, cooperation between the government and the community is needed to increase the role of renewable energy. With the use of renewable energy and electricity from PLN, it is possible for collaboration and management. So as to be able to minimize electricity usage from PLN and optimize electricity from renewable energy. In this study R-EMS Modular technology was developed. Modular R-EMS is a technological innovation that enables the use of more than one renewable energy. Modular R-EMS has an interface that displays data in the form of voltage, current, power, percent of battery, monthly usage charges and a back up system when the PLN is not operating. Sensor installation is carried out at internet-connected NodeMCU and Arduino. Error generated at 0.9% AC voltage DC voltage 1.89% AC current 0.7% DC current 3%. PLN's energy use at a load of up to 100% at night. The use of renewable energy in the morning is 76.58% to 100% in the afternoon 78.95% - 100% in the afternoon 19.64% to 62.85%. The excess power from renewable energy automatically flows to PLN.

Keywords: Modular, Sensor, R-EMS

Abstrak

Dalam upaya meningkatkan rasio elektrifikasi nasional perlu dilakukan kerjasama antar pemerintah dan masyarakat untuk meningkatkan peran energy terbarukan. Dengan adanya penggunaan energy terbarukan dan daya listrik dari PLN memungkinkan untuk kolaborasi serta dilakukan manajemen. Sehingga mampu meminimalisir penggunaan listrik dari PLN dan mengoptimalkan listrik dari energy terbarukan. Pada penelitian ini dikembangkan teknologi Modular R-EMS. Modular R-EMS merupakan inovasi teknologi yang memungkinkan penggunaan lebih dari satu energy terbarukan. Modular R-EMS memiliki interface yang menampilkan data berupa tegangan, arus, daya, persen battery, biaya pemakaian beban perbulan disertai sistem back up beban ketika PLN tidak beroperasi. Pemasangan sensor dilakukan pada Node MCU dan arduino yang terkoneksi internet. Error yang dihasilkan pada tegangan AC 0.9% tegangan DC 1.89% arus AC 0.7% arus DC 3%. Penggunaan energi PLN pada beban hingga 100% ketika malam hari. Penggunaan energy terbarukan pada pagi hari 76.58% hingga 100% pada siang hari 78.95% - 100% pada sore hari 19.64% hingga 62.85%. Daya berlebih dari energi terbarukan otomatis mengalir ke PLN.

Kata kunci: Modular, Sensor, R-EMS

© 2019 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Penggunaan EBT (energi terbarukan) sedang ditingkatkan untuk menekan penggunaan energi tidak terbarukan. Solar sel merupakan salah satu dari EBT yang masive digunakan untuk pembangkit listrik skala kecil hingga menengah. Penggunaan solar sel sebagai pembangkit listrik masih dalam skala kecil dan menengah karena solar sel memanfaatkan cahaya matahari dalam menghasilkan listrik hal ini menjadi kelemahan solar sel karena jika tidak ada cahaya matahari solar sel tidak akan

menghasilkan listrik sehingga PLN masih memiliki peran penting dalam penyediaan energi listrik nasional. Untuk meningkatkan rasio elektrifikasi nasional perlu dilakukan kerjasama antara masyarakat dengan pemerintah dalam hal ini adalah peningkatan peran EBT yaitu solar sel sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Sehingga pemerintah yang diwakilkan PLN mampu meningkatkan rasio elektrifikasi nasional hingga 100%.

Solar sel merupakan energi terbarukan yang mampu menghasilkan listrik ketika terkena sinar matahari sehingga bisa menghasilkan listrik yang ramah lingkungan. Dengan kelebihan solarsel mampu mengubah sinar matahari menjadi listrik menjadikan solarsel bergantung pada penyinaran matahari jika matahari tidak bersinar maka solar sel tidak mampu memproduksi listrik sehingga dalam hal ini PLN tetap menjadi tumpuan penyediaan listrik yang di topang dengan solar sel sebagai penyedia listrik cadangan.

2. METODE PENELITIAN

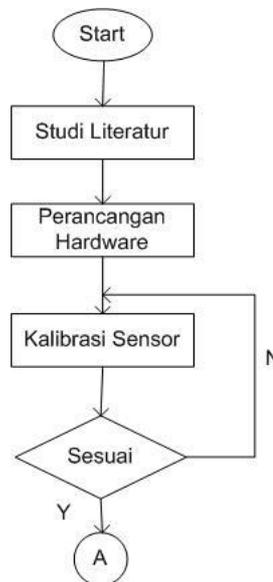
2.1 Metode Penelitian

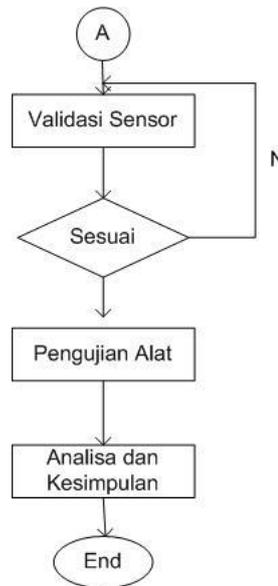
Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- a) Identifikasi masalahnya itu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan dalam penelitian ini.
- b) Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan yaitu perancangan R-EMS.
- c) Perancangan sistem sebagai penentuan komponen yang dibutuhkan serta menentukan software yang sesuai dengan perancangan sistem.
- d) Hardware yang dibutuhkan pada sistem ini meliputi sensor arus, sensor tegangan, mikrokontroler, inverter.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian *modular renewable energy management system* dengan konsep mini SCADA dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.

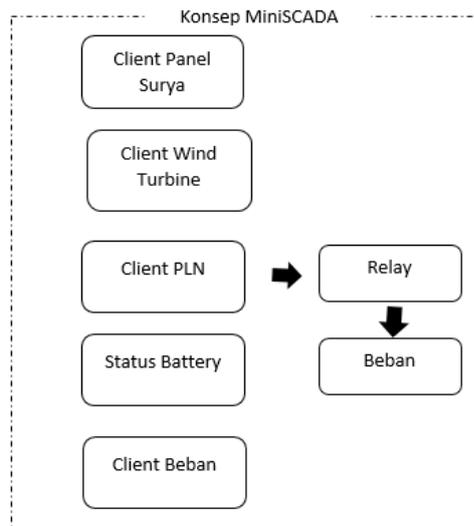




Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

Perancangan sistem *modular renewable energy management system* dengan konsep mini SCADA ditunjukkan pada Gambar 3.

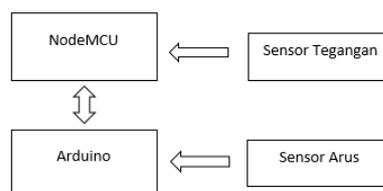


Gambar 3. Blok Diagram Sistem R-EMS

Pada subbab ini menjelaskan beberapa system utama pada *modular renewable energy management system* dengan konsep mini SCADA:

2.3.1 R-EMS Modular

Pada R-EMS yang dirancang sesuai dengan sistem diperlukan arduino dan NodeMCU yang dihubungkan menggunakan komunikasi serial sesuai Gambar 4.

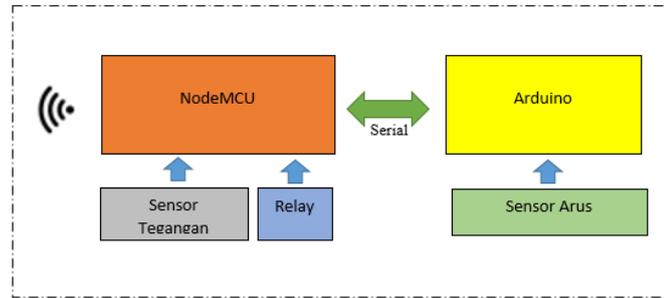


Gambar 4. Blok Diagram Client R-EMS

Client pada R-EMS difungsikan sebagai transmitter yang mengirimkan data berupa arus dan tegangan secara wireless. Pengiriman data menggunakan client ditujukan pada server yang telah terhubung dengan internet.

2.3.2 Perancangan R-EMS Modular

Perancangan R-EMS Modular ditunjukkan Gambar 5.

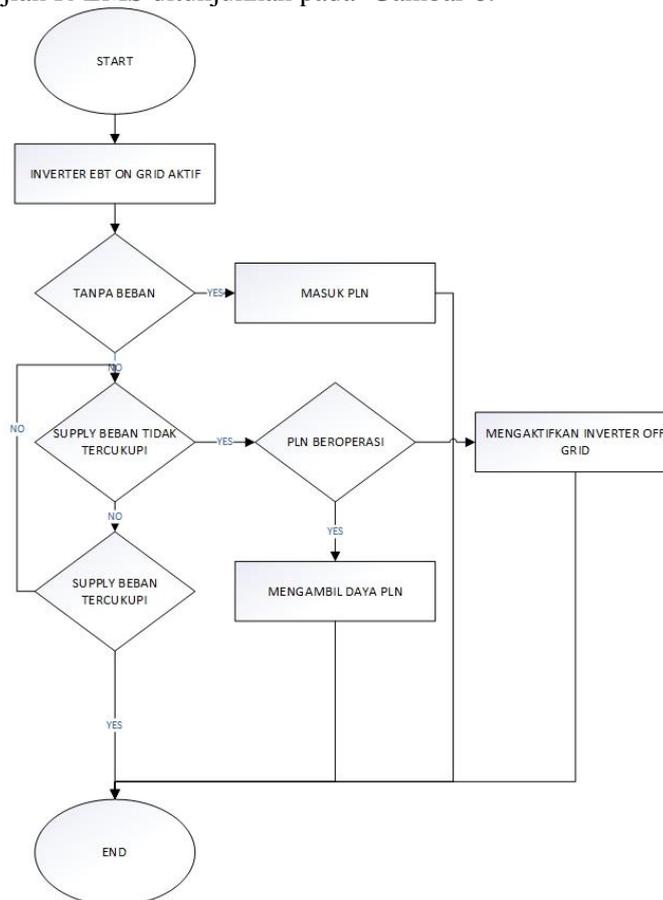


Gambar 5. Blok Diagram Perancangan Hardware R-EMS

Pada perancangan hardware dibutuhkan komponen berupa sensor arus dan tegangan yang berfungsi sebagai alat ukur yang memungkinkan mikrokontroler melakukan konversi sesuai dengan program yang telah diberikan. Pada mikrokontroler dilakukan pembacaan data yang dikirimkan pada sensor arus dan tegangan untuk dapat ditampilkan dan diamati. Pada mikrokontroler juga dapat memilih mengaktifkan relay atau tidak yang akan menentukan sumber listrik yang diperoleh beban.

2.3.3 Pengujian R-EMS

Metode Pengujian R-EMS ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram AlirPengujian R-EMS

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

Pada hasil pengujian dan pengambilan data kalibrasi dan validasi data sensor arus dan tegangan yang telah diintegrasikan dengan mikrokontroler.

3.1.1 Pengujian Sensor Tegangan AC pada PLN

Pengambilan data tegangan AC dalam percobaan menggunakan sensor ZMPT101B. Pada sensor ZMPT101B memiliki 4 pin yang berfungsi sebagai Vcc, Out, Gnd, Gnd. Pada Vcc dikoneksikan dengan tegangan 5V dan Out ZMPT101B diintegrasikan dengan analog input arduino. Pemasangan sensor ZMPT101B dilakukan secara paralel dengan sumber PLN. Dalam melakukan pengujian AC menggunakan sensor ZMPT101B dilakukan pengintegrasian dengan Arduino dengan membaca sinyal out pada sinyal ZMPT101B yang ditampilkan melalui serial monitor pada arduino. Hasil dari pengujian dibandingkan dengan pengukuran menggunakan multimeter digital sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan AC

No	Tegangan ZMPT101B	Tegangan AC Multimeter	Error %
1	219	221	0.9
2	219	221	0.9
3	219	221	0.9
4	219	221	0.9
5	219	221	0.9

Dari hasil pengujian sensor AMPT101B terhadap tegangan AC PLN diperoleh error sebesar 0.9% dengan pengambilan data yang ditampilkan pada serial monitor Arduino secara *real time* menggunakan jeda 1 detik disetiap pengambilan data dengan multimeter yang difungsikan sebagai pembandingan.

3.1.2 Pengujian Tegangan DC Panel Surya

Pengambilan data tegangan DC menggunakan sensor tegangan DC yang dipasang dengan arduino yang dipasang secara paralel pada panel surya sehingga diperoleh nilai sensor tegangan sesuai pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC

No	Tegangan DC	Tegangan DC Multimeter	Error %
1	7.56	7.42	1.89
2	7.56	7.42	1.89
3	7.56	7.42	1.89
4	7.56	7.42	1.89
5	7.56	7.42	1.89

Dari hasil pengujian sensor tegangan DC yang dipasang secara paralel pada panel surya diperoleh error sebesar 1.89% dengan pengambilan data ditampilkan pada serial monitor Arduino secara *real time* menggunakan jeda 1 detik disetiap pengambilan data dengan multimeter di posisikan pada DC 20V. Error yang terjadi diakibatkan karena dalam mengkonversi sinyal arus listrik kurang sensitif sehingga sinyal yang terbaca mikrokontroller memiliki selisih terhadap pembacaan pada multimeter. Tetapi masih dalam toleransi dikarenakan kurang dari 5 %.

3.1.3 Pengujian Tegangan AC pada Lampu Pijar

Pengambilan data arus AC menggunakan sensor ACS712 dengan kapasitas arus maksimal yang mampu diketahui sebesar 20A yang dipasang secara seri pada beban lampu pijar 25 watt seperti Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Arus AC

No	Arus AC	Arus AC Multimeter	Error %
1	0.120	0.127	0.7
2	0.120	0.127	0.7
3	0.120	0.127	0.7
4	0.120	0.127	0.7
5	0.120	0.127	0.7

Dari hasil pengujian sensor ACS712 diperoleh error sebesar 0.7% dengan jeda 1 detik disetiap pengambilan data dengan multimeter yang difungsikan sebagai pembanding. Selektor pada multimeter diposisikan pada 20A. Error terjadi dikarenakan sensor ACS712 tidak mampu mengkonversi arus ac secara sempurna. Sehingga mikrokontroller mengelola data yang masuk tidak sempurna yang mengakibatkan selisih dari pengukuran menggunakan multimeter. Tetapi penggunaan sensor ACS712 masih dapatditoleransi dikarenakan error kurangdari 5 %.

3.1.4 Pengujian Arus DC pada Batteray

Pengambilan data arus DC menggunakan ACS712 dikoneksikand engan Arduino menggunakan sumber power supply dengan battery sebagai beban. Sensor ACS712 dirangkai secara seri dengan battery terhadap power supply. Hasil dari pengukuran seperti Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Arus DC pada Battery

No	Arus DC	Arus DC Multimeter	Error %
1	4.4	4.43	3
2	4.4	4.43	3
3	4.4	4.43	3
4	4.4	4.43	3
5	4.4	4.43	3

Dari hasilpengujian sensor ACS712 dengan arus DC diperoleh error sebesar 3% yang ditampilkan pada serial monitor dengan jeda 1 detik disetiap pengambilan data menggunakan

multimeter sebagai pembanding. Selektor pada multimeter diposisikan pada 20A. Error terjadi dikarenakan sensor tegangan DC kurang maksimal dalam mengkonversi tegangan yang diterima menjadi tegangan yang mampu dibaca pada mikrokontroler. Sehingga hasil dari pembacaan mikrokontroler memiliki error sebesar 3%. Hal ini masih sesuai dalam menggunakan sensor tegangan DC karena error yang diperoleh kurang dari 5%.

3.2 Hasil Pengujian R-EMS

Pengujian sistem dilakukan dengan mengambil data dengan variasi beban yang dilakukan pada waktu yang berbeda di tempat yang sama. Pengujian pertama dilakukan pada tanggal 4 Juli 2019 pukul 19.00 WIB. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian EBT On Grid pukul 19.00WIB

Variasi	Keterangan	PLN		EBT		Beban	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	PLN	223	0	223	0	223	0
2	PLN	223	0.42	223	0	223	0.41
3	PLN	223	0.75	223	0	223	0.73
4	PLN	223	0.99	223	0	223	0.96
5	PLN	223	1.14	223	0	223	1.08

Pada pengujian pertama dilakukan pada pukul 19.00 WIB untuk melihat bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Namun pada sistem pembacaan sensor mengalami selisih terhadap alat ukur dikarenakan sensor kurang sensitif terhadap perubahan arus yang cepat. Dalam proses pengiriman data secara online yang memiliki *delay* sebesar 5 detik dalam mengunggah data dikarenakan konektivitas internet yang terganggu.

Pengujian kedua dilakukan pada tanggal 5 Juli 2019 pukul 10.30 WIB untuk melihat sistem dapat berfungsi sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian EBT On Grid pukul 15.30WIB

Variasi	Keterangan	PLN		EBT		Beban	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	EBT	219	0.22	219	0.22	219	0
2	EBT + PLN	219	0.24	219	0.22	219	0.35
3	EBT + PLN	219	0.39	219	0.22	219	0.73
4	EBT + PLN	219	0.72	219	0.22	219	0.93
5	EBT + PLN	219	1.08	219	0.22	219	1.12

Pada pengujian kedua dilakukan pada pukul 15.30 WIB. Inverter On Grid mampu sinkron dengan grid PLN tetapi membutuhkan waktu sinkron selama kurang dari 1 menit. Pada variasi pertama diketahui tegangan EBT dan PLN sama karena Grid PLN dan Grid Inverter On Grid telah sinkron tetapi pada variasi pertama yaitu tanpa beban EBT menghasilkan arus sebesar 0.22 A dan arus EBT sama dengan arus PLN dimana inverter On Grid memberikan supply ke PLN sebesar 0.22A. Pada variasi kedua sampai dengan kelima PLN mengalirkan arus meskipun ketika beban lampu pijar melebihi daya yang dihasilkan EBT. Hal ini dikarenakan daya yang dihasilkan EBT tidak mencukupi untuk mensupply beban. Sehingga arus PLN masuk untuk mencukupi kebutuhan beban.

Pengujian ketiga dilakukan pada tanggal 6 Juli 2019 pukul 09.00 WIB. Pengujian dilakukan pada pagi hari untuk mendapatkan hasil sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian EBT On Grid pukul 09.00WIB

Variasi	Keterangan	PLN		EBT		Beban	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	EBT	222	0.85	222	0.85	222	0
2	EBT	222	0.51	222	0.85	222	0.37
3	EBT	222	0.42	222	0.85	222	0.73
4	EBT + PLN	222	0.4	222	0.85	222	0.97
5	EBT + PLN	222	0.4	222	0.85	222	1.11

Pada pengujian ketiga diketahui bahwa inverter on grid membutuhkan waktu selama kurang dari 1 menit untuk melakukan sinkron terhadap grid PLN. Pada variasi beban pertama sampai ketiga, beban disupply oleh EBT sehingga penjumlahan antara daya PLN dan daya beban mendekati daya yang disediakan oleh EBT. Begitu juga dengan variasi beban keempat dan kelima diketahui bahwa penjumlahan daya PLN dan daya beban mendekati daya EBT tetapi memiliki sedikit perbedaan pada pembacaan daya PLN yang dijumlahkan daya beban diperoleh daya EBT. Hal ini dikarenakan kemampuan sensor dalam membaca data memiliki error yang sudah tercantum pada pengujian sensor arus. Diketahui juga bahwa pada pukul 09.00 WIB dengan keadaan cuaca cerah daya yang dihasilkan EBT meningkat dibandingkan dengan daya yang terukur pada pukul 15.30 WIB.

Pada pengujian keempat dilakukan pada tanggal 6 juli 2019 pukul 11.30 WIB. Pengujian dilakukan pada siang hari untuk mendapatkan hasil pengujian yang sesuai dengan kondisi yang sesuai dengan prosedur pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian EBT On Grid pukul 11.30WIB

Variasi	Keterangan	PLN		EBT		Beban	
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	EBT	222	0.9	222	0.9	222	0
2	EBT	222	0.55	222	0.9	222	0.37
3	EBT	222	0.4	222	0.9	222	0.75
4	EBT + PLN	222	0.4	222	0.9	222	0.97
5	EBT + PLN	222	0.4	222	0.9	222	1.14

Pada pengujian keempat diketahui bahwa inverter On Grid membutuhkan waktu untuk sinkron dengan Grid PLN selama kurang dari 1 menit yang ditandai lampu indikator yang berwarna hijau menyala secara berkelanjutan. Pada variasi pertama yang dikondisikan tidak memiliki beban maka arus inverter on Grid sama dengan arus PLN hal ini memungkinkan terjadi karena daya yang dihasilkan inverter On Grid berlebih sehingga diberikan kepada PLN sebesar daya yang dibangkitkan. Pada variasi kedua dan ketiga diberikan beban sebesar 0.37 A dan 0.75 A hal ini diperlukan karena untuk mengetahui kondisi daya dari EBT, PLN, dan beban. Hasil yang diperoleh pada variasi kedua dan ketiga adalah beban masih disupply oleh EBT karena daya yang dihasilkan EBT lebih besar dari beban dan sisa dari daya yang digunakan untuk beban diberikan kepada PLN. Pada variasi keempat dan kelima diketahui bahwa EBT tidak mampu mensupply daya yang dibutuhkan beban sehingga diperlukan daya dari PLN.

Pada pengujian status aki diketahui bahwa ketika PLN beroperasi maka aki melakukan *charging* dan ketika PLN tidak beroperasi maka *battery* mensupply *inverter Off Grid* sehingga beban masih dapat beroperasi. Kondisi status *battery* ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengujian Battery

% Battery	Status Battery	Status	
		PLN	Off Grid
24.80	Charge	ON	OFF
24.80	Charge	ON	OFF
24.80	Charge	ON	OFF
24.78	No Charge	OFF	ON
24.78	No Charge	OFF	ON

Pengujian sistem yang dilakukan pada tanggal 4,5,6 Juli 2019 ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Prosentase Pemakaian EBT dan PLN dengan Variasi Beban dan Daya

Pengujian	Variasi Beban (Watt)	EBT		PLN	
		Daya (Watt)	% pemakaian	Daya (Watt)	% Pemakaian
1 4 Juli 2019 (19.00WIB)	0	0	0	0	0
	91.43	0	0	93.66	100
	162.79	0	0	167.25	100
	214.08	0	0	220.77	100
	240.84	0	0	254.22	100
2 5 Juli 2019 (15.30WIB)	0	48.18	0	48.18	0
	76.65	48.18	62.85	52.26	31.15
	159.87	48.18	30.13	85.41	69.87
	203.67	48.18	23.66	157.68	76.34
	245.28	48.18	19.64	236.52	80.36
3 6 Juli 2019 (09.00WIB)	0	188.7	0	188.7	0
	82.14	188.7	100	113.22	0
	162.06	188.7	100	93.24	0
	215.34	188.7	87.63	88.8	12.37
	246.42	188.7	76.58	88.8	23.42
4 6 Juli 2019 (11.30WIB)	0	199.8	0	199.8	0
	82.14	199.8	100	122.1	0
	166.5	199.8	100	88.8	0
	215.34	199.8	92.78	88.8	7.22
	253.08	199.8	78.95	88.8	11.05

Pengujian dilakukan menggunakan variasi beban dan daya EBT. Variasi beban diberikan untuk mengetahui besar perbandingan yang terjadi antara penggunaan PLN dan EBT. Pada pengujian yang dilakukan pada tanggal 4 juli 2019 pada pukul 19.00 WIB diketahui bahwa EBT tidak menghasilkan arus dikarenakan tegangan yang diperlukan untuk mengoperasikan inverter On Grid tidak terpenuhi. Sehingga penggunaan daya 100% disupply dari PLN kepada beban.

Pengujian yang dilakukan tanggal 5 juli 2019 pukul 15.30 WIB, penggunaan EBT pada beban 76.65 Watt sebesar 62.85% dan penggunaan PLN sebesar 31.15% hal ini dikarenakan supply daya dari EBT belum mencukupi dalam memenuhi kebutuhan beban. Kemudian dilakukan penambahan beban 159.87 Watt maka dengandaya yang dihasilkan oleh EBT yang relatif sama maka penggunaan EBT 30.13% dan PLN 69.87%. Pada penggunaanbeban 203.67 Watt penggunaan EBT 23.66% dan PLN 76.34% dan beban 245.28 Watt penggunaan EBT 19.64% dan PLN 80.36%. Penggunaan EBT terus menurun sedangkan penggunaan beban terus meningkat hal ini dikarenakan daya yang dihasilkan EBT tidak mampu mensupply seluruh daya yang dibutuhkan oleh beban. Sehingga PLN secara otomatis menambah daya yang kurang dari EBT untuk mengoperasikan beban.

Pengujian yang dilakukan 6 juli 2019 pukul 09.00 WIB diketahuibahwa EBT menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan pada pengujian yang dilakukan sebelumnya. Hal ini dikarenakan EBT mendapatkan energi yang lebih besar hingga 188.7 Watt. Pada variasi beban pertama EBT

memberikan seluruh daya yang dibangkitkan pada PLN pada variasi beban 82.14 Watt penggunaan EBT 100% dan masih memiliki sisa 113.22 Watt yang diberikan pada PLN. Pada beban 162.06 Watt penggunaan EBT 100% dan PLN 0%. Pada beban 215.34 Watt penggunaan EBT 87.63% dan PLN 12.37%. Pada beban 246.42 Watt penggunaan EBT 76.58% dan PLN 23.42%. Hal ini bias terjadi karena semakin besar daya yang dibangkitkan oleh EBT maka semakin kecil penggunaan PLN dalam memenuhi kebutuhan beban.

Pengujian yang dilakukan 6 juli 2019 pukul 11.30 WIB diketahui menghasilkan daya terbesar dibandingkan pengujian sebelumnya sehingga penggunaan PLN hanya 7-11%.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Hasil pengujian sistem diperoleh beberapa data yang dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

- a) Error yang diperoleh dari pengujian sensor tegangan dan arus AC/DC yang dibandingkan dengan pengukuran pada multimeter kurang dari 5%.
- b) Node MCU dapat digunakan sebagai mikrokontroler yang memiliki kemampuan mengolah data dan mengunggah data yang diperoleh dari sensor tegangan dan arus AC/DC secara realtime dan online.
- c) Pada pengujian 1 konsumsi beban terhadap PLN sebesar 100%. Pengujian 2 konsumsi beban terhadap PLN bernilai 31% - 80%. Pengujian 3 konsumsi beban terhadap PLN bernilai 12% - 23%. Pengujian 4 konsumsi beban terhadap PLN bernilai 7% - 11%.

4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar kedepannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

- a) Menggunakan sensor yang lebih presisi untuk memperkecil error yang dihasilkan.
- b) Memberikan safety untuk menghindari hubung singkat.
- c) Mengurangi delay sehingga mampu membaca perubahan dari sensor lebih cepat.

REFERENSI

- [1] Zaheeruddin, Munish, Manash "Renewable energy management through microgrid central controller design: An approach to integrated solar, wind, and biomass with battery" India:2015
- [2] Adam, Tracy "SCADA System Fundamentals"
- [3] Y.V. Pavan, Kumar "Renewable energy based microgrid system sizing and energy management for green buildings. 2015
- [4] Djuni H, IG.A.K. Diafari, IGAP Raka Agung, N. Pramaitadan Made Sugiri, "Pembuatan Prototype Sistem Pengendali Lampu Rumah dengan Perangkat Mobile Android," Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 14, No.2, pp. 22-26, Desember. 2015.
- [5] Pratama, I Putu Agus Eka dan Sinung Suakanto, Wireless Sensor Network, Bandung: Informatika Bandung, 2015.
- [6] Firdaus, Wireless Sensor Network : Teori dan Aplikasinya, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2014.
- [7] Rosyadi, Ali Iffan.2017. Studi Eksperimen Mini Scada Sistem Manajemen Energi Terbaruan Pada Microgrid Menggunakan Raspberry PI DenganTekhnologi Internet of Things. Surabaya: PENS
- [8] Amoro Najib. 2017. Sistem Monitoring Besaran Listrik DenganTekhnologi IoT (Internet of Things). Lampung : Universitas Lampung
- [9] Putra, I Gusti Putu Mustawan Eka, Ida Ayu Dwi Giriantari, Lie Jasa. 2017. Monitoring Menggunakan Daya Listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network. Tekhnologi Elektro, Vol.16 No.03

- [10] Fitriandi Afrizal, Endah Komalasari, Herri Gusmeddi. 2016. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus Dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler Dengan SMS Gateway. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Volume 10 No. 02
- [11] Amir Afandi, Arief Marwanto, Dedi Nugroho. 2018. Rancang Bangun Purwarupa Alat Monitoring dan Kontrol Beban Satu Fasa Berbasis IoT (Internet of Things). E – ISSN 2407 – 6422,30.