

SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN SISTEM *HYBRID* (SOLAR PANEL DAN JARINGAN LISTRIK PLN)

Angelina Evelyn Tjundawan¹⁾, Andrew Joewono²⁾
E-mail : evelyntjundawan@gmail.com, andrew@mail.wima.ac.id

ABSTRAK

Solar panel merupakan suatu terobosan baru dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang hingga kini masih terus dikembangkan untuk kebutuhan manusia. Selain memiliki ketersediaan sumber energi yang melimpah, penggunaan teknologi solar panel ini juga ramah terhadap lingkungan. Pada penelitian ini digunakan dua sumber energi listrik, yaitu solar panel dan PLN. Solar panel merupakan sumber energi listrik cadangan yang akan disimpan pada sebuah baterai (akumulator) dan dapat digunakan pada saat sumber energi listrik utama (PLN) mengalami penurunan tegangan. Proses pergantian sumber tegangan yang digunakan ini dilakukan secara otomatis oleh mikrokontroler ATmega8 dan akan ditampilkan pada LCD sehingga dapat diketahui sumber energi mana yang sedang digunakan. Dari hasil percobaan, alat ini dirancang dapat menggantikan 2 sumber energi (solar panel dan jaringan listrik PLN) secara otomatis berdasarkan perubahan tegangan PLN yang terjadi. Percobaan pemakaian baterai dengan beban 25 watt dapat digunakan selama 5 jam. Alat secara keseluruhan telah dapat digunakan dengan 2 sumber energi (solar panel dan jaringan listrik PLN) secara bergantian.

Kata kunci: *Solar panel*, PLN, pergantian otomatis, mikrokontroler, *LCD*

PENDAHULUAN

Pada saat ini kebutuhan akan sumber energi menjadi salah satu kebutuhan utama. Akan tetapi pada daerah-daerah tertentu untuk mendapatkan layanan penerangan secara maksimal masih sulit. Hal ini dikarenakan sumber energi listrik yang kurang. Oleh karena masalah tersebut, maka dicari teknologi baru untuk menggantikan sumber energi listrik. Salah satu caranya adalah dengan memakai energi matahari yang sangat berlimpah dan tidak akan habis jika digunakan terus-menerus. Dengan menggabungkan dua sumber energi yang telah ada, maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik PLN yang terbatas. Keuntungan yang dapat diperoleh dari alat ini adalah tidak perlu mengganti sumber energi yang akan dipakai karena alat ini secara otomatis akan mengatur pergantian pemakaian energi PLN dan energi matahari. Permasalahan yang dihadapi dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain: menentukan spesifikasi dan dimensi *solar panel* yang akan digunakan dalam perancangan alat, merancang regulator tegangan yang digunakan untuk menjaga kestabilan tegangan pada saat pengisian baterai (akumulator), merancang alat otomatis yang digunakan untuk melakukan *charging* dan *not charging*, dan menentukan tampilan *LCD* untuk menunjukkan sumber tegangan apa yang sedang digunakan dan kondisi baterai. Dengan permasalahan yang

muncul, maka perlu diadakan pembatasan, meliputi: waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai tergantung pada kondisi matahari (cerah atau mendung, *solar panel* diletakkan secara horizontal dan tidak dapat mengikuti gerakan matahari, baterai yang digunakan sebesar 12 V 60 Ah, beban lampu disesuaikan dengan daya *inverter* maksimum, *inverter* yang digunakan adalah *inverter* 300 watt maksimum, dan percobaan alat tidak dilakukan pada saat hujan. Metode yang digunakan dalam perealisasi alat ini meliputi: studi pustaka, perancangan sistem, perencanaan alat, pengukuran dan pengujian alat.

TINJAUAN PUSTAKA

Solar cell

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 *solar cell*.

Jenis-jenis *Solar Cell*^[1]

Bahan dasar untuk membuat *solar cell* adalah *crystalline silicon*. Oleh dari itu pengelompokan *solar cell* pun berdasarkan

¹⁾ Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

susunan *crystalline silicon* pada *solar cell* itu sendiri.

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Tipe monokristal merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini karena menghasilkan daya listrik yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Tipe ini memiliki tingkat efisiensi mencapai 15%. Kelemahan dari tipe ini adalah tidak berfungsi dengan baik pada tempat yang cahaya matahari kurang (mendung), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly – crystalline*)

Tipe ini memiliki susunan kristal acak karena dibuat dengan proses pengecoran. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama dengan monokristal, tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang lebih rendah.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Tipe ini merupakan panel surya dengan 2 struktur lapisan tipis, yaitu mikrokrystal-silikon dan amorf dengan efisiensi 8,5%. Perkembangan terbaru adalah *Thin Film Triple Junction PV* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi daripada panel jenis lain dengan daya yang setara.

Baterai

Baterai merupakan alat listrik-kimiawi yang menyimpan tenaga listrik arus searah (*DC*). Penggunaan baterai hanya bersifat sementara karena baterai harus diisi ulang untuk tetap dapat digunakan.

Cara pengisian Baterai^[2]

Pada umumnya terdapat 2 jenis elemen, yaitu elemen primer (sel kering), seperti baterai volta dan elemen sekunder (baterai basah), contohnya baterai. Elemen primer hanya terdiri dari satu sel saja dan tidak dapat digunakan lagi jika sudah habis terpakai. Sedangkan elemen sekunder tersusun dari beberapa sel dan dapat dipakai kembali walaupun energinya telah habis dipakai dengan cara diisi. Ada 3 cara pengisian baterai, yaitu :

1. Pengisian perawatan (*maintenance charging*)

Pengisian perawatan ini digunakan untuk mengimbangi kehilangan isi (*self discharge*), dilakukan dengan menggunakan arus rendah sebesar 1/1000 dari kapasitas baterai. Pada umumnya dilakukan pada baterai tak terpakai untuk mencegah proses penyulfatan. Contohnya bila baterai memiliki kapasitas 60 Ah, maka besarnya arus pengisian perawatan adalah 60 mA (miliAmpere).

2. Pengisian lambat (*slow charging*).

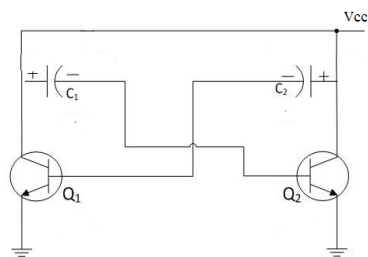
Pengisian lambat merupakan metode pengisian yang normal. Besarnya arus yang digunakan untuk mengisi baterai hanya 1/10 dari kapasitas baterai. Bila baterai memiliki kapasitas 60 Ah maka besarnya arus pengisian lambat adalah 6,0 A. Waktu pengisian ini bergantung pada kapasitas baterai, keadaan baterai pada permulaan pengisian, dan besarnya arus pengisian.

3. Pengisian cepat (*fast charging*)

Pengisian cepat menggunakan arus yang besar yaitu mencapai 60-100 A pada waktu yang singkat, di mana baterai akan terisi tiga per empatnya. Fungsi pengisian cepat adalah memberikan baterai suatu pengisian yang memungkinkannya dapat menghidupkan motor yang selanjutnya generator memberikan pengisian ke baterai.

Inverter^[3]

Solar panel menghasilkan energi listrik searah (*DC*). Tetapi pada umumnya alat-alat elektronik menggunakan energi listrik bolak-balik (*AC*). Oleh karena itulah dibutuhkan *inverter* untuk mengubah tegangan *DC* tersebut menjadi tegangan *AC*. Komponen penyusun utama *inverter* adalah rangkaian multivibrator. Sebuah multivibrator terdiri atas 2 transistor yang dihubungkan secara silang. Keluaran transistor yang satu dihubungkan dengan transistor yang lain. Multivibrator menggunakan 2 buah transistor bipolar di mana emiter hubungkan pada *ground*. Pemasangan tahanan memberikan tegangan *forward bias* pada basis masing-masing transistor. Kapasitor C_1 terhubung dengan kolektor Q_1 ke basis Q_2 . Kapasitor C_2 menggandeng Q_2 ke basis Q_1 . Multivibrator disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut:

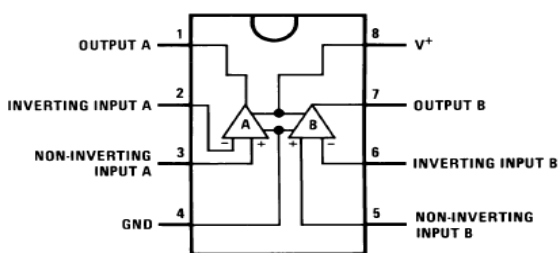


Gambar 1. Multivibrator

Oleh karena adanya hubungan silang, maka 1 transistor akan konduktif dan satunya *cutoff*. Kedua transistor akan hidup dan mati secara bergantian. Pada saat multivibrator diberi daya, satu transistor akan berkonduksi terlebih dulu, dimisalkan Q_1 dulu yang berkonduksi. Dengan Q_1 berkonduksi, tegangan pada R dan Vc mengalami penurunan, sehingga nilainya lebih rendah daripada V_{CC} . Akibatnya akan terjadi tegangan ke negatif pada C_1 dan tegangan basis positif Q_1 akan berkurang. Konduksi Q_2 berkurang dan tegangan kolektornya senilai dengan V_{CC} . Tegangan akan kearah positif pada C_2 . Tegangan ini akan ditambahkan pada basis Q_1 dan membuatnya lebih berkonduksi. Proses ini berlanjut sampai Q_1 mencapai titik jenuh dan Q_2 mencapai *cutoff*.

LM358^[4]

Pemakaian sensor tegangan pada alat ini bertujuan untuk mendeteksi adanya perubahan tegangan yang terjadi pada aki ataupun PLN. Pada penelitian ini digunakan komparator sebagai pembanding tegangan dengan menggunakan IC LM358. IC LM358 disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. IC LM358

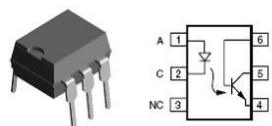
LM358 membandingkan tegangan *input* dengan tegangan referensi yang dapat ditentukan sendiri. Jika tegangan referensi menggunakan masukan *inverting* dan tegangan sinyal masukan pada masukan *non-inverting* dan nilainya lebih besar daripada tegangan referensi, maka tegangan *output*-nya mendekati VCC. Ini disebut komparator *non-inverting*. Jika tegangan referensi yang digunakan adalah masukan *non-inverting* dan tegangan sinyal pada masukan *inverting* dan nilainya lebih besar

daripada tegangan referensi, maka tegangan keluarannya mendekati *ground*.

Komparator histerisis merupakan komparator yang akan bekerja pada batasan tertentu agar tidak terjadi perubahan keluaran secara terus menerus. Apabila tegangan pada pada masukan *non-inverting* lebih negatif daripada tegangan *inverting*, maka keluarannya akan bernilai $-V_{sat}$, sedangkan bila tegangan *non-inverting* lebih positif daripada tegangan *inverting*, maka keluarannya akan bernilai $+V_{sat}$.

Optoisolator [4]

Optoisolator atau biasa disebut sebagai *optocoupler* merupakan suatu perangkat elektronik yang terdiri dari 2 bagian, yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Optoisolator disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut:

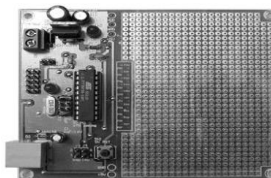


Gambar 3. Optoisolator

Pemancar pada optoisolator ini berupa LED dan penerimanya berupa fototransistor yang akan bereaksi jika ada cahaya yang berasal dari LED. Cara kerja dari optoisolator adalah apabila LED tidak aktif, maka fototransistor berada pada keadaan mati, sehingga keluarannya berlogika *high*. Sedangkan jika LED aktif, maka fototransistor juga mendapatkan masukan dan berada pada kondisi hidup, maka keluarannya akan berlogika *low*.

DT-PROTO 28 Pin AVR^[5]

DT-PROTO 28 Pin AVR merupakan modul *single chip* dengan mikrokontroler ATmega8 dan kemampuan komunikasi serial secara UART serta *In-System Programming (ISP)*.

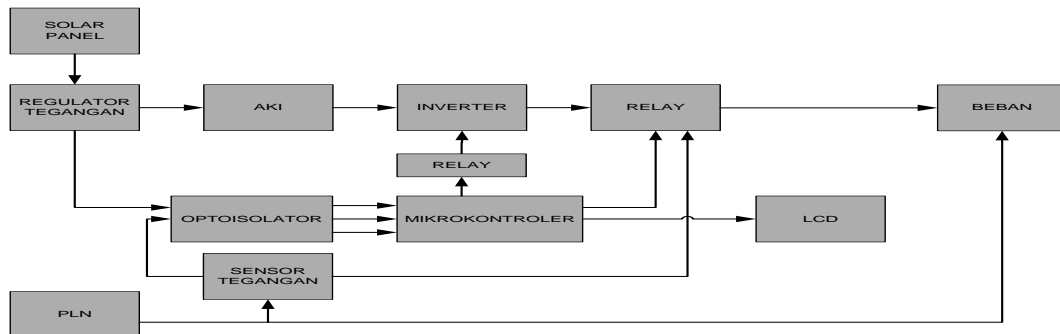


Gambar 4. Modul DT-PROTO 28 Pin AVR

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu perencanaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Diagram blok perangkat kerasnya digambarkan pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Blok Alat

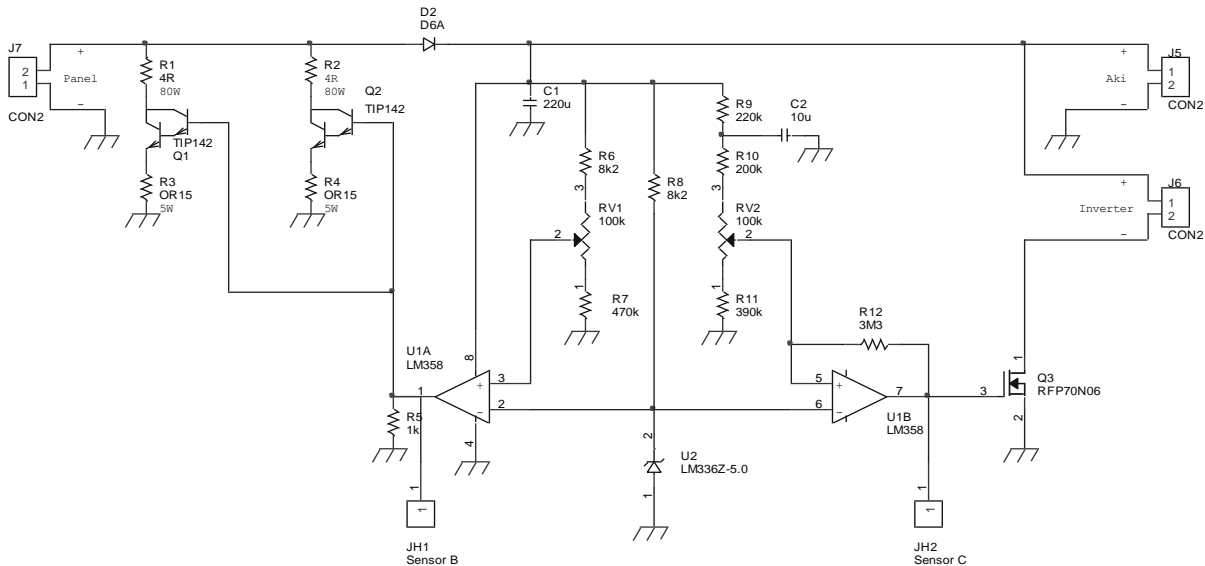
Diagram blok perangkat kerasnya digambarkan pada Gambar 5. *Solar panel* digunakan sebagai sumber energi listrik cadangan dengan menyerap cahaya matahari. Selanjutnya tegangan yang dihasilkan akan menjadi sumber tegangan pada regulator. Regulator tegangan merupakan rangkaian yang mengatur proses pengisian aki hingga menghentikan pengisian jika aki penuh. Regulator tegangan juga terhubung langsung dengan aki sehingga tegangan aki akan terbaca oleh komparator pada *LM358* dan membandingkan dengan tegangan referensi. Hasil dari perbandingan tersebut akan berpengaruh pada keluaran *LM358* (kaki 1). Keluaran pada regulator ini menjadi masukan pada optoisolator 2 agar mikrokontroler dapat mengetahui perubahan tegangan aki yang terjadi. Keluaran dari regulator tegangan akan menjadi *input*-an pada optoisolator. Optoisolator merupakan rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi perubahan keluaran dari sensor tegangan dan regulator tegangan. Pada perancangan alat digunakan 3 buah optoisolator yang berfungsi sebagai pengaman untuk mikrokontroler apabila terjadi kesalahan pada sensor tegangan dan regulator tegangan. Apabila optoisolator mendapatkan tegangan masukan, maka keluarannya akan menjadi 0 Volt sedangkan apabila optoisolator tidak mendapatkan tegangan masukan, maka keluarannya akan menjadi 5,05 Volt. Optoisolator juga digunakan sebagai pengaman apabila rangkaian sensor tegangan atau regulator tegangan bermasalah, maka tidak akan merusak mikrokontroler. Keluaran dari aki akan terhubung dengan *inverter* yang merupakan alat yang digunakan mengubah tegangan 12 Volt *DC* menjadi 220 Volt *AC* sehingga dapat diaplikasikan pada peralatan rumah tangga. PLN merupakan sumber energi listrik utama dengan tegangan 220 Volt *AC* yang perubahannya akan dipantau oleh sensor

tegangan. Keluaran dari sensor tegangan akan dijadikan *input*-an pada sensor tegangan. Rangkaian sensor tegangan menggunakan rangkaian komparator untuk menentukan batas minimum tegangan PLN yang diinginkan, yaitu pada tegangan 180 Volt. Keluaran dari sensor ini akan menjadi masukan pada optoisolator 3 lalu ke mikrokontroler untuk dipantau agar mikrokontroler dapat menentukan akan mengaktifkan sumber tegangan yang akan digunakan.

Mikrokontroler merupakan pengendali penggantian sumber energi berdasarkan perubahan tegangan yang terjadi. Mikrokontroler akan mengamati perubahan tegangan dari regulator tegangan dan sensor tegangan melalui optoisolator lalu mengaktifkan kerja *relay* dan menampilkan data tersebut pada *LCD*. *LCD* digunakan untuk menampilkan tegangan apa yang sedang digunakan dan untuk menampilkan kondisi aki apabila sudah penuh (*full*) dan jika aki perlu diisi.

Regulator Tegangan

Pengatur pengisian aki menggunakan regulator tegangan. rangkaian regulator tegangan dapat dilihat pada Gambar 6. *LM358* berfungsi sebagai komparator, di mana U1A merupakan komparator untuk melakukan pengisian aki. Apabila *Vin* (*non-inverting*) pada kaki 3 terukur 4,97 Volt yang nilainya lebih kecil daripada 5 Volt (*inverting*) pada kaki 2 dari keluaran diode *zener*, maka keluarannya adalah 0 Volt, sehingga Q1 dan Q2 tidak beroperasi (kolektor dan emiter tidak terhubung) dan aki dalam kondisi *charging*



Gambar 6. Regulator Tegangan

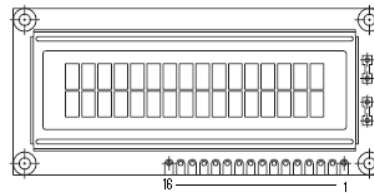
(pengisian). Sedangkan pada saat V_{in} terukur 6,06 Volt yang lebih besar daripada 5 Volt dari keluaran diode *zener*, maka keluarannya adalah $\pm 1,27$ Volt, sehingga Q1 dan Q2 bekerja (kolektor dan emiter terhubung) dan hal ini mengakibatkan arus yang berasal dari panel langsung menuju *ground* dan aki tidak lagi dalam keadaan *charging* (pengisian).

R1 dan R2 berfungsi untuk menahan arus yang besar dari panel, sehingga nilai Watt pada hambatan cukup besar. U1B merupakan komparator untuk melakukan fungsi saklar pada penggunaan beban. Komparator ini menjadikan masukan *non-inverting* pada kaki 5 sebagai V_{ref} dan masukan *inverting* pada kaki 6 sebagai V_{in} . Komparator ini difungsikan untuk mengaktifkan mosfet Q3. Di mana mosfet ini berfungsi sebagai gerbang untuk mengaktifkan beban. Apabila V_{in} lebih kecil daripada V_{ref} , maka gerbang mosfet bernilai 0 (gerbang terbuka). Sedangkan bila V_{in} lebih besar daripada V_{ref} , maka gerbang mosfet akan bernilai 1 (gerbang tertutup).

Liquid Crystal Display (LCD)^[7]

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) sebagai tampilan utama.

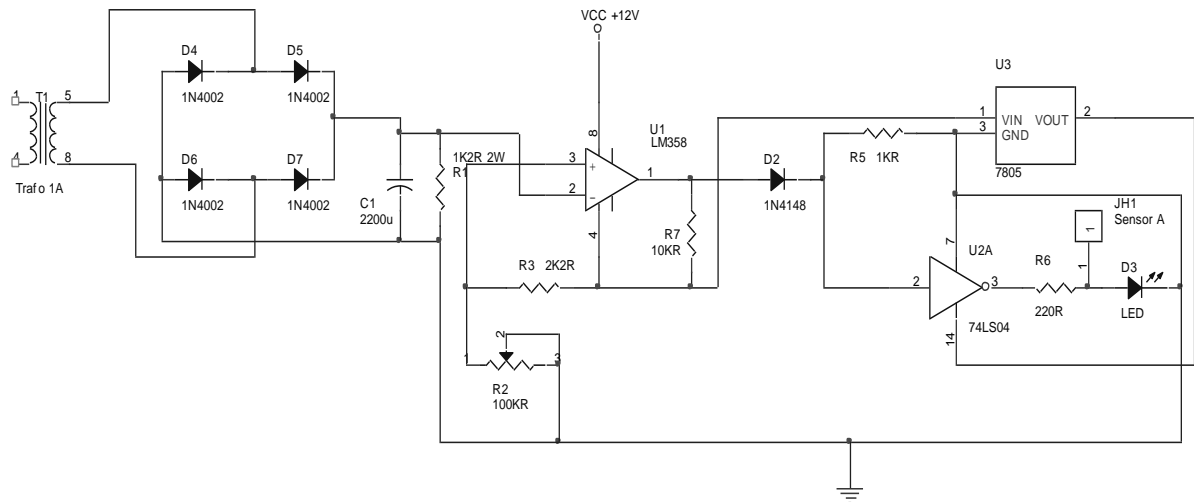
LCD disajikan pada Gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. LCD

Sensor Tegangan

Pemakaian sensor tegangan dengan menggunakan rangkaian komparator IC LM358 yang bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan tegangan yang terjadi pada *input*-an. Dalam hal ini masukannya berasal dari PLN. Untuk menjalankan sensor tegangan ini, maka sumber tegangan PLN yang masih berupa tegangan AC akan diperkecil nilainya oleh trafo lalu diubah menjadi tegangan DC melalui diode. Rangkaian sensor tegangan disajikan pada Gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8. Rangkaian Sensor Tegangan

Pada keluaran diode terdapat kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan hambatan agar keluaran pada diode dapat berupa keluaran sinyal *DC* ideal. Semakin besar nilai kapasitor yang digunakan, maka keluaran tegangan *DC* dari penyearah gelombang penuh semakin halus dan linier. Tegangan *DC* tersebut akan dijadikan sebagai tegangan referensi pada komparator. Tegangan referensi diukur pada saat tegangan AC 180 volt. Besarnya tegangan yang terukur pada kapasitor sebesar 8,39 Volt *DC*. Apabila tegangan AC berada pada level tegangan 220 Volt AC, maka besarnya tegangan yang terukur pada keluaran diode adalah 10,20 Volt *DC*. Batas tegangan minimum ditentukan untuk menjaga peralatan elektronik tetap dapat bekerja pada saat tegangan PLN tidak stabil. Keluaran pada kaki 6 *LM358* diberikan oleh diode yang terhubung dengan 7805 yang berfungsi menjaga agar tegangan 5 Volt yang berasal dari 7805 tidak masuk ke *LM358*. Keluaran dari *LM358* akan menjadi masukan pada *IC inverter* 7404, keluaran bernilai 1 akan bernilai 0 dan keluaran yang bernilai 0 akan bernilai 1 pada keluaran *IC inverter*.

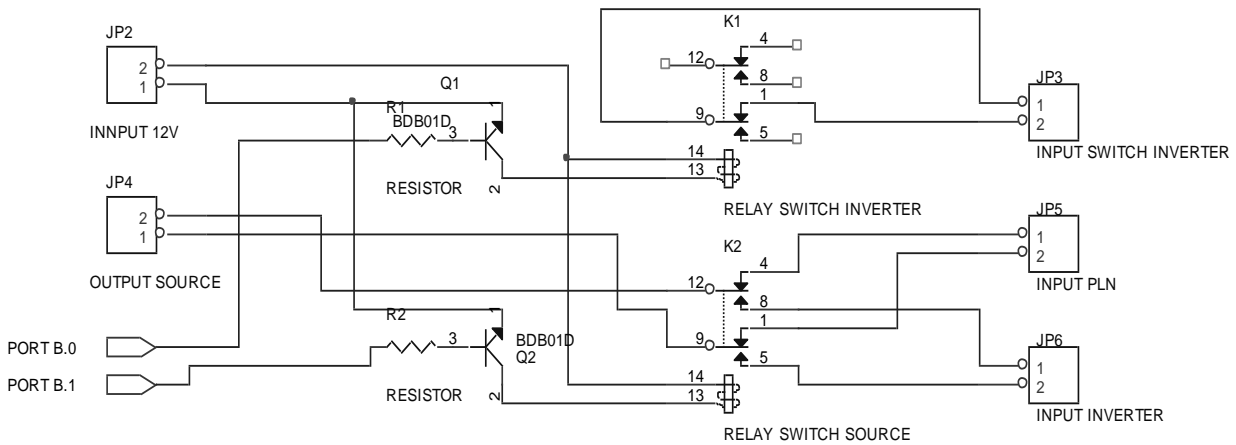
Relay

Perancangan rangkaian menggunakan *relay* tipe JZX-2P 5A 220 Volt yang terhubung

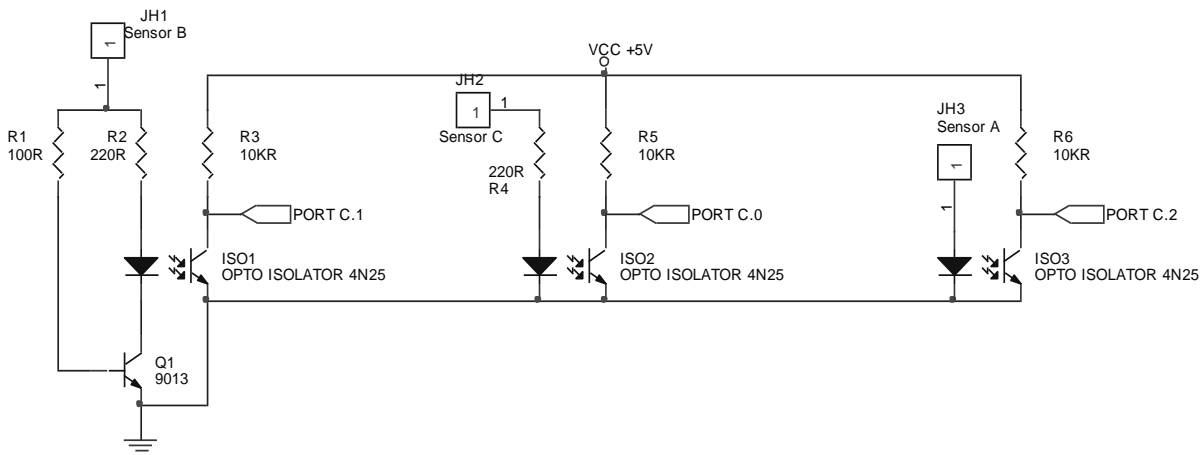
pada *inverter* dan mikrokontroler. Mikrokontroler akan memberikan pulsa pada *relay* untuk mengaktifkan *inverter*. Selain itu, pemakain *relay* juga digunakan sebagai saklar antara sumber energi listrik antara aki dan jaringan listrik PLN. *Relay switch inverter* ini berfungsi untuk melakukan *switching* pada *on-off inverter* dengan cara diberikan *input-an* pulsa dari mikrokontroler. Sedangkan *relay switch source* berfungsi untuk melakukan *switching* antara *solar panel* dan PLN. Masukan untuk melakukan *switching* ini juga berasal dari mikrokontroler berupa tegangan 5 Volt. Masukan 12 Volt yang berasal dari aki berfungsi untuk memberikan tegangan pada *coil* sehingga *switching* dapat dilakukan.

Optoisolator

Rangkaian optoisolator menggunakan optoisolator 4N25 yang digunakan sebagai saklar otomatis. Pada perancangan alat digunakan 3 buah optoisolator, yaitu ISO1 yang terhubung ke langsung ke mikrokontroler, ISO2 yang terhubung langsung ke, dan ISO3. Apabila *LED* pada optoisolator berada pada kondisi *high*, maka *output-nya* akan bernilai 1 (5,05 Volt). Bila berada pada kondisi sebaliknya, maka keluarannya akan bernilai 0 (0 volt).



Gambar 9. Rangkaian Relay



Gambar 10. Rangkaian Optoisolator

Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak menggunakan *software CodeVision AVR* untuk melakukan pemrograman pada mikrokontroler *ATMega8*. Pemrograman menggunakan bahasa C. Pin yang digunakan, yaitu disajikan pada Tabel 1.

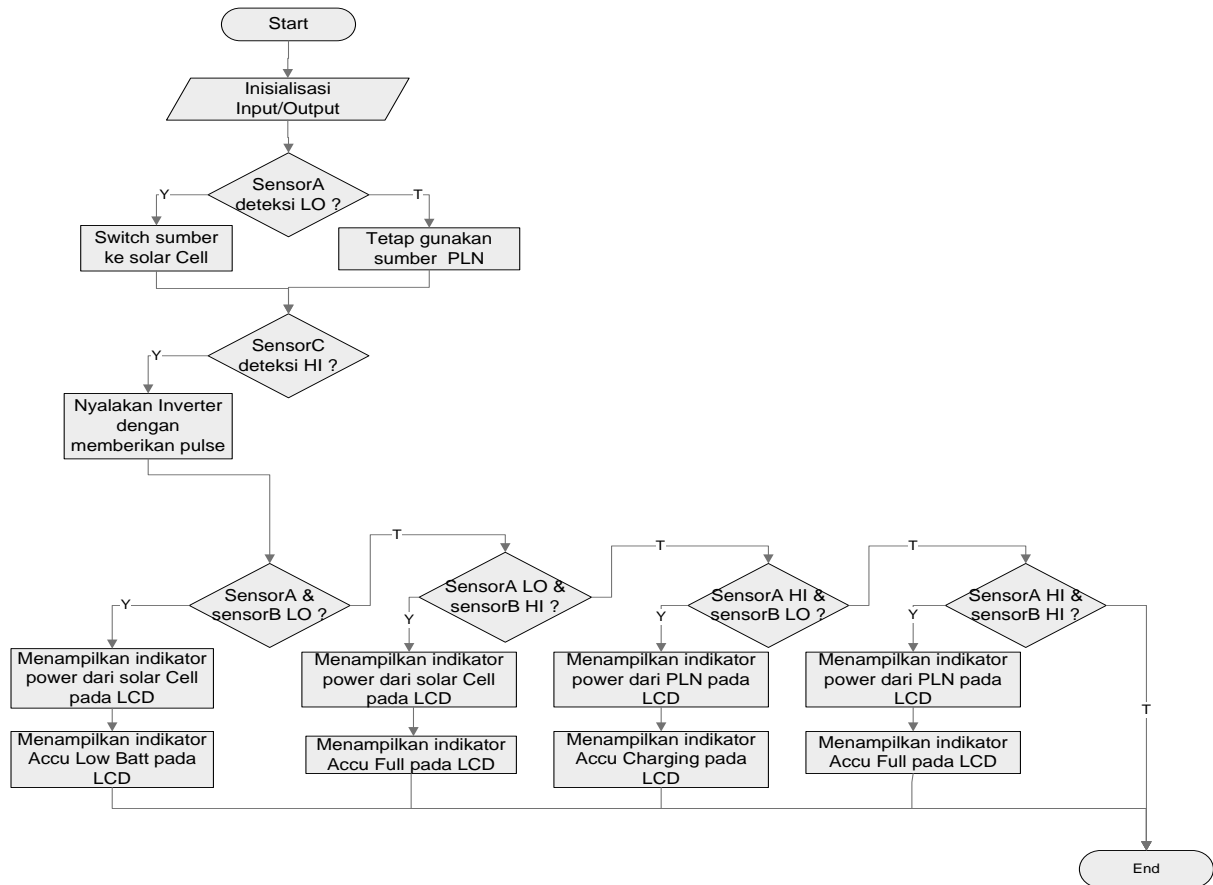
Perancangan software pada ATMega8

Pemrograman pada mikrokontroler *ATMega8* dirancang untuk mengontrol kerja regulator, kerja sensor, mengontrol sistem *switching* sumber listrik, dan menampilkan data pada *LCD*. Perancangan *software* ini akan dibahas pada diagram alir yang disajikan pada Gambar 11 di bawah ini.

Langkah awal pada program ini adalah menginisialisasi *port-port* yang akan digunakan untuk *input* dan *output*, lalu mikrokontroler akan membaca jika sensor A berada pada kondisi *LO*, maka mikrokontroler akan mengganti sumber tegangan ke *solar panel*. Sensor C dari optoisolator yang ditentukan berada pada kondisi *HI* dan mikrokontroler akan memberikan pulsa untuk mengaktifkan *inverter*.

Tabel 1. Konfigurasi Pin

Pin	Label	Keterangan
pinC.0	Sensor A	Keluaran sensor tegangan yang terhubung ke optoisolator 3
pinC.1	Sensor B	Keluaran komparator U1A regulator tegangan yang terhubung ke optoisolator 2
pinC.2	Sensor C	Keluaran optoisolator 1 yang menjadi masukan pada mikrokontroler
pinB.0	<i>Output inverter</i>	Untuk memberikan pulse pada inverter
pinB.1	<i>Output power</i>	Untuk mengganti sumber energi secara otomatis



Gambar 11. Diagram Alir Alat

Pada diagram alir di atas terdapat 4 kondisi antara sensorA dan sensor B, di mana :

- Jika sensor A dan sensor B *LO*, maka data yang ditampilkan pada *LCD* adalah indikator sumber energi *solar panel* dan indikator *low bat*,
- Jika sensor A *LO* dan sensor B *HI*, maka data yang ditampilkan pada *LCD* adalah indikator sumber energi *solar panel* dan indikator aki penuh (*full*);
- Jika sensor A *HI* dan sensor B *LO*, maka data yang ditampilkan pada *LCD* adalah indikator sumber energi PLN dan indikator pengisian (*charging*).
- Jika sensorA *HI* dan sensorB *HI* maka data yang ditampilkan pada *LCD* adalah indikator sumber PLN dan indikator aki penuh (*full*).

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa pengukuran dan pengujian alat yang dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah didesain

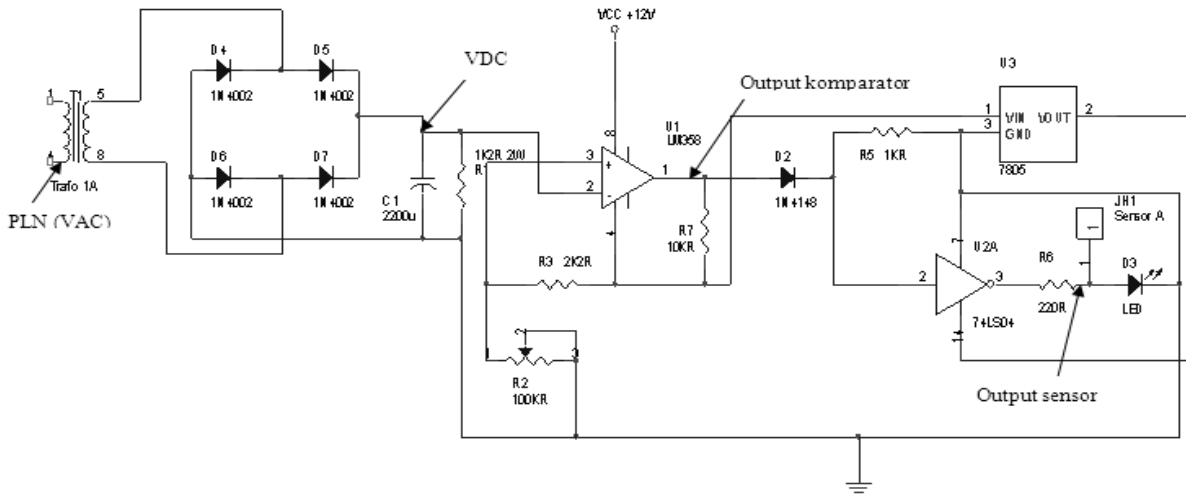
dan dibuat. Pengukuran dan pengujian yang dilakukan antara lain meliputi :

- Pengukuran dan pengujian output *solar panel*;
- Pengukuran dan pengujian daya tahan pemakaian aki;
- Pengukuran dan pengujian pengisian aki;
- Pengukuran dan pengujian kerja *hybrid*.

Hasil dari pengujian diharapkan dapat mengetahui seberapa besar perubahan tegangan yang terjadi.

1. Pengukuran dan Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan

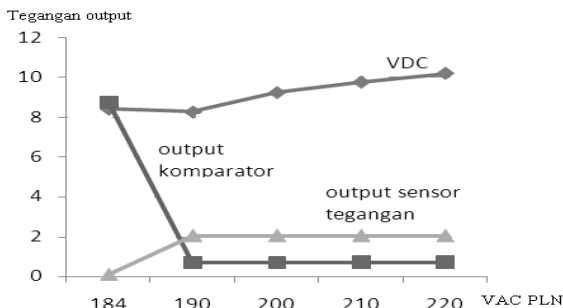
Pengukuran sensor tegangan dilakukan tanpa terhubung dengan rangkaian lainnya untuk mengetahui nilai keluaran dari rangkaian sensor tegangan. pengukuran dilakukan tanpa menggunakan beban. sensor tegangan. pengukuran dilakukan tanpa menggunakan beban. Pengukuran rangkaian sensor tegangan disajikan pada Gambar 12 dan hasil pengukuran tegangan keluaran sensor tegangan disajikan pada Tabel 2.



Gambar 12. Rangkaian Sensor Tegangan

Tabel 2. Pengukuran Tegangan Keluaran Sensor Tegangan

VAC PLN	VDC	Output Komparator (Volt)	Output Sensor Tegangan (Volt)
220	10,20	0,70	2,05
210	9,76	0,70	2,05
200	9,24	0,69	2,05
190	8,27	0,69	2,05
184	8,42	8,76	0,11

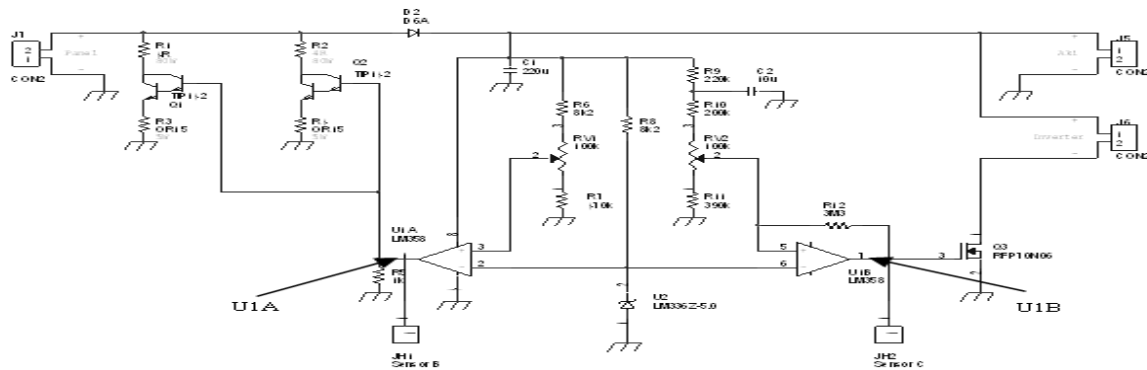


Gambar 13. Pengukuran Tegangan Keluaran Sensor Tegangan

Dari hasil pengukuran sensor tegangan dapat diketahui bahwa pada saat tegangan PLN kurang daripada 180,4 Volt, maka sumber energi yang digunakan adalah PLN, sedangkan pada saat tegangan PLN lebih dari 180,4 Volt, maka sensor tegangan akan sumber tegangan akan digantikan oleh solar panel.

2. Pengukuran dan Pengujian Rangkaian Regulator Tegangan

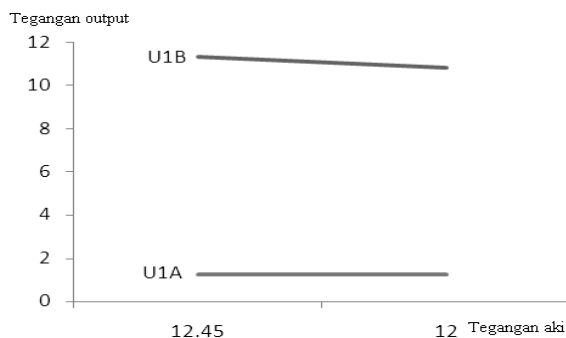
Pengukuran rangkaian regulator tegangan diukur tanpa terhubung dengan rangkaian lainnya agar dapat diketahui rangkaian ini berjalan sesuai rancangan. Pengujian rangkaian ini tanpa menggunakan beban. Pengukuran rangkaian regulator tegangan disajikan pada Gambar 14. Hasil pengukuran tegangan keluaran komparator regulator tegangan disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 15.



Gambar 14. Pengukuran Rangkaian Regulator Tegangan

Tabel 3. Pengukuran Tegangan Keluaran Komparator Regulator Tegangan

Tegangan Aki (Volt)	Tegangan Keluaran Komparator	
	Komparator U1A	Komparator U1B
12,45	1,27	11,32
12,00	1,27	10,8
11,30	1,27	9,61
11,00	1,27	7,43
10,30	1,27	4,12
10,09	0	0



Gambar 15. Grafik Pengukuran Tegangan Keluaran Regulator Tegangan

Dari Tabel 3 dan Gambar 15 di atas dapat disimpulkan bahwa batas tegangan maksimum (+ Vsat) berada pada tegangan 4,12 Volt dan batas minimum (- Vsat) berada pada tegangan 0 Volt.

3. Penempatan Solar Panel dan Pengukuran Solar Panel

Arah penempatan *solar panel* akan berpengaruh pada tegangan yang akan dihasilkan oleh *solar panel*. Pada percobaan ini letak *solar panel* ditunjukkan pada Gambar 16 berikut:

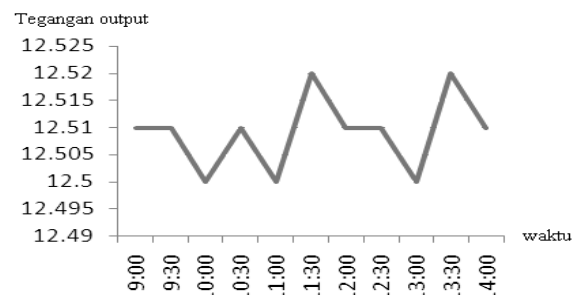


Gambar 16. Penempatan dan Pengukuran Solar Panel

Pengukuran *solar panel* dilakukan tanpa menggunakan beban. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 17.

Tabel 4. Pengukuran Tegangan Keluaran Solar Panel

Jam (WIB)	Tegangan Solar Panel (Volt)
09:00	12,51
09:30	12,51
10:00	12,50
10:30	12,51
11:00	12,50
11:30	12,52
12:00	12,51
12:30	12,51
13:00	12,50
13:30	12,52
14:00	12,51



Gambar 17. Grafik Pengukuran Tegangan Keluaran Solar Panel

Tegangan yang dihasilkan oleh *solar panel* tidak stabil karena cahaya matahari yang diterima oleh *solar panel* tidak konsisten.

4. Pengukuran dan Pengujian Tegangan Aki

Pada percobaan ini dilakukan dengan 2 tahap, yaitu percobaan daya tahan aki terhadap beban dengan jumlah beban berbeda dan percobaan pengisian aki.

4.1. Pengukuran dan Pengujian Daya Tahan Aki Terhadap Beban

Pada penelitian ini ini yang digunakan adalah aki basah MASSIV XP 12V 60Ah. Pada penelitian tahap ini bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan untuk menurunkan level tegangan aki dari 12,25 Volt menjadi ±10,97 Volt. Pengosongan aki dengan menggunakan beban 25 Waat disajikan pada Gambar 18.

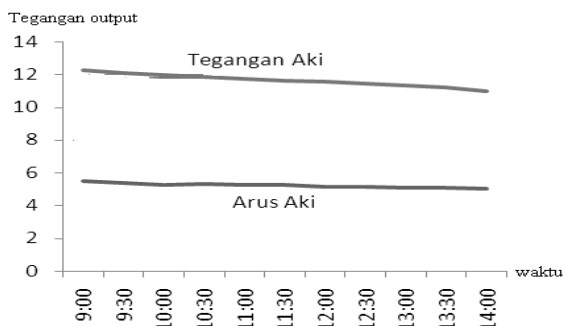


Gambar 18. Pengosongan Aki dengan Menggunakan Beban 25 watt

Pada pengukuran dan pengujian ini dilakukan dengan menggunakan inverter 300 Watt dan beban 25 Watt. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 19 berikut.

Tabel 5. Pengukuran Daya Tahan Aki Dengan Beban 25 Watt

Waktu (WIB)	Tegangan Aki (Volt)	Arus Aki (Ampere)
09 : 00	12,25	5,5
09 : 30	12,06	5,39
10 : 00	11,94	5,29
10 : 30	11,86	5,33
11 : 00	11,75	5,25
11 : 30	11,66	5,26
12 : 00	11,58	5,16
12 : 30	11,48	5,15
13 : 00	11,34	5,09
13 : 30	11,21	5,10
14 : 00	10,97	5,04



Gambar 19. Grafik Pengukuran Daya Tahan Aki Dengan Beban 25 Watt

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 19 di atas, maka dapat dilihat bahwa lama waktu penggunaan aki dengan beban 25 Watt dapat bertahan hingga 5 jam.

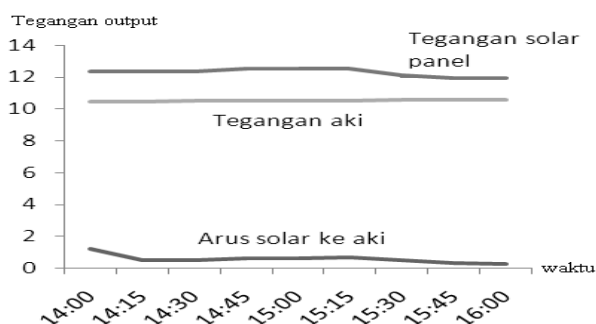
4.2. Pengukuran dan Pengujian Pengisian Aki

Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada saat cerah dan pada saat mendung. Pengukuran ini tidak menggunakan beban.

Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 20 berikut.

Tabel 6. Pengukuran Pengisian Aki

Waktu (WIB)	Tegangan solar panel (Volt)	Arus solar ke aki (Ampere)	Tegangan aki (Volt)
14 : 00	12,37	1,23	10,49
14 : 15	12,42	0,52	10,49
14 : 30	12,42	0,52	10,54
14 : 45	12,55	0,64	10,54
15 : 00	12,55	0,64	10,54
15 : 15	12,57	0,66	10,55
15 : 30	12,13	0,50	10,57
15 : 45	12,00	0,34	10,58
16 : 00	11,98	0,26	10,58



Gambar 20. Grafik Pengukuran Pengisian Aki

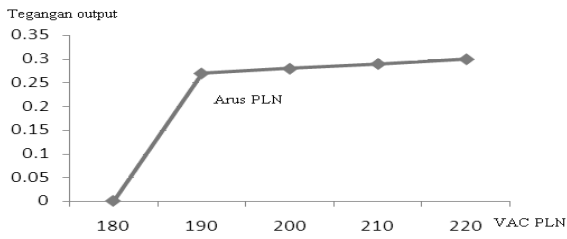
Dari hasil pengukuran di atas dapat disimpulkan proses pengisian aki dengan tegangan $\pm 12,33$ Volt dan arus $\pm 0,59$ Ampere membutuhkan waktu yang cukup lama. Percobaan ini bertujuan untuk membuktikan bahwa alat ini telah dapat melakukan proses pengisian aki.

5. Pengukuran dan Pengujian Sistem Hybrid

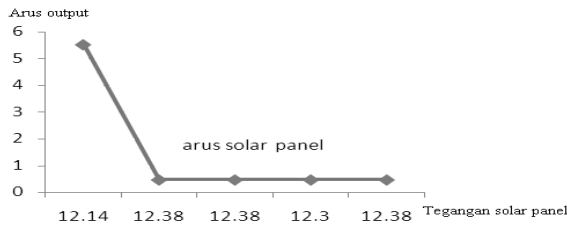
Pengukuran kinerja sistem *hybrid* dilakukan dengan mengabungkan rangkaian regulator, rangkaian sensor tegangan, rangkaian optoisolator, *inverter*, aki, dan mikrokontroler. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 7, Gambar 21 dan 22 berikut:

Tabel 7. Pengukuran dan Pengujian Sistem Hybrid

PLN		Solar Panel	
VAC (Volt)	IAC (Ampere)	VDC (Volt)	IDC (Ampere)
220	0,30	12,38	0,47
210	0,29	12,38	0,47
200	0,28	12,38	0,47
190	0,27	12,38	0,47
180	0,26	12,14	5,52



Gambar 21. Grafik Pengukuran Arus PLN



Gambar 22. Grafik Pengukuran Tegangan-Arus Solar Panel

Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa kerja sistem *hybrid* ini telah bekerja sesuai dengan perancangan, yaitu penggantian otomatis sumber energi yang akan digunakan.

Foto alat secara keseluruhan disajikan pada Gambar 23 sebagai berikut:



Gambar 23. Foto Alat Secara Keseluruhan

Batas minimum tegangan PLN yang digunakan berada pada tegangan 180 volt.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang meliputi pembuatan alat, pengujian, dan

pengukuran, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Rangkaian sensor tegangan dapat mendeteksi perubahan tegangan PLN pada tegangan minimum 180 Volt;
- Rangkaian regulator dapat mengatur kondisi *charging* dan *not charging* aki;
- Penggunaan aki dengan menggunakan beban sebesar 25 Watt dapat digunakan selama 5 jam;
- Penggunaan aki dengan menggunakan beban sebesar 25 Watt dapat digunakan selama 5 jam.
- Kerja alat secara keseluruhan telah dapat menggunakan 2 sumber energi (*solar panel* dan jaringan listrik PLN) secara bergantian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN, *Melihat Prinsip Kerja Sel Surya Lebih Dekat*, <http://www.plnntt.co.id/showthread.php?7751->, Diakses 11 Nopember 2010
- [2] Anonim, *Kimia Terapan*, <http://kimiaunsp2.wordpress.com/2008/12/15/terapan/>, Diakses 17 Agustus 2010
- [3] Elkakom, *Multivibrator*, <http://elkakom.telkompoltek.net/2010/07/astabil-multivibrator.html>, Diakses 15 September 2010
- [4] Anonim, *Datasheet LM358*, <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/airchild/LM358.pdf>, Diakses 15 September 2010
- [5] Jaycar, *DT-PROTO 28 Pin AVR* http://www.jaycar.com.au/images_uploaded/6ptocoup.pdf, Diakses 23 September 2010
- [7] Atmel, *LCD Crystal*, http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf, Diakses 20 September 2010
- [8] Jung, G. W., *IC Timer Cookbook*, Howard W. Sams & Co. Inc., Indianapolis, 1997