

BATTERY CHARGE CONTROLLER SISTEM HYBRID

Andrian Tantama¹, Diana Lestariningsih²⁾, Andrew Joewono³⁾

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Jl. Kalijudan no. 37, Surabaya

Email :andrew_sby@yahoo.com

ABSTRAK

Pada era sekarang kebutuhan akan sumber energi menjadi salah satu kebutuhan utama, akan tetapi pada daerah-daerah tertentu untuk mendapatkan pasokan listrik masih sangatlah minim. Tercatat pada peta ketenagalistrikan, terdapat 12.659 desa yang belum memperoleh aliran listrik secara memadai. Bahkan 2.519 desa diantaranya masih benar-benar gelap (tidak tersentuh aliran listrik). Sejauh ini berdasarkan data potensi desa dari BPS, jaringan PLN baru menjangkau 69.531 atau sekitar 85% dari 82.190 desa di Indonesia, dan 2.519 desa dari 12.659 desa sisanya tidak mendapatkan akses listrik sama sekali. Hal ini dikarenakan sumber akses energi listrik yang sangat kurang (data kementerian ESDM, 2017).

Untuk mengatasi krisis tersebut maka pemanfaatan energi matahari sebagai sumber alternatif diperlukan saat ini. Disamping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak mencemari polusi dan merusak lingkungan. Cahaya dari matahari dapat dikonversikan dengan menggunakan photovoltaic (PV) atau yang biasa disebut panel surya.

Dengan melakukan kombinasi teknologi energi terbarukan dengan generator pembakaran seperti genset dan penyimpanan baterai, adalah mungkin untuk menghasilkan listrik pada daerah-daerah yang minim pasokan listrik secara kompetitif. Sistem ini disebut sebagai sistem energi hybrid dan digunakan untuk menyediakan listrik bagi pedesaan di negara-negara berkembang khususnya di Indonesia.

Alat ini akan mengombinasi antara energi terbarukan dan genset untuk menyediakan listrik di daerah yang minim akan pasokan listrik. Sistem ini bekerja secara bergantian untuk mensuplai sebuah beban AC. Pada alat ini tegangan aki akan menjadi sumber utamanya. Jika tegangan aki berada dibawah 11.2 V maka genset akan menggantikan aki sebagai tegangan supply pada beban hingga tegangan aki kembali diatas 13 V. Selama proses perpindahan sumber terjadi delay 5 detik agar kontaktor berjalan dengan stabil.

Kata Kunci : Energi Terbarukan, Sistem Hybrid, PLTS

I Pendahuluan

Pada era sekarang kebutuhan akan sumber energi menjadi salah satu kebutuhan utama, akan tetapi pada daerah-daerah tertentu untuk mendapatkan pasokan listrik masih sangatlah minim. Tercatat pada peta ketenagalistrikan, terdapat 12.659 desa yang belum memperoleh aliran listrik secara memadai. Bahkan 2.519 desa diantaranya masih benar-benar gelap (tidak tersentuh aliran listrik). Sejauh ini berdasarkan data potensi desa dari BPS, jaringan PLN baru menjangkau 69.531 atau sekitar 85% dari 82.190 desa di Indonesia, dan 2.519 desa dari 12.659 desa sisanya tidak mendapatkan akses listrik sama sekali. Hal ini dikarenakan sumber akses energi listrik yang sangat kurang (data kementerian ESDM, 2017).

Untuk mengatasi krisis tersebut maka pemanfaatan energi matahari sebagai sumber alternatif diperlukan saat ini. Disamping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak mencemari polusi dan merusak

lingkungan. Cahaya dari matahari dapat dikonversikan dengan menggunakan photovoltaic (PV) atau yang biasa disebut panel surya.

Dengan melakukan kombinasi teknologi energi terbarukan dengan generator pembakaran seperti genset dan penyimpanan baterai, adalah mungkin untuk menghasilkan listrik pada daerah-daerah yang minim pasokan listrik secara kompetitif. Sistem ini disebut sebagai sistem energi hybrid dan digunakan untuk menyediakan listrik bagi pedesaan di negara-negara berkembang khususnya di Indonesia.

Pada skripsi ini akan dibuat Battery Charge Controller Sistem Hybrid. Alat ini akan mengombinasikan energi terbarukan dan generator pembakaran untuk menyediakan listrik di daerah yang minim akan pasokan listrik.

Masalah yang muncul dalam pengerjaan alat adalah :

1. Perancangan *box* panel untuk membuat sistem *hybrid* pada *battery charge controller*.
2. Perancangan program pada arduino untuk membaca sensor tegangan dan arus pada aki.
3. Perancangan perpindahan sumber antara aki dan genset.

Agar sistem ini lebih spesifik dan terarah, maka pembahasan masalah dalam program ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Sistem *hybrid* yang digunakan berasal dari 2 sumber, yaitu aki dan genset.
2. Aki yang digunakan memiliki tegangan 12 V dengan kapasitas arus 100 Ah.
3. Panel surya yang digunakan memiliki kapasitas 400 Wp.
4. Pengisian aki hanya dilakukan oleh panel surya, genset tidak mengisi aki.
5. Pada skripsi ini yang menjadi prioritas tegangan pada beban adalah aki. Jika tegangan aki drop, genset akan mensuplai tegangan pada beban.

II Landasan Teori

Pada bab ini akan dibahas tentang teori-teori yang digunakan untuk mendesain dan merealisasikan *battery charge controller* sistem *hybrid* antara lain sebagai berikut :

II.1 Sistem Energi Hybrid

Sistem energi hybrid adalah sistem yang menggunakan sumber energi lebih dari 1 sumber. Sistem ini menggunakan kombinasi antara perangkat teknologi konversi energi terbarukan seperti Panel Surya, kincir angin (Pembangkit listrik Tenaga Angin) atau generator hidro (Pembangkit Listrik Tenaga Air), dengan generator pembakaran dan penyimpanan baterai untuk menghasilkan listrik di daerah pedesaan atau daerah terpencil secara kompetitif. Sistem seperti itu didefinisikan sebagai sistem energi hybrid dan digunakan untuk menyediakan listrik bagi pedesaan di negara-negara berkembang. Kombinasi teknologi energi terbarukan dan konvensional lebih baik dibandingkan kinerja teknis dan ekonomis dengan pasokan bahan bakar pedesaan berbasis bahan bakar fosil dan konvensional. [Wichert, et al, 1999].

Dalam skripsi ini akan menggunakan konsep sistem hybrid. Komponen utamanya terdiri dari panel surya, genset diesel, aki dan perangkat konversi daya seperti inverter dan lainnya. Teknologi energi terbarukan lainnya seperti kincir angin dan pembangkit listrik tenaga air tidak digunakan pada skripsi ini.

II.2 Panel Surya

Penggunaan energi matahari sebagai salah satu sumber energi alternatif yang sedang dikembangkan saat ini memiliki banyak keuntungan salah satunya dilihat dari

ketersediaan energi matahari yang tidak terbatas dan tidak menimbulkan polusi. Untuk dapat memanfaatkan energi matahari, maka dibutuhkan alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik yaitu panel surya. Pada gambar II.1 merupakan gambar dari panel surya.



Gambar II.1 Panel Surya

II.3 Baterai (Accu)

Accumulator atau sering disebut aki, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan aki untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Aki dapat dimuati kembali (recharge) apabila muatannya telah berkurang atau habis. Aki memiliki dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

II.4 Genset

Genset (Generator Set) adalah mesin yang dapat mengubah tegangan mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator ini memperoleh energi mekanis dari prime mover. Generator terpasang satu poros dengan motor diesel, yang biasanya menggunakan generator sinkron (alternator) pada pembangkitnya. Generator sinkron terdiri dari dua bagian utama yaitu : sistem medan magnet dan jangkar. Generator ini kapasitasnya besar, medan magnetnya berputar karena terletak pada rotor).

II.5 Battery Charge Controller

Battery Charge Controller (BCR) merupakan pengendali masukan atau peregulasi batas rentang masukan untuk pengisian atau pelepasan arus dari baterai. BCR akan mencegah pengisian berlebih dan mencegah tegangan berlebih, yang dapat membuat performa dan usia baterai berkurang, selain itu

juga dapat menimbulkan resiko keamanan. BCR juga dapat mencegah baterai untuk tidak terlalu kosong dalam proses pengeluaran daya ("Pengosongan dalam"), atau melakukan pengontrolan dalam pelepasan arus dan daya, bergantung pada teknologi baterai, untuk melindungi daya tahan baterai

II.6 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah *board* minimum sistem mikrokontroler yang bersifat *opensource*. Di dalam rangkaian *board* Arduino Uno terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega328. Perangkat ini memiliki 14 pin I/O (6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 pin *input* analog, koneksi USB, 16 MHz osilator kristal, dan reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung

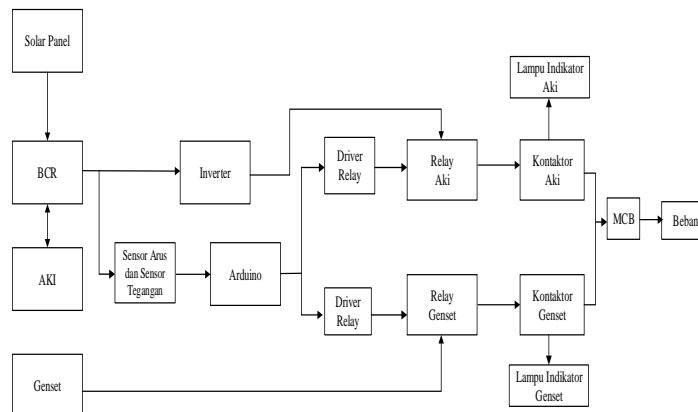
mikrokontroler. Pada Gambar II.2 merupakan gambar Arduino Uno.



Gambar II.2 Arduino Uno

III Metode Penelitian

Rancangan keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar III. 1.



Gambar III.1 Diagram Blok Alat

III.1 Cara Kerja Alat

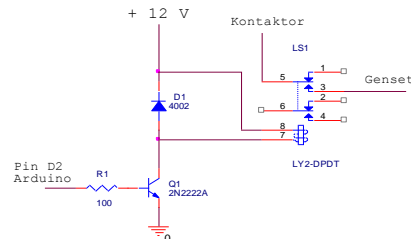
Berikut ini adalah urutan cara kerja alat *Battery Charge Controller Sistem Hybrid*.

1. Proses awal sistem.
2. Memasukan sumber pada alat Battery Charge Controller Sistem Hybrid (Aki dan Genset).
3. Arduino akan menyala dan sistem akan berjalan.
4. Sistem berjalan dengan menggunakan sumber aki yang kemudian dikonversikan menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter dan dihubungkan ke kontaktor aki melalui relay aki.
5. Arduino akan membaca sensor tegangan dan arus pada aki.
6. Apabila titik ukur yang dibaca oleh arduino telah mencapai nilai *threshold* minimum (11,2 V), arduino akan mematikan relay aki dan mengirimkan tegangan output kepada lilitan relay genset.
7. Delay 5s diperlukan agar kontaktor dapat berjalan stabil saat pergantian sumber
8. Jika relay genset ON, relay genset akan menghubungkan port NO dengan COM untuk menyalakan kontaktor genset.
9. Apabila titik ukur yang dibaca oleh arduino telah mencapai nilai *threshold* maksimum (13 V), arduino akan mematikan relay genset dan mengirimkan tegangan output kepada lilitan relay aki.

III.2 Perancangan Driver Relay

Rangkaian *driver* relay berfungsi untuk mengontrol relay dari mikrokontroler sebagai pusat pengatur. Hal tersebut dikarenakan arus yang keluar dari *port* mikrokontroler tidak mampu untuk memenuhi arus yang dibutuhkan relay untuk dapat aktif. Pada rangkaian *driver* relay terdapat transistor, dioda dan resistor sebagai komponen penunjang.

Transistor berfungsi untuk mengalirkan arus dari mikrokontroler menuju koil relay agar relay dapat aktif. Jika relay aktif, maka NO pada relay akan terhubung oleh *port* COM yang kemudian disambungkan menuju Kontaktor. Pada gambar III.2 merupakan rangkaian *driver* relay.



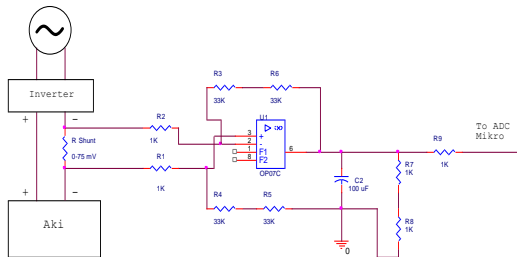
Gambar III.2 Rangkaian *driver* relay

III.3 Perancangan Pengondisi Sinyal (RPS) Untuk Sensor DC

Rangkaian pengondisi sinyal (RPS) untuk sensor arus dc berfungsi untuk mengubah nilai dari tegangan drop yang dihasilkan dari Rshunt agar dapat dimasukkan kedalam pembacaan ADC pada mikrokontroler.

RPS menggunakan rangkaian *Operational Amplifier* (OpAmp) yang difungsikan untuk penguat differensial. Penggunaan fungsi OpAmp sebagai penguat differensial karena kedua titik kerja sensor arus menghasilkan tegangan yang berbeda atas titik referensinya. Apabila kedua titik kerja tersebut diambil selisihnya maka rentang selisih yang dihasilkan antara 0-75mV sesuai dengan arus yang lewat pada hambatan shunt tersebut. Selisih kedua titik kerja dinamakan tegangan drop. Bila 0A yang lewat maka menghasilkan tegangan drop sebesar 0 mV dan sebaliknya bila arus yang lewat adalah batas arus maksimal dari hambatan shunt maka akan dihasilkan tegangan drop sebesar 75mV.

Tegangan drop yang dihasilkan kemudian dikuatkan sebesar 66 kali dengan fungsi OpAmp. Pada gambar III.3 merupakan gambar dari RPS untuk sensor arus:



Gambar III.3 RPS untuk sensor arus DC

1. $V_{out} = A_v \times V_{in}$ (3.1)
 $5 V = A_v \times 75 mV$
 $A_v = 66 \times$
2. $A_v = \frac{R_f}{R_{in}}$ (3.2)
 $66 = \frac{R_f}{1K}$
 $R_f = 66K\Omega$

III.4 Perancangan Pembagi Tegangan Untuk Sensor Tegangan DC

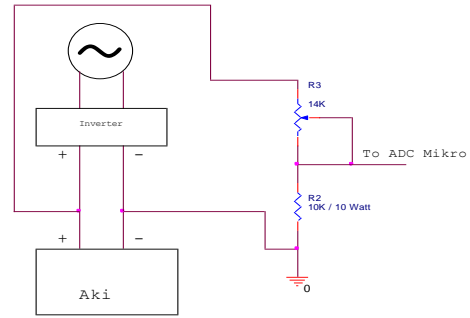
Rangkaian Pembagi tegangan digunakan untuk sensor tegangan DC berfungsi untuk membuat tegangan menjadi 5 V agar dapat terbaca oleh ADC dari mikrokontroler tersebut. Untuk mendapatkan tegangan 5 V digunakan pembagi tegangan dari tegangan supply aki yang sebesar 13 V. Resistor yang digunakan untuk pembagi tegangan ini sebesar 10K/10W untuk resistor ground dan resistor variabel sebesar 16K. Pada gambar III.4 merupakan gambar dari sensor tegangan DC

Perhitungan untuk mendapatkan resistor variabel untuk sensor tegangan dc adalah sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_G}{R_G + R_{Var}} \times V_{input} \dots\dots (3.3)$$

$$5 V = \frac{10K}{10K + R_{Var}} \times 13 V$$

$$R_{Var} = 16K$$



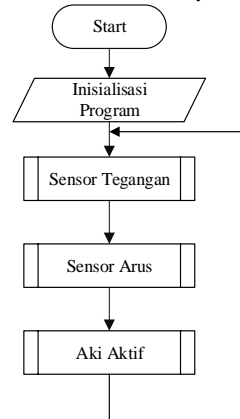
Gambar III.4 Rangkaian Sensor Tegangan DC

III.5 Perancangan Kontaktor Untuk Switch Tegangan Supply

Pada sistem ini kontaktor berfungsi sebagai *switch* tegangan supply antara aki dan genset. Ketika tegangan dan arus yang dihasilkan aki rendah, mikrokontroler akan memberikan perintah kontrol kepada relay dan relay akan menghidupkan kontaktor genset dan mematikan kontaktor yang berasal dari aki. Pada gambar III.5 merupakan gambar dari rangkaian kontaktor untuk *switch* tegangan supply

III.6 Perancangan Software

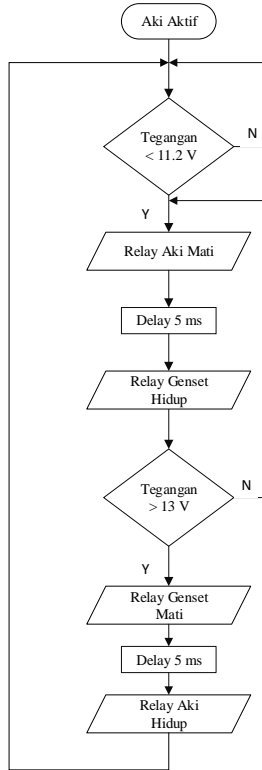
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai perancangan *software*. Adapun perancangan software yang dilakukan adalah pemrograman pada arduino untuk proses *switching* sumber antara aki dengan genset. Gambar III.6 merupakan diagram alir proses kerja *battery charge controller* sistem *hybrid*



Gambar III.5 Diagram Alir Proses Kerja *Battery Charge Controller* Sistem *Hybrid*

Program terlebih dahulu melakukan inisialisasi yang meliputi deklarasi variabel yang akan digunakan dalam pemrograman, pengaturan port yang dilakukan serta pengaturan ADC pada arduino. Kemudian dilakukan pembacaan ADC untuk sensor tegangan dan sensor arus pada aki. Setelah arduino mendeteksi tegangan aki sebesar 13 V, maka aki akan menjadi tegangan supply pada beban. Jika pada arduino terdeteksi tegangan aki sebesar 11.2 V, maka arduino akan mematikan relay aki dan menghidupkan relay genset sehingga genset menjadi sumber tegangan supply pada beban. Delay 5 detik berfungsi agar kontaktor dapat berjalan dengan stabil saat pergantian sumber tegangan.

Aki akan menyala kembali jika tegangan aki tersebut terbaca oleh arduino sebesar 13 V. Jika arduino telah terbaca 13 V, maka arduino akan memutus relay genset dan menghidupkan relay aki sehingga aki akan menjadi sumber tegangan supply pada beban AC kembali. Pada gambar III.6 merupakan diagram alir untuk proses switching pada alat



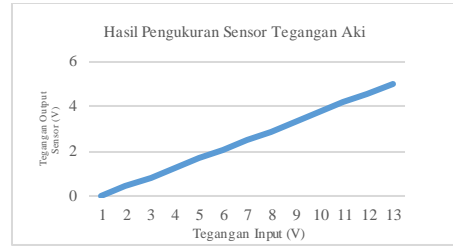
Gambar III.6 Diagram Alir Proses Switching Pada Alat

IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengukuran dan pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja alat yang telah dirancang dan dibuat. Pengukuran dan pengujian yang dilakukan antara lain: pengukuran rangkaian sensor tegangan accu, pengukuran rangkaian sensor arus accu, pengukuran rangkaian pengondisi sinyal sensor arus accu, pengujian sistem alat, serta pengujian perpindahan delay. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian alat ini adalah multimeter digital Sanwa (CD 800a) dan clampmeter peakmeter (PM 2118A).

IV.1 Pengukuran Rangkaian Sensor Tegangan Accu

Sensor tegangan DC pada skripsi ini digunakan untuk mengetahui nilai tegangan pada aki yang akan dibaca oleh arduino. Untuk pengukuran sensor dilakukan sekaligus dengan pengujian sensor. Pada pengukuran ini fungsi aki digantikan oleh power supply agar bisa mendapatkan rentang tegangan input dari 0-12 V. Hasil output pada sensor ini memiliki rentang tegangan dari 0-5 V yang disesuaikan dengan resolusi maksimal NKADC untuk arduino.

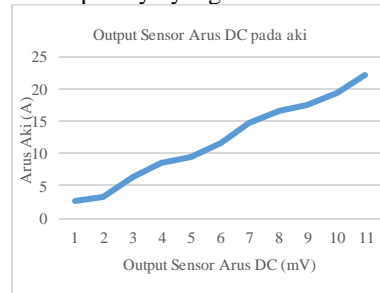


Gambar IV.2 Hasil Pengukuran Sensor Tegangan Aki

Dari hasil grafik pada gambar IV.2 dapat dianalisa bahwa terdapat hubungan linearitas antara tegangan input dengan tegangan output pada sensor. Tegangan input yang bernilai 0-12 V akan menjadi 0-5 V pada output sensor agar tegangan dapat terbaca oleh ADC pada arduino karena ADC memiliki tegangan maksimum sebesar 5V. Selanjutnya data akan diproses pada arduino untuk dikonversikan. Hasil nilai konversi akan dijadikan parameter sebagai suatu kondisi perintah.

IV.2 Pengukuran Rangkaian Sensor Accu

Sensor arus DC adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur arus yang bekerja pada sebuah alat. Sensor arus DC pada skripsi ini digunakan untuk mengukur arus yang dimiliki oleh aki. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui beban arus sehingga arduino dapat menganalisa berapa daya yang membebani aki tersebut.

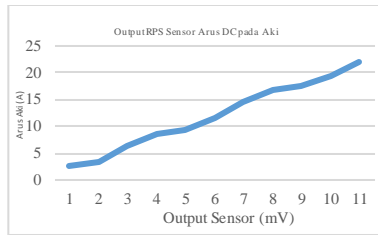


Gambar IV.3 Hasil Pengukuran Sensor Arus Aki

Pada gambar IV.3 dapat dianalisa bahwa arus yang mengalir dari aki memiliki rentang 2.68-22.02 Ampere. Arus yang mengalir tersebut kemudian diterima oleh sensor arus dan dikonversi hingga arus yang dikeluarkan memiliki rentang 1.8-15.9 mV. Arus yang mengalir memiliki hubungan linearitas dengan output sensor arus DC seperti pada gambar IV.3.

IV.3 Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal (RPS) Sensor Arus DC

Rangkaian pengondisi sinyal (RPS) pada skripsi ini berfungsi untuk penguatan tegangan output sensor arus yang kecil (0-75mV) agar dapat diterima oleh input ADC pada arduino yang memiliki rentang 0-5 V. Pada gambar IV.4 merupakan hasil grafik pada output RPS sensor arus pada aki dimana pada hasil output terjadi hubungan linearitas antara arus aki dengan output RPS pada sensor arus DC.



Gambar IV.4 Grafik Output Sensor Arus DC pada Aki

IV.4 Pengujian Sistem Alat

Pada skripsi ini menggunakan aki dengan kapasitas 12 V 100 Ah, serta sebuah genset untuk menggantikan tegangan supply pada beban dikala aki sudah tidak mampu untuk mensupply tegangan pada beban. Pada tabel IV.4 merupakan pengujian sistem alat selama 2 hari.

Tabel IV.4 Pengujian Sistem Alat

Tanggal	Jam	Arus PV (A)	Teg. PV (V)	Arus Aki (A)	Teg. Aki (V)	Arus Beban (DC)	Arus Beban (AC)	Beban (W)
28 Juni 2018	10.00	10.33	12.87	1.44	12.76	9.07	0.44	100
	11.00	10.71	12.91	1.37	12.8	9.12	0.44	100
	12.00	10.92	13.5	1.34	12.84	9.14	0.44	100
	13.00	11.3	13.82	1.37	12.83	9.17	0.45	100
	14.00	11.5	13.83	1.51	12.67	9.20	0.46	100
	15.00	10.31	13.75	1.53	12.63	9.23	0.46	100
	16.00	2.28	12.86	7.63	12.51	9.25	0.45	100
	17.00	0.4	12.57	9.12	12.43	9.31	0.44	100
	18.00	0	11.51	9.27	12.16	9.46	0.44	100
	19.00	0	0 V	9.45	11.96	9.35	0.43	100
	20.00	0	0 V	9.43	11.82	9.27	0.44	100
	21.00	0	0 V	9.39	11.73	9.21	0.44	100
22.00	0	0 V	9.28	11.5	9.18	0.44	100	
29 Juni 2018	10.00	10.31	12.87	1.42	12.72	9.06	0.44	100
	11.00	10.86	13.2	1.36	12.74	9.16	0.44	100
	12.00	11.08	13.25	1.79	12.77	9.1	0.46	100
	13.00	10.63	13.2	1.43	12.78	9.11	0.45	100
	14.00	10	13.18	1	12.76	9.08	0.45	100
	15.00	8.81	12.88	0.97	12.56	9.52	0.44	100
	16.00	2.12	12.14	7.64	12.19	9.67	0.44	100
	17.00	0.42	11.75	9.17	11.9	9.47	0.44	100
	18.00	0	0	9.4	11.76	9.58	0.43	100
	19.00	0	0	9.45	11.57	9.22	0.43	100
20.00	0	0	9.37	11.45	9.24	0.44	100	

Dari tabel IV.4 pada jam 12.00-14.00 terjadi kenaikan arus pada panel surya dari 10.92-11.5 A, serta pada jam 17.00 panel surya tidak dapat mengeluarkan daya. Aki mulai padam saat tegangan 11.45–11.5V. Beban pada pengujian ini sebesar 100 watt dimana aki dapat hidup dari jam 10.00 hingga jam 22.00

IV.5 Pengujian Delay

Pada proses perpindahan sumber antara aki dan genset terjadi delay selama 5 detik, hal ini dikarenakan agar kontaktor dapat berjalan dengan stabil saat perpindahan antara aki dan genset.

Tabel IV.5 Pengujian Delay

t (detik)	KONDISI
1 < t < 3.5	Kontaktor tidak stabil
t > 3.5	Kontaktor Stabil

Pada alat ini sudah dilakukan pengujian delay selama 5 detik seperti pada tabel IV.5

Tabel IV.6 Delay Perpindahan Antara Sumber Aki Dan Genset

Percobaan ke-	Hasil Delay
Percobaan 1	5.11 detik
Percobaan 2	5.05 detik
Rata-Rata	5.08 detik

Dari tabel IV.6 dapat dianalisa bahwa delay perpindahan sebesar 5.08 detik untuk perpindahan sumber antara aki dengan genset.

V Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pembuatan, pengujian dan pengukuran alat yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sensor tegangan accu, memiliki input tegangan dengan rentang 0-12V dan mengeluarkan tegangan output linier 0-4.98 V
2. Sensor arus DC (Hambatan Shunt) menghasilkan tegangan drop dengan rentang 1.8-15.9 mV linier dengan input kenaikan arus pada aki yang memiliki rentang dari 2.68-22.02 A
3. Rangkaian pengondisi sinyal untuk arus accu memiliki output tegangan dengan rentang antara 124.9mV-1.062V linier dengan kenaikan arus pada aki yang memiliki rentang 2.68A-22.02A. rata-rata penguatan RPS ini sebesar 68.38 kali. Terjadi persen error 3.61 % dengan hasil perhitungan yang sebesar 66 kali. Hal ini disebabkan karena adanya nilai toleransi pada resistor yang digunakan.
4. Proses perpindahan sistem, dimana jika tegangan aki dibawah 11.2 maka genset akan menjadi tegangan supply menggantikan aki, Aki akan melakukan proses pengisian ulang hingga tegangan aki kembali menjadi 13 V untuk dapat berpindah kembali (aki sebagai tegangan sumber)
5. Proses pengujian alat sudah dilakukan dan berjalan dengan baik, alat diaktifkan saat jam 10.00 WIB dan beban mati antara jam 20.00-22.00 WIB. Pengujian berlangsung selama 2 hari dan beban yang digunakan sebesar 100 w.
6. Proses pengujian delay pada alat sudah dilakukan dan berjalan dengan baik. Saat aki telah mencapai tegangan threshold minimum, terjadi delay saat perpindahan sumber.

Daftar Pustaka

- [1] Tim Komunikasi ESDM, 2017, "Pemerintah Upayakan Terangi 12.659 Desa", <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-upayakan-terangi-12659-desa>, diakses pada tanggal 11 Januari 2018
- [2] Wichert., et al, 1997, "PV-diesel hybrid energy system for remote area power generation – A review of current practice and future developments", Elsevier, Volume 1, Issue 3, Page 209-228
- [3] Angelina Evelyn T, Andrew Joewono, "Sumber Energi Listrik dengan Sistem Hybrid (Solar Panel dan Jaringan Listrik PLN)", Jurnal Widya Teknik, Volume 10, No.1, April 2011
- [4] Yogopranoto, Demas and Bayuseno, A. P.,Dr. Ir. , M.Sc and Umardani, Yusuf , ST. MT (2012) *DAUR ULANG TIMBAL (Pb) DARI AKI BEKAS DENGAN MENGGUNAKAN METODE REDOKS*. Undergraduate thesis, Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University.
- [5] Badaruddin, Agus Suwendi Priyambodo. *Automatic Mains Failure Berbasis PLC Siemens Logo Untuk Rangkaian Pengontrol Start Stop Genset Tunggal*.digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!@file_skripsi/Isi2466024327535.pdf, diakses pada tanggal 9 november 2017
- [6] Rahman, shusmita, dkk. 2012. *Design of a Charge Controller Circuit with Maximum Power Point Tracker (MPPT) for Photovoltaic System*. BRAC University
- [7] Rashid, M.H. (1988). *Power Electronics : Circuits , devices and applications* . New Jersey : Prentice-Hall, Inc.
- [8] Effendi, Ridwan. 2014. *Sistem Kontrol dan Pengaman Motor Pompa Air Terhadap Gangguan Tegangan dan Arus Lebih Berbasis Arduino*. Universitas Mercubuana.
- [9] Datasheet Arduino. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> diakses tanggal 9 November 2017
- [10] Joewono, A. & Sitepu, R., 2016. Sistem Elektrik Tenaga Hybrid untuk Pemfilteran Air Tanah. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- [11] Subandi, dkk. 2015. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Sel. Yogyakarta: Institut Sains dan Teknologi AKPRIND
- [12] Nasrudin. 2015 Rancang Bangun Alat Ukur Alat Ukur Daya Arus Bolak-Balik Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. Medan : Universitas Sumatera Utara
- [13] Arduino Reference, <https://www.arduino.cc/reference/en/> diakses tanggal 9 November 2017
- [14] Nilai ADC, <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/Teknik%20Antarmuka%20-%20ADC.pdf>) diakses pada tanggal 10 Januari 2018