

Sistem Manajemen Daya Listrik Surya pada Gedung Berbasis Arduino

M.Darianzhah Putra^{#1}, Ira Devi Sara^{#2}, Syukriyadin^{#3}

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Indonesia

darian.elektro@gmail.com

ira.d.sara@unsyiah.ac.id

syukriyadin@unsyiah.ac.id

Abstrak— Energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak selalu mencukupi kebutuhan energi beban yang harus dilayani dan dilain waktu energi yang dihasilkan berlebih. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dirancang suatu sistem manajemen daya listrik pada gedung yang dipasang panel surya sebagai penyuplai daya. Pada penelitian ini ada 3 gedung dengan kapasitas daya listrik surya yang dihasilkan sama, setiap gedung dirancang memiliki perangkat 2 baterai dan sensor tegangan disetiap gedung serta kontroller yang sama. Pengujian dilakukan pada prototipe sistem yang telah dirancang, serta memakai bahasa pemrograman C yang diinputkan kedalam mikrokontroller arduino. Skenario pengaturan daya dari dan ke gedung dilakukan dengan bantuan 6 relai dan mikrokontroller arduino. Gedung yang mengalami defisit diberi status *low* dan ditandai dengan kondisi tegangan baterai mencapai 85% dari tegangan nominal baterai. Gedung yang memiliki surplus daya ditandai dengan status *high* dan kondisi tegangan baterai diatas 90%. Kekurangan energinya akan disuplai oleh satu baterai dari salah satu gedung yang lain yang memiliki energi surplus paling tinggi. Dengan adanya penelitian ini dapat menjamin kekontinuitas suplai daya listrik pada gedung dan mengontrol penyaluran daya listrik antar gedung.

Kata Kunci— Modul Surya, Manajemen Energi, Daya listrik, Sensor Tegangan, Mikrokontroller Arduino.

I. PENDAHULUAN

Untuk pemenuhan energi listrik saat ini sudah banyak dimanfaatkan panel surya sebagai sumber energi utama. Energi yang dihasilkan oleh sistem panel surya ini bebas dari energi karbondioksida dan sangat tergantung dari intensitas cahaya matahari. Ada saatnya energi yang dihasilkan oleh panel surya kurang maksimal sehingga tidak cukup untuk memenuhi semua kebutuhan yang tersambung dan dilain waktu energi yang dihasilkan dapat berlebih. Kondisi fluktuasi ini membuat panel surya kurang handal sebagai penyuplai energi listrik. Untuk mengatasi kondisi ini dan meningkatkan kehandalan sistem panel surya maka diperlukan sistem pengaturan beban dan daya panel surya.

Perancangan sistem manajemen daya listrik pada gedung ditujukan untuk mengontrol dan memantau penggunaan daya pada tiap gedung. Kekurangan energi pada gedung tersebut akan disuplai oleh gedung yang lain dan sebaliknya. Dalam

penelitian ini dirancang suatu sistem manajemen daya listrik pada gedung, yang mana pada gedung tersebut dipasang panel surya sebagai penyuplai utama energi listrik. Sistem ini bekerja untuk saling mengsupport kebutuhan beban dan daya listrik antar gedung tersebut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka ruang lingkup dari penelitian ini akan membahas mengenai sistem manajemen kebutuhan dan penggunaan daya listrik pada gedung. Merancang ataupun membangun suatu sistem yang mampu untuk mengeksport impor energi antar gedung disaat ada surplus energi yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem manajemen daya listrik pada gedung ini memanfaatkan arduino sebagai kontrollernya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem manajemen daya listrik antar gedung yang disuplai oleh sistem tenaga surya. Sistem manajemen daya listrik ini menjamin kekontinuitas suplai daya listrik pada gedung dan mengontrol penyaluran daya listrik ke gedung.

II. DASAR TEORI

A. Manajemen Daya Listrik pada Sistem Tenaga Surya

Pemanfaatan energi surya telah banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik, akan tetapi daya yang dihasilkan oleh panel surya selalu berubah-ubah, oleh karena itu diperlukan suatu manajemen energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sehingga bisa memenuhi kebutuhan beban yang tersambung.

Manajemen energi listrik adalah pengendalian penggunaan energi listrik atau bentuk lain dengan mengurangi atau mengoptimalkan jumlah pemakaian dan tingkat penggunaan (permintaan) energi tersebut, Sehingga bisa untuk meningkatkan efektifitas pemakaian energi serta energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan secara optimal.

Kontrol energi merupakan pengurangan didalam jumlah keseluruhan penggunaan kWh maupun kVA. Kontrol energi yang paling sering dilakukan dengan metodologi kontrol permintaan dan kontrol parameter interaktif menentukan tingkat pengeluaran adalah pendekatan yang paling umum untuk mengendalikan energi.

Prinsip dasar dari kontrol permintaan energi yaitu menentukan diwaktu yang mana dalam suatu waktu terjadinya beban puncak dan kemudian menentukan beban yang mana

yang digunakan dan tidak digunakan pada saat itu[10]. Berikut prinsip-prinsip dasar manajemen energi:

1) Perencanaan (Planning):

Merupakan langkah awal untuk menentukan/membuat tujuan dalam sistem manajemen energi. Perencanaan diikuti dengan berbagai kegiatan sebagai upaya untuk mewujudkan tujuan yang telah direncanakan. Dalam sistem manajemen energi perencanaan sangat penting karena merupakan hal dasar untuk pengolahan energi. Perencanaan meliputi berbagai bidang mulai dari pengolahan energi primer, pemanfaatan energi, hingga pengelolaan energi tersebut. Pada penelitian ini, perencanaan terdiri dari antara lain pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh panel surya yang terpasang pada gedung serta juga pengelolaan energi yang akan digunakan pada gedung tersebut.

2) Pengorganisasian (Organizing):

Pengorganisasian adalah suatu kegiatan pengaturan dalam sistem manajemen energi. Dalam upaya pengaturan energi bertujuan untuk penghematan energi, karena dengan adanya pengaturan maka dapat diketahui energi yang dibutuhkan dan energi yang tidak dibutuhkan sehingga energi yang dihasilkan tidak terbuang sia-sia.

3) Pengarahan (Directing):

Pengarahan adalah suatu kegiatan menata atau mengelola energi yang dihasilkan oleh panel surya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi energi yang akan digunakan. Dengan adanya pengarahannya maka energi dapat dikelola dengan baik sehingga energi bermanfaat dengan semestinya.

4) Pengendalian (Controlling):

Pengendalian adalah suatu kegiatan untuk mengatur pemakaian energi yang ada, dengan adanya pengendalian maka dapat termonitoring pemakaiannya. Bentuk pengendalian energi seperti pembatasan penggunaan energi pada peralatan listrik tertentu, sehingga energi yang ada dapat dipergunakan sesuai kebutuhan pada gedung tersebut. Pada prototipe yang telah dirancang, masing-masing gedung dipasang sensor tegangan pada baterai yang ada pada gedung tersebut serta pengendalian energi antar gedung dikendalikan oleh relai yang terhubung ke mikrokontroler arduino.

B. Sensor Tegangan

Sensor tegangan salah satu jenis sensor yang berfungsi untuk mengukur tegangan listrik. Sensor ini didasarkan pada prinsip tekanan resistensi dan dapat membuat tegangan input dari terminal mengurangi 5 kali dari tegangan asli.



Gambar 1 sensor tegangan[8]

Gambar diatas merupakan gambar dari sensor tegangan yang dipasang pada masing-masing gedung guna didapatkan hasil pembacaan dari sensor yang akan dianalisa oleh arduino.

C. Arduino

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler. Mikrokontroler itu

sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Bahasa pemrograman yang digunakan pada mikrokontroler yaitu bahasa pemrograman C. Arduino menggunakan ATMEGA sebagai mikrokontrolernya yang memiliki pin I/O dan pin *input* analog. Oleh karena arduino memiliki komponen utamanya mikrokontroler, maka arduino dapat diprogram sesuai kebutuhan yang diinginkan[5].



Gambar 2 Arduino UNO[6]

Pada tahap ini arduino diprogram agar dapat mengontrol maupun memanajemen kebutuhan dan keperluan daya pada gedung sehingga tiap-tiap gedung bisa saling membantu pasokan daya apabila ada salah satu gedung yang mengalami kekurangan daya dengan cara mengambil surplus daya dari gedung lainnya.

D. Sistem Mikroprosesor

Mikroprosesor merupakan sebuah IC yang berisi elemen-elemen logic untuk melakukan manipulasi data dan membuat keputusan (IEEE, 1994). Sistem mikroprosesor adalah sebuah sistem yang dibangun untuk membantu kinerja prosesor agar dapat bekerja dengan baik. Mikroprosesor dapat dimasukkan (download) kedalamnya *source code* yang telah kita buat sehingga dapat membuat keputusan atas apa yang dikontrol dengan mikroprosesor[7].

Sistem mikrokontroler merupakan sebuah sistem yang terdapat didalamnya RAM, *clock*, I/O, ROM dan dipaketkan dalam satu *chip*. Untuk dapat bekerja sebuah mikrokontroler harus diberi tegangan. Ketika bekerja mikrokontroler bekerja berdasarkan *clock* dan memberikan perintah untuk mengontrol. Terdapat berbagai macam mikrokontroler yang dibedakan berdasarkan arsitektur yang dimasukkan dalam mikrokontroler tersebut[7].

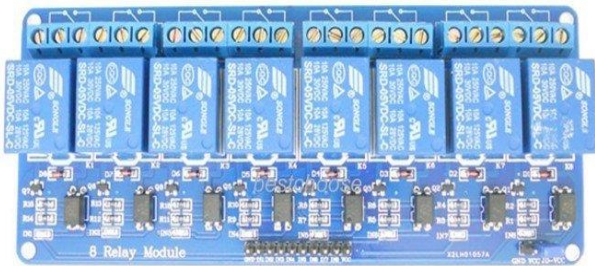
E. Relai

Relai merupakan saklar elektronik yang dapat dioperasikan sebagai pembuka dan penutup rangkaian yang dapat dihubungkan arduino. Relai tersusun atas umpan, pegas, saklar dan 2 buah kontak elektronik (*normally close* dan *normally open*).

- *Normally Close* (NC), yaitu kondisi dimana saklar dalam kondisi tertutup.
- *Normally Open* (NO), yaitu kondisi dimana saklar dalam kondisi terbuka.

Prinsip kerja relai pada dasarnya bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Kumparan akan diberikan tegangan kerja relai yang akan

menimbulkan medan magnet pada kumparan yang disebabkan oleh arus yang mengalir pada lilitan kawat[9].



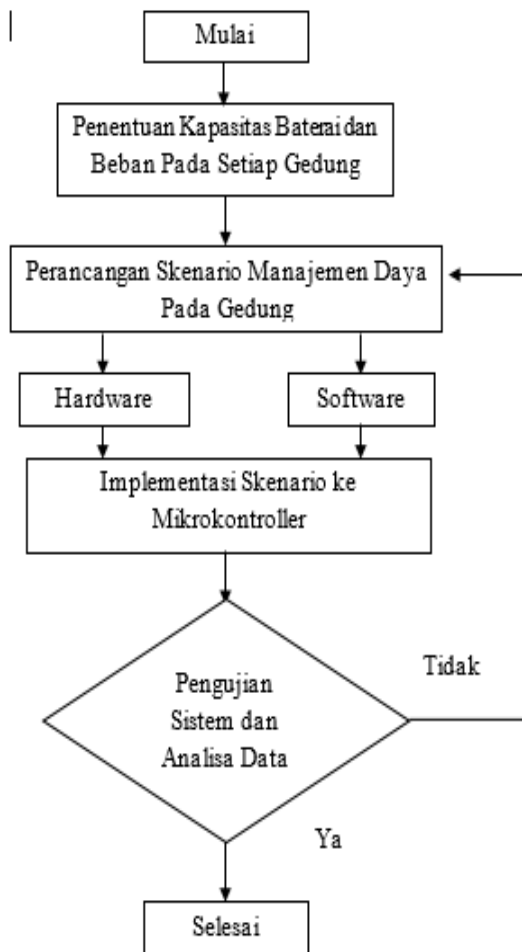
Gambar 3 Relai[9]

Gambar diatas yaitu gambar relai dengan 8 channel yang digunakan pada penelitian ini, fungsi relai disini sebagai saklar elektronik yang kontrol oleh arduino untuk proses ekspor impor daya listrik antar gedung.

5) METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Tahapan – tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Tahapan Penelitian Tugas Akhir

B. Penentuan Kapasitas Baterai dan Beban pada Setiap Gedung

Tahapan ini merupakan tahap untuk menentukan besar kapasitas baterai dan jumlah beban yang akan digunakan pada setiap gedung. Pada pembuatan prototipe manajemen daya

listrik pada gedung ini, kapasitas baterai dan beban yang digunakan diasumsikan sama pada kesemua gedung.

C. Perancangan Skenario Manajemen Daya Pada Gedung

Pada tahap ini, dilakukan perancangan dan simulasi menggunakan software simulator untuk meminimalisasi kerusakan pada alat atau komponen yang digunakan apabila ada kesalahan pada rancangan. Tahapan ini akan digunakan sebagai langkah awal untuk pengambilan data karena akan dijadikan panduan untuk tahap selanjutnya. Tahapan perancangan skenario meliputi dari perancangan *Hardware* dan *Software*.

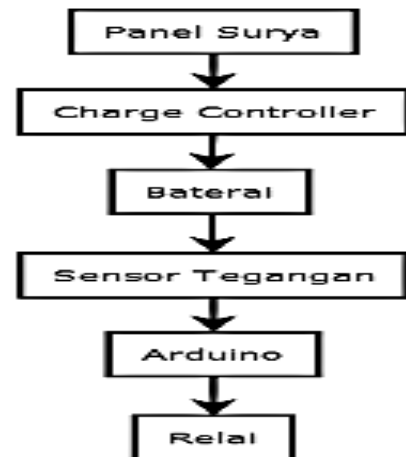
D. Implementasi Skenario ke Mikrokontroler

Yaitu tahapan dimana skenario yang sebelumnya dirancang diimplementasikan kedalam sistem mikrokontroler arduino. Perancangan *software* yang sebelumnya telah dilakukan akan digunakan pada prototipe untuk proses manajemen daya listrik antar gedung.

E. Perancangan Sistem

Pembuatan sistem terdiri dari konsep hardware dan software yang akan digunakan pada perancangan sistem manajemen daya listrik surya pada gedung.

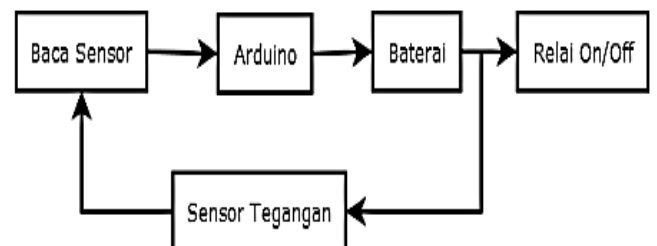
1) Konsep Hardware:



Gambar 5 Perancangan Konsep Hardware

Merupakan proses rancangan alat yang akan digunakan pada penelitian yang terdiri dari panel surya, *charger controller*, baterai, sensor tegangan, arduino dan relai.

2) Konsep Software



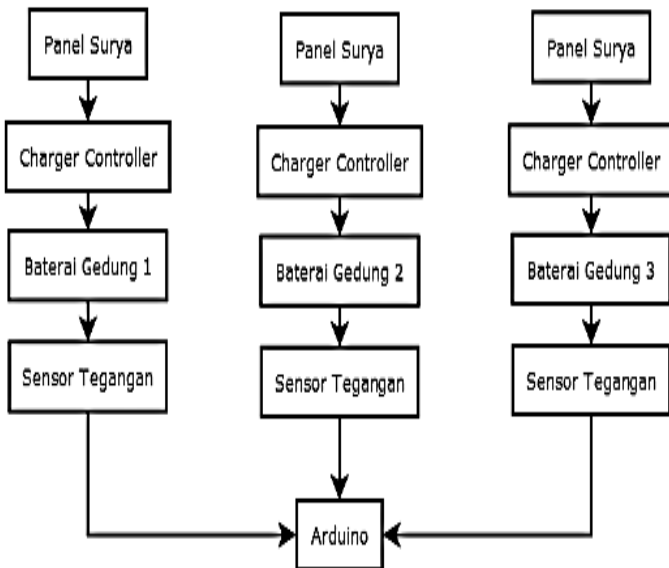
Gambar 6 Skema Sistem Software

Gambar 6 diatas merupakan proses menentukan atau membuat program pada arduino untuk selanjutnya arduino memproses atau mengolah data yang masuk dari sensor-sensor yang telah dirancang sebelumnya. Terlihat alur atau proses pembacaan sensor tegangan yang selanjutnya dikirim ke

arduino sehingga arduino akan memberi perintah relai untuk on/off.

F. Pengujian Sistem

Pada tahap ini pengujian dilakukan terhadap prototipe yang telah dirancang sebelumnya guna untuk melihat apakah sistem sudah berjalan dengan benar seperti yang diharapkan sesuai fungsinya masing-masing.



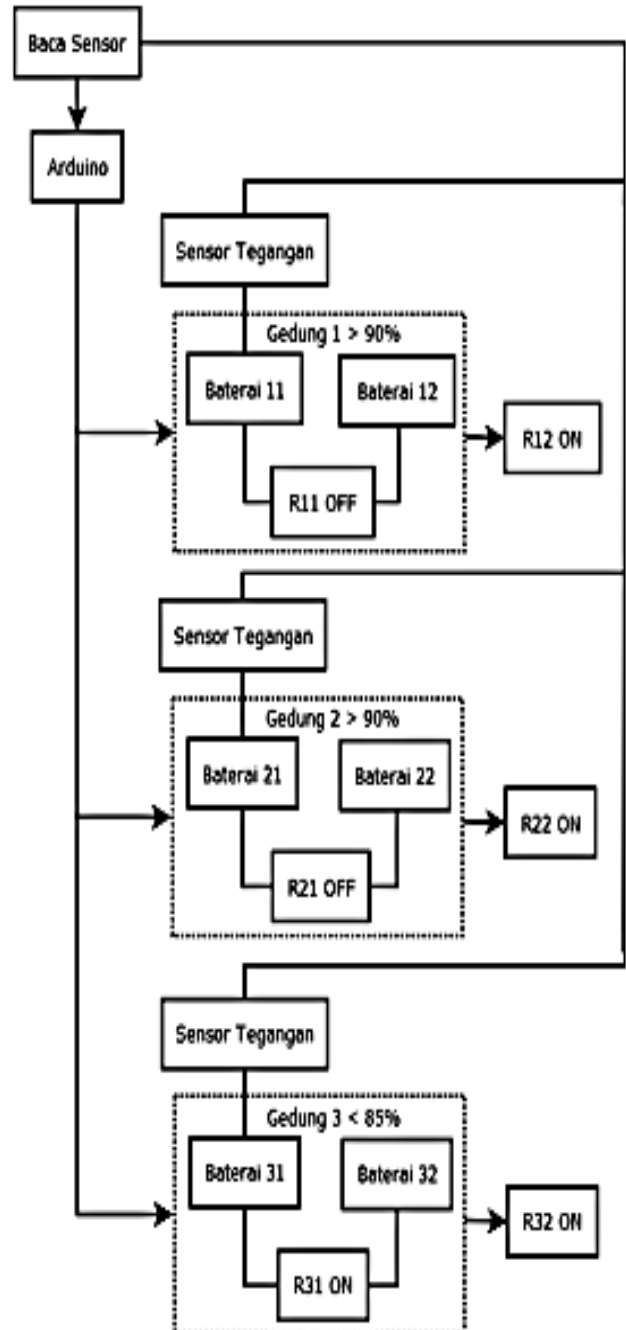
Gambar 7 Blok Diagram Hubungan Antar Gedung

Gambar 7 diatas merupakan skema ketiga gedung yang saling terkoneksi yang dikontrol oleh arduino.

TABEL I
PROSEDUR PENGUJIAN SISTEM

No	Nama	Kondisi Pengujian	Hasil Pengujian
1	Kondisi awal	Semua gedung tercukupi daya listrik	Semua relai Off
Kondisi salah satu gedung atau dua gedung mengalami kekurangan daya			
2	Gedung A	> 90 %	RG11 Off, RG12 On
		< 85 %	RG11 On, RG12 On
3	Gedung B	> 90 %	RG21 Off, RG22 On
		< 85 %	RG21 On, RG22 On
4	Gedung C	> 90 %	RG31 Off, RG32 On
		< 85 %	RG31 On, RG32 On

Tabel I diatas menunjukkan prosedur pengujian sistem yang akan dilakukan pada semua gedung dengan kondisi awal semua gedung tercukupi energi listriknya.



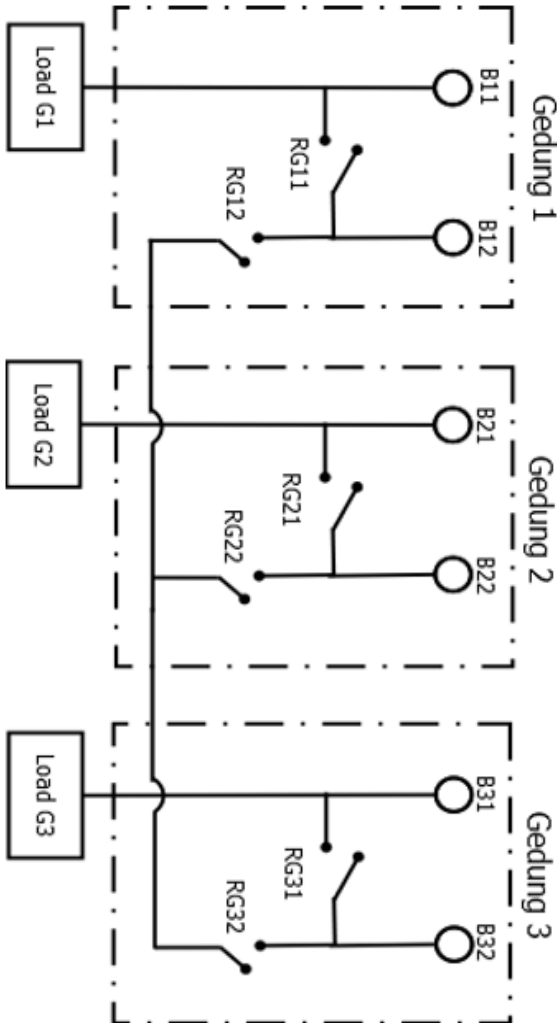
Gambar 8 Flowchart Logika Program

Gambar 8 diatas merupakan flowchart yang akan digunakan pada pengujian sistem yang dirancang, gambar tersebut menjelaskan proses pada salah kondisi gedung yaitu pada saat kondisi gedung 1 high, gedung 2 high dan gedung 3 low. Terlihat pada saat kondisi gedung 1 dan gedung 2 high, maka relai gedung 11 dan relai gedung 21 yang terhubung antara kedua baterai pada kedua gedung tersebut terputus oleh karena baterai 2 yang ada pada gedung tersebut akan melakukan proses pengiriman surplus energi untuk gedung 3 (relai gedung 31, relai gedung 12, relai gedung 22 dan relai gedung 32) dalam kondisi terhubung (ON). Sebelum proses pengiriman daya dilakukan, sistem terlebih dulu mengecek gedung mana yang memiliki surplus daya lebih besar, dikarenakan gedung yang memiliki daya yang lebih besar akan terlebih dahulu menyalurkan daya untuk gedung yang kekurangan daya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

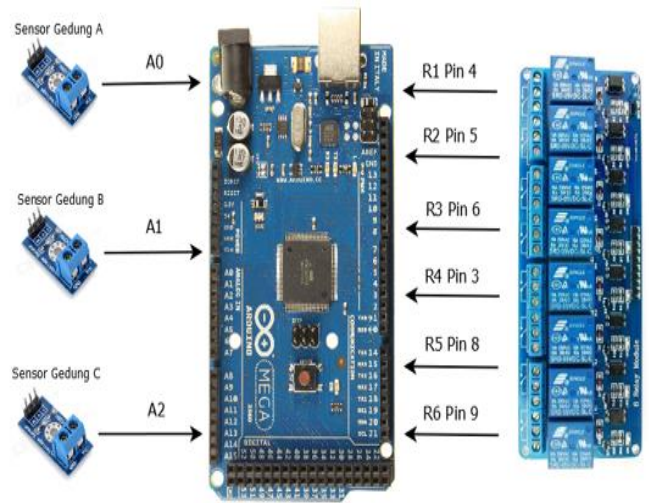
A. Rancangan Sistem

Adapun rancangan sistem pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar 10 dibawah ini:



Gambar 9 Rancangan Sistem Secara Keseluruhan

Gambar 9 diatas merupakan skema rancangan sistem secara keseluruhan yang akan diimplementasikan pada penelitian ini. Terlihat ada 3 gedung yang masing masing terpasang 2 baterai untuk melayani beban lokal pada gedung tersebut serta untuk membantu *backup* daya listrik untuk gedung lainnya. Untuk proses *backup* energi listrik, pada setiap gedung digunakan 2 relai yang saling terhubung antara baterai dan juga terhubung antara gedung lainnya. Relai 1 pada setiap gedung terhubung antara kedua baterai yang ada ada gedung tersebut, sedangkan relai 2 terhubung antara gedung lainnya. Pada saat proses *backup* daya listrik antar gedung hanya akan dilayani oleh satu baterai pada setiap gedung, sedangkan baterai yang satu lagi tetap melayani beban pada gedung tersebut sehingga beban pada semua gedung tetap terlayani.



Gambar 10 Rangkaian Pengendali Sistem

Rangkaian pengendali sistem seperti pada Gambar 10 diatas merupakan rangkaian yang akan digunakan pada pengujian prototipe. Terlihat sistem pengendali terdiri dari sensor dan juga relai yang terhubung dengan arduino. Sensor tegangan dipasang pada semua gedung sebagai parameter untuk mengetahui kebutuhan dan pemakaian energi listrik pada gedung tersebut. Hasil pembacaan sensor menunjukkan apakah salah satu dari gedung tersebut ada yang mengalami kekurangan daya atau tidak, jika ada maka arduino akan menghidupkan relai yang terhubung antara gedung yang kekurangan daya dengan gedung yang akan mentransfer daya.

B. Prototipe Sistem Manajemen Daya Listrik



Gambar 11 Prototipe Sistem Yang Dirancang

Gambar 11 diatas menunjukkan keseluruhan sistem prototipe sistem manajemen daya listrik antar gedung yang telah dirancang. Sensor tegangan yang dipasang pada baterai tiap gedung sebagai pembaca nilai pemakaian energi listrik pada tiap-tiap gedung, baterai yang digunakan pada setiap gedung telah diasumsikan sebagai daya listrik yang masuk dari panel surya dengan asumsi gedung 1, gedung 2, dan gedung 3, serta relai sebagai *switching* untuk transfer daya antar gedung yang dikendalikan oleh arduino.

C. Pengujian Prototipe

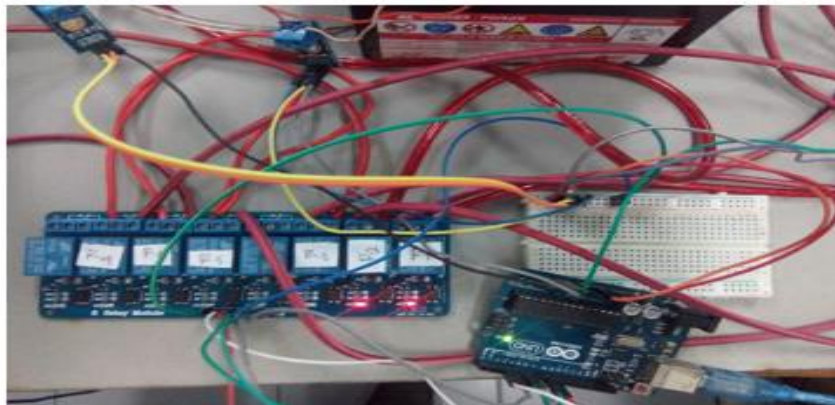
TABEL II
PARAMETER PENGUJIAN PROTOTIPE

No	Status gedung	Sinyal	RG11	RG12	RG21	RG22	RG31	RG32	Tegangan baterai
1	Gedung 1	High	OFF	ON					10,8 V
		Low	ON	ON					10,2 V
2	Gedung 2	high			OFF	ON			10,8 V
		low			ON	ON			10,2 V
3	Gedung 3	high					OFF	ON	10,8 V
		low					ON	ON	10,2V

Tabel II diatas merupakan daftar pengujian dari ketiga gedung dengan kondisi *high* dan *low* dari ketiga gedung tersebut. Kondisi *high* yaitu dimana kondisi tegangan baterai sebesar 10,8 V, sedangkan untuk kondisi *low* yaitu tegangan baterai sebesar 10,2 V. Relai Gedung (RG11, RG21, RG31)

merupakan relai penghubung antara kedua baterai yang ada pada setiap gedung, sedangkan relai Gedung (RG12, RG22, RG32) merupakan relai yang terhubung dengan gedung lainnya untuk proses transfer daya.

1) Pengujian Gedung 1 Low (Daya Rendah):



Gambar 12 Pengujian Kondisi Gedung 1 Low (Daya Rendah)

TABEL III
PENGUJIAN GEDUNG 1 LOW (DAYA RENDAH)

No	Status Gedung	Sinyal	RG11	RG12	RG21	RG22	RG31	RG32	Tegangan Baterai
1	Gedung 1 butuh daya dari gedung 2	Gedung 1 low	ON	ON					10,2 V
		Gedung 2 high			OFF	ON			10,8 V
2	Gedung 1 butuh daya dari gedung 2 dan gedung 3	Gedung 1 low	ON	ON					10,2 V
		Gedung 2 high			OFF	ON			10,8 V
		Gedung 3 high						OFF	ON

Data diatas merupakan hasil pengujian pada saat kondisi gedung 1 dalam keadaan kekurangan daya, ditandai dengan sinyal *low*. Oleh karena gedung 1 tersebut mengalami kekurangan daya, maka dibutuhkan backup daya dari gedung 2 maupun gedung 3. Dari tabel diatas terlihat bahwa pada saat gedung 1 kekurangan daya maka akan memunculkan dua kemungkinan untuk backup daya, pertama gedung 1 hanya akan dibantu oleh gedung 2. Kedua, apabila masih kekurangan

daya maka gedung 1 akan dibantu pasokan daya oleh gedung 2 dan juga gedung 3 secara bersama-sama. Hasil pembacaan sensor yang dianalisa oleh arduino menunjukkan gedung 1 dalam keadaan kekurangan daya listrik, maka oleh karena demikian, arduino memberi perintah untuk menghidupkan relai yang tersambung dengan gedung lainnya yang memiliki surplus energi listrik. Seperti terlihat pada gambar 12 diatas yaitu relai (RG21, RG31) yang tersambung antara baterai pada

gedung 2 dan gedung 3 terputus sedangkan relai lainnya penghubung setiap gedung dalam posisi tersambung, artinya

terjadi proses pengiriman daya dari gedung 2 dan atau gedung 3 ke gedung 1.

2) Pengujian Gedung 2 Low (Daya Rendah):

TABEL IV
PENGUJIAN GEDUNG 2 LOW (DAYA RENDAH)

No	Status Gedung	Sinyal	RG11	RG12	RG21	RG22	RG31	RG32	Tegangan Baterai
1	Gedung 2 butuh daya dari gedung 3	Gedung 2 low			ON	ON			10,2 V
		Gedung 3 high					OFF	ON	10,8 V
2	Gedung 2 butuh daya dari gedung 3 dan gedung 1	Gedung 2 low			ON	ON			10,2 V
		Gedung 3 high					OFF	ON	10,8 V
		Gedung 1 high	OFF	ON					10,8 V

Tabel IV diatas merupakan tabel data hasil pengujian pada saat kondisi gedung 2 low. Terlihat pada saat kondisi gedung yang kekurangan (ditandai dengan sinyal low, tegangan baterai

10,2 V) maka relai yang terhubung dengan gedung lainnya akan otomatis hidup (tersambung) dikarenakan perintah dari arduino.

3) Pengujian Gedung 3 Low (Daya Rendah):

TABEL V
PENGUJIAN GEDUNG 3 LOW (DAYA RENDAH)

No	Status Gedung	Sinyal	RG11	RG12	RG21	RG22	RG31	RG32	Tegangan Baterai
1	Gedung 3 butuh daya dari gedung 2	Gedung 3 low					ON	ON	10,2 V
		Gedung 2 high			OFF	ON			10,8 V
2	Gedung 3 butuh daya dari gedung 2 dan gedung 1	Gedung 3 low					ON	ON	10,2 V
		Gedung 2 high			OFF	ON			10,8 V
		Gedung 1 high	OFF	ON					10,8 V

Tabel V diatas merupakan tabel data hasil pengujian pada saat kondisi gedung 3 low. Arduino akan memberi perintah otomatis untuk menghidupkan relai pada saat ada gedung yang kekurangan daya dan ada gedung yang memiliki surplus daya. Dari tabel diatas terlihat bahwasanya gedung 1 merupakan gedung prioritas dari gedung lainnya, seperti pada

kemungkinan kedua yaitu pada saat gedung 3 low maka gedung tersebut akan terlebih dahulu dibantu oleh gedung 2 baru selanjutnya masuk dari gedung 1 apabila masih mengalami kekurangan daya. Hal tersebut menjelaskan bahwa gedung 1 lebih diutamakan (prioritas) dari gedung lainnya.

V.KESIMPULAN

Dari hasil pengujian pada penelitian ini dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem telah dapat digunakan dan bekerja dengan baik pada saat terjadi proses *ekspor impor* daya listrik antar gedung.
- Prototipe sistem manajemen daya listrik surya antar gedung dengan memanfaatkan arduino sebagai kontrollernya telah berhasil dirancang.

REFERENSI

- [1] Solar surya indonesia . “Sistem Off Grid, On Grid PLTS”. [Online]. Available: <http://solarsuryaindonesia.com/info/sistem-off-grid-on-grid-tie>
- [2] <http://trebuchet-magazine.com/wp-content/uploads/2013/02/solar-cells.jpg>
- [3] <http://selindo.co.id/index.php/jenis-panel-surya>
- [4] Dunlop, James P. “Baterai and Charger Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems”. Florida Solar Energy Center, USA, 1997.
- [5] Sulistyowati, Riny, Dedi Dwi Febrianto. 2012. “Perancangan Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler”. Jurnal IPTEK: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri. Institut Adhi Tama. Surabaya.
- [6] Sumber : <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [7] Ikramuddin. 2016. “Perancangan Sistem Pengendalian Energi Listrik Hybrid Pada Solar Home”. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- [8] Fatima Ezzahra Barnicha. 2015. “Smart Home Energy Management System (Monitoring And Control Of Appliances Using An Arduino Based Network In The Context Of a Micro-grid)”. School Of Science And Engineering. Al Akhawayn University. Maroko.
- [9] Erdianta, L.N. 2009. “Analisa Performansi Penggunaan Energi Listrik Dgedung C, P dan E Jurusan Teknik Fisika ITS Surabaya Berbasis SNI 03-6196-2000”. (Tesis). ITS. Surabaya.
- [10] Haryono, Tiyono. “Manajemen Energi AC”, Diktat Mata Kuliah Manajemen Energi (ME) Elektrik Di MSEE UGM Teknik Elektro FT UGM. Yogyakarta.
- [11] Supriono, Seno D. Panjaitan. JNTETI, Vol. 4, No. 3, Agustus 2015. “Manajemen Daya Listrik Dengan Sistem Automatic Transfer And Synchronization Switch Berbasis PLC”.
- [12] Guruh. Srisadad. 2012. “Perancangan Simulasi Sistem Rumah Solar Cerdas Terhubung Jaringan PLN”. http://www.ee.ui.ac.id/online/mhs_semta/show/id/7508
- [13] Zuhul. 1997. “Dasar Tenaga Listrik”, ITB. Bandung.
- [14] I Made Astra. 2011. “Studi Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Indikator Arus, Tegangan, Dan Suhu Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535”.
- [15] Muhammad Thoyib. 2011. “Perancangan Monitoring Daya Listrik Real Time Dengan IC ADE 7522 Berbasis ATMEGA16”. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [16] Capehart BL, Turner CT and William J.Kennedy. 2003. “Guide To Energy Management Fairmont Press Inc”. Bureau Of Energy Efficiency

- Sistem dapat menjamin kekontinuitas suplai daya listrik pada setiap gedung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ira Devi Sara S.T.,M.Eng.Sc selaku pembimbing I, dan Bapak Syukriyadin, S.T.,M.T selaku pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam penulisan karya ilmiah ini.