

STUDY KAPASITAS BATTERY TERHADAP KAPASITAS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Oleh
Budi Santosa
 Dosen Elektro fakultas Teknik UMSB

ABSTRAK

Energi surya adalah energi yang berasal dari matahari. Sel surya mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Sel surya yang terdiri dari berbagai bahan semikonduktor. Semikonduktor adalah bahan, yang menjadi elektrik konduktif bila diaktifkan dengan cahaya atau panas, tetapi yang beroperasi sebagai isolator pada temperatur rendah. Ketika foton cahaya mengenai sel surya, energinya tertransfer ke pembawa muatan. Medan listrik di sepanjang junction memisahkan pembawa muatan positif (hole) yang dibangkitkan oleh cahaya dari muatan negatif (elektron). Arus listrik akan mengalir jika rangkaian dihubungkan dengan beban eksternal.

Selama ini sel surya di daerah sudah banyak digunakan untuk skala rumah tangga terutama untuk perumahan perumahan yang belum terjangkau listrik PLN. Sistem pembangkit listrik tenaga surya yang digunakan pada perumahan sederhana tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca setempat, kebutuhan listrik rumah tersebut dan kapasitas serta jenis/spesifikasi PLTS yang digunakan. Berhubung dengan adanya kemajuan teknologi telpon seluler di seluruh pelosok negeri, jumlah beban PLTS tersebut juga akan mengalami perubahan selain beban lampu penerangannya. Pada saat ini kecenderungan hemat energi dapat juga dilakukan di sistem beban PLTS dan penggunaan lampu LED yang sangat hemat energi dimana 5 Watt lampu LED setara dengan 40 watt lampu SL. Oleh karena itu perlu penelitian yang seksama tentang kapasitas battery terhadap kapasitas pembangkit listrik tenaga surya (sel surya) untuk beban lampu perumahan.

Kata kunci : battery, PLTS, beban listrik

TINJAUAN PUSTAKA

PLTS singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya, adalah pembangkit listrik jenis non konvensional yang merubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Alat pengubahnya atau konverter disebut sel surya atau Photo Voltaic (PV). PV bekerja hanya pada siang hari efektif mulai jam 09.00 sampai dengan 16.00.

Sistem fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Ada beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung kekuatan output dari sistem fotovoltaik. Dalam tugas akhir ini dibawah dianggap untuk daya output photovoltaic (P_{pv}) sistem [7,8].

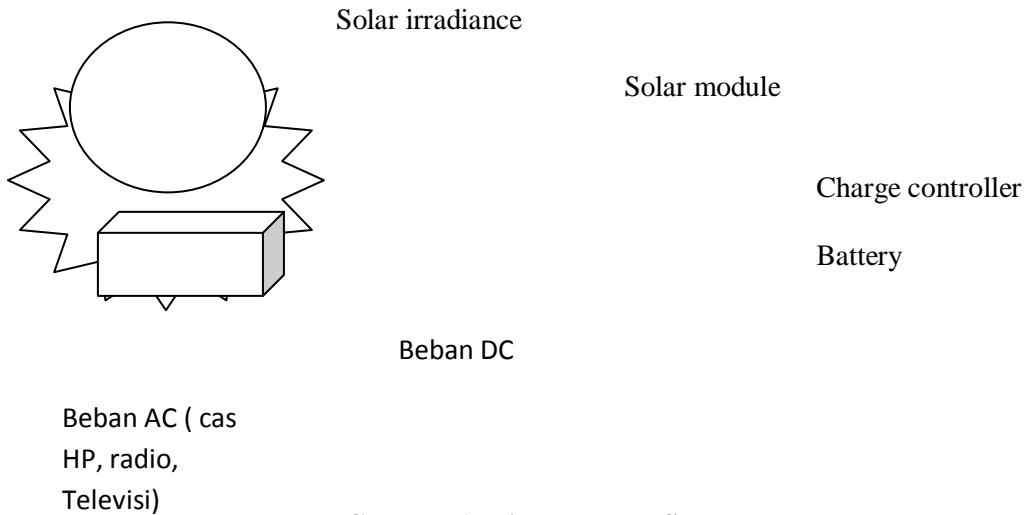
$$P_{pv} = (G / G_{stc}) P_{ratedpv} \cdot \eta_{pv}$$

dimana, G adalah irradiance radiasi matahari pada fotovoltaik array dalam langkah waktu saat ini (W/m^2), G_{STC} adalah kejadian radiasi pada kondisi standar uji dan sama dengan 1000 (W/m^2), efisiensi dari converter PV's DC/DC dan Maksimum Power Point Traking (MPPT). $P_{ratedpv}$ adalah daya mampu dari setiap array (kW) dan η_{pv} adalah efisiensi PV

Dalam tulisan ini, daya pengenal dari setiap array fotovoltaik dianggap 1 (kW) dan waktu hidup dari array fotovoltaik asumsikan menjadi 20 tahun. Biaya dan parameter lain dari array fotovoltaik dijelaskan dalam Tabel 1 [6,7].

Tabel 1. Photovoltaic Parameter

Efficiency	H_{pv}	90%
Capital Cost	CCS	7000 (\$/unit)
Replacement Cost	RCS	6000 (\$/unit)
Operation & Maintenance Cost	MCS	20(\$/unit-year)

**Gambar 1. Diagram PLTS**

PLTS tersebut terdiri dari subsistem sebagai berikut :

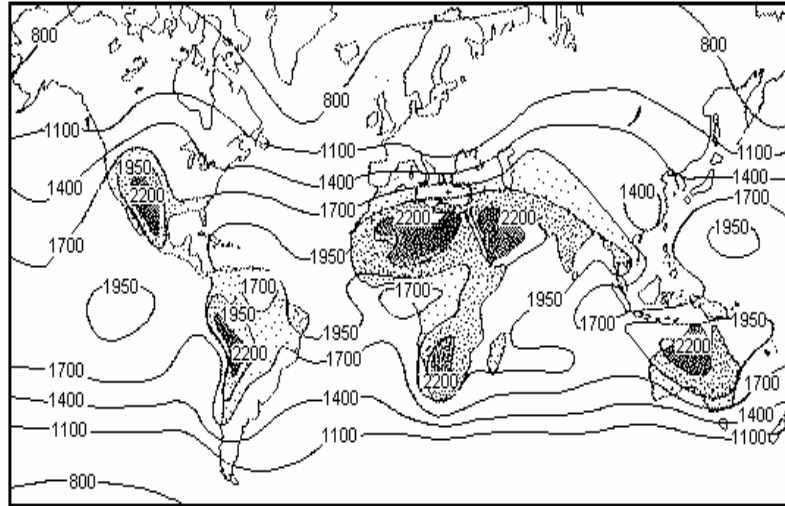
- Subsistem Pembangkit, merupakan bagian utama pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih rangkaian modul fotovoltaik.
- Subsistem Penyimpan/Baterai, merupakan bagian PLTS yang berfungsi sebagai penyimpan listrik (baterai/accu). Subsistem penyimpanan listrik pada dasarnya diperlukan untuk PLTS yang dirancang untuk operasi malam hari atau PLTS yang harus memiliki kehandalan tertentu.
- Subsistem Pengaturan & Pengkondisi Daya (Inverter)
Berfungsi untuk memberikan pengaturan, pengkondisian daya (misal: merubah ke arus bolak balik), dan / atau pengamanan sedemikian rupa sehingga PLTS dapat bekerja secara efisien, handal dan aman,
- Subsistem Beban
- Bagian akhir dari penggunaan PLTS yang mengubah listrik menjadi energi akhir, seperti: lampu penerangan, televisi, tape / radio, lemari pendingin dan pompa air.

Kinerja suatu sistem konversi energi terbarukan sangat dipengaruhi oleh karakteristik masukan energi (seperti: surya, air, angin, dan biomassa) yang merupakan suatu fungsi waktu, tergantung pada lokasi (*site specific*) dan mempunyai fenomena stastitik. Oleh karena itu, pembuatan model perilaku sistem membutuhkan informasi yang tepat dari variabel-variabel yang terkait.

Dalam sistem energi surya, penyinaran matahari harus diketahui terlebih dahulu baik melalui pengukuran atau dari metode estimasi. Karena parameter-parameter meteorologi merupakan subyek yang selalu berubah-ubah, masa depan kinerja sistem energi surya tidak dapat secara tepat dikalkulasi tapi hanya dapat diestimasi dalam perilaku yang paling mendekati kondisi realistik.

Radiasi surya mencapai permukaan bumi terjadi secara langsung dari matahari (radiasi sinar langsung – *direct beam radiation*) dan tidak langsung setelah tersebar dan/atau terpantul oleh aerosol, molekul-molekul atmosfer dan awan (*diffuse radiation*). Jumlah penyinaran kedua komponen radiasi yang jatuh pada permukaan horizontal dikenal sebagai radiasi global (*global radiation*). Distribusi radiasi global dari energi surya dapat dilihat pada gambar 2.

Pada dasarnya, baik untuk daerah tropis dan subtropis, radiasi surya diluar atmosfer bumi (*extraterrestrial radiation*) harian tidak terlalu beragam selama setahun. Namun demikian, dikarenakan fenomena cuaca musiman (kemarau, hujan, badai pasir dll) dapat terjadi perubahan musim yang ekstrim dalam radiasi global, khususnya pada daerah utara dan selatan daerah tropis. Perubahan irradiansi pada daerah-daerah ini umumnya merupakan fungsi dari panjangnya hari dan sudut datang radiasi surya.



Gambar 2.: Distribusi radiasi solar global dalam (kWh/m².tahun)

Secara umum terdapat kontener baterai dibuat dalam beberapa macam konfigurasi:

3. Flooded Cell
4. Sealed Cell/Valve Regulated Lead Acid (VRLA)

Flooded Cell adalah desain kontener baterai, dimana elektrolit bebas tersedia dalam jumlah berlebih dan produk hasil elektrolisa air (gas H₂ dan O₂) dapat dikeluarkan secara bebas melalui ventilasi. Kontener baterai Flooded Deep Cycle atau Flooded Starter biasanya mempunyai penutup sel yang memungkinkan untuk menambah air aki yang hilang karena terbentuknya Hidrogen dan Oksigen pada proses charging/pengisian. Flooded Cell dimungkinkan untuk melakukan penambahan air yang hilang karena elektrolisa. Flooded Battery juga dikenal dengan nama Vented Cell

Sealed Cell adalah desain kontainer yang tertutup rapat dan dilengkapi dengan sebuah valve/ katub, yang akan terbuka jika tekanan gas hasil elektrolisa air melebihi suatu harga tekanan tertentu, untuk melepaskan gas keluar kontener. Kontener jenis ini lebih dikenal dengan VRLA (Valve Regulated Sealed Lead Acid). Kontener Baterai VRLA tidak mempunyai penutup sel, dan bekerja pada tekanan konstan 1 sampai 4 psi. Tekanan ini akan membantu mengembalikan 99% Hidrogen dan Oksigen yang terbentuk pada proses charging/pengisian untuk kembali menjadi air. Jadi pada baterai VRLA tidak memungkinkan untuk dilakukan penambahan air. Jenis VRLA yang paling umum digunakan adalah Gelled VRLA dan AGM VRLA

Tegangan Baterai

Sel baterai adalah komponen individu terkecil dari sebuah baterai yang terdiri dari kontener dimana di dalamnya terdapat pelat timah dan tempat elektrolit bereaksi. Tegangan sel berkisar antara 2,12 volt pada kondisi baterai penuh sampai dengan 1,75 volt pada kondisi baterai kosong. Semua baterai lead-acid beroperasi berdasarkan reaksi kimia yang sama. Pada saat baterai mengeluarkan arus listrik/discharge, komponen aktif pada elektroda (PbO₂ pada elektroda positif, dan Pb pada elektroda negatif) bereaksi dengan Asam Sulfat untuk membentuk Garam Sulfat dan Air. Sedangkan pada saat pengisian listrik/charge, garam sulfat pada kedua elektroda berubah kembali menjadi PbO₂ pada elektroda positif, Pb pada elektroda

negatif serta ion sulfat (SO_4) kembali menjadi asam sulfat. Tegangan nominal baterai bergantung pada jumlah sel yang dirangkai secara seri. Jadi baterai dengan tegangan nominal 12 volt tersusun secara seri dari 6 buah sel.

Kapasitas Baterai

Kapasitas suatu baterai dinyatakan dalam *Ampere hour (Ah)* atau Amper-Jam, yang merupakan suatu ukuran seberapa besar energi listrik yang dapat disimpan pada suatu tegangan nominal tertentu. Kapasitas suatu baterai bersifat aditif jika baterai dihubungkan secara paralel. Jika tiga baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 100Ah dihubungkan *secara seri*, maka tegangan akan menjadi 36 volt sedangkan kapasitas tetap 100Ah (3600 watt-hour). Jika tiga baterai dengan tegangan 12 volt dan kapasitas 100Ah dihubungkan *secara paralel*, maka tegangan akan tetap 12 volt sedangkan kapasitas menjadi 300Ah (3600 watt-hour).

Karena baterai dalam proses pengisian dan pelepasan energinya bergantung pada reaksi kimia, maka kapasitas yang tersedia (*available capacity*) relatif terhadap kapasitas total akan bergantung kepada seberapa cepat pengisian dan pelepasan dilakukan, dimana keduanya merupakan reaksi-reaksi kimia yang berbeda arahnya. Kapasitas total/kapasitas nominal biasanya diberi tanda C, yang merupakan ukuran seberapa besar energi yang dapat disimpan dalam baterai. Kapasitas yang tersedia biasanya lebih kecil dibanding dengan kapasitas total.

HASIL PENELITIAN

Untuk mencapai hasil kapasitas yang baik perlu dilakukan perhitungan beban yang cermat dan sistem pembebanan yang dipakainya. Perhitungan komponen-komponen PLTS meliputi :

- kapasitas sel surya dalam Wp
- kapasitas energi wh per hari sel surya
- Kapasitas battery dalam Ah
- Kapasitas inverter
- Beban lampu dalam watt
- Kapasitas energi lampu dalam wh

Kapasitas sel surya sangat dipengaruhi oleh tegangan kerja pada sel surya tersebut. Tegangan kerjanya meliputi 12 volt, 24 volt, 36 volt, 48 volt, 60 volt. Berikut ini kapasitas sel surya vs tegangan kerjanya pada tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Sel Surya vs Tegangan Kerja

Kapasitas Sel Surya	Tegangan Kerja	Energi per hari
10 Wp	12 volt	50 wh
15 Wp	12 volt	75 wh
20 Wp	12 volt	100 wh
30 Wp	12 volt	150 wh
40 Wp	12 volt	200 wh
50 Wp	12 volt	250 wh
60 Wp	12 volt	300 wh
70 Wp	12 volt	350 wh
80 Wp	12 volt, 24 volt	400 wh
90 Wp	12 volt, 24 volt	450 wh
100 Wp	12 volt, 24 volt	500 wh
120 Wp	12 volt, 24 volt	600 wh
130 Wp	12 volt, 24 volt	650 wh
150 Wp	24 volt, 36 volt	750 wh
160 Wp	24 volt, 36 volt	800 wh
180 Wp	24 volt, 36 volt	900 wh

200 Wp	24 volt, 36 volt, 48 volt	1000 wh
220 Wp	24 volt, 36 volt, 48 volt	1100 wh
230 Wp	24 volt, 36 volt, 48 volt	1150 wh
240 Wp	24 volt, 36 volt, 48 volt	1200 wh
250 Wp	36 volt, 48 volt	1250 wh
260 Wp	36 volt, 48 volt	1300 wh
280 Wp	36 volt, 48 volt	1400 wh
300 Wp	36 volt, 48 volt, 60 volt	1500 wh
320 Wp	36 volt, 48 volt, 60 volt	1600 wh
330 Wp	36 volt, 48 volt, 60 volt	1650 wh
340 Wp	48 volt, 60 volt	1700 wh
350 Wp	48 volt, 60 volt	1750 wh
380 Wp	48 volt, 60 volt	1900 wh
400 Wp	48 volt, 60 volt	2000 wh

Kapasitas battery untuk keperluan PLTS sangat dipengaruhi oleh jenis battery itu sendiri. Secara umum jenis battery ada 2 yaitu tipe flooded cell dan VRLA seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Kapasitas Battery vs kapasitas PLTS

Kapasitas PLTS	Battery Basah	Battery VRLA
10 Wp	10 Ah	8 Ah
15 Wp	12 Ah	10 Ah
20 Wp	16 Ah	12 Ah
30 Wp	20 Ah	16 Ah
40 Wp	25 Ah	20 Ah
50 Wp	30 Ah	25 Ah
60 Wp	40 Ah	30 Ah
70 Wp	45 Ah	40 Ah
80 Wp	50 Ah	45 Ah
90 Wp	60 Ah	50 Ah
100 Wp	65 Ah	60 Ah

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sbb :

1. Kapasitas PLTS sangat dipengaruhi kapasitas battery
2. Penggunaan battery VRLA berkapasitas lebih rendah dibanding battery flooded cell
3. Penggunaan battery dari tabel diatas digunakan sistem minimal, sebagai contoh untuk PLTS 100 Wp menggunakan battery 65 Ah (flooded cell) atau 60 Ah(VRLA) dan jikalau menggunakan kapaitas 70 Ah akan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Reporting Solar Cell Efficiencies in Solar Energy Materials and Solar Cells," Solar Energy Materials & Solar Cells, Elsevier Science, 2008.
- [2] R.-J. Wai, W.-H. Wang and C.-Y. Lin, "High-Performance Stand-Alone Photovoltaic Generation System," Proceed- ings of IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, No. 1, January 2008.
- [3] A. Goetzberger, C. Hebling and H.-W. Schock, "Photo- voltaic Materials, History, Status and Outlook," Materials Science and Engineering, Vol. 40, 2003, pp. 1-46.
- [4] February 2010. <http://www.rise.org.au/info/Education/ SAPS/sps003.html>
- [5] February 2010. <http://science.nasa.gov/headlines/y2002/ solarcells.html>

- [6] X.-J. Ma, J.-Y. Wu, Y.-D. Sun and S.-Q. Liu, "The Research on the Algorithm of Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic Array of Solar Car," Vehicle Power and Propulsion Conference, IEEE, 2009, pp. 1379-1382.
- [7] N. M. Pearsall and R. Hill, "Photovoltaic Modules, Systems and Applications," In: M. D. Archer, and R. Hill, Eds., Clean Electricity from Photovoltaics, World Science, Vol. 1, 2002, pp. 1-42.
- [8] February 2010. http://alumni.media.mit.edu/~nate/AES/PV_Theory_II.pdf
- [9] Y. Suita and S. Tadakuma, "Driving Performances of Solar Energy Powered Vehicle with MPTC," IEEE, 2006.
- [10] February 2010. <http://www.altestore.com/howto/Solar-Power-Residential-Mobile-PV/Off-Grid-Solar-Systems/Electrical-Characteristics-of-Solar-Panels-PV-Modules/a87/>
- [11] February 2010. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell
- [12] H. J. Queisser and J. H. Werner, "Principles and Technology of Photovoltaic Energy Conversion," Solid-State and Integrated Circuit Technology, October 1995, pp. 146-150.
- [13] T. Maruyama, Y. Shinyashiki and S. Osako, "Energy Conversion Efficiency of Solar Cells Coated with Fluorescent Coloring Agent," Solar Energy Materials & Solar Cells, Elsevier Science, 1998.
- [14] M. Nishihata, Y. Ishihara and T. Todaka, "Presumption of Solar Power Generation Corresponding to the Change of Solar Spectrum, Photovoltaic Energy Conversion," Proceedings of the 2006 IEEE 4th World Conference, Vol. 2, May 2006, pp. 2168-2171.
- [15] S. Capar, "Photovoltaic Power Generation for Polycrystalline Solar Cells and Turning Sunlight into Electricity Thesis," Engineering Physics, University of Gaziantep, July 2005.
- [16] Yuasa Battery, Petunjuk Charging Battery Yuasa, 2012
- [17] Zainal Abidin, Lampu Hemat Energi merk Sinyoku, 2010
- [18] Z. Thomson, Produk Lampu LED Thomson, 2013