

RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM PANEL ATS HIBRID ANTARA TURBIN ANGIN DAN SOLAR SELL DENGAN GRID PLN UNTUK ENERGI LISTRIK RUMAH DENGAN DAYA 456W

Eva Damayanti¹⁾, Muhamad Iyas²⁾
^{1),2)} Teknik Elektro, Politeknik TEDC Bandung
Email: eva_vaddel@yahoo.com¹⁾; miyas@yahoo.com²⁾

Abstrak

Solar cell dan turbin angin merupakan salah satu energi terbarukan. Sel surya dapat mengkonversi sinar matahari langsung energi disosiasi diatomik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya yang tidak dipengaruhi oleh intensitas matahari cahaya yang diterima, sehingga sel surya hanya dapat menghasilkan energi listrik jika ada sinar matahari. Suplai energi listrik harus dapat diterapkan setiap kali. Hibrida dari alternator energi surya (PLTS) dengan jaringan listrik dari PLN akan menghasilkan kelangsungan penyediaan energi listrik. Hibrida PLTS dengan jaringan listrik dikendalikan oleh *switch* pengontrol yang kerjanya satu cara arah; ketika PLTS bekerja (*on*), maka suplai listrik dari PLN akan terputus dan begitu sebaliknya.

Kata kunci: sel surya, sistem hibrida, switch kontrol

Abstract

The Solar cells and the wind turbines are one of renewable energy. Solar cells can convert direct sunlight diatomic dissociation energy into electrical energy. The electrical energy generated by solar cells is not affected by the intensity of the received sun light, so solar cells can only generate electrical energy if there is sunlight. The supply of electrical energy must be applicable every time. The hybrid of the solar energy alternator (PLTS) with the power grid of PLN will result in continuous supply of electrical energy. PLTS hybrid with power grid is controlled by control switch which works one way way; when PLTS works (on), then the power supply from PLN will be cut off and vice versa.

Keywords: solar cell, hybrid system, switch control

I. PENDAHULUAN

Semua Kebutuhan energi listrik yg terus bertambah akibat pertumbuhan penduduk akan menyebabkan konsumsi energi listrik yg sangat besar, dan menyebabkan krisis energi listrik, dalam tahun-tahun kedepan kebutuhan energi global akan meningkat dua kalilipa pertahunnya. Menurut data Departemen ESDM menyebutkan, cadangan minyak bumi di Indonesia hanya bisa mencukupi hingga kurang lebih 61 tahun lagi, kemudian cadangan batu bara diperkirakan habis dalam 147 tahun lagi. Saat ini pemerintah melalui Perusahaan Listrik Negara (PLN) yg bekerja sama dengan pihak swasta sedang gencar-gencarnya melakukan program penghematan energi listrik dan mencari energi listrik alternatif terbarukan pengganti minyak bumi dan batubara.

Diantara energi alternatif terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik diantaranya adalah tenaga angin dan tenaga matahari. Indonesia adalah salah satu negara tropis yang diberikan iklim dimana saat siang hari matahari selalu memancarkan sinarnya yang sangat besar dan hampir disetiap sudut wilayah Indonesia, sinar matahari memancarkan sinarnya mulai pagi hingga senja. Menurut data ESDM

setiap tahunnya Indonesia mendapat energi matahari sebesar 2500 Kw/jamnya (sumber lainnya mengatakan bumi secara tak henti disinari energi matahari sebesar 17 triliun Kw/jam). Melihat potensi energi matahari Di Indonesia yang besar, energi matahari sangat cocok dimanfaatkan untuk sumber pembangkitan energi listrik yg sering disebut PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), PLTS pembangkit listrik ramah lingkungan karena tidak mengakibatkan polusi udara, karena memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber pembangkitan. PLTS sangat efisien digunakan untuk mengatasi masalah energi listrik di daerah yg sulit mendapat pasokan energi listrik dari PLN. Selain tenaga matahari yang dapat dijadikan energi listrik alternatif, tenaga angin juga dapat digunakan sebagai energi terbarukan sebagai alternative penggerak turbin angin/sebagai penggerak generator pembangkit tenaga listrik.

Menghadapi permasalahan diatas penulis mencoba merancang kontrol panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) yg dikombinasikan (*Hybrid*) dengan panel surya dan turbin angin yg berfungsi sebagai berikut:

- a) Sebagai *back up* apabila terjadi pemadaman listrik dari PLN.

- b) Sebagai pengganti energi listrik untuk daerah yg belum terjangkau jaringan listrik PLN.
- c) Mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN terutama pada waktu beban puncak.

Perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara merancang kontrol panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai bagian dari *hybrid* energi listrik PLN, turbin angin dan solar sel dengan software PC schematic v18.
- 2) Teoritis cara kerja komponen yang ada di kontrol panel.
- 3) Bagaimana cara membuat kontrol panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai bagian dari *hybrid* energi listrik PLN, turbin angin dan solar sel.
- 4) Bagaimana cara kerja, pengetesan dan menganalisa kontrol panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai bagian dari *hybrid* energi listrik PLN, turbin angin dan solar sel.

Pada perencanaan dan pembuatan alat ini penulis membatasi permasalahan dengan tujuan mencegah kemungkinan meluasnya masalah dan penyimpangan dari fokus permasalahan. Adapun pembatasan masalah yang dimaksud adalah :

- a) Perancangan pembuatan turbin angin, jenis dan karakteristik turbin angin
- b) Perhitungan efisiensi generator turbin angin
- c) Jenis, cara kerja dan karakteristik solar sel secara rinci
- d) Perincian dan cara kerja modul ATS
- e) Nilai efisiensi *accu*
- f) *Test* beban DC maupun AC sampai mencapai DoD (*Deep of Discharge*) *accu*
- g) *Charge controller* khusus untuk *wind turbin* karena *charge controller* yang dipakai untuk turbin angin didalam panel system ini adalah *charge controller solar cell* karena tegangan yg keluar dari *wind turbin* sudah berarus DC.

Tujuan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

- 1) Merencanakan kontrol panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai bagian dari *hybrid* energi listrik PLN, wind turbin dan solar sel dengan software PC schematic V19.
- 2) Menyiapkan alat-alat penunjang kerja termasuk bahan dan komponen listrik.
- 3) Membuat kontrol panel.
- 4) Pengetesan dan Menganalisa hasil pembuatan panel kontrol ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai bagian dari *hybrid* energi listrik PLN, turbin angin dan solar sel.

II. LANDASAN TEORI

Konsep Dasar dan Sumber Energi

Energi merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan usaha. Energi adalah daya yang digunakan untuk melakukan macam-macam proses kegiatan antara lain; energi listrik, energi mekanik dan energi panas. Sebagian sumber energi lainnya adalah sumber daya alam antara lain; minyak bumi, gas alam, batubara, air, panas bumi, gambut, biomasa dan sebagainya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (PMPN Mandiri, Rislina Sitompul, 2011).

Sumber energi dari Alam dapat dikelompokkan menjadi energi terbarukan (*renewable energy*) dan energi fosil (*non-renewable* atau *depleted energy*) contohnya minyak bumi, batu bara dan gas alam. Energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain: energi panas bumi, energi matahari, biofuel, aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut, dan suhu kedalaman laut.

Energi Terbarukan, Potensi dan Pemanfaatannya di Indonesia

Sumber energi terbarukan memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia meliputi 4,8 KWh/m²/hari energi surya, 458 MW energi mini/mikrohidro, 49.81 GW Biomassa, 3-6 M/detik tenaga angin, dan 3GW nuklir (cadangan uranium). Sumber energi hidro yang cukup besar dan potensial diperkirakan 75.76 GW juga dimiliki Indonesia.

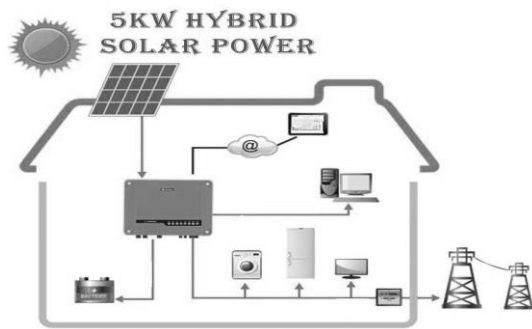
Walaupun potensi yang dimiliki oleh energi terbarukan contohnya biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi lautan relatif tinggi, namun tidak digunakan secara signifikan, yakni kurang dari 4% pada tahun 2007. Indonesia memiliki kebijakan nasional bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada minyak dan gas bumi serta untuk membuat variasi campuran energi dengan meningkatkan pangsa dari beberapa sumber energi alternatif lainnya.

Tabel 1. Status potensial dari energi fosil

Energi Fosil	Total Sumber Daya	Cadangan	Produksi	Rasio Cad/Prod. (tahun)
Minyak	86.9 milyar barel	9.1 juta barel	387 juta barel	23 tahun
Gas	384.7 TSCF	185.8 TSCF	2.95 TSCF	62 tahun
Batu bara	58 milyar Ton	19.3 milyar ton	132 juta Ton	146 tahun

(Sumber: DESDM, 2016)

Sistem Energi Listrik Hybrid



Gambar 1. Contoh instalasi energi listrik hybrid.

Pengertian Sistem Energi Listrik Hybrid

Sistem energi listrik hybrid adalah suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggunakan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi berbeda sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu. Tujuan utama dari sistem energi listrik ini memaksimalkan energi dengan harga murah, bebas polusi, kualitas daya yang bagus, serta bisa sebagai back up apabila terjadi pemadaman dari sumber energi listrik utama dan upaya penggabungan beberapa sumber energy yang dimaksud, akan mampu memberikan catu daya listrik yang berkesinambungan dan memberikan efisiensi yang optimal. Hybrid power system ini memiliki beberapa kelebihan dari konfigurasiya yaitu (Juwito, 2012):

- a) Dapat menjadi solusi untuk mengatasi krisis bahan bakar fosil.
- b) Dapat memenuhi beban listrik secara optimal terutama pada daerah-daerah yang tidak tersentuh oleh jaringan listrik PLN
- c) Meningkatkan efisiensi ekonomi pembangkit
- d) Meningkatkan keandalan (reliability) sistem pembangkit.
- e) Meningkatkan waktu layanan listrik secara ekonomis
- f) Meningkatkan umur operasi sistem
- g) Tidak menimbulkan polusi dan limbah (ramah lingkungan)
- h) Biaya pengoperasian dan pemeliharaannya relatif murah
- i) Biaya produksi energi listrik atau Cost of Energy (Rp/kWh) per tahun relatif murah.

Di samping kelebihan-kelebihan di atas konfigurasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid tersebut juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya:

- a) Produksi sumber energi baru dan sumber energi terbarukan sangat tergantung pada siklus alam
- b) Biaya investasi awal sistem ini lebih mahal.
- c) Tidak dapat menangani beban puncak dengan baik tanpa penyimpanan energi. (Juwito, 2012).

Komponen Pendukung Energi Listrik Hybrid Panel Kontrol

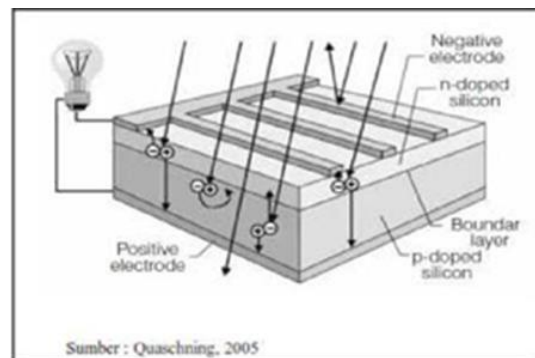
Peralatan panel kontrol ini mempunyai fungsi untuk mengatur dan mengendalikan beban listrik di bengkel kerja atau di industri yang menggunakan motor listrik yang berfungsi sebagai penggerak. Pada umumnya pengontrolan di industri atau di rumah ada dua jenis yaitu jenis manual dan jenis otomatis.

Solar Cell

Sel surya adalah sebuah komponen elektronik yang dapat mengubah energi cahaya gelombang pendek sebagai energi listrik, perubahan energi ini disebabkan sebuah proses yang di sebut efek photovoltaic. Efek photovoltaic sendiri adalah pelepasan sepasang muatan (positif dan negatif) dalam material padat melalui cahaya. Jadi secara tidak langsung output berupa arus dan tegangan dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya.

Sambungan (junction) yang terdapat pada sel surya, yaitu antara dua lapisan yang tipis dan terbuat dari bahan semikonduktor yang berfungsi sebagai semikonduktor jenis "P" (positif) memiliki permukaan yang tipis terbuat dari silikon agar cahaya matahari menembus langsung mencapai junction pada bagian ini terdapat lapisan nikel yang berbentuk cincin berfungsi sebagai terminal keluaran positif. Dibagian bawah "P" terdapat semikonduktor jenis "N" (Negatif) yang juga dilapisi nikel sebagai terminal keluaran negatif.

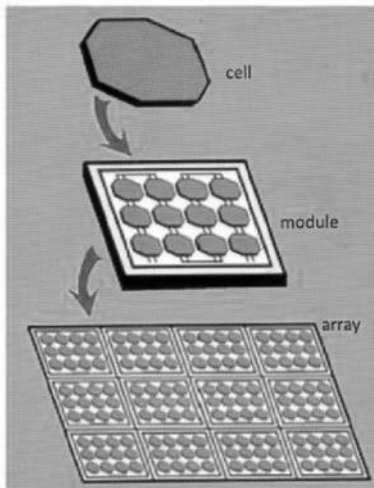
Ketika cahaya mengenai permukaan sel surya, beberapa foton dari cahaya diserap oleh atom semikonduktor untuk membebaskan electron dari ikatan atomnya, sehingga menjadi electron yang bebas bergerak. Adanya perpindahan electron inilah yang menyebabkan terjadinya arus listrik. (Quaschnig, 2005).



Gambar 2. Hubungan Sel Surya, Panel Surya (Quaschnig, 2005)

Array adalah Gabungan dari beberapa sel surya disebut panel surya. Sebuah panel surya umumnya terdiri dari 32-40 sel surya, tergantung ukuran panel (Quaschnig,2005).

Gabungan dari panel-panel ini akan membentuk suatu "Array".

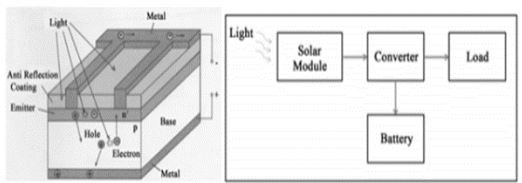


Gambar 3. Susunan pembuatan panel surya, dari sel surya, modul dan panel (array) (Tutun dan Didik Sunardi, 2012.)

Pembangkit energi solar cell dalam pelaksanaannya dibagi atas 4 metode, antara lain:

- Dengan system fotovoltaik (Photovoltaic)
- Dengan system konversi fotoelektrokemikal
- Dengan system penerima termal surya terdistribusi
- Dengan system penerima termal surya secara sentral (Mesin Konversi Energi, Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud, 332-334).

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Operasional pembangkitan listrik jenis ini bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung, secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya.



Gambar 4. Prinsip kerja solar cell (<https://lakonetf.wordpress.com>, Laboratorium Rekayasa Energi)

Energi Angin dan Pembangkit Listrik Tenaga Agin

Angin merupakan energi alternatif yang murah dan dapat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi kebutuhan masyarakat. Energi tersebut dapat di konversikan menjadi beberapa energi kinetik yang nantinya dapat mempermudah pekerjaan manusia.

Hal ini sudah diterapkan dalam pemanfaatan angin menjadi penggerak utama pompa air untuk pengairan sawah. Angin terjadi karena adanya perbedaan suhu yaitu antara udara panas dan udara dingin. Di wilayah Khatulistiwa, udaranya menjadi panas dan mengembang menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak 300 Km hingga 600 Km ke wilayah yang lebih dingin misalnya wilayah Kutub. Sebaliknya di wilayah Kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah dengan demikian terjadi perputaran udara berupa perpindahan udara dari Kutub Utara ke Garis Khatulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari Garis Khatulistiwa kembali ke Kutub Utara, melalui lapisan udara yang lebih tinggi. Proses pemanfaatan energi angin juga sudah dilakukan sejak lama untuk pemanfaatan energi listrik. Dengan bantuan energi angin ini proses perubahan energi dilakukan melalui dua tahapan konversi energi, pertama aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin yang bertiup, kemudian putaran dari rotor dihubungkan dengan generator, dari generator inilah dihasilkan arus listrik.

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam.

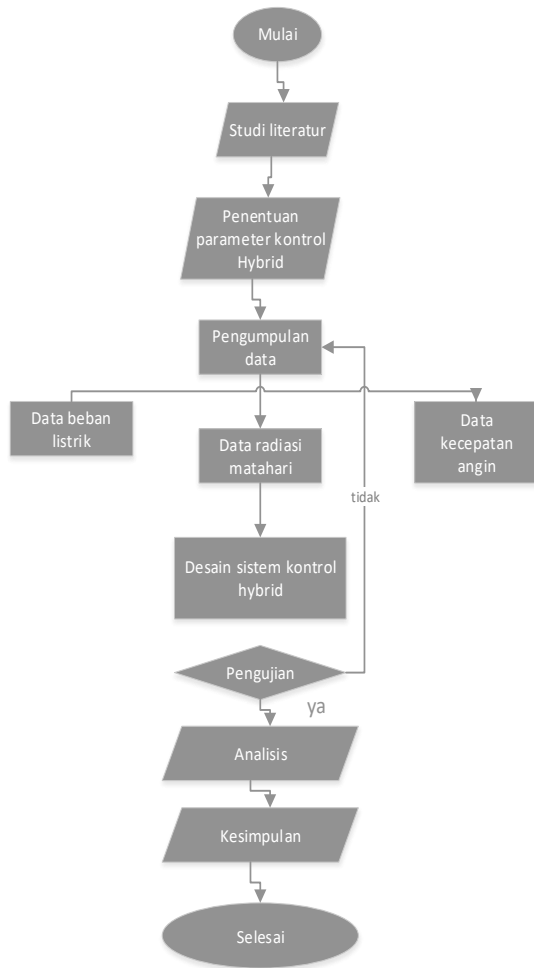
Sistem Penyimpanan Energi

Sistem penyimpanan energi yang biasanya di pakai pada sel surya adalah baterai, dari segi penggunaannya baterai dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu:

- Baterai primer**
Baterai adalah baterai yang hanya digunakan atau dipakai sekali saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.
- Baterai Sekunder**
Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan dan di diisi ulang beberapa kali, komposisi awal elektroda dapat dikembalikan dengan arus berkebalikan.

Baterai berperan sangat penting dalam sistem sel surya karena baterai di gunakan untuk membantu agar sel surya dapat memenuhi kestabilan suplai daya ke beban. Baterai pada sel surya mengalami proses siklus mengisi (Charging) dan mengosongkan (Discharging), tergantung pada ada tidaknya sinar matahari. Selama ada

3. Diagram Tahapan Penelitian



Gambar 7. Diagram alir tahapan penelitian.

Alat/ Bahan

a. Bahan/komponen

Bahan dan komponen untuk membuat kontrol panel ATS *Hybrid* ini terdiri dari :

- 2 Jenis solar cell (Polycristalin dan Monocrystalin) masing-masing 50Wp dengan spesifikasi sebagai berikut :

Polycristalin

Merk	: Shinyoku
Maximum Power (Pmax)	: 50W
Voltage at Pmax (Vmax)	: 17,2 V
Current at Pmax (Imp)	: 2,86 A
Open-circuit Voltage (Voc)	: 20,9 V
Short-circuit Current (Isc)	: 3,18 A
Maximum Fuse	: 16 A

Monocrystalin

Merk	: Solar Modul
Maximum Power (Pmax)	: 50W
Voltage at Pmax (Vmax)	: 17,6 V
Current at Pmax (Imp)	: 2,85 A
Open-circuit Voltage (Voc)	: 20,9
Short-circuit Current (Isc)	: 3,04 A
Maximum Fuse	: 16 A

- *Wind Turbin*
Baterai / Accu VRLA Spesifikasi:
Merk : MYCELEX
Kapasitas : 38 Ah
Tegangan : 12 V
Voltase penuh : 13,8-14,5 V
- 2 unit Solar Charge Control SUOER 12/24 V masing-masing 10A dan 20 A
- Inverter SUOER 300 Watt
- Modul ATS 63A
- 3 Type Relay terdiri dari :
 - LY4N
 - LY2N
 - MY2N
- Photocell/LDR
- Selector Switch
- MCB merk Shukaku terdiri dari : 2A dan 4A
- Lampu indicator LED terdiri dari warna: Hijau dan Kuning



Gambar 8. Wattmeter DC

- Wattmeter AC



Gambar 9. Wattmeter AC

- Volt Ampere DC



Gambar 10. Volt Ampere DC

- EZ Label Casio

IV. PEMBAHASAN

Kontinuitas Sistem ATS Hybrid dan PLN

Kapasitas Solar cell Berdasarkan Perhitungan

a) Total Beban Rumah Tangga
Perancangan sistem hibrid PLTS dan PLN untuk rumah tangga adalah, pertama menentukan beban total harian rumah tangga (Lubis, 2006: 54). Dari penentuan beban total harian tersebut akan didapatkan kurva beban listrik harian rumah tangga. Beban total harian merupakan jumlah energi yang dibutuhkan oleh beban listrik rumah tangga setiap harinya. Beban terpasang, daya terpasang, lama penggunaan beban, serta kebutuhan energi setiap hari pada rumah tangga.

Dalam perancangan dan pembuatan prototype panel kontrol ATS hybrid dalam penelitian ini diperoleh dalam bentuk tabel data sebagai berikut:

Tabel 2. Data beban

No.	Beban	Daya (W)	Total Daya	Lama Penggunaan	Energi (WH)
1	Lampu LED DC	6	6	12 jam	72
2	Lampu LED AC	7	7	12 jam	84

b) Beban Sistem yang Di supply
Kebutuhan total beban rumah tangga merupakan langkah awal dalam merancang sistem ATS hibrid dan PLN. Pada sistem hibrid yang dirancang, ATS hybrid diharapkan dapat mensuplai sebesar 30% dari energi keseluruhan. Besar energi beban yang akan di supply oleh ATS hybrid adalah sebesar:

$$EA = 30\% \times EB \dots\dots\dots (1)$$

$$= 30\% \times 156 \text{ WH}$$

$$= 46,8 \text{ WH}$$

Dengan asumsi rugi-rugi (losses) pada sistem dianggap sebesar 15%, karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru (Mark Hankins, 1991: 68). Total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar:

$$ET = EA + \text{rugi-rugi system} \dots\dots\dots (2)$$

$$= EA + (15\% \times EA)$$

$$= 46,8 \text{ WH} + (15\% \times 46,8 \text{ WH}) \approx 53,82 \text{ WH}$$

Jadi total energi sistem yang disyaratkan sebesar 54 WH (Pembulatan).

Perhitungan Kapasitas Baterai

Satuan energi (dalam WH) dikonversikan menjadi Ah yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut:

$$AH = \frac{ET}{Vs} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{54}{12}$$

$$= 4,5 \text{ Ah}$$

Hari otonomi yang ditentukan adalah satu hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkannya pada hari itu juga. Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68).

Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah:

$$Cb = \frac{Ah \times d}{DOD} \dots\dots\dots (4)$$

$$= \frac{4,5 \text{ Ah} \times 1}{0,8}$$

$$= 5,625 \text{ Ah}$$

Sedangkan *battery/accu* yang terpasang 38Ah sehingga cukup lama mem-back up beban lebih dari 12 jam.

Cara kerja panel ATS Hybrid

Pada waktu PLN mensupply energi RY2 aktif dan memutuskan inverter, RY1 berfungsi untuk mengendalikan input supply energi listrik PLN (kontak NC dan dikendalikan oleh *photo cell*/LDR yang aktif pada waktu malam), apabila RY1 aktif supply PLN terputus dan beban di supply oleh inverter, RY2 berfungsi sebagai saklar ON/OFF inverter juga berfungsi untuk *standby ON* apabila panel kontrol ATS hybrid ini dipasang didaerah yang belum terjangkau listrik PLN.

RY1 dan RY2 dikendalikan oleh *hotocel*, apabila system charger dari kedua system energi alternative (*Solar cell* dan *Wind turbin*) terjadi gangguan atau masalah *photo cell* bias di non aktifkan sehingga supply energi listrik di supply oleh PLN.

RY4 dikendalikan oleh *charge controller* berdasarkan *setting* waktu. RY4 berfungsi untuk charger menggunakan supply dari listrik PLN (hanya sebagai emergency apabila terjadi gangguan di system energi alternative). MCB 1 sebagai pengaman supply energi listrik PLN dan MCB 2 sebagai proteksi beban. Untuk beban DC dikendalikan oleh modul *charge controller*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Desain sistem hibrid antara PLTS dengan jala-jala listrik PLN telah berhasil dilakukan. Sistem hibrid yang dirancang mempunyai prinsip kerja satu arah yaitu pada saat ATS hibrid bekerja (on) maka PLN tidak bekerja (off) dan begitu pula sebaliknya. Sistem PLTS dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga secara kontinyu.
- 2) Panel kontrol ATS hybrid bisa digunakan didaerah yang sudah terpasang jaringan

listrik PLN dan berfungsi sebagai penghemat/mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN pada waktu beban puncak(jam 04.00 s/d 08.00 dan 17.00 s/d 22.00). Selain itu bisa juga sebagai *back up* apabila terjadi pemutusan atau gangguan energi listrik dari PLN.

- 3) Besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin angin dan solar cell sangat berpengaruh terhadap kinerja dan fungsi ATS *Hybrid*
- 4) Waktu *back up* energi listrik sangat ditentukan oleh besarnya Ah *accu*, jumlah daya/Wp solar cell beserta *charge controller* dan daya turbin angin.
- 5) Kinerja sistem ATS *hybrid* sangat dipengaruhi oleh faktor kondisi cuaca dan factor banyaknya beban.

Sumber Internet: <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/5-10-2017/21.00-21.15 WIB>
SumberInternet:www.academia.edu/Prinsip_dan_aplikasi_Relay/5-10-2017/21.15-21.30 WIB.

Saran

Atas dasar simpulan tersebut, dapat kami sampaikan beberapa saran sebagai berikut :

- 1) Sistem *prototype* Panel *Automatic Transfer Switch Hybrid* ini hanya bisa untuk beban AC maksimal 285W (daya inverter 300W dengan efisiensi 95%) .
- 2) Untuk input daya turbin angin dan solar sel yang lebih besar sebelum masuk ke sistem panel *ATS Hybrid* perlu dipasang MCB sebagai Proteksi apabila terjadi *short circuit* disistem panel.
- 3) Pemasangan *charge controller* harus didahulukan penyambungan ke *accu* dulu sebelum ke solar sel dan turbin angin karena akan merusak *charge controller*.
- 4) Apabila *system* panel *ATS Hybrid* dipakai untuk beban yang lebih besar beberapa Komponen (Relay,MCB,Inverter,*Charge controller* dan kabel penghantar) harus diganti dengan nilai kekuatan arus/daya maksimalnya sesuai dengan perhitungan /jumlah beban yang akan di *back up*.

DAFTAR PUSTAKA

- Astu Pudjanarsa, Djati Nursuhud. *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi.
- Frank D.Petruzella. *Elektronik Industri*, Andi.
- Hankins, Mark.(1991). *Small electric system for Africa, motif creative arts*, LTD.Kenya.
- James A.Rehg. *Industrial Electronic*.
- Lubis, Abu Bakar dan Adjat Sudrajat.(2006). *Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*.BPPT Press. Jakarta.
- Strong, Steven J and William G.Scheller.(1993). *The Solar Electric Chelsea Green*.ISBN 0-9637383-2-1.
- Sumber Internet: http://www.containedenergy.com/contained_energy_Indonesia_PNPM_Mandiri/5-10-2017/21.15-21.30 WIB
- Sumber Internet: http://www.containedenergy.com/contained_energy_Indonesia_PNPM_Mandiri/5-10-2017/21.15-21.30 WIB.