

PEMANFAATAN *SOLAR CELL* SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA SISTEM *WATER WALL*

Antonius Managam Simamora
Politeknik Santo Thomas Medan
e-mail : antonius2simamora@gmail.com

ABSTRAKSI

Energi surya merupakan energi utama yang diterima bumi. Total energi surya yang diserap atmosfer, lautan dan daratan bumi adalah 3.850.000 eksajoule (EJ), energi diterima melalui bagian atas atmosfer 30% direfleksikan kembali 47% diserap oleh molekul-molekul di atmosfer, diubah panjang gelombangnya kemudian diradiasikan kembali sebagai radiasi infra-merah dan sisanya yang 23% sebagian besar di ubah melalui proses gerakan thermo-chemo dinamik dipermukaan bumi, seperti angin, arus laut dan juga proses penguapan dan fotosintesis dan lain-lain.

Energi surya melalui konversi di manfaatkan menjadi energi listrik, yang diperoleh dengan sistem fotovoltaik (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Pembangkit Listrik Tenaga Surya dimanfaatkan untuk pengaplikasian *water wall*. “Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem *water wall*” adalah sebagai sebuah bentuk penghematan energi listrik pada sistem *water wall*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun.

Langkah-langkah metode rancang bangun adalah analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian. Perancangan perangkat keras terdiri dari solar cell, unit kontrol, baterai, inverter, pompa air dan lampu. Unit kontrol digunakan sebagai masukan dan keluaran dari solar cell dan baterai yang kemudian di inverterkan kedalam bentuk tegangan AC untuk menjalankan pompa dan lampu.

Kata kunci : *Solar Cell, Baterai, Inverter, Unit Kontrol*

Pendahuluan

Energi surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai *solar cell* atau *photovoltaic cell* merupakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, yang mampu mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik.

Terdapat beberapa sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternative yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas (Wilson, 1996) diantaranya adalah energi surya. Oleh sebab itu, pengkajian terhadap berbagai sumber energi baru tidak akan pernah menjadi langkah yang sia-sia. Teknologi fotovoltaik yang mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor yang disebut sel surya (Fishbane et.al, 1996) banyak dikaji oleh peneliti-peneliti sebelumnya.

Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Listrik merupakan salah satu mata dunia yang

tidak bisa dapat dilihat dengan kasat mata, tetapi dapat dinikmati oleh pemakaiannya (manusia itu sendiri). Namun, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik untuk konsumen sehingga perusahaan listrik di Indonesia khususnya PLN (Perusahaan Listrik Negara) menghimbau kepada seluruh konsumennya agar melakukan penghematan listrik dari pukul 17.00-22.00. Dengan cara ini diharapkan krisis ketenagalistrikan tidak terjadi atau paling tidak diminimalisir sedini mungkin.

Berdasarkan masalah diatas, penulis memiliki alternative lain agar terjadinya krisis ketenagalistrikan dapat diminimalisir. Penulis mencoba merancang sebuah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi cahaya matahari (energi surya). Dimana energi listrik tenaga surya ini dimanfaatkan sebagai energi listrik alternative khususnya pada sistem *water wall*. Pemanfaatan energi surya ini dipilih karena di Indonesia merupakan Negara tropis yang berada dijalur khatulistiwa.

Water wall merupakan salah satu elemen air yang mampu menghadirkan kesejukan dan

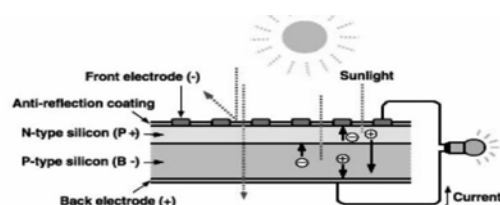
suasana rileks di rumah anda, karena letaknya di dinding. *Water wall* dapat dibuat di area sempit sekalipun, bahkan juga dapat berfungsi menjadi *point of interest* di rumah anda. Maka penulis mengaplikasikan system tenaga surya ini (*solar cell*) kedalam bentuk system *water wall* dan berdasarkan pemikiran tersebut, maka penulis mengangkatnya penelitian dengan judul “Pemanfaatan *Solar Cell* Sebagai Sumber Energi Pada Sistem *Water Wall*”.

Landasan Teori

Sel Surya

Sigalingging (1994:1) menyatakan bahwa pada umumnya sel surya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Wasito (1995:164) menyatakan bahwa dioda listrik surya / sel surya merupakan suatu dioda yang dapat mengubah energi surya / matahari secara langsung menjadi energi listrik (berdasarkan sifat foto elektrik yang ada pada setengah penghantar).

Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe *p* dan *n* (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar dibawah ini. Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap (absorber), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat terpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari. Sistem *solar cell* ini sering juga disebut dengan sistem *photovoltaic* (PV) dimana sistem ini memiliki prinsip kerja serta komponen – komponen yang sama.



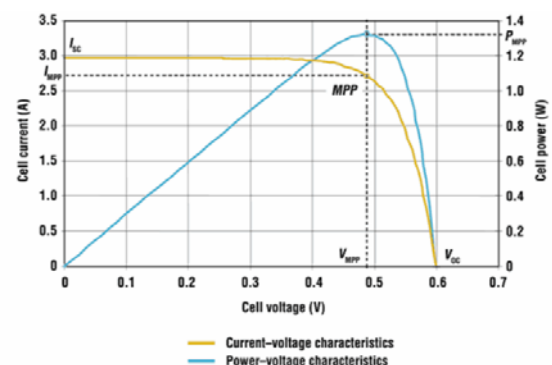
Gambar .1 Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya

Karakteristik Sel Surya

Sel surya menghasilkan arus dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut. Ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau I_{SC} (*short circuit current*), yang sebanding dengan iradiansi terhadap sel surya dapat diukur. Nilai I_{SC} naik dengan meningkatnya temperature, meskipun temperature standar yang tercatat untuk arus rangkaian pendek adalah 25°C . Jika arus sel surya sama dengan nol, sel surya kemudian menjadi “tegangan rangkaian terbuka”, V_{OC} (*open circuit voltage*).

Ketergantungan V_{OC} terhadap iradiansi bersifat logaritmis dan penurunan yang lebih cepat disertai peningkatan temperature melebihi kecepatan kenaikan I_{SC} . Oleh karena itu, daya maksimum sel surya dan efisiensi sel surya menurun dengan peningkatan temperature pada kebanyakan sel surya, peningkatan temperature dari 25°C mengakibatkan penurunan daya sekitar 10%. Sel surya menghasilkan daya maksimumnya pada tegangan tertentu, dimana tegangan tersebut dipengaruhi oleh banyak aspek diantaranya adalah radiasi sinar matahari, cuaca, kabel instalasi, alat ukur, efisiensi dan temperatur dari masing – masing komponen yang telah dipasang sesuai dengan rancangan tata letak komponen – komponen.

Gambar. 2 menunjukkan tegangan arus dan karakteristik tegangan-daya. Gambar ini juga menunjukkan dengan jelas bahwa kurva daya memiliki titik daya maksimum yang disebut MPP (*Maximum Power Point*).



Gambar 2 Grafik arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan sebagai karakteristik sel surya (Quashcning, 2004)

Tegangan titik daya maksimum atau V_{MPP} biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya, I_{MPP} lebih rendah dibandingkan dengan arus rangkaian pendek. Pada titik daya maksimum (MPP), arus dan tegangan memiliki hubungan yang sama dengan irradiansi dan temperature sebagaimana arus rangkaian pendek dan tegangan rangkaian terbuka.

Efisiensi sel surya adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya dengan daya pancaran (radiant) pada bidang sel surya. Dimana radian atau pancaran pada bidang sel surya ini dipengaruhi oleh sudut datang sinar matahari dan besar radiasi yang diserap pada bidang panel serta juga dipengaruhi oleh sudut bidang panel.

Sel surya kristal yang dijual pada saat ini bisa mencapai efisiensi sampai 20%, namun di laboratorium, efisiensi 25% bisa dicapai (Quashning, 2004).

Regulator Baterai

Regulator baterai adalah alat yang mengatur pengisian arus listrik dari modul sel surya ke baterai/aki dan sebaliknya. Saat isi baterai tersisa 20% sampai 30%, maka regulator akan memutuskan dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul sel surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Regulator baterai dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindari arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi.

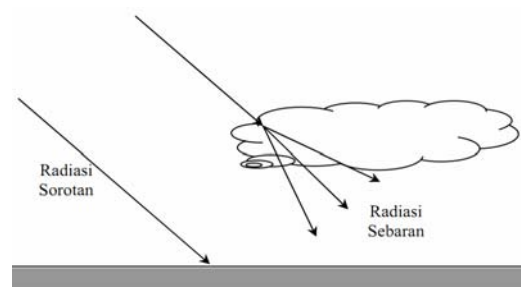
Inverter

Inverter adalah alat yang mengubah arus DC menjadi AC sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik yang digunakan. Alat ini mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC untuk kebutuhan beban-beban yang menggunakan arus AC.

Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

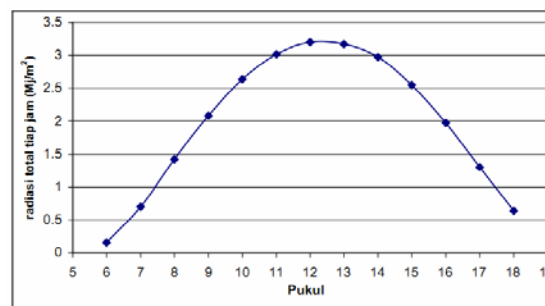
Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar 1535 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air

menyerap sebagian radiasi dengan panjang-gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi (Jansen, 1995)

Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 4. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan oleh arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi. Jarak rata – rata antara bumi dan matahari $R_{BM} = 1,49 \times 10^{11} \text{ m}$ dan rata – rata radiasi matahari = 376 W/m^2 , sedang rapat radiasi adalah : $2,0 \text{ kalori/cm}^2$, menit Bila dilipat dengan konstanta joule yang besarnya $4,184 \text{ joule/kal}$, akan menghasilkan besaran rapat radiasi matahari matahari (S) :Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 – 5 jam per hari.



Gambar 4 Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi (Jansen, 1995)

Perhitungan Daya Masukan dan Daya Keluaran

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (daya input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area PV modul dengan persamaan.

$$P_{in} = I_r \times A$$

Dimana :

P_{in} = Daya input akibat *irradiance* matahari (Watt)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas area permukaan *photovoltaic module* (m²)

Water Wall

Water wall adalah desain tumpahan air yang merata / terpusat pada suatu bidang lebar yang biasanya diposisikan secara vertikal. Menempatkan *water wall* tidak sekedar sebagai elemen estetis dari elemen dekoratif sebuah taman saja, tapi potensi keberadaan air mengalir sangatlah potensial dalam mereduksi beban panas sekitarnya (Prianto, 2009).

Sebagaimana terlihat pada gambar dibawah, kondisi air diam memiliki koefisien pantulan berkembang, yaitu menghindari pemakaian tritisan "kovensional", artinya fasad suatu rumah dikehendaki bersih dan rata. Maka tanpa mengurangi fungsi peran dari dinding bangunannya dapatlah strategi ini diterapkan sangat cermat. Disamping itu, memanfaatkan desain lapisan selubung ini juga sangat memungkinkan dikembangkan sebagai bagian dari element estetis fasad dengan menempatkan lampu-lampu dinding (Birren, 1998).

Langkah-langkah Membuat Water Wall

a. Tentukan Tema

Sebelum membuat *water wall*, pikirkan dahulu tema *water wall* yang ingin dibuat. Perancangan tema membuat pemilihan bahan pelengkap lainnya. Selain itu, tema dapat dipikirkan agar tidak bertabrakan dengan konsep rumah secara keseluruhan.

b. Tentukan Lokasi

Water wall umumnya diletakkan pada ruangan terbuka seperti taman pada rumah. Pemilihan lokasi hendaknya pada posisi menghadap kedalam rumah, agar dapat dinikmati penghuni rumah dari dalam. Tetapi, dengan perencanaan yang tepat, *water wall* dapat dimasukan dalam rumah. Hanya saja dapat diperhatikan salurannya agar tidak dapat menimbulkan kebocoran yang dapat merepotkan.

c. Efek Air

Beberapa cara keluarnya air yang dapat menjadi pilihan adalah dengan cara air mengalir, air terjun, atau air mancur. Untuk air mengalir, berarti tidak dibutuhkan penampungan air. Jika air terjun, berarti perlu ada penampungan air dan dikeluarkan dalam debit banyak. Untuk efek air mancur, ada penampungan air dan dikeluarkan melalui lubang kecil dari bawah untuk menciptakan efek air mancur.

d. Fondasi

Perlu dibuat fondasi untuk penguat dari bangunan *water wall*. Fondasi yang disarankan berukuran lebar sekitar 40 cm, dengan kedalaman 40 cm juga.

e. Lapisan Luar

Water wall dapat dilapisi dengan menggunakan cat atau batu alam. Jika ingin menggunakan cat, sebaiknya cat yang tahan terhadap air agar tidak mudah rusak. Pilihan lainnya adalah dengan menggunakan batu alam. Sebaiknya, pilih batu alam yang memiliki pori-pori padat seperti batu andesit, batu candi atau batu alam paliaman. Jangan lupa untuk melapisi batu alam dengan coating untuk mencegah timbulnya lumut dan jamur.

f. Pompa

Pompa merupakan alat sebagai penarik mesin. Pilihan pompa tergantung pada tempat dari mana air berasal. Jika menggunakan air pam atau air tanah yang tersedia dalam lapisan tanah yang tidak dalam, dapat menggunakan pompa biasa. Sedangkan, apabila menggunakan air tanah yang ada dalam lapisan yang lebih dalam, digunakan pompa jet pump yang mampu mengambil air lebih dalam.

g. Hardscape dan Softscape

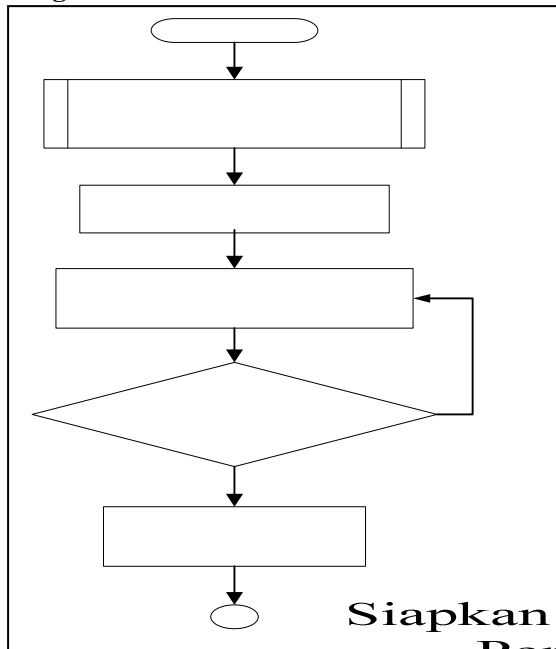
Water wall akan bertambah cantik dengan hardscape dan softscape yang harmonis. Contoh dari hardscape adalah batuan-batuan, rumah lampu, penggunaan guci, dll. Sedangkan softscape adalah tanaman yang ditanam pada *water wall*. Karakteristik tanaman yang cocok berada di *water wall* adalah tanaman yang kuat apabila berada ditempat terlindung. Contoh dari tanaman dengan karakteristik ini adalah sirih belanda, philodendron, anthurium atau melati air.

h. Lampu

Selain sebagai penerang pada malam hari agar dapat melihat keindahan *water wall*, penggunaan lampu juga dapat digunakan untuk menambah estetika *water wall*. Lampu dapat digunakan dari balik aliran air atau untuk menyorot objek yang indah dari *water wall*. Lampu yang biasanya adalah lampu yang

memiliki pendaran yang indah adalah lampu spot yang memiliki pendaran yang indah dan akan memberikan nuansa yang nyata seperti air terjun yang disinari oleh matahari.

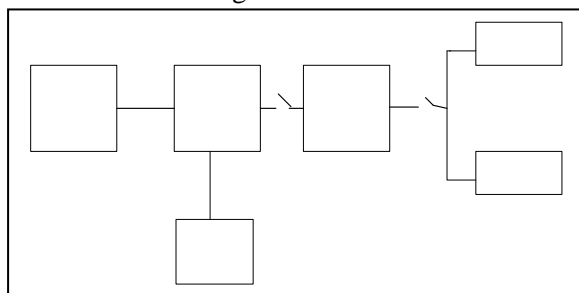
Perancangan dan Realisasi Diagram Alir



Gambar 5 Diagram alir rancangan dan pengukuran

Perancangan Alat

Dalam membuat suatu alat agar kegunaannya tepat dan bisa melayani kebutuhan beban dengan baik harus melalui tahap perencanaan / perancangan. Langkah pertama adalah dengan membuat blok diagram konsep perancangan yang diikuti dengan rancangan rangka utama dan susunan tata letak komponen. Adapun tahapan perancangan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :



Gambar 6 Blok diagram perancangan

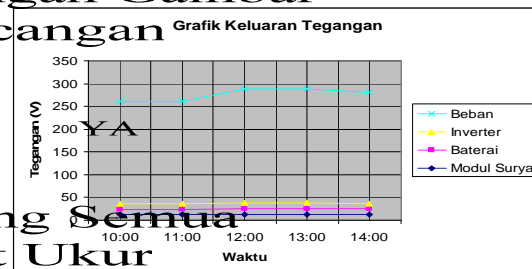
Prosedur Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian pada sistem solar cell 10Wp, yang harus diutamakan adalah kelengkapan instalasi. Apakah telah terpasang dengan benar dan rapih agar dapat dilakukan

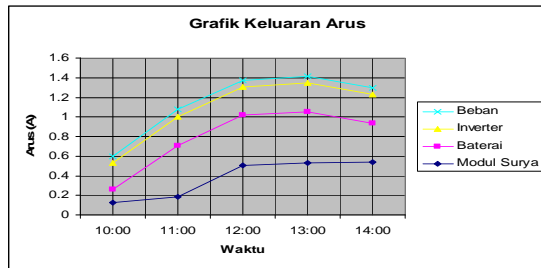
pengujian dan menghasilkan data yang akurat. Parameter yang diobservasi meliputi pengukuran besaran secara berkala antara pukul 10.00 – 14.00 WIB dan setiap satu jam sekali dilihat pada alat ukur yang digunakan pada pengujian dan mencatatnya, untuk mendapat nilai atau hasil – hasil yang mendekati sebenarnya.

Penggunaan alat ukur perlu diperhatikan dari jenis dan kegunaannya seperti yang digunakan pada pengujian system solar cell berkapasitas 10Wp, alat ukur yang digunakan berupa ampere meter digital yang berfungsi untuk mengukur arus dan volt meter analog yang berfungsi untuk mengukur tegangan, dimana tegangan tersebut akan dicatat pada table dan sama seperti pengukuran arus. Ada beberapa prosedur yang harus diperhatikan pada pengujian system solar cell berkapasitas 10Wp :

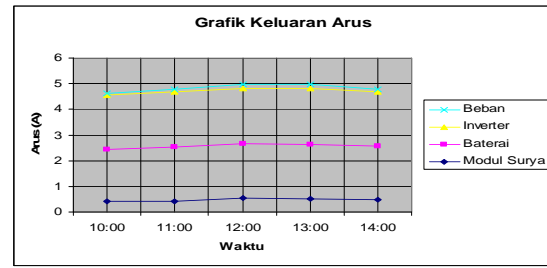
1. Memeriksa dan mengamati ketelitian dan kecermatan alat ukur yang digunakan pada pengujian.
 2. Untuk mengetahui data – data yang akurat dari hasil pengujian digunakan alat ukur berupa, volt meter analog 0 – 50V, alat ini digunakan untuk mengetahui tegangan DC yang keluar dari panel surya dan untuk mengetahui arus yang keluar dari panel surya, maka alat ukur yang digunakan adalah ampere meter digital 0 – 10A.
 3. Mencatat data – data hasil pengukuran dari alat ukur yang digunakan dalam pengujian, alat ukur yang digunakan berupa volt meter analog 0 – 50V dan ampere meter 0 – 10A.
 4. Selama pengujian dilakukan, keadaan cuaca harus benar-benar diperhatikan karena keadaan cuaca sangat berpengaruh pada performansi atau output kerja pada panel surya.
- Setelah data – data dari hasil pengujian terkumpul, langkah selanjutnya adalah pembuatan table dan grafik hubungan antara arus terhadap waktu dan hubungan antara tegangan terhadap waktu.



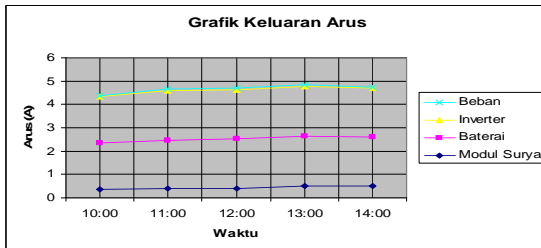
Gambar 7 Grafik keluaran tegangan hari pertama dengan beban



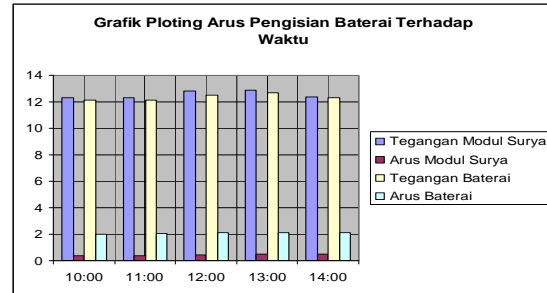
Gambar 8 Grafik keluaran arus hari pertama tanpa beban



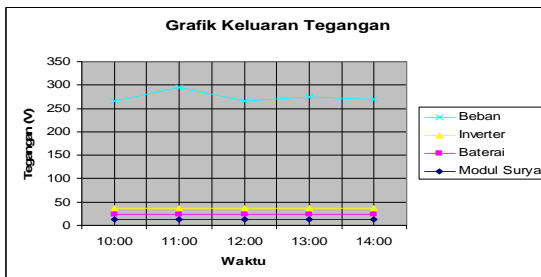
Gambar 13 Grafik keluaran arus hari kedua tanpa beban



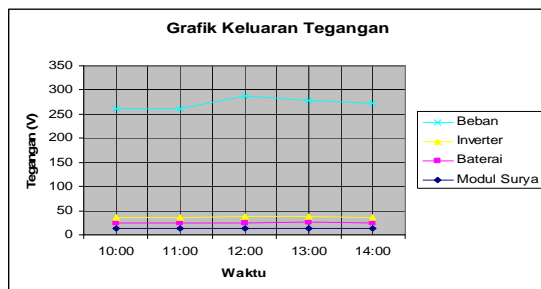
Gambar 9 Grafik keluaran arus hari pertama dengan beban



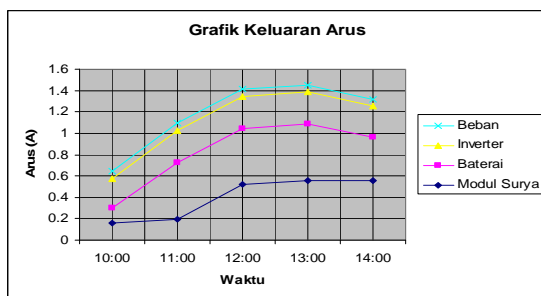
Gambar 14 Grafik plotting arus terhadap pengisian baterai



Gambar 10 Grafik keluaran tegangan hari kedua tanpa beban



Gambar 11 Grafik keluaran tegangan hari kedua dengan beban



Gambar 12 Grafik keluaran arus hari kedua tanpa beban

Analisa Hasil

Dari hasil pengujian diatas maka diperoleh tabel arus dan tegangan pada masing – masing komponen serta grafik keluaran arus dan tegangan pada masing – masing komponen *solar cell*. Pengambilan data diatas diambil mulai pukul 10.00 – 14.00 wib pada hari yang berbeda di bulan agustus dengan keadaan cuaca cerah. Pengukuran arus baterai dan sel surya dilakukan selama 5 jam tanpa dan dengan pembebanan, nilai arus dan tegangan dicatat selang waktu 60 menit. Nilai arus maksimum terjadi pada saat jam 12.00 – 13.00 kisaran 2,13 ampere meskipun nilai tegangan baterai dan panel surya relative stabil pada kisaran 12 volt sampai 12,9 volt. Ploting arus pengisian baterai yang terlihat pada gambar 4.10 nampak dari awal pengukuran dipagi hari nilai arus merambat naik seiring bertambahnya waktu menuju siang hari, kemudian nilai arus mengalir turun seiring Bergeraknya matahari menuju sore.

Kondisi ideal penelitian dengan menggunakan sel surya berdaya maksimum 10 watt, jika tegangan dapat terjaga maksimum pada nilai 12 volt, maka kuat arus yang mengalir ke baterai dapat mencapai maksimum 0,53 ampere. Data pengukuran yang disajikan pada table 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 kuat arus maksimum sel surya 0,53 ampere dan tegangan maksimum mencapai 12,9 volt. Dari data percobaan, nilai daya maksimum pada sel surya berkisar 6,54 watt dan belum sesuai dengan spesifikasi

elektrik sel surya. Dengan pengambilan data dari table 4.4 maka waktu beroperasinya rancangan alat adalah sebagai berikut :

daya rata – rata sel surya :

daya baterai :

$$= V_{\text{rata-rata}} \times I_{\text{rata-rata}}$$

$$= V \times I$$

$$= 12,54 \text{ V} \times 0,52 \text{ A}$$

$$= 12 \text{ V} \times 3,5 \text{ A}$$

$$= 42 \text{ Watt}$$

Waktu pengisian sel surya :

$$= 42 \text{ W} / 4,49 \text{ W}$$

$$= 6,4 \text{ hari}$$

Maka, waktu beroperasinya alat perancangan adalah :

$$= 42 \text{ W} / 21 \text{ W}$$

$$= 2 \text{ jam}$$

Dari analisa ini memberikan petunjuk terdapatnya factor yang mempengaruhi kuat arus listrik yang mengalir ke dalam baterai dan bisa berupa posisi sel surya terhadap matahari, kondisi cuaca saat pengukuran, dan efisiensi.

Kesimpulan

Dari hasil pembuatan dan pengujian alat dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Radiasi penyinaran matahari terhadap panel surya dapat mempengaruhi keluaran arus, tegangan dan daya pada modul surya.
2. Untuk menjalankan daya yang besar maka diperlukan modul surya, baterai, unit control dan inverter yang memiliki daya yang besar.
3. Setelah dilakukan pengujian ternyata waktu kuat arus yang dihasilkan tertinggi panel surya adalah sekitar pukul 12.00 – 13.00.

Saran

Adapun saran untuk penelitian ini agar menjadi lebih baik lagi, yaitu :

1. Untuk efisiensi maksimal penyerapan radiasi sel surya pada panel sebaiknya menggunakan sistem kendali *solar tracker*.
2. Pengambilan data sebaiknya dilakukan selama 6 bulan agar mengetahui angka rata-rata dari musim hujan sampai musim kemarau.
3. Untuk waktu pengoperasian yang lebih lama sebaiknya modul surya beserta komponen lainnya ditambah kapasitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Djoko Adi Widodo, Suryono, Tatyantoro, Tugino(2009). PEMBERDAYAAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI ENERGI LISTRIK LAMPU PENGATUR LALU LINTAS. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Hasan,Hasnawiya(2012). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi.Makasar: Jurusan Teknik Perkapalan- Universitas Hasanuddin.
- Ir. Chris Timotius,Dkk.(2009).Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Putu Yudi Astrawan Putra.(2007).Perancangan Dan Pembuatan Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga surya (PLTS). Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja.
- Prianto, Eddy.(2012).Strategi Disain Fasad Rumah Tinggal Hemat Energi.Semarang.
- Yuwono, Budi(2005).Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51. Surakarta : Universitas sebelas Maret.