

## Aspek Perancangan Sistem Listrik Hybrid

Muhammad Jubbari Fikri\* Indra Yasri\*\*

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Email: mjubarifikri6@gmail.com

### ABSTRACT

*The reliability of power supply from electricity from national electrical company still remain an issue in certain big cities. This issue is contributed by many root caused such as lack of electrical generator, human error, disaster and others. Due to this, it is urgent to deploy a hybrid electricity. This purpose a hybrid control system to ensure continuity of electricity supply. This control system is designed to accomodate multiple electrical sources which is available such as wind turbine, solar panel and diesel generator. The main priority source to supply the load still electricity from national company because it has the most reliable power. This automatic transfer system is based on ATmega8535 microcontroller. This automatic transfer system is used to backup power that have to reliable and uninterrupted. Parameters which are influence to this design aspect are described.*

*Keyword : ATmega8535, automatic transfer switch, Hybrid control system*

### PENDAHULUAN

Catu daya utama yang diperoleh dari jaringan listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) tidak selamanya tersedia setiap saat, bisa saja terjadi pemadaman sewaktu-waktu, yang dikarenakan gangguan baik itu *human error*, bencana alam seperti banjir ataupun kemarau yang mengakibatkan turunnya produksi listrik dari pembangkit.

Penggabungan sumber daya listrik dipandang perlu untuk memaksimalkan penggunaan energi listrik. Oleh karena itu diperlukan perancangan sebuah pengontrolan listrik secara *hybrid*. Perancangan ini bertujuan untuk meminimkan pemadaman listrik. Pengontrolan listrik ini mencakup beberapa sumber catu daya atau *multiple power supply*, baik itu *solar cell*, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) skala mikro, pembangkit listrik tenaga diesel (genset) kecil, atau sumber energi

listrik lainnya. Untuk di daerah Riau, metode ini bisa diterapkan karena cukup sering terjadinya pemadaman listrik oleh PLN. Penerapan pengontrolan listrik *hybrid* ini bisa di peruntukkan bagi berbagai instansi, mulai dari sekolah, gedung – gedung, ataupun universitas yang memerlukan listrik sebagai energi penunjang utama.

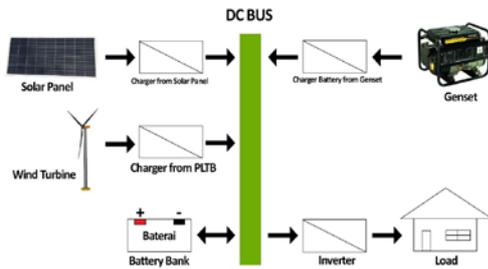
### TEORI DASAR

Berdasarkan penelitian Herlina (2009) PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid*) merupakan pembangkit yang terintegrasi, atau pembangkit listrik yang menggabungkan berbagai macam sumber catu daya. Sistem operasi pada PLTH dibedakan menjadi tiga jenis yaitu sistem serial, sistem tersaklar dan sistem paralel.

#### A. PLTH Sistem Serial

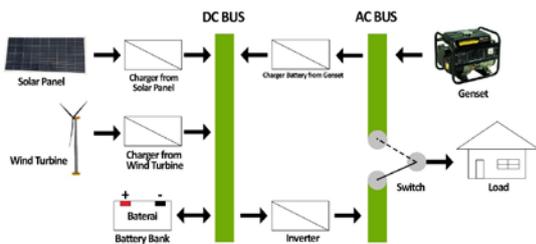
PLTH sistem ini mensuplai daya DC ke dalam baterai, setiap komponen

harus dilengkapi dengan *charge controller* sendiri, untuk menjamin operasi yang handal sistem ini, generator dan inverter harus didisain agar dapat melayani beban puncak.



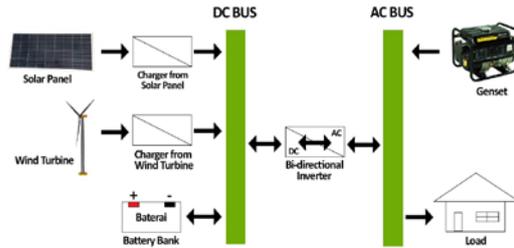
**Gambar 1. PLTH Sistem Serial.**

B. PLTH Sistem Tersaklar (*Switched*)  
 Pada sistem PLTH tersaklar ini, genset dan inverter dapat beroperasi sebagai sumber AC, pada sistem yang tidak memiliki operasi paralel, genset dan sumber energi terbarukan dapat mengisi (charging) baterai. Pada sistem ini beban dapat langsung disuplai genset sehingga meningkatkan efisiensi total, kelebihan daya dari genset dapat digunakan untuk mengisi beban batrai.



**Gambar 2. PLTH Sistem Tersaklar (*Switched*).**

C. PLTH Sistem Paralel  
 Pada PLTH yang menggunakan sistem ini, beban dapat disuplai baik dari genset maupun inverter secara paralel. *Bi-directional inverter* (BDI) digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC, BDI dapat mengisi baterai dari genset (*AC – DC converter*) maupun sumber energi terbarukan, juga dapat beraksi sebagai *DC-AC converter*.



**Gambar 3. PLTH Sistem Paralel.**

**Pertimbangan Pemilihan Catu Daya Utama**

Perbandingan biaya didasarkan penggunaan listrik per kWh dengan beban 36 W yang di dapat dari rata – rata daya pengisian untuk baterai 32 Ah 12 V dengan arus pengisian sebesar 3 A dan tegangan 12 V. Pengisian ini dilakukan selama 10 jam. Berdasarkan data dari peraturan menteri ESDM nomor 28 tahun 2016 untuk keperluan rumah tangga ditetapkan dengan daya 450 VA adalah sebesar Rp. 415,-.

Untuk menghitung biaya pengisian oleh PLN maka digunakan persamaan (1) perhitungan ini tidak termasuk pajak PPI (Pajak Penerangan Jalan).

$$\text{Biaya(Rp)} : P \times t \times \text{TDL} \tag{1}$$

Keterangan :

P = Daya alat (kWh)

t = Waktu penggunaan (jam)

TDL = Tarif Dasar Listrik (Rp)

Selanjutnya menghitung biaya penggunaan listrik menggunakan genset dengan daya yang mendekati yaitu 500 VA dan biaya bensin per liter adalah Rp 7700,-, memiliki spesifikasi kapasitas tangki penuh adalah 2,8 L. Maka untuk menghitung biaya listrik liter per kWh maka dapat digunakan persamaan (2).

$$S = 0,21 \times P \times T \tag{2}$$

Keterangan :

K = 0,21 (Faktor ketetapan konsumsi solar per kilowatt per jam)

S =Penggunaan bahan bakar (L)

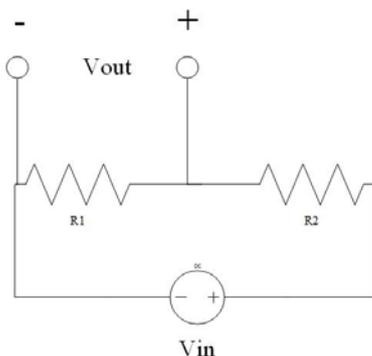
P = Daya genset (KVA)

T = Waktu (Jam)

Kemudian setelah didapat berapa penggunaan listrik per liter maka dapat dikali menggunakan biaya bensin per liter.

### Pembagi Tegangan

Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang digunakan untuk membagi tegangan input menjadi satu atau beberapa tegangan output yang diperlukan oleh komponen lain dalam suatu rangkaian. Pembagi tegangan biasanya menggunakan dua buah resistor yang dihubungkan seri terhadap sumber untuk memperoleh tegangan yang diinginkan. Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4. Rangkaian Pembagi Tegangan**

Besar tegangan output ( $V_{out}$ ) pada rangkaian tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

$$V_{OUT} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (3)$$

Keterangan :

$V_{OUT}$  = Tegangan Keluaran

$R_1$  = Tahanan 1

$R_2$  = Tahanan 2

$V_{IN}$  = Tegangan Masukkan

### Analog to Digital Converter (ADC)

Didalam chip mikrokontroler ATmega8535 terdapat ADC internal yang dapat diaktifkan dengan menggunakan beberapa *register control*. PORT A pada ATmega8535 dapat menerima input analog yang merupakan masukan bagi ADC sekaligus dapat digunakan sebagai I/O.

Prinsip kerja ADC adalah mengubah sinyal analog kedalam besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi ( $V_{ref}$ ). Input ADC pada mikrokontroler dihubungkan 8 *Chanel Analog multiplexer* yang digunakan untuk *single ended input channels*. Jika sinyal input dihubungkan ke masukan ADC dan satu jalur lagi terhubung ke *ground*, maka disebut *single ended input*. Jika input ADC terhubung kedua buah input ADC, disebut sebagai *differential input*, yang dapat dikombinasikan sebanyak 16 kombinasi. Tegangan referensi ADC dapat dipilih antara lain pada pin AREF, pin AVCC, atau menggunakan tegangan referensi internal sebesar 2.56V. Untuk konversi *single ended* dapat menggunakan persamaan 4.

$$ADC = \frac{V_{in} \times 1023}{V_{vref}} \quad (4)$$

Dimana :

$V_{in}$  : tegangan input yang digunakan (Volt)

$V_{ref}$  : tegangan referensi (Volt)

Agar dapat menampilkan tegangan terukur yang telah diubah kedalam bentuk ADC, maka perlu juga ditentukan faktor pengali atau *factor correction* untuk mengubah besar nilai ADC kedalam bentuk tegangan yang terukur. Proses perkalian ini dilakukan oleh mikrokontroler. Besar faktor pengali dapat ditentukan dengan persamaan 5.

$$F_c = \frac{V_{in}}{ADC} \quad (5)$$

Keterangan :

$F_c$  = Factor Correction

$V_{IN}$  = Tegangan Masukkan (V)

ADC = Nilai ADC

### Skenario Perpindahan

Untuk menentukan baterai bank dapat menyuplai beban, terlebih dahulu ditentukan berapa tegangan baterai penuh, tegangan baterai habis dan tegangan

baterai yang dapat mensuplai beban. Tegangan baterai penuh adalah 12,6 V<sub>DC</sub> sedangkan tegangan baterai dalam keadaan kosong adalah 10,71 V<sub>DC</sub>. Pada penentuan kondisi tegangan genset dan PLN ditentukan berdasarkan SPLN yaitu ± 5 % dari 220 V sehingga batas bawah dari kondisi tersebut sebesar 209 V sedangkan batas atasnya sebesar 231 V. Kondisi ini menjadi dasar untuk memindahkan antar sumber ke beban. Agar terbaca pada mikrokontroler perlu dikonversi ke dalam bentuk digital menggunakan fitur yang terdapat pada ATmega8535 yaitu ADC.

## PERANCANGAN ALAT

Dalam perancangan harus memahami spesifikasi yang ingin di capai, pada tahapan ini perancangan harus sesuai dengan karakteristik, keamanan dan harus sesuai dengan batasan masalah yang digunakan.

Sistem kontrol bekerja berdasarkan biaya termurah yang akan mensuplai beban berupa lampu. Perbandingan biaya dapat menggunakan persamaan (1) untuk sumber PLN. Dengan kondisi beban adalah lampu berkapasitas daya 60 W maka perhitungan listrik per kWh oleh PLN adalah :

$$\begin{aligned} \text{Cost} &= (60\text{Wh} : 1000) \times 5 \text{ jam} \times \text{Rp. } 415,- \\ &= \text{Rp } 124,- \end{aligned}$$

Maka biaya pengisian baterai oleh PLN adalah Rp 75,-, selanjutnya jika dibandingkan dengan genset berkapasitas 500 VA dengan biaya bensin per liter adalah Rp 7700,- maka dengan menggunakan persamaan (2) adalah :

$$\begin{aligned} S &= 0,21 \times (500 : 1000) \times 5 \\ &= 0,5 \text{ L} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk mendapatkan biaya (Rp) konsumsi genset per liter per kVA dikalikan dengan biaya bahan bakar per liter, sehingga :

$$\begin{aligned} &= 0,5 \times \text{Rp } 7700,- \\ &= \text{Rp } 3850,- \end{aligned}$$

Kemudian biaya tersebut merupakan biaya dengan daya 500 VA, sedangkan beban yang digunakan adalah 60 W. Maka daya tersebut diubah ke dalam satuan VA sehingga didapat 400 W. 60 W dari 400 W adalah 15%, sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk mensuplai lampu selama 5 jam adalah :

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 3850,- \times 15\% \\ &= \text{Rp } 577,- \end{aligned}$$

Oleh karena itu jika dibandingkan penggunaan dengan beban yang sama dengan sumber PLN dan genset dapat ditarik kesimpulan sumber dari PLN hanya mengeluarkan biaya sebesar Rp 124,- berbanding dengan genset Rp 577,-, sehingga yang menjadi prioritas utama dalam mengisi baterai adalah PLN.

Jika dibandingkan dengan PLTB dan panel surya yang tidak mengeluarkan biaya dalam proses pembangkitan energi listrik karena memanfaatkan energi terbarukan, akan tetapi ketersediaan dari kedua buah sumber tersebut bersifat relatif atau tidak tetap. Sehingga PLTB dan panel surya belum dapat menggantikan PLN sebagai catu daya utama yang memiliki kestabilan tegangan yang lebih baik.

Sistem penggabungan pada *prototype* ini menggunakan sistem PLTH sistem tersaklar (*switched*) yang di sesuaikan, terdapat empat buah sumber listrik yang akan mensuplai beban yaitu PLN, panel surya, pembangkit listrik tenaga bayu dan genset. Genset dan inverter dapat beroperasi sebagai sumber AC, sedangkan bank baterai dapat disuplai oleh ke empat buah sumber untuk membantu mempercepat proses pengisian bank. PLN dan genset akan menyuplai langsung ke beban sehingga mikrokontroler akan memilih di antara ketiga buah sumber. Sumber dari rangkaian kontrol akan di suplai oleh baterai terpisah yang sumbernya di ambil dari PLN. Untuk sumber utama adalah PLN karena *prototype* ini bertujuan untuk tenaga cadangan. Prinsip kerja dari alat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Prinsip Kerja Alat

No	Sumber dari PLN	Sumber Dari Baterai Bank	Sumber Dari Genset	Sumber Untuk Beban
1	0	0	0	-
2	1	0	0	PLN
3	0	1	0	Baterai
4	0	0	1	Genset
5	1	1	0	PLN
6	1	0	1	PLN
7	0	1	1	Baterai Bank
8	1	1	1	PLN

Keterangan :

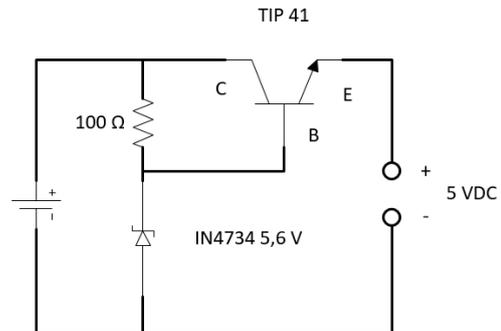
0 = kondisi sumber tidak dapat mensuplai beban

1 = kondisi sumber dapat mensuplai beban

PLTB dan PLTS tidak dapat menyuplai beban secara langsung karena ketidakstabilan tegangan keluarannya, sehingga PLTB dan panel surya hanya akan mengisi baterai bank. PLTB dan PLTS dirancang mengisi baterai bank secara bersamaan (*hybrid*). Blok diagram dari perancangan ini dapat di lihat pada gambar 5.

### Perancangan Catu Daya

Pada suatu alat elektronika catu daya merupakan hal yang sangat penting untuk memberikan suplai tegangan ke rangkaian agar bekerja. Tegangan yang digunakan adalah 12 V<sub>DC</sub> dan 5 V<sub>DC</sub>. Tegangan 12 V<sub>DC</sub> akan digunakan pada *relay* kontrol utama, sedangkan 5 V<sub>DC</sub> akan digunakan pada rangkaian sistem minimum ATmega8535 dan sumber suplai rangkaian kontrol. Suplai dari rangkaian adalah baterai aki 12 V 3,5 Ah. Untuk suplai 5 V digunakan IC TIP41. Pengisian aki control akan dilakukan oleh PLN yang akan di cas agar aki control tidak kosong.

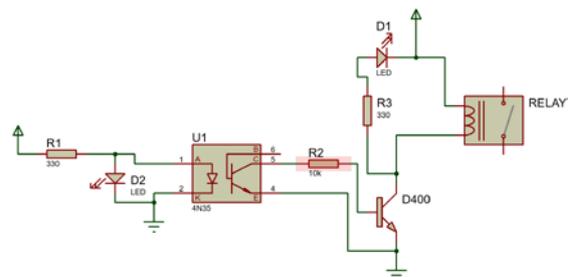


Gambar 7. Rangkaian Suplai Catu Daya Control

IC TIP41 akan menurunkan tegangan yang keluar dari baterai, kemudian dihasilkan tegangan keluaran 5 V<sub>DC</sub>.

### Perancangan Driver Relay

Dalam pengontrolan diperlukan komponen yang akan mengendalikan *relay*. *Relay* akan bekerja jika *driver relay* memberi tegangan ke *relay* sehingga *coil* akan bergerak dan memindahkan sumber satu dan lainnya. Rangkaian ini terdiri atas 2 komponen yaitu *Optocoupler* dan rangkaian transistor.



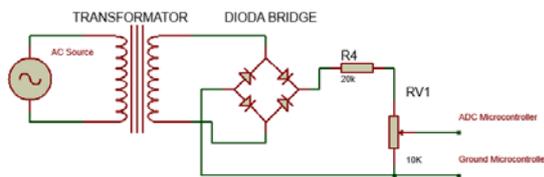
Gambar 8. Rangkaian Driver Relay

### Perancangan Rangkaian Starting Genset

Genset yang akan digunakan dalam perancangan ini tidak dilengkapi *auto-starting* genset. Untuk dapat melakukan *starting* genset secara otomatis dibutuhkan *relay* yang akan menghubungkan motor *electric starter* genset, *relay* ini dikendalikan oleh mikrokontroller melalui *driver control*. *Relay* yang digunakan adalah 12 V<sub>DC</sub>. Untuk melakukan *starting* genset, mikrokontroller akan mengaktifkan *relay on/off* genset. Ketika genset berhasil menyala akan secara otomatis terdeteksi oleh sensor tegangan.

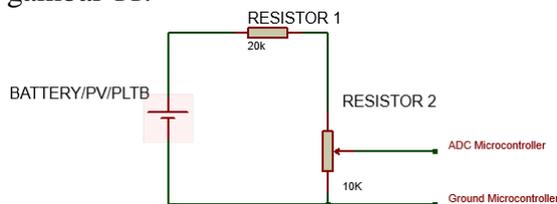
## Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan merupakan komponen yang akan mendeteksi tersedia atau tidak tersedia tegangan dari setiap sumber. Sensor tegangan bekerja berdasarkan perbandingan yang masuk ke ADC di mikrokontroler dengan tegangan keluaran dari trafo step down yang kemudian di searahkan untuk sensor tegangan AC. Sedangkan sensor tegangan DC, keluaran dari sumber akan langsung masuk ke rangkaian dan masuk ke ADC mikrokontroler. Perancangan pengukur tegangan dilakukan dengan memanfaatkan fitur ADC yang terdapat pada mikrokontroler. Batas maksimum tegangan mikrokontroler adalah 5 V<sub>DC</sub>. Tegangan ini didapat melalui transformator yang diturunkan dari 220 V<sub>AC</sub> menjadi 6 V<sub>AC</sub>, lalu di searahkan menjadi gelombang penuh melalui dioda *bridge*. Rangkaian sensor tegangan AC dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian Sensor Tegangan AC

Sensor tegangan DC dapat dilihat pada gambar 11.

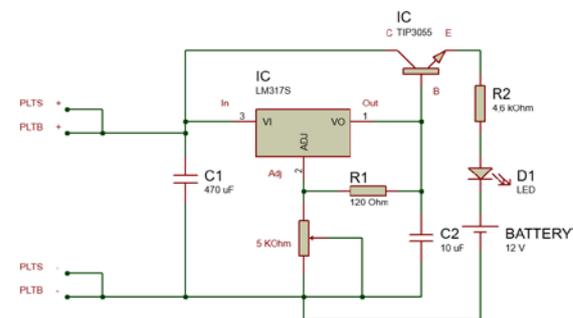


Gambar 11. Rangkaian Sensor Tegangan DC

## Perancangan Charger Baterai

*Supply* daya untuk baterai utama terdiri dari 4 buah sumber, yaitu PLTB, solar panel dan PLN dan genset. Untuk PLTB akan diwakilkan oleh *DC power supply* karena perancangan ini bersifat

*prototype* sedangkan solar panel akan menggunakan solar panel berkapasitas 60 Wp. PLN akan menyuplai baterai jika kedua buah sumber tidak ada, untuk membantu mempercepat proses pengisian baterai. Baterai yang digunakan adalah baterai jenis *lead acid*, 12 V dengan kapasitas 32 Ah. Kapasitas aki ketika penuh adalah 12,6 V. Tegangan yang dibutuhkan untuk *charger* baterai adalah 14,2 V, karena menggunakan regulator variabel maka diatur keluarannya melalui trimpot 5 K $\Omega$ . Rangkaian *charger* baterai catu daya utama dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian *Charger* Baterai Utama

## Perancangan *Software* Sensor Tegangan

Perancangan *software* sensor tegangan meliputi sensor tegangan PLN, sensor tegangan genset, sensor tegangan panel surya, sensor tegangan PLTB dan sensor tegangan baterai. Sensor tegangan ini akan menjadi acuan untuk pengaturan *switching relay*. Oleh karena itu sensor tegangan harus memiliki akurasi yang tepat agar mikrokontroler dapat bekerja sesuai perancangan.

Tahap awal dalam merancang sebuah sensor tegangan dimulai dengan menghitung ADC mikrokontroler kemudian menghitung faktor pengali atau *factor correction* yang akan dipakai. Tegangan referensi ADC yang tersedia pada mikrokontroler ATmega8535 adalah 2,56 VDC. Tegangan referensi tersebut merupakan tegangan internal yang terdapat pada sistem minimum ATmega8535. Pada ATmega8535 memiliki ADC sebesar 10

bit, sehingga tegangan  $0 V_{DC}$  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 (4) yaitu :

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

$$ADC = 511,5$$

Untuk mengukur tegangan  $220 V_{AC}$  maka diperlukan faktor pengali sesuai persamaan (5). Sehingga besar faktor pengali PLN dan genset adalah :

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

$$Fc = 0,43011$$

Untuk merancang *software* tegangan pada panel surya dan PLTB akan ditentukan *range* pembacaannya yaitu 17 hingga  $24 V_{DC}$ . Sehingga faktor pengali untuk mengukur tegangannya adalah :

$$Fc = \frac{17}{511,5}$$

$$Fc = 0,033235$$

Untuk merancang *software* tegangan pada baterai akan ditentukan minimum pembacaannya yaitu  $11 V_{DC}$ . Sehingga faktor pengali untuk mengukur tegangannya adalah :

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

$$Fc = 0,021505$$

## PEMBAHASAN HASIL YANG DIHARAPKAN

Dari hasil aspek perancangan diharapkan dapat menghasilkan sebuah sistem yang mampu mengakomodir sumber PLTB, panel surya, genset dan sumber dari PLN dengan kemampuan daya 60 W. Sistem ini mampu mendeteksi ada atau tidak tersedianya sumber dengan menggunakan sensor tegangan yang memanfaatkan rangkaian pembagi tegangan, yang kemudian diproses oleh

mikrokontroler menjadi nilai digital melalui fitur ADC (*Analog Digital Converter*). Pembuatan rangkaian pengisian baterai dapat dikatakan baik apabila *charger* dapat mengisi baterai hingga arus pengisian mendekati nol. Sensor tegangan digunakan sebagai acuan perpindahan antar sumber ke beban dengan menggunakan *relay* yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATMeg8535.

## KESIMPULAN

Dari penelitian, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan. yaitu sebagai berikut :

1. Ditetapan untuk batas tegangan AC untuk melakukan perpindahan sumber dari  $209 V_{AC}$  sampai  $231 V_{AC}$ , sedangkan batas tegangan baterai dapat mensuplai adalah  $10,71 V_{DC}$  sampai  $12,6 V_{DC}$
2. Tegangan panel surya dan PLTB dapat mensuplai pengisian minimum adalah 16 V.

## SARAN

Penggunaan komponen harus sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan, jika tidak tersedia maka di gunakan komponen yang spesifikasinya mendekati dengan komponen yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Herlina, 2009. Analisis Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung Selatan. Universitas Indonesia.
- Wildan Budiman, 2014. Perancangan dan Realisasi Sistem Pengisian Baterai 12 V 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro di UPI Bandung. Institut Teknologi Nasional (ITENAS).

Farid Hardiansyah, 2014. Analisa Perhitungan Bahan Bakar Solar pada Pemakaian Generator Set di BTS. Universitas Mercu Buana.

Hilman HR Jufri, 2013. Rancang Bangun Alat Ukur Daya Arus Bolak – Balik Berbasiskan Mikrokontroler ATMega8535. Universitas Sumatra Utara.