

Model Sistem Dual Energi dengan Pengendalian Beban Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega8535

Fathoni Anwar, Agus Trisanto, Yulianto Raharjo

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
anwar.thoni@yahoo.com

Intisari---Pemanfaatan sumber energi alternatif dan efisiensi pemakaian merupakan dua hal penting dalam mengatasi masalah krisis energi listrik. Energi matahari adalah salah satu sumber energi alternatif, namun energi yang dihasilkan sangat tergantung pada cuaca. Sedangkan efisiensi pemakaian dapat dilakukan dengan cara menggunakan energi listrik pada waktu yang tepat.

Pada penelitian ini penulis membuat prototipe sistem dual energi dengan pengendalian beban otomatis menggunakan mikrokontroler ATmega8535. Sistem ini mendeteksi adanya tegangan pada solar cell dan aki dengan menggunakan pembagi tegangan. Sistem ini juga menggunakan LDR untuk mendeteksi cahaya dan sensor PIR untuk mendeteksi adanya gerakan manusia.

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa secara fungsional sistem dapat bekerja dengan baik. Ketika ada cahaya matahari *switch* pengisian aki ke *solar cell* dan ketika tidak ada cahaya matahari *switch* ke listrik PLN. Demikian juga dengan pengendalian beban, lampu luar menyala ketika kondisi gelap, sedangkan lampu dalam menyala ketika kondisi gelap dan ada gerakan manusia yang terdeteksi dengan jarak efektif 300 centimeter. Kebutuhan daya sistem tanpa beban sebesar 51 wh perhari.

Kata kunci--- *solar cell*, Mikrokontroler ATmega8535, sensor, dan *switch*

Abstract---Utilization of alternative energy sources and usage efficiency are two important things in addressing the electricity crisis. Solar energy is one source of alternative energy, but the energy produced is highly dependent on the weather. While use efficiency can be done by using electrical energy at the right time.

In this research the authors created a prototype dual-energy system with automatic load control using microcontroller ATmega8535. This system detects the presence of voltage in the solar cell and battery by using a voltage divider. This system also uses LDR to detect light and PIR sensor to detect human movement..

Results of tests showed that functional systems can work well. When there is sun light switch to solar cell battery charging and when there is no sunlight to PLN electricity switch. Likewise, load control, outdoor lights turn on when dark conditions, while the indoor lights turn on when the dark conditions and human movement is detected with the effective range 300 centimeters. system power requirements without load is 51 wh per day.

Keywords---solar cell, Microcontroller ATmega8535, sensor, and switch

I. PENDAHULUAN

Kekurangan energi listrik hampir terjadi di seluruh wilayah Indonesia, terutama pada saat beban puncak. Sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif dan efisiensi pemakaian energi listrik. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah cahaya matahari. Namun energi yang dihasilkan sangat tergantung pada cuaca. Untuk memanfaatkannya dibutuhkan sumber energi lain sebagai cadangan. Dari segi efisiensi pemakaian, Manusia juga sering lupa

akan pentingnya hemat energi. Salah satu contoh adalah keadaan lampu rumah yang masih menyala di siang hari, baik lampu taman maupun lampu ruangan.

Pada penelitian ini dibuat prototipe sistem dual energi dengan pengendalian beban otomatis dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengendali utama. Sistem ini akan mengatur *switch* pengisian aki secara otomatis, yaitu saat ada cahaya matahari maka pengisian aki menggunakan *solar cell*, sedangkan saat tidak ada cahaya matahari maka pengisian aki

menggunakan sumber listrik dari PLN. Sistem ini juga mengendalikan lampu dalam dan lampu luar ruangan, dimana lampu luar akan menyala saat kondisi gelap atau malam hari, sedangkan lampu dalam ruangan akan menyala saat malam hari dan ada gerakan manusia yang terdeteksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Kendali

Sistem Kendali adalah suatu sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar *output* yang dihasilkan dapat dikontrol sehingga tidak terjadi kesalahan. Dalam hal ini *output* yang dikendalikan adalah kestabilannya, ketelitian, dan kedinamisannya. Secara umum, sistem kendali dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Sistem kendali *loop* terbuka.
2. Sistem kendali *loop* tertutup.[1]

B. Mikrokontroler ATmega8535

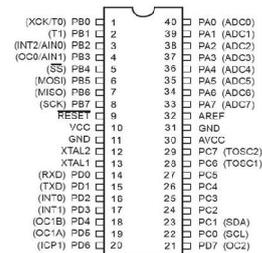
Mikrokontroler ATmega8535 adalah salah satu jenis mikrokontroler keluarga AVR yang diproduksi oleh *Atmel Corporation*. ATmega8535 merupakan mikrokontroler 8 bit dengan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*).

Fitur – fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega8535 antara lain:

- a. Lebar data 8 bit
- b. Memiliki 130 buah instruksi
- c. Dapat mencapai kecepatan 16 MIPS (*Mega Instruction Per Second*) pada frekuensi *clock* 16 MHz.
- d. Memiliki 32x8 register aplikasi umum.
- e. 8 kbyte *flash memory* untuk memori program.
- f. 512 byte EEPROM untuk memori data *nonvolatile*.
- g. 512 byte SRAM.
- h. Dua 8 bit *timer/counter*.
- i. Satu 16 bit *timer/counter*

- j. Empat saluran untuk penghasil sinyal PWM/*clock*.
- k. 8 saluran, 10 bit ADC.[2]

Susunan pin mikrokontroler ATmega8535 tipe DIP (*dual in line package*) ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gbr. 1 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega8535

C. Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan bilangan atau teks. Ada 2 tipe utama dari *display LCD*, yaitu *display numeric* (biasa digunakan pada jam dan kalkulator) dan *display teks alphanumeric* (biasa digunakan pada *photocoupler*, dan *mobile telephone*).

Liquid Crystal Display (LCD) biasa dikatakan sebagai modul penampil yang banyak digunakan karena tampilannya menarik. *LCD* yang paling banyak digunakan saat ini adalah *LCD MI632 refurbish* karena harganya cukup murah. *LCD MI632* merupakan modul *LCD* dengan tampilan 2x16 (2 baris dan 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan *LCD*.

D. Light Emitting Diode (LED)

Light Emitting Diode (LED) adalah dioda pemancar cahaya yang merupakan salah satu dari komponen optoelektronik. Optoelektronik sendiri adalah teknologi yang mengkombinasikan *optic* dan elektronik, contohnya *LED*, fotodioda, *optocoupler*. *LED* biasanya digunakan pada rangkaian digital untuk mengetahui kondisi logika pada rangkaian, apakah kondisi *High* atau *low*. [3]

E. Solar Cell

Solar Cell adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Dari modul tersebut energi listrik yang berupa tegangan 18VDC dapat dihasilkan dengan *solar cell* ini, yang berfungsi untuk men-charge aki (akumulator).

F. Akumulator

Akumulator atau sering disebut aki, adalah salah satu komponen yang dapat menyimpan energi listrik. Aki mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Pada saat aki digunakan, tiap molekul asam sulfat (H_2SO_4) pecah menjadi dua ion hidrogen yang bermuatan positif ($2H^+$) dan ion sulfat yang bermuatan negatif (SO_4^-). Tiap ion SO_4^- yang berada dekat lempeng Pb akan bersatu dengan satu atom timbal murni (Pb) menjadi timbal sulfat ($PbSO_4$) sambil melepaskan dua elektron. Sedang sepasang ion hidrogen tadi akan ditarik lempeng timbal dioksida (PbO_2), mengambil dua elektron dan bersatu dengan satu atom oksigen membentuk molekul air (H_2O).

G. Modul PIR (Passive Infra Red)

Modul **PIR** adalah modul pendeteksi gerakan yang bekerja dengan cara mendeteksi adanya perbedaan/perubahan suhu sekarang dan sebelumnya. Modul yang membutuhkan tegangan input DC 5V ini cukup efektif untuk mendeteksi gerakan hingga jarak 5 meter.



Gbr. 2 Modul PIR

Ketika tidak mendeteksi gerakan, keluaran modul adalah *LOW*. Dan ketika mendeteksi adanya gerakan, maka keluaran akan berubah

menjadi *HIGH*. Adapun lebar pulsa *HIGH* adalah $\pm 0,5$ detik.[4]

H. Sensor Cahaya

Komponen utama dari rangkaian sensor cahaya ini adalah *Light Dependent Resistor (LDR)*. *LDR* adalah salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya. *LDR* dibuat dari *Cadmium Sulfida* yang peka terhadap cahaya. *LDR* ini memiliki karakteristik bahwa bila ada cahaya yang jatuh padanya maka nilai tahanannya akan berkurang dan akan naik tahanannya apabila intensitas cahayanya berkurang.[3]

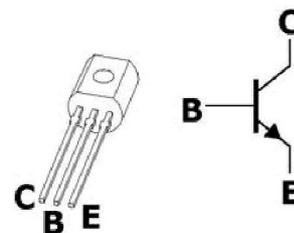
I. Relay

Relay merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan pada beberapa peralatan elektronik dan di berbagai bidang lainnya. *Relay* adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kendali dari rangkaian elektronik lain. Sebuah *relay* tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (*normally close* dan *normally open*).

1. *Normally close (NC)*: kondisi normal – saklar tertutup.
2. *Normally open (NO)*: kondisi normal – saklar terbuka.[3]

J. Transistor

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (*switching*), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya.[5]



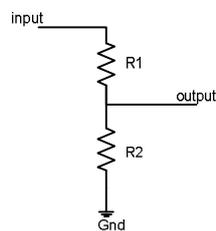
Gbr. 3 Transistor

Untuk membentuk saklar dengan transistor, transistor hanya perlu dioperasikan

pada dua keadaan, yaitu keadaan *on* dan *off*. Cara yang mudah untuk menggunakan sebuah transistor sebagai saklar adalah dengan mengoperasikan transistor pada salah satu keadaan saturasi atau *cutoff* tetapi tidak sepanjang garis beban. Jika sebuah transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar yang tertutup dari kolektor ke emitor. Pada umumnya saklar dengan transistor bipolar menggunakan konfigurasi *common emitor*.

K. Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan adalah rangkaian yang terdiri dari dua buah resistor seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4. Rangkaian pembagi tegangan berfungsi untuk mendeteksi adanya tegangan DC.[6]



Gbr. 4 Rangkaian Pembagi Tegangan

Dengan rangkaian pembagi tegangan ini tegangan keluaran adalah tegangan resistor R2 dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (1)$$

Dimana V_{out} : tegangan keluaran; V_{in} : tegangan masukan; R_1 : hambatan pertama; dan R_2 : hambatan kedua.

III. METODELOGI PENELITIAN

Berikut adalah langkah yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Perancangan blok diagram sistem
Perancangan blok diagram ini dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah realisasi sistem yang akan dibuat.
2. Implementasi rangkaian, dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- a. Memilih rangkaian dari masing-masing blok diagram.
 - b. Menentukan komponen yang digunakan dalam rangkaian.
 - c. Merangkai dan uji coba rangkaian dari masing-masing blok diagram.
 - d. Menggabungkan rangkaian dari setiap blok dalam papan percobaan (*project board*) dan dilakukan uji coba.
 - e. Membuat program dan kemudian memasukkan program (*download*) yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler.
 - f. Merangkai komponen dalam PCB.
3. Pengujian alat
Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dibuat.
 4. Analisis dan simpulan, serta pembuatan laporan.

Metode pengambilan data yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran beberapa kali untuk masing masing kondisi. Untuk mengisi tabel-tabel, dari data-data pengukuran kemudian digunakan rumus rata-rata sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Keterangan:

\bar{X} = Nilai rata – rata

X_1 = Nilai pengujian pertama

X_n = Nilai pengujian ke n

n = jumlah pengujian

Dengan membandingkan hasil pengujian dan hasil perhitungan untuk mengetahui nilai error dari pengukuran digunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \left| \frac{V_1 - V_2}{V_2} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

E = nilai *error* dalam persen

V_1 = nilai pengukuran

V_2 = nilai perhitungan

Setelah melakukan pengujian pada subsistem, maka data dari rangkaian sensor

cahaya, pembagi tegangan dari aki dan *solar cell*, dibutuhkan nilai ADC dari data pengukuran tersebut untuk membuat program. Karena menggunakan ADC 10 bit maka rumus ADC yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai ADC} = \frac{V_{out}}{V_{ref}} \times 1024$$

Keterangan :

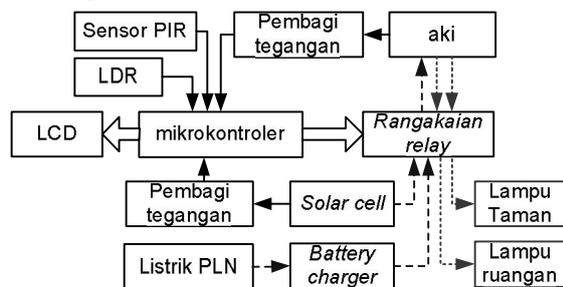
V_{out} : nilai tegangan yang terukur

V_{ref} : nilai tegangan referensi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prinsip Kerja Alat

Dalam penelitian ini dirancang sebuah prototipe alat pengendalian dua energi listrik yang digunakan pada sistem penerangan pada sebuah rumah, dimana alat ini dilengkapi dengan pengendalian secara otomatis, sehingga dapat membantu manusia dalam kehidupan sehari-hari.



Gbr. 5 Blok diagram rangkaian

Seperti yang ditunjukkan gambar 5, dalam alat ini menggunakan energi listrik yang berasal dari *solar cell* dan listrik dari PLN. Alat ini bekerja sesuai program yang diberikan dengan prioritas energi dari *solar cell*. Untuk pengendalian beban terdiri dari dua beban yang dikendalikan yakni lampu taman dan lampu ruangan. Untuk lampu taman akan menyala secara otomatis ketika kondisi gelap atau malam hari dan akan mati kembali secara otomatis ketika kondisi terang atau siang hari. Untuk lampu ruangan akan menyala secara otomatis hanya ketika kondisi luar ruangan gelap atau malam hari dan ada manusia di dalam ruangan tersebut. Apabila

kedua syarat kondisi tersebut tidak terpenuhi lampu ruangan akan mati.

B. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras merupakan cara untuk mengetahui kinerja dan kemampuan dari alat yang telah dibuat. Pengujian terlebih dahulu dilakukan pada masing-masing subsistem yakni catu daya, sensor cahaya, sensor PIR, pembagi tegangan aki, pembagi tegangan *solar cell* dan *driver relay*.

1. Pengujian Catu Daya

Catu daya yang digunakan pada rangkaian penelitian ini adalah tegangan 5 volt, 6 volt dan 12 volt. Sumber tegangan 12 volt berasal dari aki. Untuk mendapatkan tegangan 5 volt, tegangan 12 volt yang berasal dari aki diturunkan menjadi 5 volt dengan menggunakan IC *regulator 7805*. Untuk mendapatkan tegangan 6 volt tegangan 12 volt yang berasal dari aki diturunkan menjadi 6 volt menggunakan IC *regulator 7806*. Tabel 1 merupakan hasil pengukuran dengan multimeter digital protek 223.

Tabel 1. Tegangan Catu Daya

IC Regulator	V _{out} Pengukuran	V _{out} Teori
IC 7805	4,92 V	5 V
IC 7806	5,81 V	6 V

Dari hasil pengukuran tegangan keluaran IC regulator 7806 memiliki nilai 5,81 volt, sedangkan tegangan keluaran IC regulator 7805 memiliki nilai 4,92.

2. Pengujian Sensor Cahaya (LDR)

Pengujian sensor cahaya bertujuan untuk mengetahui sensor dapat berfungsi untuk mengetahui terang dan gelap. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan cahaya pada sensor *LDR* dan mengukur tegangan output dengan multimeter digital protek 223.

Hasil pengujian dan perhitungan nilai ADC yang dilakukan dapat ditunjukkan pada tabel 2.

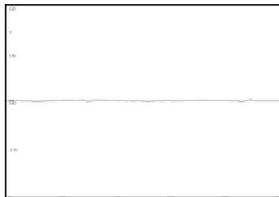
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Sensor Cahaya

Waktu	Tegangan Output (Volt)	Tegangan Referensi (Volt)	Nilai ADC
Siang	4,06	4,92	844
Malam	2,30	4,92	479

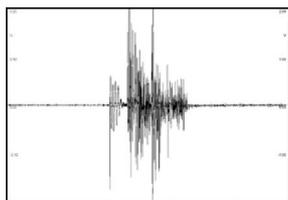
3. Pengujian Sensor *PIR Module*

Pengujian sensor *PIR Module* bertujuan untuk mengetahui sensor dapat berfungsi untuk mengetahui keberadaan manusia dalam ruangan. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan gerakan di depan sensor.

Dengan menghubungkan keluaran rangkaian sensor *PIR Module* pada osiloskop, maka didapatkan hasil pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 6 dan 7 berikut :



Gbr. 6 Sinyal keluaran *PIR Module* ketika tidak ada gerakan manusia



Gbr. 7 Sinyal keluaran *PIR Module* ketika ada gerakan manusia

Gambar 6 menunjukkan ketika tidak ada gerakan manusia di depan sensor sinyal keluaran berupa garis lurus tidak mengeluarkan tegangan, namun ketika ada gerakan yang dilakukan maka sinyal keluaran dari sensor *PIR module* terjadi gelombang seperti gambar 7 Sinyal keluaran dari sensor *PIR module* ini kemudian akan menjadi masukan ke mikrokontroler. Dengan memanfaatkan fungsi tunda yang ada pada mikrokontroler sinyal keluaran di atas dapat proses hingga keluaran dari mikrokontroler dapat ditunjukkan seperti tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Sensor *PIR Module*

Pergerakan Manusia	Logika
Tidak Ada	0
Ada	1

4. Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan pada aki

Pada penelitian ini pembagi tegangan digunakan sebagai pendeteksi tegangan aki. Untuk pengujian rangkaian pembagi tegangan dilakukan dengan mengambil pengukuran tegangan pada resistor 200k.

Tabel 4. Data Pengukuran *Output* Pembagi Tegangan pada Aki

Vin	Vout Perhitungan	Vout Pengukuran	Error (%)	Nilai ADC
12	3,38 V	3,31 V	1,96	690
12.5	3,52 V	3,48 V	1,22	724

Dari data tabel 4 ditunjukkan hubungan berbanding lurus antara tegangan aki dan *output* pembagi tegangan, semakin tinggi nilai tegangan aki, maka semakin tinggi nilai tegangan *output*.

5. Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan pada *solar cell*

Pengujian rangkaian pembagi tegangan pada *solar cell* bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian dapat berfungsi mendeteksi cahaya matahari atau tidak, dengan cara mendeteksi adanya tegangan yang keluar dari *solar cell*, sehingga perubahan tegangan yang terjadi pada *solar cell* dapat terbaca oleh mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan dengan cara menjemur atau memberikan cahaya matahari pada *solar cell* dan diukur tegangan keluarannya.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Pembagi Tegangan pada *solar cell*

Vsc	Vout Perhitungan	Vout Pengukuran	Error (%)	Nilai ADC
17	2,79	2,63	5,74	547
18	2,95	2,79	5,38	581
19	3,11	2,91	6,61	605
20	3,28	3,02	7,80	629

Dari tabel 5 ditunjukkan hubungan berbanding lurus antara tegangan Vin atau

keluaran *solar cell* dan Vout rangkaian pembagi tegangan, semakin tinggi nilai tegangan *solar cell*, maka semakin tinggi nilai tegangan keluaran rangkaian pembagi tegangan.

6. Pengujian Rangkaian *relay*

Dalam penelitian ini digunakan rangkaian *relay* sebagai pengendalian beban dan *switch* pengisian aki, *Driver relay* ini sangat diperlukan untuk menggerakkan *relay*, karena keluaran dari mikrokontroler tidak dapat menggerakkan *relay* secara langsung.

Dari pengujian didapatkan output dari ULN2004 sebesar 11,93 dan dapat menggerakkan dari keempat *relay* yang digunakan.

C. Perangkat Lunak

Setelah melakukan pengujian masing-masing subsistem, maka didapatkan data yang digunakan untuk perancangan program. Perancangan program dengan menggunakan AVR studio4 dengan bahasa C. Untuk pengendalian beban, dengan melihat data pada tabel 2 dan tabel 3 dapat dibuat listing program sebagai berikut :

```

if (t>=600)
{
PORTC&=~(1<<PC1);
PORTC&=~(1<<PC0);
}
else
{
PORTC|=(1<<PC1);
        if (s==1)
        {
PORTC|=(1<<PC0);
        plik=1;
        }
        else
        {
PORTC&=~(1<<PC0);
        }
}

```

Listing program di atas menjelaskan bahwa saat nilai ADC dari sensor cahaya lebih dari sama dengan 600 maka PC0 dan PC1 pada mikrokontroler aktif *low*, berarti lampu taman dan lampu ruangan mati. Kemudian saat nilai ADC dari sensor cahaya lebih kecil dari 600 maka PC1 aktif *high*,

yang berarti lampu taman menyala. Selanjutnya pembacaan sensor pir, ketika mendeteksi gerakan manusia maka PC1 aktif *high*, yang berarti lampu ruangan menyala dan bila tidak mendeteksi maka PC1 aktif *low*.

Untuk membuat listing program pengendali utama dengan melihat data pada Tabel 4 dan 5 maka dapat dibuat listing program sebagai berikut:

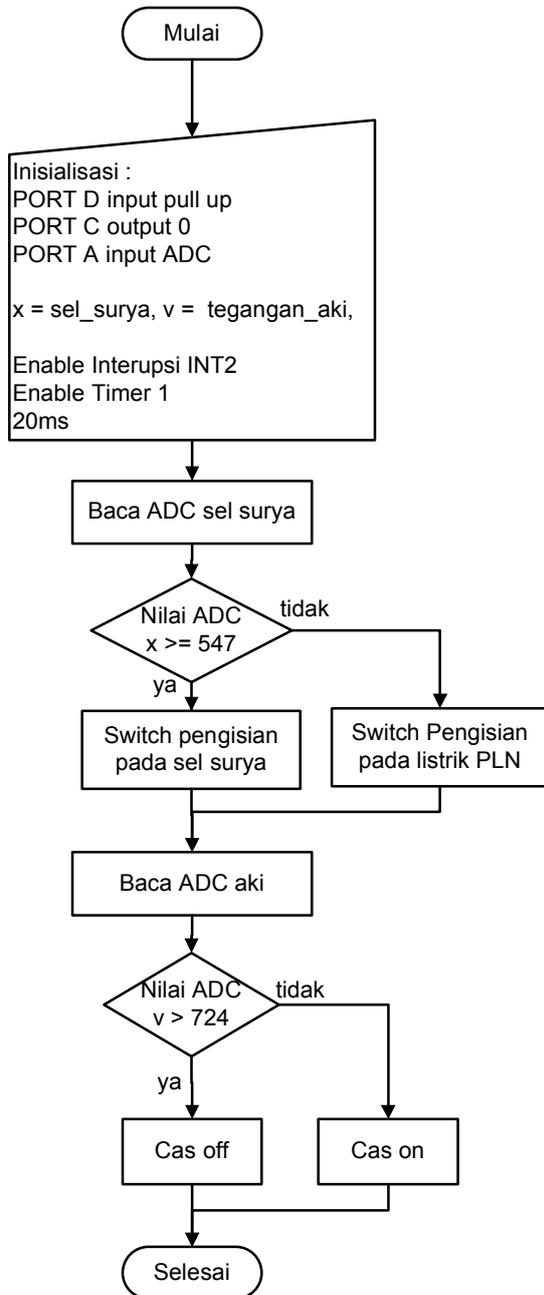
```

if (x>=547)
{
LCD_gotoxy (1, 9);
WriteString ("Surya  ");
PORTC|=(1<<PC3); //pc3 aktif high
}
else
{
LCD_gotoxy (1, 9);
WriteString ("PLN      ");
PORTC&=~(1<<PC3); //pc3 aktif low
}

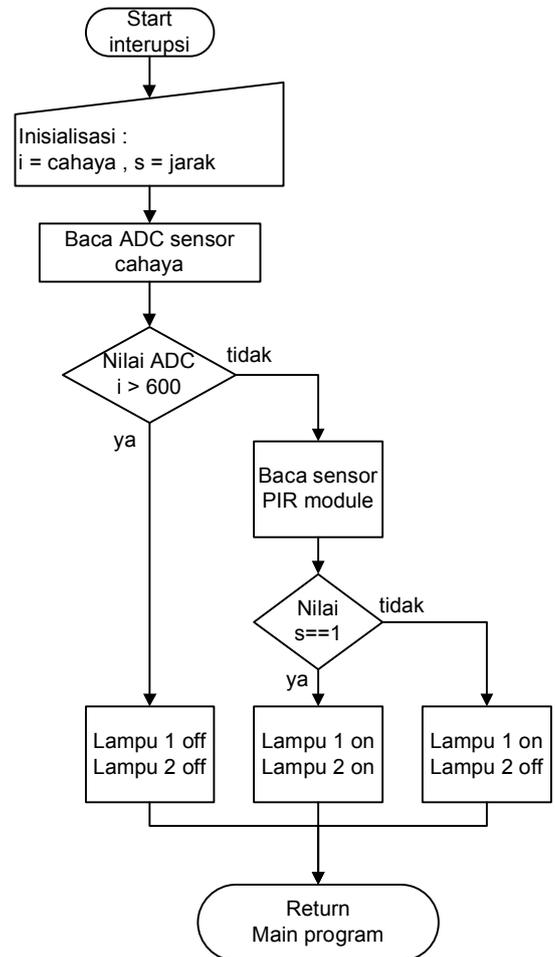
        if (v<=724) // batas pengisian)
        {
LCD_gotoxy (1, 1);
WriteString ("Cas On  ");
LCD_gotoxy (2, 1);
WriteString ("Baterai Low
");
PORTC|=(1<<PC2);
for(w=0; w<tunda_cas; w++)
_delay_ms(10000);
}
else
{
LCD_gotoxy (2, 1);
WriteString ("Baterai Full
");
_delay_ms(100);}

```

Dari listing program dijelaskan bahwa ketika nilai ADC dari keluaran *solar cell* lebih besar sama dengan 547 maka PC3 aktif *high*, yang berarti *switch* menghubungkan pengisian pada *solar cell*. Apabila nilai ADC lebih kecil maka PC3 aktif *low*, yang berarti *switch* pengisian pada listrik PLN. Kemudian program melanjutkan pada pembacaan pada nilai ADC keluaran aki, yaitu saat nilai ADC lebih besar sama dengan dari 724 maka PC2 aktif *high*, yang berarti sistem melakukan pengisian aki dan saat nilai ADC lebih kecil dari 919 maka PC2 aktif *low*, dan sistem tidak melakukan pengisian aki.



Gbr. 8 Flowchart main Program Pengendali Dual Energi



Gbr. 9 Siklus Interupsi

Dari *flowchart* dapat dijelaskan bahwa dalam program pengendali dual energi ini memiliki dua siklus program, yaitu program utama yang ditunjukkan gambar 8 dan siklus interupsi yang ditunjukkan gambar 9. Program utama berfungsi untuk mengendalikan pengisian aki dan siklus interupsi digunakan untuk pengendalian beban. Pada saat menjalankan program utama setiap 20 ms menjalankan siklus interupsi. Dengan cara ini program utama tidak mengganggu program pengendalian beban begitu juga sebaliknya. Maksudnya adalah ketika terjadi proses pengisian aki, ketika sensor *LDR* dan *PIR module* mendapatkan masukan, maka akan langsung merespon untuk menyalakan atau untuk mematikan lampu tanpa mengganggu proses pengisian. Sebenarnya prosesnya berjalan secara bergantian, namun karena waktunya sangat

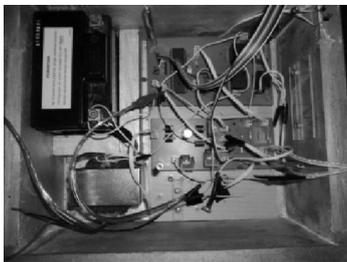
singkat seolah-olah mikrokontroler dapat menjalankan dua program secara bersamaan.

D. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian seluruh sistem dilakukan setelah melakukan pengujian terhadap subsistem, subsistem digabungkan menjadi rangkaian yang lengkap, dan selanjutnya mikrokontroler diberikan program. gambar 10 dan 11 yang merupakan gambar desain keseluruhan dari alat yang telah dibuat :



Gbr. 10 Pengendali Dual Energi



Gbr. 11 Pengendali Dual Energi dari Dalam

Pengujian rangkaian secara keseluruhan dilakukan dengan cara melihat *switch* pada *relay* dan melakukan pengukuran arus yang mengalir ketika proses pengisian aki dengan menggunakan multimeter digital protek 223, ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sistem Pengendali Utama

Kondisi cahaya matahari	<i>switch</i>	Arus Pengisian (Amper)	Arus sistem (Amper)
Ada	<i>Solar cell</i>	0,12	0,17
Tidak ada	PLN	0,41	0,17

Dari arus pengisian aki pada tabel 6 dapat dihitung daya yang dihasilkan saat pengisian aki dalam sehari adalah sebagai berikut :

$$P_{\text{surya}} = I \times V \times 8 \text{ jam}$$

$$= 0,12 \times 12,5 \times 8$$

$$= 11,5 \text{ wh}$$

Sedangkan daya yang dibutuhkan sistem dalam sehari adalah :

$$P_{\text{SIS}} = I \times V \times 24 \text{ jam}$$

$$= 0,17 \times 12,5 \times 24$$

$$= 51 \text{ wh}$$

Dari perhitungan penggunaan daya tersebut diatas dapat terlihat bahwa dengan sistem melakukan pengisian aki selama sehari dengan *solar cell* 3 wp memiliki nilai 11,5 wh sedangkan penggunaan daya sistem tanpa adanya beban sebesar 51 wh, sehingga untuk *solar cell* 3 wp tidak dapat memenuhi kebutuhan sistem.

Selain melakukan pengukuran terhadap arus pengisian aki, juga dilakukan pengujian simulasi pengendalian beban dengan hasil ditunjukkan dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengendalian Beban

LDR	PIR	Lampu 1	Lampu 2
dibuka (terang)	Ada	mati	Mati
	Tak ada	mati	Mati
ditutup (gelap)	Ada	hidup	hidup
	Tak ada	hidup	mati

Tabel 7 menunjukkan kapan lampu 1 dan lampu 2 akan menyala, kedua lampu akan menyala saat ada gerakan dan kondisi gelap.

Untuk mengetahui respon beban terhadap sensor *PIR* dilakukan pengujian dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Pengujian Respon Beban

Jarak (cm)	Respon lampu 2	Keterangan
50	Hidup	Sangat cepat
100	Hidup	Sangat cepat
150	Hidup	Sangat cepat
200	Hidup	Sangat cepat
250	Hidup	Cepat
300	Hidup	Cepat
350	Hidup	Lambat
400	mati	Tidak merespon
450	mati	Tidak merespon
500	mati	Tidak merespon

Tabel 8. menunjukkan respon lampu 2 atau lampu dalam ruangan terhadap gerakan

manusia yang dideteksi dengan sensor *PIR*. Dari tabel menunjukkan semakin jauh jarak adanya gerakan, semakin lambat respon yang diberikan lampu 2, bahkan tidak merespon ketika mulai jarak 400 centimeter.

E. Pembahasan

Dari hasil pengukuran catu daya tegangan hasil pengukuran ternyata sedikit lebih rendah dari nilai tegangan yang diharapkan, yakni 5,81 volt dan 4,92 volt. Hal ini terjadi karena adanya rugi-rugi pada rangkaian dibuat. Namun penurunan tidak terlalu signifikan dan rangkaian masih dapat bekerja dengan baik.

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan cara menggabungkan semua subsistem-subsistem dari alat yang telah dibuat dan memberikan program dalam mikrokontroler. Ketika subsistem digabungkan, ada masalah yang muncul yaitu untuk *output* pembagi tegangan pada aki nilainya sangat menyimpang jauh dari nilai yang diharapkan. Walaupun ketika saat kondisi terpisah, pembagi tegangan pada aki dapat mendeteksi perubahan tegangan dengan baik, namun saat dihubungkan dengan pin mikrokontroler pembagi tegangan pada aki tidak dapat berfungsi dengan baik. Dengan demikian rangkaian ini tidak memungkinkan untuk mengetahui kapan aki penuh atau tidak.

Kemudian untuk pembagi tegangan pada *solar cell*, nilai saat dihubungkan dengan pin mikrokontroler masih dapat digunakan untuk mendeteksi adanya cahaya matahari atau tidak. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 6. yang menunjukkan bahwa *switch* antara pengisian dengan *solar cell* dan listrik dari PLN dapat berfungsi dengan baik. Ketika ada cahaya matahari maka *switch* pada *solar cell* dengan arus pengisian aki sebesar 0,12 A dan ketika tidak ada cahaya matahari *switch* otomatis akan menggunakan listrik dari PLN dengan arus pengisian sebesar 0,41 A.

Dari perhitungan penggunaan daya dalam sehari menunjukkan bahwa dengan sistem melakukan pengisian aki selama sehari

dengan *solar cell* 3 wp memiliki nilai 11,5 wh tidak dapat memenuhi penggunaan daya sistem dengan nilai 51 wh. Dengan demikian walaupun alat ini dapat melakukan pergantian *switch* pengisian aki dengan baik, namun sistem ini tidak dapat mendeteksi aki telah penuh atau belum dan tidak dapat berjalan secara efisien karena kapasitas *solar cell* yang tidak memenuhi kebutuhan daya sistem.

Untuk memenuhi kebutuhan daya sistem dibutuhkan *solar cell* dengan kapasitas lebih besar. Dari perbandingan antara nilai 11,5 wh dan daya sistem 51 wh, maka *solar cell* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan daya sistem tanpa beban harus lebih besar 5 kali dari yang sudah ada yaitu 5 x 3 wp atau 15 wp. Apabila mengacu pada perhitungan *solar cell* 3 wp menghasilkan 11,5 wh, *solar cell* 15 wp akan menghasilkan 57,5 wh, sehingga akan mampu memenuhi kebutuhan daya sistem dengan nilai 51 wh tanpa adanya beban.

Untuk mendapatkan sistem yang efisien dengan ada beban, dimisalkan diberi 2 lampu 20 watt dapat dicari kapasitas panel surya yang harus digunakan. Dengan sistem pengendalian beban lampu 1 (lampu luar) menyala 12 jam dan lampu 2 (lampu dalam) menyala 2 jam dalam sehari daya yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{beban 1}} &= 20 \times (12 + 2) \\ &= 20 \times 14 \\ &= 280 \text{ wh} \end{aligned}$$

Sehingga daya penggunaan sistem dan beban sebesar $(51 + 280) = 331 \text{ wh}$

Untuk memenuhi kebutuhan daya tersebut, maka *solar cell* yang harus digunakan memiliki kapasitas lebih dari 30 kali lipat dari *solar cell* 3 wp, dimana *solar cell* yang mudah didapatkan adalah 100 wp. Sedangkan aki yang digunakan harus dapat menampung daya beban dan sistem yaitu 331 wh, yaitu sekitar 30 Ah. Dengan mengasumsikan kapasitas aki harus dua kali lebih besar dari daya tampung agar saat penggunaan beban aki tidak benar-benar habis, maka aki yang direkomendasikan adalah aki 60 Ah.

Apabila tidak menggunakan pengendalian beban lampu 1 dan lampu 2 akan menyala 12 jam dalam sehari daya yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{beban 2}} &= 20 \times (12 + 12) \\ &= 20 \times 24 \\ &= 480 \text{ wh} \end{aligned}$$

Dari perhitungan dapat dilihat penghematan daya ketika menggunakan pengendalian beban. Dengan penghematan sebesar 200 wh, maka penghematannya dapat menutupi kebutuhan daya sistem yang sebesar 51 wh.

Untuk pengendalian beban dari sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Tabel 7 menunjukkan bahwa lampu luar ruangan hanya dipengaruhi dari sensor *LDR*, yaitu ketika terang atau siang hari maka lampu akan mati dan ketika gelap atau malam hari lampu akan hidup. Lampu dalam ruangan dipengaruhi dari sensor *LDR* dan *PIR*, Lampu hanya akan menyala ketika *LDR* ditutup atau gelap dan ada gerakan dalam ruangan yang terdeteksi oleh sensor *PIR module*. Tabel 8. menunjukkan respon lampu 2 atau lampu dalam ruangan terhadap gerakan manusia yang dideteksi dengan sensor *PIR*. Dari tabel dapat diketahui bahwa ketika di depan sensor *PIR* diberi gerakan dengan jarak 0 – 200 cm maka lampu akan merespon langsung menyala dengan sangat cepat. Ketika jarak mencapai 250 cm maka respon lampu berkurang kecepatan responnya, ketika jarak 350 cm responnya semakin lambat, dan lampu tidak merespon adanya perubahan gerakan ketika jarak 400 cm. Dengan demikian jarak yang dapat dibaca sensor *PIR* dalam penelitian ini adalah 350 centimeter, namun jarak efektif yang dapat dibaca sensor *PIR* adalah 300 centimeter.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model sistem dual energi ini dapat melakukan perpindahan *switch* pengisian aki secara otomatis ketika ada sinar matahari maka pengisian aki menggunakan *solar cell*, dengan arus pengisian sebesar 0,12 A, sedangkan ketika tidak ada sinar matahari pengisian aki menggunakan listrik PLN, dengan arus pengisian sebesar 0,41A .
2. Daya yang dibutuhkan sistem tanpa adanya beban, yaitu rangkaian mikrokontroler, LCD, rangkaian *relay* dan rangkaian sensor, dalam sehari sebesar 51 wh.
3. Lampu luar ruangan akan menyala secara otomatis ketika sensor *LDR* mendeteksi kondisi gelap, sedangkan lampu dalam ruangan akan menyala ketika sensor *LDR* mendeteksi kondisi gelap dan sensor *PIR* mendeteksi adanya gerakan di depannya.
4. Sensor *PIR* dapat membaca adanya gerakan manusia dalam ruangan dengan jarak efektif 300 centimeter.

B. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan kapasitas aki dan solar cell yang lebih besar direkomendasikan solar cell 100 wp dan aki 60 Ah, sehingga nantinya dapat diaplikasikan secara langsung pada sebuah rumah sesungguhnya.
2. Diperlukan rangkaian lain untuk mendeteksi apakah kondisi aki penuh atau tidak, dengan menggunakan pembagi tegangan yang langsung terhubung dengan mikrokontroler, nilai perubahan tegangan tidak dapat terdeteksi.

REFERENSI

- [1] Sulistiyanti, S.R. dan F.X.A. Setyawan. 2006. *Dasar Sistem Kendali*. Universitas Lampung : Bandar Lampung.
- [2] Wardhana, L. 2006. *Mikrokontroler AVR Seri ATMEGA8535*. Andi Offset: Yogyakarta.
- [3] Ma'ruf, A. 2011. *Rancang Bangun Prototipe Sistem Pemilahan Produk Kemasan Kotak Tiga Dimensi Berbasis Mikrokontroler Atmega8*. Laporan Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [4] <http://e-belajarelektronika.com/sensor-gerak-pir-passive-infra-red>, publikasi tanggal 23 Juli 2012, akses tanggal 16 Juni 2013.
- [5] Malvino, A.P. 1995. *Prinsip-prinsip Elektronik*. Erlangga: Jakarta.
- [6] <http://instrumentasi.lecture.ub.ac.id/rangkaian-pembagi-tegangan>, publikasi tanggal 17 Januari 2013, akses tanggal 25 Mei 2013.