

Penggunaan Sistem Solar Sel Pada Rumah Sederhana Sebagai Penerangan

Armansyah, Jamilah Husna, Khorul Ihwan Harahap

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU-Medan

irulharahap17089@gmail.com; armansyah@ft.uisu.ac.id; miila_jv@yahoo.com

Abstrak

Potensi energi matahari sebagai sumber energi terbarukan banyak tersedia di alam. Oleh karena itu, sejak diciptakan sebuah teknologi yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik yang dinamakan solar sel (panel surya), maka harapan pada pengembangan teknologi ini menjadi sangat besar. Tetapi pada kenyataannya, kapasitas Panel Surya yang ada saat ini masih rendah. Hanya berkapasitas 100 watt peak (WP). Pemanfaatan energi matahari merupakan satu di antara sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk penerangan lampu rumah yang menggunakan lampu LED dengan bertegangan DC. Pada sistem ini penerangan lampu rumah tangga menggunakan solar sel, prinsip kerjanya secara keseluruhan adalah pada saat energi matahari di pancarkan ke permukaan bumi, maka solar sel akan bekerja menangkap energi matahari yang di pancarkan tersebut. Komponen panel surya ini mengkonversikan energi cahaya matahari tersebut menjadi energi listrik. Dan energi listrik tersebut akan di simpan pada Battery, proses ini disebut pengisian daya pada Battery. Battery akan mengalami proses selama adanya energi matahari terpancar yaitu kira-kira 12 jam, Mulai dari jam 06.00 WIB sampai dengan jam 18.00 WIB. Pengambilan data Panel Surya ini berlokasi di kabupaten PALUTA (Padang Lawas Utara) Kecamatan Padang Bolak Desa Siurang Git-Git

Kata Kunci: Solar Sel, Battery, LED, Photovoltaic, Energi Matahari

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang paling vital sepanjang peradaban manusia. Peningkatan penggunaan energi listrik dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya kemakmuran suatu masyarakat. Namun pada waktu yang sama timbul masalah dalam upaya penyediaannya. Hal ini disebabkan semakin menipisnya persediaan minyak bumi di Indonesia, sehingga pemanfaatan energi terbarukan sebagai alternatif harus ditingkatkan. Energi terbarukan tersebut diantaranya adalah energi surya, angin, gelombang laut, biomassa dan lain-lain. Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi matahari yang tinggi dengan radiasi rata-rata (insolasi) sebesar 4,5 kWh/m²/hari (Solarex, 1996). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Disamping itu, kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau menyebabkan banyaknya daerah terpencil yang belum terjangkau listrik PLN. Oleh karena itu penggunaan teknologi PLTS untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia di daerah-daerah tersebut merupakan solusi yang tepat. Penggunaan teknologi tenaga surya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil dapat dilakukan dengan berbagai macam sistem PLTS seperti PLTS Hybrid yaitu gabungan antara energi surya dengan sumber energi lainnya, yang paling umum adalah penggabungan energi surya dengan energi mesin diesel dan energi Mikro-hydro. Sistem energi surya yang lainnya adalah "Solar Home System

(SHS)". SHS ini terdiri dari panel modul surya, baterai, alat pengontrol dan lampu. SHS di pasang pada masing-masing rumah dengan modul fotovoltaik dipasang di atas atap rumah. Masalah utama dalam penggunaan SHS adalah harganya yang masih relatif mahal untuk masyarakat terutama daerah terpencil dan miskin. Untuk itu perlu ada suatu acuan atau pedoman analisa penggunaan SHS yaitu cara menghitung dan memilih komponen SHS yang dibutuhkan masyarakat tersebut sehingga masyarakat mampu membayar dan dapat menikmati listrik, minimal untuk sarana penerangan. Dalam tulisan ini, diuraikan analisa penggunaan dan memilih SHS untuk keperluan penerangan rumah sederhana. Tujuan dari tulisan ini adalah memberikan acuan singkat dan praktis agar calon pengguna dan praktisi kelistrikan dapat menentukan spesifikasi SHS yang tepat dan Ekonomi

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Perkembangan Generasi Solar Sel

Jenis sel surya dan bahan semikonduktornya dapat diklasifikasikan berdasarkan generasi:

1. Sel surya generasi pertama terbuat dari silikon kristal, disebut juga sel surya konvensional, tradisional, berbasis wafer dan mencakup bahan semikonduktor monokristalin (mono-Si) dan polikristalin (multi-Si).
2. Sel atau panel surya generasi kedua didasarkan pada teknologi film tipis dan memiliki kepentingan komersial yang

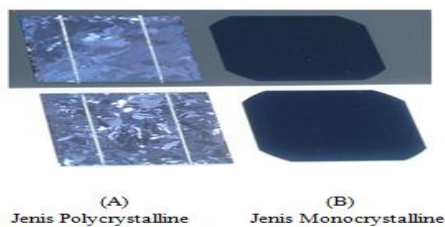
signifikan. Ini termasuk CdTe, CIGS dan silikon amorf.

3. Sel surya generasi ketiga sering kali diberi label sebagai teknologi baru yang memiliki sedikit atau tanpa signifikansi pasar dan mencakup sejumlah besar zat, sebagian besar organik, seringkali menggunakan senyawa organologam.

Bisa dibilang, sel fotovoltaik multi-persimpangan tidak dapat diklasifikasikan ke dalam generasi ini. Semikonduktor sambungan rangkap tiga biasanya terbuat dari InGaP / $(\text{In})\text{GaAs}$ / Ge .

2.2 Silikon solar sel (*Generasi Pertama Solar Sel*)

Silikon kristal (c-Si) merupakan bentuk kristal silikon, baik silikon polikristalin (poli-Si, terdiri dari kristal-kristal kecil), atau silikon monokristalin (mono-Si, kristal kontinu). Silikon kristal adalah bahan semikonduktor dominan yang digunakan dalam teknologi fotovoltaik untuk produksi sel surya. Sel-sel ini dirakit menjadi panel surya sebagai bagian dari sistem fotovoltaik untuk menghasilkan tenaga surya dari sinar matahari



Gambar 1. Panel surya generasi silikon solar sel : (a) Jenis polycrystalline (b) Jenis monocrystalline

Dalam bidang elektronik, silikon kristal biasanya merupakan bentuk silikon monokristalin, dan digunakan untuk memproduksi microchip. Silikon ini mengandung tingkat pengotor yang jauh lebih rendah dibandingkan yang dibutuhkan untuk sel surya. Produksi silikon tingkat semikonduktor melibatkan pemurnian kimia untuk menghasilkan Polisilikon Hyper-murni, diikuti dengan proses rekristalisasi untuk menumbuhkan silikon monokristalin. Boule berbentuk silinder kemudian dipotong menjadi wafer untuk diproses lebih lanjut.

Sel surya yang terbuat dari silikon kristal sering disebut sel surya konvensional, tradisional, atau generasi pertama, karena dikembangkan pada tahun 1950an dan tetap menjadi jenis yang paling umum hingga saat ini. Karena dihasilkan dari wafer surya setebal 160 hingga 190 μm — potongan dari sebagian besar silikon kelas surya — kadang-kadang disebut sel surya berbasis wafer.

1. Poly-crystalline/Multi-crystalline (Si)
Poly-crystalline dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendingin perlahan untuk mendapatkan bahan campuran bahan silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding sel poly-crystalline efisiensi sekitar 13% -20%, tetapi biaya lebih murah.

2. Mono-crystalline (Si)

Mono-crystalline dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang Mono-crystalline dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.

2.3 Thin Film Solar Sel (*Generasi Kedua Solar Sel*)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel.

Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).



Gambar 2. Thin Film Solar Sel

Berdasarkan materialnya, sel surya thin film ini digolongkan menjadi:

1. Amorphous Silicon (a-Si) Solar Sel

Sel surya dengan bahan Amorphous Silicon ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang disebut "stacking" (susun lapis), dimana beberapa lapis Amorphous Silicon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 14.0%

2. Cadmium Telluride (CdTe) Solar Sels.

Sel surya jenis ini mengandung bahan Cadmium Telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 22.3%

3. Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Sels.

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 23.6%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe. Teknologi produksi sel

surya thin film ini masih baru, masih banyak kemungkinan di masa mendatang. Ongkos produksi yang murah serta bentuknya yang tipis, ringan dan fleksibel sehingga dapat dilekatkan pada berbagai bentuk permukaan, seperti kaca, dinding gedung dan genteng rumah dan bahkan tidak menutup kemungkinan kelak dapat dilekatkan pada bahan seperti baju kaos.

2.1.3 Biohybrid solar sel (Generasi ke 3)

Biohybrid solar sel adalah panel surya generasi ketiga yang sampai saat ini masih terus dalam tahap penelitian dan pengembangan. Penemunya adalah tim ahli dari Vanderbilt University yang mempunyai ide untuk memanfaatkan fotosistem I dan meniru proses alami fotosintesis. Bahan panel surya yang digunakan dalam sel ini mirip dengan metode tradisional. Hanya saja, perbedaannya terletak pada penggabungan lapisan fotosistem I yang memungkinkan konversi energi kimia ke listrik hingga 1000 kali lebih efisien.



Gambar 3. Solar Sel Biohybrid

Sel surya biohybrid adalah sel surya yang dibuat dengan menggunakan kombinasi bahan organik (fotosistem I) dan bahan anorganik. Sel surya biohybrid telah dibuat oleh tim peneliti di Vanderbilt University. Tim menggunakan fotosistem I (kompleks protein fotoaktif yang terletak di membran tilakoid) untuk menciptakan kembali proses alami fotosintesis guna memperoleh efisiensi yang lebih besar dalam konversi energi matahari. Sel surya biohybrid ini adalah jenis energi terbarukan baru. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan solar sel Biohybrid

Kelebihan

Keuntungan terbesar yang dimiliki sel surya biohybrid adalah kemampuannya mengubah energi matahari menjadi listrik dengan efisiensi hampir 100%. Artinya, hanya sedikit atau bahkan tidak ada energi yang hilang melalui konversi energi kimia menjadi energi listrik. Angka-angka ini sangat bagus dibandingkan dengan efisiensi sel surya tradisional yang hanya sebesar 40%. Biaya produksi biohybrid juga jauh lebih murah karena mengekstraksi protein dari bayam dan tanaman

lain lebih murah dibandingkan biaya logam yang dibutuhkan untuk memproduksi sel surya lainnya.

Kekurangan

Meskipun efisiensi sel biohybrid jauh lebih besar, sel-sel tersebut juga memiliki banyak kelemahan. Dalam banyak kasus, beberapa sel surya memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sel surya biohybrid. Pertama, sel surya tradisional menghasilkan daya lebih besar dibandingkan sel biohybrid saat ini. Umur sel surya biohybrid juga sangat pendek, hanya beberapa minggu hingga sembilan bulan. Daya tahan sel terbukti menjadi persoalan, dibandingkan sel surya saat ini yang mampu bekerja bertahun-tahun.

2.2 Teori Detail/Khusus Polycrystalline Solar Sel

Dalam sub bab ini menjelaskan teori jenis polycrystalline secara khusus atau lebih detail di karenakan proses pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan jenis panel surya polycrystalline. Adapun ringkasan teori tersebut seperti yang di paparkan di bawah ini.

Polycrystalline silicon, adalah panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Polycrystalline silicon ini diperkenalkan ke pasaran pada tahun 1981. Polycrystalline tidak memerlukan proses Czochralski. Berikut gambar proses pembuatan sel surya polycrystalline silikon

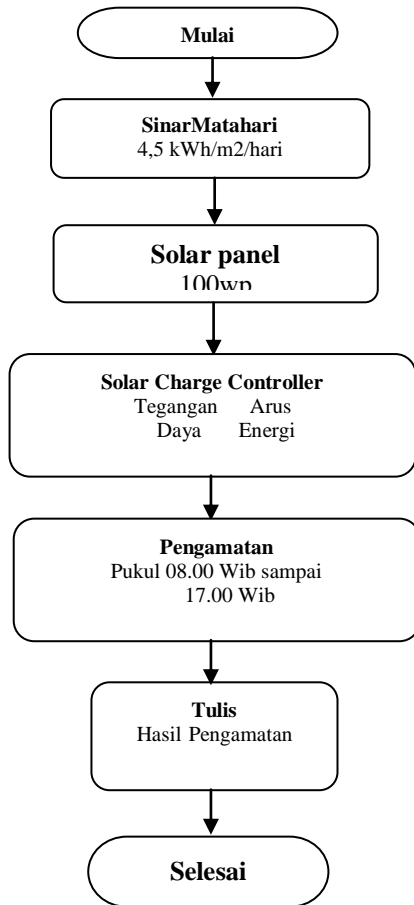
III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini yang digunakan, dapat dilihat dari gambar 3.1. Mulai potensi sinar matahari yang tinggi dengan radiasi rata-rata (isolasi) sebesar 4,5 kWh/m²/hari. Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternative, sinar matahari tersebut diserap solar panel adalah suatu komponen yang dapat digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi menjadi energi listrik solar panel ukuran 1085 x 675 x 25 mm. Type polykristaline dengan kapasitas nilai 100 wp (watt peak) masukan data solar panel yang diperlukan kabel type NYHY ukuran 2 x 2,5 mm² menurut standar mutu SNI atau SPLN setelah keluaran tegangan DC di transfer ke solar charger controller menunjukkan pengamatan pengukuran tegangan 12V – 24V, Arus = 10A. Jika alat ukur, pengamatan dilakukan mulai dari pukul 08.00 WIB sampai pukul 17.00 WIB.

Baterai solar sel menggunakan pengamatan alat ukur 17 Volt sampai 22 Volt DC Solar charge controller jika alat tidak digunakan sebagai control pengisian baterai jika kapasitas baterai 12 Volt 75Ah sebagai penyimpan energi yang dihasilkan dari solar panel untuk pengecasan

baterai menghasilkan data hasil pengamatan dilakukan mulai pukul 06.00 WIB sampai pukul 18.00 WIB. Pengamatan alat ukur 16 Volt sampai 22 Volt tegangan DC mensuplai daya ke beban harian.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.2. Sumber Data

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data penelitian dan pemasangan Instalasi rangkaian solar sel dapat dilihat pada gambar 3.5 rangkaian panel surya

- Sinar matahari 4,5 kWh/m²/hari
- Panel surya 100 wp
- Charger Controller Volt = 12V–24V 12 Amper = 10 A
- Baterai kapasitas 12 Volt 75 Ah
- Data beban 5 lampu x 10 Watt

3.3. Spesifikasi Solar Sel 100 wp

Data yang di pakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

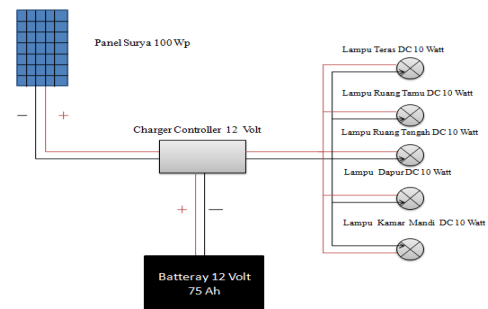
- Max. Power (Pmax) : 100 WP
- Max Power Voltage (Vmp) : 17.5 V
- Max Power Current (Imp) : 5.71 A
- Open Circuit Voltage (Voc) : 21 V
- Short Circuit Current (Isc) : 6.4 A
- Max System Voltage : 1000V
- Nominal operation sel Temp (NOCT) : 45±2 °C

- Max Series Fuse : 16 A
- Weight : 7.55kg
- Dimension : 1085 x 675 x 25 mm



Gambar 5. Solar Sel Dengan Daya 100 WP

3.6. Pemasangan Instalasi rangkaian solar sel



Gambar 6. Rangkaian Panel Surya

IV. HASIL ANALISA

4.1 Hasil Beban Harian

Berikut merupakan hasil dari penelitian, Perangkat solar sel untuk kebutuhan rumah tinggal dari pengamatan peneliti yang dilakukan maka panel yang digunakan jenis atau tipe polykristaline dengan kapasitas 100 WP, karena panel surya tersebut yang paling efektif untuk digunakan, karena panel jenis ini dapat mengkonversikan energi yang lebih tinggi pada cuaca yang berawan jika dibandingkan dengan tipe panel monokristalin. Controller sering disebut BCR (*Baterai Control Regulator*) berfungsi sebagai pengatur sekaligus pengaman baterai, beban, dan panel surya. Controller ini menggunakan alat yang mampu bekerja secara otomatis dengan tegangan kerja 13.5 V / 13.8 V yang memiliki max charge current 15 A dan max load current 15 A serta float charge 14.4/14.7 V. Baterai yang digunakan adalah baterai dengan type VRLA (Valve Regulated Lead Acid) GEL dengan jenis deep cycle maintenance freedengan kapasitas minimal 100 AH, umur teknis baterai > 5 tahun dengan garansi minimal 2 tahun, cycle life minimal 1000 cycle pada DOD 80%. Baterai box berfungsi sebagai tempat penyimpanan baterai dan controller dengan dimensi dan bentuk menyesuaikan ukuran baterai, terbuat dari material steel plate dengan tebal minimal 1,5

mm. Kabel yang digunakan adalah kabel dengan tipe NYHY dengan ukuran 2 x 2,5 mm² yang memiliki standar mutu SNI atau S-PLN. Untuk pemakaian energi listrik yang diperlukan Lampu penerangan menggunakan lampu (LED), dan beban kecil dalam rumah rata-rata dalam satu hari bervariasi sesuai keperluan atau sesuai dengan ruangan. Dari hasil rata-rata waktu nyala yaitu dalam rentang waktu satu hari penuh dapat di tampilkan pada table penggunaan energi listrik perhari disesuaikan dengan ruangan

Besarnya kebutuhan energilistrik dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : dikarenakan bebannya bervariasi dan lama menyalanya juga bervariasi maka untuk menghitung besarnya energi yang digunakan harus dihitung satu persatu.

Lampu Teras

- Beban = 10 Watt
- Waktu nyala = 12 Jam
- $E = P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}$
- $E = 10 \text{ (watt)} \times 12 \text{ (jam)} = 120 \text{ Wh}$

Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0,12 kWh, dan perbulan di kalikan 30 hari rata-rata, jadi dalam satu bulan lampu teras menggunakan daya sebesar 3.6 Kwh.

- Lampu Ruang Tamu
- Beban = 10 Watt
- Waktu nyala = 5 Jam
- $E = P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}$
- $E = 10 \text{ (watt)} \times 5 \text{ (jam)} = 50 \text{ Wh}$

Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0,05 kWh, dan perbulan dikalikan 30 hari rata-rata, jadi dalam satu bulan lampu ruang tamu menggunakan daya sebesar 1.5 Kwh.

Lampu Ruang Tengah

- Beban = 10 Watt
- Waktu nyala = 12 Jam
- $E = P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}$
- $E = 10 \text{ (watt)} \times 12 \text{ (jam)} = 120 \text{ Wh}$

Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0,12 kWh, dan perbulan di kalikan 30 hari rata-rata, jadi dalam satu bulan lampu ruang tengah menggunakan daya sebesar 3,6 kWh.

Lampu Dapur

- Beban = 10 Watt
- Waktu nyala = 7 Jam
- $E = P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}$
- $E = 10 \text{ (watt)} \times 7 \text{ (jam)} = 70 \text{ Wh}$

Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0.07 kWh, dan perbulan di kalikan 30 hari rata-rata, jadi dalam satu bulan Lampu Dapur menggunakan daya sebesar 2.1 kWh

- Lampu Kamar mandi
- Beban = 10 Watt
- Waktu nyala = 5 Jam

$$E = P \text{ (watt)} \times t \text{ (jam)}$$

$$E = 10 \text{ (watt)} \times 5 \text{ (jam)} = 50 \text{ Wh}$$

Jadi kebutuhan daya per hari adalah 0.05 kWh, dan perbulan di kalikan 30 hari rata-rata, jadi dalam satu bulan Lampu Dapur menggunakan daya sebesar 1.5 kWh

Dari table tersebut bisa dihitung berapa keperluan energi listrik untuk lampu penerangan dan beban kecil di rumah tersebut. Penentuan kapasitas inverter disesuaikan dengan total beban yang ada untuk kestabilan tersedianya daya listrik. Jadi total beban yang ada di rumah sebesar 50 Watt.

Perhitungan Keseimbangan Energi

1. Keperluan Energi Listrik untuk lampu penerangan dan beban kecil. Sesuai dengan hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan, dan ditampilkan dalam tabel di atas, maka untuk kebutuhan energi listrik yang digunakan untuk keperluan menyalakan lampu penerangan dan beban kecil dalam rumah rata-rata perhari menggunakan energi sebesar 0.41 kWh. Sesuai dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) yang di tentukan oleh PLN, dalam 1 kWh adalah Rp. 1.612,-. Jadi untuk keperluan energi listrik yang diperlukan di rumah sebesar 0.41 kWh setiap harinya, berarti apabila dikonversikan ke dalam Rupiah, maka biaya untuk setiap hari sebesar Rp. 0.66092

2. Produksi Energi Panel Surya

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 100 \text{ WP} \\ \text{Qty} &= 1 \text{ Pce} \\ \text{Tingkat iridiasi} &= 8 \\ \text{Efisiensi} &= 80\% \\ \text{Energi yang diproduksi} &= \text{Daya} \times \text{Qty} \times \\ &\text{Tingkat iridiasi} \times \text{Efisiensi} \\ &= 100 \times 1 \times 8 \times 0,8 \\ &= 640 \text{ Watt Jam} = 0.64 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi Energi yang diperoduksi \geq Energi beban/hari maka dari itu energi cukup untuk keperluan menyalakan lampu dan beban kecil di dalam rumah

3. Energi Yang Disimpan Baterai

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 75 \text{ Ah} \\ \text{Tegangan} &= 12 \text{ V} \\ \text{Qty} &= 1 \text{ Pce} \\ \text{DOD} &= 80\% \\ \text{Energi yang bisa dipakai} &= \text{Kapasitas} \times \\ &\text{Tegangan} \times \text{Qty} \times \text{DOD} \\ &= 75 \text{ Ah} \times 12 \text{ V} \times 1 \text{ Pce} \times 80\% \\ &= 720 \text{ Watt Jam} = 0.72 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi bila baterai penuh tersedia energi sebesar 0.72 Watt Jam, Bila digunakan dengan beban sebesar 0.64 Watt Jam, maka baterai mampu melayani beban selama $0.72 / 0.64 = 1,125$ hari. Untuk keperluan penyimpanan daya listrik DC (accumulator) bisa menggunakan kapasitas 75Ah dengan tegangan 12V. Biaya investasi untuk pengadaan perangkat Pembangkit listrik tenaga

surya yang digunakan pada rumah tangga peralatan yang diperlukan berupa :-Panel surya dengan kapasitas 100 WP harga Rp. 2.000.000,--Solar Charge Controller (SCC) harga Rp. 450.000,--Baterai (Accumulator) harga Rp. 2.100.000,--Jadi total harga untuk biaya investasi pembelian 1 (satu) unit PLTS Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebesar Rp. 4.550.000,-

4. Pembahasan

Untuk dapat menentukan Break even point dalam penelitian ini maka yang harus diperhatikan adalah : harus mengetahui keperluan energi listrik terpakai dalam setiap hari, dan mengetahui berapa biaya pengadaan perangkat solar sel terpasang yang sesuai dengan kapasitas yang diperlukan. Setelah keduanya diketahui maka baru bisa dihitung break even point. Setelah diketahui keperluan harian energi listrik sesuai dengan hasil penelitiannya yaitu sebesar 1,213 kWh dan harga per kWh sesuai dengan Tarif Dasar Listrik (TDL) yang berlaku di Indonesia adalah Rp. 1.612. maka keperluan biaya listrik per hari adalah sebesar $0.41 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1.612 = \text{Rp. } 0.66092,-$. Dalam 1 tahun rata-rata terdiri dari 365 hari, maka biaya listrik yang digunakan dalam kurun waktu 1 tahun adalah sebesar $\text{Rp. } 0.66092,- \times 365 \text{ hari} = \text{Rp. } 241.2358$ Dengan biaya pengadaan perangkat solar sel untuk keperluan rumah tinggal yang sesuai dengan beban yang ada yaitu sebesar Rp. 4.550.000,-, maka biaya tersebut akan kembali modal (break even point) dengan menggunakan persamaan

$$\text{Waktu BEP} = \frac{\text{Biaya pengadaan PLTS}}{\text{Biaya Listrik Dalam 1 Tahun}}$$

$$\text{Waktu BEP} = \frac{4.550.000,-}{241.2358}$$

$$\text{Waktu BEP} = 1.88 \text{ Tahun}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Salah satu keunggulan menggunakan panel surya jenis *polycrystalline*, adalah walaupun dalam keadaan mendung, tegangan tetap bisa dihasilkan dan dari segi harga lebih ekonomis di banding jenis panel surya yang lain
2. Penggunaan solar sel jenis *polycrystalline* sangat cocok digunakan untuk daerah-daerah dengan cuaca tidak menentu.
3. Dengan menggunakan panel surya di samping listrik konvensional didapati bahwa ada pengurangan beban pembayaran listrik dalam rumah tangga sekitar 241.235

5.2 Saran

Dari pengalaman yang diperoleh selama pembuatan skripsi ini, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan output tegangan maksimal pada solar sel, penempatan solar sel harus tidak terhalang oleh benda lain dari sinar matahari.
2. Untuk beban yang lebih besar, maka kapasitas dari solar sel dan baterai harus ditambah.
3. Output yang dihasilkan dari panel surya yang digunakan pada penelitian ini berupa tegangan DC namun Untuk perubahan arus DC ke AC, disarankan untuk memodifikasinya dengan menggunakan inverter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Alamanda, D, 2004, *Penerangan Teknologi PLTS Sebagai Solusi untuk Membuka Keterisolasian Wilayah Pedalaman dan Terpencil*, Berita BPPT.
- [2]. Alamanda, D., 1997, *Prospek PLTS di Indonesia*, Elektro Indonesia, Edisi ke-10.
- [3]. Bachtiar, M., 2006, *Prosedur Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System)*, jurnal SMARTek, Vol.4, No.3.
- [4]. Djiteng Marsudi, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu Cetakan Kedua.
- [5]. M. Rif'an, Sholeh HP, Mahfudz Shidiq; Rudy Yuwono; Hadi Suyono dan Fitriani S. 2012, *Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, Jurnal EECCIS Vol. 6, No. 1, Juni 2012
- [6]. Solarex, 1996, *Discover the Newest World Power*, Frederick Court, Maryland,
- [7]. USA. Wenas, W.W., 1996, *Teknologi Sel Surya: Perkembangan dewasa ini dan yang akan datang*, Majalah Elektro Indonesia, Edisike-4
- [8]. https://id.wikipedia.org/wiki/Kristal_silikon
- [9]. https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_solar_cell
- [10]. https://en.wikipedia.org/wiki/Biohybrid_solar_cell
- [11]. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/polymer-solar-cell>
- [12]. https://en.wikipedia.org/wiki/Polycrystalline_silicon