

PERANCANGAN SWITCH CONTROL BATTERY CHARGER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID SEBAGAI SUPLAI BEBAN RUMAH PEDESAAN

Edwin Yohanes*, Noveri Lysbetti Marpaung**

***Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau**

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru, 28293

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau

E-mail : edwin.yohannes@yahoo.com

ABSTRACT

Using of hybrid plant among battery, photovoltaic (PV) and generator for people in a remote area, can be a solution to overcome shortage of electrical energy caused by the electrical energy company cant not acces it. The aim of this riset is to make a prototype by desaining a switch control battery charger on hybrid plant for suplying load(s) from households in rural. The Generator and photovoltaic are used to charge battery and supply load(s), while the battery used to supply the load only. There are three electric sources for supplying the load(s), there for, a switch control needed to choose which source will supply the load(s). The main priority of switch control consecutively is battery ,PV, and generator. Controlling it uses a microcontroller ATmega 8535 as relay controller, to connect or disconnect electrical source for suplying battery and load(s), base on voltage examided by a voltage censor. The Minimum limit to supply the load is 10.7 V_{DC} for battery, 18 V_{DC} for photovoltaic. On the other side, generator needs 209 V_{AC} to supply the load. The measuring of voltage censors produce an average error around 0.61%. This prototype works well as it's framework by controlling the switch control from three different sources to supply the load automatically, based on voltage used microcontroler.

Keywords : Photovoltaic, Battery, Generator, Mikrokontroler ATmega 8535, Hybrid Plant

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, mulai dari yang tinggal di daerah perkotaan sampai pada daerah pedesaan. Dari kebutuhan yang sifatnya mendasar seperti untuk kebutuhan rumah tangga, hingga untuk kebutuhan komersil, hampir semuanya membutuhkan energi listrik. Pada saat ini, penyaluran energi listrik di Indonesia masih sangat terbatas. Tidak terjangkaunya akses listrik bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan adalah salah satu contoh dampak dari terbatasnya penyaluran energi listrik yang disalurkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN).

Salah satu upaya untuk mengatasi tidak terjangkaunya sumber energi listrik di daerah pedesaan, adalah dengan menggunakan generator. Generator tersebut digunakan sebagai sumber energi untuk mensuplai peralatan-peralatan rumah tangga. Alasan penggunaan generator bagi

penduduk yang tinggal di pedesaan adalah generator dapat langsung ditempatkan di rumah mereka masing-masing, dan juga tidak memerlukan tempat yang luas untuk meletakkan generator tersebut. Penggunaan generator oleh penduduk yang tinggal di daerah pedesaan juga terdapat kekurangan, karena generator dapat dihidupkan selama 24 jam penuh tetapi tidak efisien, menimbang biaya bahan bakar yang digunakan oleh generator untuk dapat hidup selama 24 jam tidak murah. Untuk mengatasinya, penduduk yang tinggal di daerah pedesaan biasanya menggunakan generator pada saat yang penting saja, yaitu pada saat malam hari mulai pukul 18.00 – 24.00 (saat selesai beraktifitas) dan pagi hari mulai pukul 05.00 – 07.00 (sebelum beraktifitas).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber penghasil energi listrik, yang bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas, dan ramah lingkungan. Penggunaan

PLTS untuk mensuplai beban secara langsung tidaklah efisien sebab panas matahari yang dikonversikan menjadi listrik tidak stabil, karena berubah - ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu adanya media untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan PLTS.

Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* merupakan salah satu cara yang digunakan penduduk untuk dapat menikmati listrik karena tidak tersedianya sumber energi listrik pada waktu tertentu. Nantinya penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* digunakan penduduk secara bergantian yaitu antara generator dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Media penyimpanan energi listrik yang biasanya digunakan pada PLTS adalah baterai. Baterai tersebut tidak hanya digunakan sebagai media penyimpanan, namun ketika penuh dapat digunakan untuk mensuplai beban. Ketika baterai telah habis, maka PLTS akan kembali mengisi baterai untuk dapat digunakan kembali. Dalam proses pengisian baterai, hanya menggunakan PLTS saja tidaklah efisien, karena ketika musim penghujan, baterai otomatis tidak akan terisi. Maka dari itu, pemanfaatan pembangkit *hybrid* dalam proses pengisian baterai sangat diperlukan. Dalam proses pengisian, baterai ini menggunakan dua sumber energi, maka dari itu perlu adanya pengontrolan pengisian. Alasan perlunya dilakukan pengontrolan adalah untuk mengontrol sumber pengisian dan pematuan pengisian baterai untuk menghindari kerusakan pada baterai, menampilkan atau memberikan informasi kondisi baterai pada saat digunakan maupun tidak digunakan dan juga untuk mengontrol waktu penggunaan baterai terhadap besar beban yang akan disuplai. Ketika kondisi baterai sudah penuh, maka pengisian akan diputus, dan ketika baterai sudah pada kondisi bawah (*low*), maka perlu dilakukan pengisian dan proses pensuplaian beban oleh baterai juga akan diputus.

II. PERANCANGAN ALAT

Prinsip kerja *Prototype* adalah pengaturan saklar dari tiga sumber listrik untuk mensuplai beban. Terdapat tiga sumber listrik yang akan mensuplai beban, yaitu genset, panel surya, dan baterai. Dari ketiga sumber tersebut, baterai merupakan sumber utama untuk mensuplai beban. Ketika baterai habis, maka baterai akan diisi oleh salah satu sumber (genset atau panel surya) yang

pada saat bersamaan dapat mensuplai beban dan mengisi baterai. Prioritas utama untuk mengisi baterai dari kedua sumber tersebut adalah panel surya. Genset akan digunakan untuk mensuplai beban dan mengisi baterai apabila baterai dan panel surya tidak mampu mensuplai beban. Tabel prinsip kerja alat dapat dilihat pada tabel 2.1.

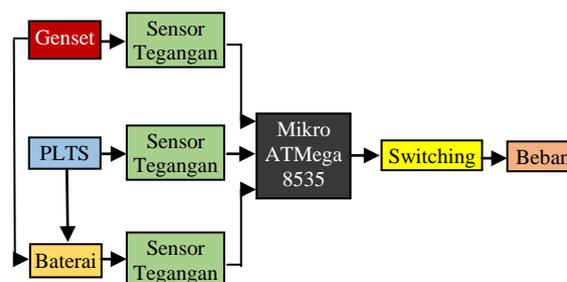
Tabel 1.1. Prinsip Kerja Alat

Sumber Dari Baterai	Sumber Dari PLTS	Sumber Dari Genset	Sumber Untuk Beban
0	0	0	-
1	0	0	Baterai
0	1	0	PLTS
0	0	1	Genset
1	1	0	PLTS dan Baterai
1	0	1	Baterai
0	1	1	PLTS
1	1	1	PLTS dan Baterai

Keterangan :

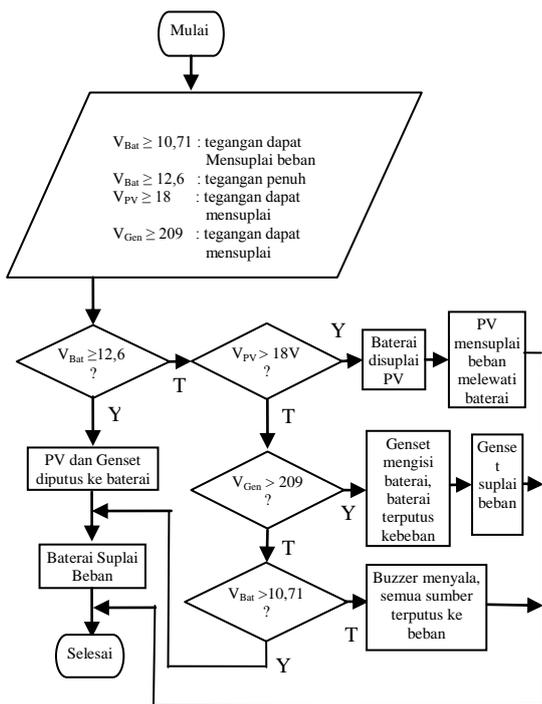
- 0 = kondisi sumber tidak dapat mensuplai beban
- 1 = kondisi sumber dapat mensuplai beban

Blok diagram dari perancangan *Prototype* ini dibuat sesuai prinsip kerja yang telah ditentukan. Blok diagram dari perancangan ini dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Diagram Blok Perancangan *Prototype*

Flowchart kerja alat secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 1.2.

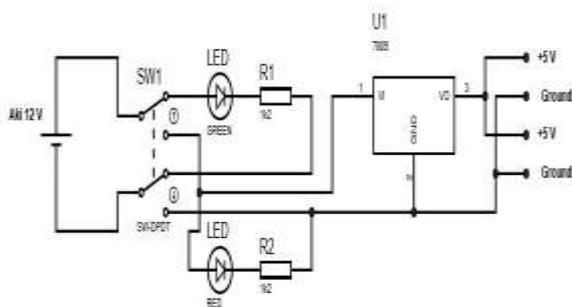


Gambar 1.2. Flowchart Kerja Alat

1. Perancangan Catu Daya

Perancangan catu daya berfungsi untuk memberikan suplai tegangan kepada rangkaian kontrol. Besar tegangan yang diperlukan pada rangkaian kontrol ini adalah 5 Vdc. Tegangan tersebut akan digunakan oleh *driver relay*, sensor tegangan, dan mikrokontroler ATmega 8535. Sumber yang digunakan pada rangkaian catu daya ini menggunakan sebuah baterai 12 volt, 3,5 AH.

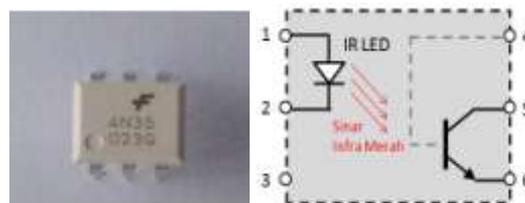
Untuk mendapatkan tegangan 5 volt dari baterai, maka diperlukan suatu rangkaian regulator tegangan 5 volt. Regulator yang digunakan untuk menstabilkan tegangan 5 volt dari baterai adalah IC LM7805. Rangkaian catu daya 5 volt dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3. Catu Daya 5 Volt

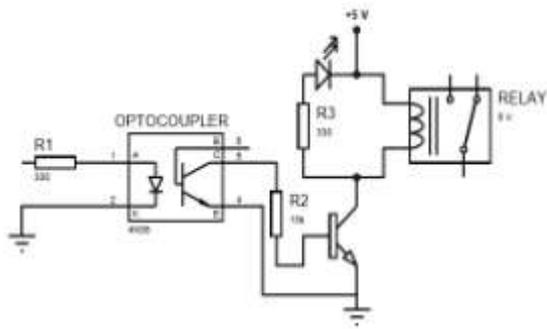
2. Perancangan Driver Relai

Driver Relay merupakan suatu rangkaian pengendali yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengaktifkan relai. Relai tersebut yang merupakan saklar antara sumber panel surya, sumber genset, sumber baterai, dan beban. Rangkaian *driver* juga berfungsi sebagai pemisah antara bagian kontrol dan rangkaian utama. Rangkaian *driver* ini terdiri atas 2 bagian yaitu *Optocoupler* dan rangkaian transistor yang berfungsi sebagai saklar. Pada perancangan ini, *optocoupler* yang digunakan adalah seri 4N35. Masukan *optocoupler* (pin 1) dihubungkan ke pin keluaran PORTD mikrokontroler dan pin 2 dihubungkan ke *ground* mikrokontroler. Bentuk fisik dan pin out *optocoupler* dapat dilihat pada gambar 1.4.



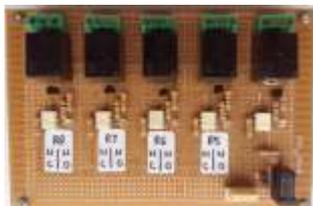
Gambar 1.4. Bentuk Fisik dan Pin Out *Optocoupler*

Jenis transistor yang digunakan dalam perancangan ini adalah NPN tipe C828. *Base* dan *emitter* dari transistor ini dihubungkan ke *receiver optocoupler*. Ketika *transmitter optocoupler* mendapat tegangan 5 Volt, maka *receiver optocoupler* akan *energize*. *Base* dan *emiter* pada transistor C828 akan terhubung melalui kolektor dan emiter pada *optocoupler*. Dengan kondisi tersebut transistor C828 akan berubah, dari yang semula *cut off* menjadi saturasi. Pada saat saturasi, transistor akan bekerja sebagai saklar penghubung antara *coil* relai dengan tegangan 5 volt. Pada rangkaian ini, *ground optocoupler* dan *ground transistor* dibuat terpisah dengan maksud agar fungsi *optocoupler* sebagai isolasi dapat bekerja. Dengan demikian rangkaian kontrol akan aman jika terjadi gangguan pada rangkaian utama (beban). Rangkaian *driver* relai dapat dilihat pada gambar 1.5.



Gambar 1.5. Rangkaian *Driver* Relai

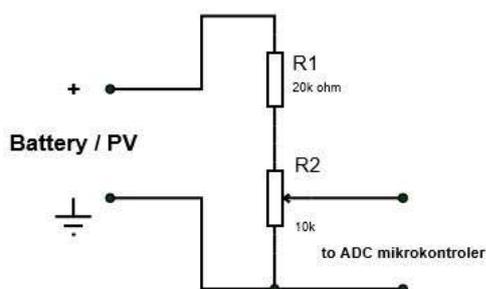
Pada perancangan ini membutuhkan 5 *driver* relai. Modul *driver* relai dapat dilihat pada gambar 1.6.



Gambar 1.6. Modul *Driver* Relai

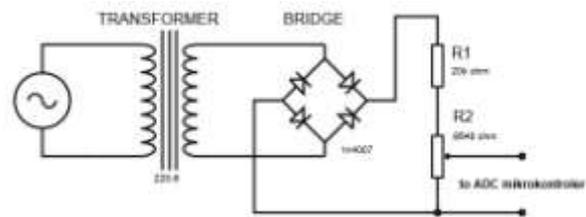
3. Perancangan Sensor Tegangan

Fungsi sensor tegangan pada perancangan ini adalah untuk mendeteksi ada atau tidaknya tegangan pada sumber dan juga sebagai alat ukur voltmeter yang ditampilkan pada LCD. Tegangan maksimum yang diperbolehkan masuk ke mikrokontroler adalah 5 Vdc. Karena itu, tegangan yang akan masuk ke pin ADC perlu diatur terlebih dahulu. Pada perancangan alat ini, dibutuhkan tiga buah sensor tegangan, yaitu satu sensor tegangan genset (AC) dan dua sensor tegangan dari panel surya dan baterai (DC). Rangkaian sensor tegangan baterai dan PV dapat dilihat pada gambar 1.7.



Gambar 1.7. Sensor Tegangan Baterai & PV

Sensor tegangan genset dapat dilihat pada gambar 1.8.

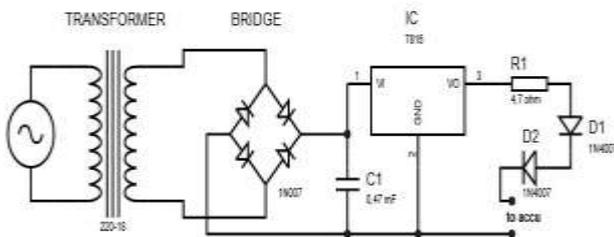


Gambar 1.8. Sensor Tegangan Genset

4. Perancangan Rangkaian Charger

Proses pengisian baterai utama adalah secara otomatis apabila tegangan baterai telah mencapai batas bawah (*low*). Pengisian dilakukan oleh salah satu dari dua sumber yang pada saat itu mampu mengisi baterai, yaitu antara panel surya dan genset. Pada proses pengisian, yang menjadi prioritas utama dalam mengisi baterai adalah sumber dari panel surya. Jenis baterai utama yang digunakan adalah *lead acid* 12 V dengan kapasitas 5 Ah. Pada baterai tersebut, tegangan baterai ketika penuh adalah $\pm 12,6$ V. Tegangan pengisian baterai adalah 115% dari tegangan penuh baterai. Oleh karena itu, tegangan pengisian baterai adalah $115\% \times 12,6$, yaitu sebesar $\pm 14,4$ V.

Rangkaian *charger* baterai utama oleh genset menggunakan transformator *step down* yang juga digunakan pada rangkaian *charger* baterai catu daya. Trafo yang digunakan memiliki kapasitas 3 ampere. Tegangan yang dihasilkan genset diturunkan menjadi 18 volt AC yang kemudian disearahkan oleh empat buah dioda 1N4007. Untuk mengurangi riak tegangan, tegangan keluaran yang telah disearahkan dilengkapi kapasitor sebesar $470 \mu\text{F}$ 35 V yang disusun paralel terhadap keluaran penyearah. Kemudian keluaran tersebut dihubungkan ke regulator tegangan 15 volt yaitu IC 7815. Tegangan *charger* yang dibutuhkan untuk mengisi baterai adalah 14,4 volt, maka dari itu keluaran tegangan positif regulator dihubungkan seri terhadap dua buah dioda. Tegangan *drop* pada dioda 1N4007 adalah sebesar 0,3 volt, maka dari itu ketika dua buah dioda dihubungkan seri akan menurunkan tegangan sebesar 0,6 volt. Arus pengisian pada *name plate* baterai dibatasi sebesar 0,5 sampai 0,7 ampere. Rangkaian *charger* baterai dapat dilihat pada gambar 1.9.



Gambar 1.9. Charger Baterai

5. Perancangan Software Sensor Tegangan

Pada perancangan *software* sensor tegangan, terdapat tiga *software* yang harus dirancang, yaitu *software* sensor tegangan genset, *software* sensor tegangan panel surya, dan *software* sensor tegangan baterai.

Perancangan sensor tegangan dimulai dari menghitung ADC mikrokontroler dan kemudian menghitung faktor pengali yang akan digunakan. Tegangan referensi ADC yang terpasang pada mikrokontroler ATmega 8535 adalah 2,56 VDC. Tegangan referensi tersebut merupakan tegangan internal yang terdapat pada minimum sistem.

ATmega 8535 mempunyai ADC sebesar 10 bit, sehingga tegangan 0 V akan dihitung sebagai 0 bit dan tegangan maksimum 2,56 keatas akan dihitung sebesar $2^{10}-1$ atau 1023 bit. Untuk menghitung ADC dapat menggunakan persamaan (1) yaitu:

$$ADC = \frac{V_{in} \times 1023}{V_{vref}} \quad (1)$$

$$ADC = \frac{1,28 \times 1023}{2,56}$$

$$ADC = 511,5$$

Pada perancangan *software* tegangan genset, tegangan genset yang akan diukur adalah 220 Vac. Untuk, mengukur tegangan 220 VAC diperlukan faktor pengali sebesar:

$$Fc = \frac{V_{in}}{ADC} \quad (2)$$

Sehingga, besar faktor pengali genset adalah:

$$Fc = \frac{220}{511,5}$$

$$Fc = 0,43011$$

ADC yang digunakan adalah ADC yang terdapat pada PortA 3 pada ATmega 8535.

Pada perancangan *software* tegangan panel surya, tegangan panel surya yang akan diukur

adalah 18 sampai 24 V_{DC}. Untuk, mengukur tegangan panel surya diperlukan faktor pengali sebesar:

$$Fc = \frac{18}{511,5}$$

$$Fc = 0,03519$$

Pada perancangan *software* tegangan baterai, tegangan baterai yang akan diukur adalah 13 Vdc. Untuk, mengukur tegangan minimum baterai (11 Vdc) diperlukan faktor pengali sebesar:

$$Fc = \frac{11}{511,5}$$

$$Fc = 0,02151$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan baterai menggunakan tegangan DC variabel. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan keluaran dari DC variabel dengan tegangan yang ditampilkan pada LCD. Pada pengujian ini, tegangan tetap pada ADC diatur pada tegangan 11 V_{DC}. Hasil pengujian sensor tegangan baterai dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Pengujian Sensor Tegangan Baterai

Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Terbaca LCD (Volt)	V ADC (Volt)	Persentase Error (%) V Baterai vs V LCD
9.5	9.57	1.1	0.73
10	10	1.15	0
10.5	10.5	1.21	0
11	11	1.27	0
11.5	11.5	1.33	0
12	12.1	1.38	0.83
12.5	12.6	1.44	0.80
13	13.1	1.5	0.76
13.5	13.6	1.56	0.74
14	14.1	1.61	0.71
14.5	14.6	1.67	0.69
Persentase Error Rata-Rata %			0.48

Pada pengujian sensor tegangan PV, tegangan tetap pada ADC diatur pada tegangan 18 V_{DC}. Hasil pengujian sensor tegangan baterai dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Pengujian Sensor Tegangan PV

Tegangan PV (Volt)	Tegangan Terbaca LCD (Volt)	V ADC (Volt)	Persentase Error (%) V PV vs V LCD
14	14.04	0.98	0.28
15	15.06	1.05	0.4
16	16.08	1.12	0.5
17	17.6	1.19	3.52
18	18.0	1.27	0
19	19.1	1.33	0.52
20	20.12	1.4	0.60
21	21.07	1.47	0.33
22	22.09	1.54	0.40
23	23.08	1.61	0.34
24	24.14	1.69	0.58
25	25.16	1.76	0.64
26	26.11	1.82	0.42
27	27.16	1.9	0.59
Persentase Error Rata-rata (%)			0.65

Pengujian ini sensor tegangan genset menggunakan tegangan AC variabel. Pada pengujian ini, tegangan tetap pada ADC diatur pada tegangan 209 V_{DC}. Hasil pengujian sensor tegangan genset dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Pengujian Sensor Tegangan Genset

Tegangan Genset (Volt)	Tegangan Terbaca LCD (Volt)	V ADC (Volt)	Persentase Error (%) V Genset vs V LCD
250	253.3	1.45	1.32
245	248.4	1.42	1.38
240	242.5	1.38	1.04
235	237.2	1.36	0.93
230	231.3	1.32	0.56
225	225.8	1.29	0.35
220	220.2	1.26	0.09
215	215	1.23	0
210	210.3	1.20	0.14
205	204.3	1.17	0.34
200	198.7	1.13	0.65
195	193.1	1.10	0.97
190	187.2	1.07	1.47
250	253.3	1.45	1.32
Persentase Error Rata-rata (%)			0.71

2. Pengujian Rangkaian Charger Baterai

Baterai yang digunakan pada pengujian ini adalah baterai jenis *Lead Acid* dengan kapasitas 5 AH, 12 V_{DC}. Pada pengujian *charger* genset,

genset yang digunakan disimulasikan oleh PLN dengan tegangan kerja 220 volt. Tegangan pengisian baterai adalah sebesar 15 V_{DC}. Pengujian rangkaian *charger* ini diuji dengan tegangan awal baterai sebesar 10,7 (batas bawah V_{baterai}) sampai dengan tegangan baterai mencapai 12,6 (batas tegangan pengisian baterai). Lama waktu dan arus pengisian baterai dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Pengisian Baterai Oleh Genset

Waktu (menit)	Arus (A)	Tegangan Charger (V)	V Baterai Setelah Pengisian
0	0,621	11,36	
30	0,545	12,30	
60	0,533	12,37	
90	0,527	12,44	12,23 V
120	0,512	12,52	
150	0,501	12,59	
157	0,497	12,60	

Dari tabel 3.4 diatas, didapat tegangan drop baterai pada saat diputus dari rangkaian *charger*. Besar drop tegangan baterai setelah terputus dari rangkaian *charger* adalah sebesar 12,6 – 12,23 = 0,37 V_{DC}.

Pada pengujian *charger* PV, PV yang digunakan disimulasikan oleh DC variabel dengan tegangan kerja 18 volt. Tegangan pengisian baterai adalah sebesar 15 V_{DC}. Pengujian rangkaian *charger* ini diuji dengan tegangan awal baterai sebesar 10,7 sampai dengan tegangan baterai mencapai 12,6. Lama waktu dan arus pengisian baterai dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pengisian Baterai Oleh PV

Waktu (menit)	Arus (A)	Tegangan Charger (V)	V Baterai Setelah Pengisian
0	0,593	11,34	
30	0,553	12,33	
60	0,532	12,36	
90	0,521	12,44	12,25 V
120	0,507	12,53	
150	0,498	12,58	
162	0,492	12,60	

Dari tabel 3.5 diatas, didapat tegangan drop baterai pada saat diputus dari rangkaian *charger*. Besar drop tegangan baterai setelah terputus dari

rangkaian *charger* adalah sebesar $12,6 - 12,25 = 0,35 V_{DC}$.

3. Pengujian Pemilihan Sumber Mensuplai Beban

Pemilihan pensuplaian ini dilakukan oleh mikrokontroler berdasarkan tegangan sumber. Pada pengujian ini, tegangan genset cukup

mensuplai beban adalah $\geq 209 V_{AC}$, tegangan PV $\geq 18 V_{DC}$, dan tegangan baterai $\geq 10,7 V_{DC}$.

Pada baterai, perlu ditentukan jarak pensuplaian beban dan pemutusan pengisian baterai. Batas tegangan baterai yang diatur agar dapat mensuplai beban setelah diisi adalah 12,6 volt. Pemilihan pensuplaian beban oleh sumber dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Pemilihan Pensuplaian Beban Oleh Sumber

Sumber Baterai		Sumber PLTS	Sumber Genset	Sumber Beban	Keterangan
V>12,6	V>10,71				
0	0	0	0	-	Buzzer menyala, semua hubungan ke beban terputus
1	1	0	0	Baterai	Baterai suplai beban, hubungan sumber genset dan PV terputus ke beban
0	0	1	0	PLTS	PV mensuplai beban melewati baterai (sambil mengisi baterai), genset terputus ke beban
0	1	1	0	PLTS	PV mensuplai beban melewati baterai (sambil mengisi baterai), genset terputus ke beban
0	0	0	1	Genset	Genset suplai beban sambil mengisi baterai, baterai tidak terhubung ke beban, PV terputus ke beban
0	1	0	1	Genset	Genset suplai beban sambil mengisi baterai, baterai tidak terhubung ke beban, PV terputus ke beban
1	1	1	0	Baterai	Baterai suplai beban sambil di isi oleh PV, genset terputus ke beban
1	1	0	1	Baterai	Baterai suplai beban, hubungan sumber genset dan PV terputus ke beban
0	0	1	1	PLTS	PV mensuplai beban melewati baterai (mengisi baterai), genset terputus ke beban
0	1	1	1	PLTS	PV mensuplai beban melewati baterai (sambil mengisi baterai), genset terputus ke beban
1	1	1	1	Baterai	Baterai suplai beban sambil di isi oleh PV, genset terputus ke beban

0 = kondisi sumber tidak dapat mensuplai beban

1 = kondisi sumber dapat mensuplai beban

Dari tabel 3.6 tersebut dapat dilihat bahwa prinsip kerja yang diinginkan dapat tercapai, dimana baterai yang menjadi prioritas utama mensuplai beban. Genset akan mensuplai beban

apabila dua sumber lainnya yaitu PV dan baterai tidak dapat mensuplai beban.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat di simpulkan, antara lain:

- Pengujian sensor tegangan yang dilakukan telah berhasil mengukur tegangan pada masing-masing sumber dengan *error* rata-rata 0,61%.
- Prototype yang dibuat telah berhasil melakukan perpindahan *switch* pada sumber untuk mensuplai beban secara otomatis berdasarkan parameter tegangan yang digunakan mikrokontroler untuk dapat menghubungkan sumber ke beban.. Batas tegangan sumber sehingga dapat mensuplai beban adalah ≥ 209 V untuk genset, ≥ 18 V untuk PV dan $\geq 11,05$ untuk baterai.
- Pada proses pengisian baterai oleh genset dan PV, terdapat drop tegangan setelah rangkaian charger diputus ke baterai. Besar drop tegangan setelah dilepas dari rangkaian charger pada genset adalah sebesar 0,37 volt dan pada PV sebesar 0,35 volt.
- Terdapat drop tegangan pada saat baterai mensuplai beban. Besar drop tegangan pada beban 15 watt adalah 0,55 volt dan pada beban 60 watt adalah sebesar 0,82 volt.
- Berdasarkan pengujian pensuplaian beban oleh baterai, dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas baterai yang kecil semakin besar beban yang akan disuplai, maka semakin cepat juga baterai akan habis. Pada pengujian tersebut juga dapat disimpulkan bahwa dengan kapasitas baterai yang sama, semakin besar beban yang akan disuplai, maka semakin besar juga drop tegangan yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Liem Ek Bien, Ishak Kasim & Wahyu Wibowo, 2008, *Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik Pln Untuk Rumah Perkotaan*
- Devi Larasti, 2014, *Perancangan Solar Charge Controller Dan Inverter Pada Aplikasi Solar Panel Berbasis Atmega 8535 Secara Software*
- Kadek Eri Mahardika, 2011, *Rancang Bangun Sistem Pengaturan Pasokan Listrik Pada Pembangkit Hibrida*
- Andi Gunawan, Cecep E Rustana, Iwan Sugihartono, 2015, *Rancang Bangun Battery Charge Controller Dual Sumber PLTS Dan PLN Sebagai Suplai Charger Laptop*
- Saifuddin, Arman Jaya, Eka Prasetyono, 2014, *Rancang Bangun Hybrid Battery Charger Menggunakan Metode PI Controller Untuk Daerah Terpencil*
- Hasnawiyah Hasan, 2012, *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi*
- M. Hariansyah, 2010, *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 kWp, dihibridkan dengan PLTD.*