

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN PENERAPANNYA UNTUK DAERAH TERPENCIL

Solar Power Plant and the Application for Rural Area

Kholid Akhmad

Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konservasi Energi, BPP-Teknologi, Jakarta.
Dosen Luar Biasa pada Teknik Elektro, Fakultas Teknik UNSOED, Purwokerto

ABSTRACT

Solar cell is a device which is capable of converting directly the energy of light to electricity. This device have been implemented in some rural areas of Indonesia as solar home systems of 50 W_p, and PV-diesel hybrid systems. While operation, the solar cell system didn't need fossil fuel, no result pollution and noise to the environment, almost maintenance free, and very easy to operate. The solar radiation is the renewable energy source of solar cell which is abundance and unlimited. However, the solar cell is the promising one as a future energy technology of Indonesia.

Keywords : solar sell, elektron, hole, solar home system, PV-diesel hybrid system.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Listrik, Pertambangan, dan Energi (DJLPE), menunjukkan rasio elektrifikasi di Indonesia pada tahun 2003 baru mencapai 52% (Bambang, 2004). Ini berarti masih ada sekitar 18 juta kepala keluarga yang belum memperoleh listrik dari jaringan PLN. Selain permasalahan dana untuk memperluas pembangunan jaringan listrik, kondisi geografis Indonesia yang kepulauan dan bergunung-gunung serta pola pemukiman penduduk yang menyebar, menimbulkan permasalahan tersendiri dalam pendistribusian tenaga listrik. Oleh karena itu perlu dimanfaatkan sumber-sumber pembangkit listrik lain yang tersedia di daerah setempat untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat di daerah terpencil, baik yang berasal dari energi fosil maupun energi terbarukan (*renewable energy*).

Di daerah yang mempunyai sumber air, dan pola pemukiman yang dekat dengan sumber pembangkit, dapat dikembangkan pembangkit listrik tenaga air pada skala kecil (*microhydro*). Namun demikian sumber air ini bersifat *site specific*, artinya hanya tersedia di daerah-daerah tertentu saja. Sumber pembangkit listrik yang lainnya, seperti diesel dapat

dikembangkan di daerah terpencil yang mempunyai kemudahan akses dalam hal suplai bahan bakar minyak, dengan syarat harganya masih layak (ekonomis). Sedangkan untuk daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber pembangkit listrik seperti tersebut di atas, maka dapat dimanfaatkan sumber pembangkit listrik dari energi terbarukan, seperti sinar matahari (energi surya). Energi dari sinar matahari tersedia melimpah dan hampir merata di seluruh wilayah Indonesia. Alat (*divice*) yang mampu merubah energi surya menjadi energi listrik secara langsung dikenal dengan sel surya (*solar cell*). Sel surya sering disebut pula sebagai PLTS (pembangkit listrik tenaga surya), sel fotovoltaiik (*photovoltaic*) atau disingkat dengan PV.

Penerapan PLTS sebagai sumber energi listrik alternatif di daerah terpencil sangatlah tepat mengingat potensi energi surya rata-rata di Indonesia cukup baik, yakni sekitar 4,5 kWh/m²/hari yang dapat dimanfaatkan secara cuma-cuma. Energi surya sebesar 4,5 kWh/m²/ hari ini setara dengan 675 Wh (*watt-hour*) per-hari yang dihasilkan oleh modul sel surya kapasitas 100 Wp (*watt peak*) dengan luas permukaan 1 m², dan konversi efisiensi sel 15%. Sel surya sebagai penghasil energi listrik dc (*direct curent*) tidak hanya dimanfaatkan untuk penerangan rumah saja

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

Dinamika Rekeyasa	Vol. 1	No. 1	Hlm : 1 - 34	ISSN 1858-3075	Purwokerto Agustus 2005
-------------------	--------	-------	-----------------	-------------------	----------------------------

yang dikenal sebagai *solar home systems* (SHS), namun dapat pula digunakan sebagai catu daya listrik telepon satelit untuk daerah terpencil, catu daya pompa air listrik dc, stasiun *repeater* TV/radio, catu daya radio, *tape recorder*, dll.

Keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan sel surya diantaranya; sistem sel surya tidak membutuhkan bahan bakar, tidak menghasilkan polusi dan suara ke lingkungan pada saat menghasilkan energi listrik, hampir bebas biaya perawatan, dan sangat mudah dalam pengoperasiannya. Sedangkan kelemahannya, karena sesuai dengan sifatnya, sel surya tidak dapat menghasilkan listrik pada saat tidak ada sinar matahari. Oleh karena itu pada sistem sel surya biasanya dilengkapi pula dengan sistem penyimpanan energi listrik menggunakan baterai basah (*accu*) jenis asam timbal (*lead acid*) yang mudah diperoleh di pasaran. Pada tulisan ini akan dijelaskan beberapa hal mengenai sel surya, seperti; jenis-jenis sel surya, proses pembangkitan arus listrik di dalam sel surya, karakteristik arus dan tegangan listrik sel surya, serta penerapannya untuk daerah terpencil.

SEL SURYA

Sel surya yang beredar di pasaran sudah dikemas dalam bentuk modul. Oleh karena itu sering disebut sebagai modul sel surya. Modul ini tersusun dari beberapa sel surya yang masing-masing dihubungkan secara seri untuk memperoleh tegangan listrik nominal yang dibutuhkan. Untuk modul surya kapasitas daya 50 Wp tersusun dari 32 sel yang terhubung seri. Masing-masing sel mempunyai daya keluaran listrik sekitar 1,6 watt, dengan arus dan tegangan nominal sekitar 3 ampere dan 0,53 volt. Oleh karena itu, modul sel surya 50 Wp mempunyai keluaran arus nominal 3 ampere, dan tegangan nominal 16,9 volt.

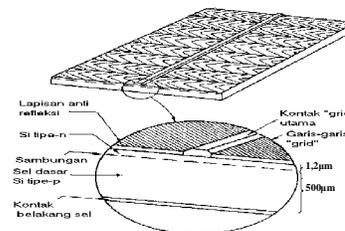
1. Jenis Sel Surya

Ada 2 jenis sel surya yang beredar di pasaran saat ini, yaitu sel surya jenis kristal dan non-kristal (*amorf*). Untuk sel surya jenis kristal yang paling populer terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si). Sel surya Si kristal terdiri atas kristal tunggal (*mono-crystal*), dan kristal jamak (*poly-crystal*). Sel surya jenis kristal yang lainnya adalah Galium Arsenide (GaAs). Sel ini sangat langka di pasaran dan tidak populer, karena selain harganya yang mahal, juga

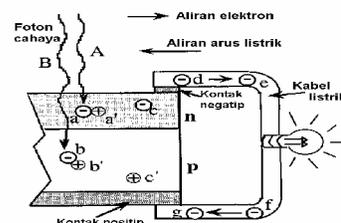
penerapannya yang sangat khusus. Pada awal perkembangannya sel ini dibuat untuk keperluan satelit ruang angkasa. Sedangkan sel surya jenis amorf yang terkenal dan tersedia di pasaran adalah silikon amorf (*a-Si*). Sel ini berbentuk lapisan tipis (*thin film*) sehingga mudah dibuat dengan luas permukaan yang lebih lebar. Karena sifatnya sebagai lapisan tipis, maka sel inipun dapat “ditumbuhkan” pada substrat yang rigid ataupun lentur. Jenis sel surya amorf yang lain adalah germanium amorf (*a-Ge*), Cadmium-Teleride (CdTe), paduan *a-SiGe*, *a-SiC*, dll.

Bila ditinjau dari konversi efisiensi energinya, maka sel surya jenis kristal lebih unggul. Sebagai contoh efisiensi sel Si kristal tunggal berkisar antara 18% dan 20%, Si kristal jamak antara 14%-16%. Sedangkan sel surya jenis Si amorf sekitar 6% untuk tipe sambungan tunggal (*single-junction*), dan sekitar 9%-11% untuk *double* dan *triple-junction*. Dari segi harga, sel Si kristal jamak lebih murah dibandingkan sel Si kristal tunggal, sedangkan sel Si amorf relatif sama harganya dengan Si kristal jamak. Saat ini masyarakat dunia pengguna sel surya lebih memilih sel Si kristal jamak, karena selain faktor harga yang relatif murah, juga umur pakainya (*life time*) yang telah teruji, yakni sekitar 20-25 tahun tanpa mengalami laju degradasi efisiensi yang signifikan.

2. Pembangkitan Arus Listrik Sel Surya



Gambar 1. Diagram sel surya Si kristal (F.Lasnier and T.G.Ang., 1990).



Gambar 2. Pembangkitan arus listrik (Hans S. Raushenbach, 1980).

Pada Gambar 1. ditunjukkan contoh diagram sel surya Si kristal. Pada permukaan sel terdapat garis-garis *grid*

(dari bahan aluminium) yang berfungsi untuk “menangkap” elektron yang dihasilkan oleh sel surya. Selanjutnya elektron-elektron dialirkan ke kontak *grid* utama yang berfungsi pula sebagai kontak negatif sel. Di bagian bawah garis-garis *grid* terdapat lapisan anti refleksi yang transparan dan konduktif, yang berfungsi untuk menahan sinar matahari yang jatuh pada permukaan sel agar tidak dipantulkan kembali oleh permukaan sel. Lapisan berikutnya adalah Si tipe-n, yang “ditumbuhkan” di atas Si tipe-p melalui proses difusi dengan bahan fosfor (P) pada temperatur tinggi. Lapisan Si tipe-n ini sangat tipis sekitar 1,2 μm , yang berfungsi menghasilkan elektron-elektron pada saat terkena cahaya matahari. Di bawah lapisan Si tipe-n adalah Si tipe-p yang berfungsi sebagai sel dasar, yakni tempat tumbuhnya lapisan-lapisan di atasnya. Si tipe-p menghasilkan *hole* (istilah muatan positif dalam sel surya) dengan ketebalan sekitar 500 μm . Lapisan paling bawah adalah lapisan aluminium berfungsi sebagai kontak positif sel.

Pada Gambar 2. diperlihatkan proses yang disederhanakan dari pembangkitan arus listrik di dalam sel surya. Sebuah lampu disambungkan dengan rangkaian luar yang menghubungkan kontak positif dan negatif sel. Foton-foton dari cahaya yang mempunyai energi berbeda-beda masuk melalui lapisan atas (bahan tipe-n) menuju bahan tipe-p yang lebih tebal pada kedalaman yang berbeda-beda dari permukaan sel. Sebagai contoh, dua buah foton cahaya (yang diberi label A dan B), tepat mengenai elektron-elektron dari atom-atom semikonduktor yang bersangkutan. Foton A mempunyai energi yang lebih besar (panjang-gelombang pendek) dari pada foton B. Elektron-elektron tersebut (tanda \ominus , label a dan b) yang terlepas dari atom meninggalkan dua buah kekosongan (*vacancies*) yang dikenal sebagai *hole* (lubang) (tanda \oplus , label a' dan b') pada tempat tubrukan. Kondisi ini dikatakan bahwa foton-foton menghasilkan pasangan-pasangan elektron-*hole*. Elektron-elektron dan *holes* selanjutnya bergerak di dalam semikonduktor oleh pengaruh medan listrik yang terbentuk pada sambungan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Elektron-elektron bergerak ke arah lapisan tipe-n dan *holes* ke arah lapisan tipe-p. Dengan demikian, struktur lapisan sel surya berkelakuan seperti “pompa” yang memompa elektron-elektron ke dalam kontak-n (elektroda negatif) dan kembali

melalui sel surya kontak-p (elektroda positif), sehingga terjadi aliran arus listrik melalui rangkaian luar. Secara konvensional, arus listrik mengalir dengan arah yang berlawanan dengan aliran elektron. Selanjutnya pada antar-muka (*interface*) antara kontak-p dan semikonduktor tipe-p, elektron-elektron bertemu (berekombinasi) dengan *holes* yang mengakibatkan elektron bersatu kembali dengan *hole*. Proses tersebut menjadikannya muatan listrik yang netral, sampai pada suatu saat mereka dipisahkan kembali menjadi elektron dan *hole* oleh energi cahaya (*foton*) yang berikutnya.

3. Karakteristik Arus-Tegangan Listrik Sel Surya

Karakteristik arus (I) dan tegangan (V) listrik sel surya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. dan Gambar 4., diperoleh dengan menggunakan alat ukur yang disebut *I-V curve tracer unit* (Kholid A., 1997). Dengan alat tersebut dapat diketahui parameter-parameter keluaran sel surya seperti, arus hubung-singkat (I_{sc}), tegangan listrik rangkaian-terbuka (V_{oc}), arus dan tegangan listrik maksimum, I_m dan V_m , serta konversi efisiensi sel (η). Perkalian parameter I_m dan V_m akan menghasilkan daya maksimum (P_m) keluaran sel surya. Dengan alat yang sama dapat diketahui pula temperatur sel dan intensitas (radiasi) cahaya yang datang pada permukaan sel saat pengukuran. Nilai I_{sc} diperoleh pada saat tegangan listrik sel surya sama dengan nol ($V=0$), sebaliknya V_{oc} diperoleh pada saat sel surya pada kondisi rangkaian terbuka ($I=0$).

1) Pengaruh intensitas cahaya

Gambar 3. menunjukkan pengaruh intensitas cahaya terhadap karakteristik arus dan tegangan listrik sel surya yang diukur pada temperatur sel yang tetap 25°C. Terlihat dengan jelas bahwa besarnya arus listrik sel surya (I_{sc}) berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang datang, sedangkan tegangan listrik sel surya (V_{oc}) berubah secara logaritmik.

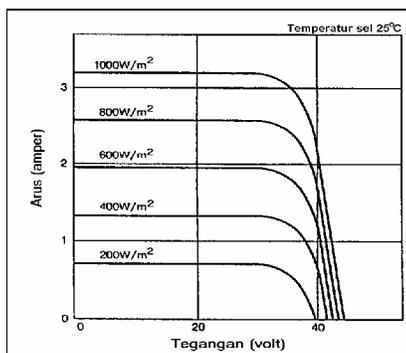
2) Pengaruh temperatur

Gambar 4. memperlihatkan pengaruh temperatur sel terhadap karakteristik arus dan tegangan listrik sel surya yang diukur pada intensitas cahaya yang konstan 1 kW/m^2 , dan *air mass* (AM) 1,5. Arus listrik keluaran sel surya meningkat sedikit dengan kenaikan temperatur, sedangkan

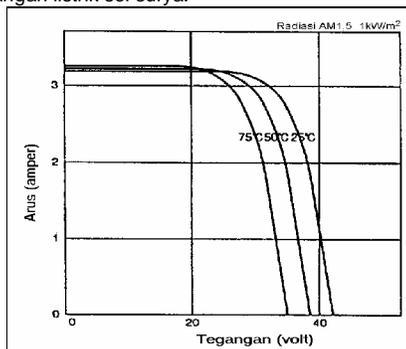
tegangan listriknya menurun secara linier terhadap kenaikan temperatur. Kenaikan yang kecil dari arus listrik disebabkan oleh penurunan (penyempitan) celah energi (E_g) dari material semikonduktor terhadap kenaikan temperatur, sehingga meningkatkan jumlah elektron yang berpindah dari daerah pita valensi menuju pita konduksi. Kenaikan jumlah elektron pada pita konduksi akan meningkatkan arus listrik keluaran sel.

3) Pengaruh temperatur

Gambar 4. memperlihatkan pengaruh temperatur sel terhadap karakteristik arus dan tegangan listrik sel surya yang diukur pada intensitas cahaya yang konstan 1 kW/m^2 , dan *air mass* (AM) 1,5. Arus listrik keluaran sel surya meningkat sedikit dengan kenaikan temperatur, sedangkan tegangan listriknya menurun secara linier terhadap kenaikan temperatur. Kenaikan yang kecil dari arus listrik disebabkan oleh penurunan (penyempitan) celah energi (E_g) dari material semikonduktor terhadap kenaikan temperatur, sehingga meningkatkan jumlah elektron yang berpindah dari daerah pita valensi menuju pita konduksi. Kenaikan jumlah elektron pada pita konduksi akan meningkatkan arus listrik keluaran sel.



Gambar 3. Pengaruh intensitas cahaya terhadap arus-
tegangan listrik sel surya.



Gambar 4. Pengaruh temperatur sel terhadap arus-
tegangan listrik sel surya.

PENERAPAN SEL SURYA PADA DAERAH TERPENCIL

Pada saat ini kapasitas daya sel surya yang terpasang di Indonesia hampir 5 mega-watt-peak (MWp). Sebagian besarnya ($\pm 80\%$) dimanfaatkan untuk penerangan rumah di daerah terpencil sebagai *Solar Home System* (SHS) 50 Wp. Selebihnya diterapkan sebagai pembangkit listrik sistem hibrida (PV-diesel), *solar boat system* (SBS), catu daya *rural public telephone*, catu daya stasiun relai telekomunikasi (telepon, TV, radio), catu daya pompa air dc (*submersible pump*), sistem koneksi sel surya dengan jaringan listrik (*PV-grid connection systems*), dll.

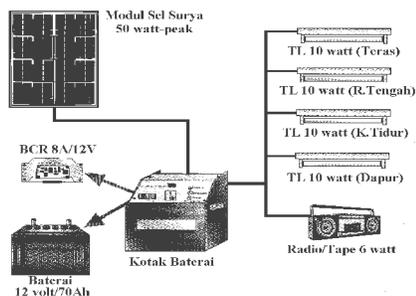
1. Solar Home System

Solar home system (SHS) atau sistem penerangan rumah dengan sel surya, yang diterapkan untuk daerah terpencil di Indonesia menggunakan modul sel surya kapasitas daya 50 Wp. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul sel surya pada siang hari disimpan di dalam *accu* untuk dimanfaatkan pada malam harinya. *Accu* yang digunakan adalah jenis asam timbal (*lead acid battery*) kapasitas 70 Ah (*ampere-hour*) tipe *deep discharge*. Namun demikian dapat pula digunakan *accu* tipe *shallow discharge* (*accu* mobil) yang mudah diperoleh di pasaran. Perbedaan dari kedua tipe *accu* tersebut terletak pada kapasitas daya listrik yang diperbolehkan untuk dimanfaatkan (dalam %) atau yang dikenal dengan DOD (*depth of discharge*). Pada umumnya *accu* tipe *shallow discharge* mempunyai DOD 25%, sedangkan tipe *deep discharge* mempunyai DOD 40% atau lebih besar lagi.

Untuk menjaga agar *accu* tetap pada kondisi baik pada saat digunakan maka SHS dilengkapi dengan BCR (*battery charge regulator*). Alat ini berguna sebagai pembatas penggunaan energi listrik *accu* yang berlebihan oleh beban (lampu, radio/tape, dll.), atau pembatas pengisian energi listrik ke *accu* oleh modul sel surya. Untuk SHS sistem 12 volt, maka tegangan BCR yang digunakan juga 12 volt, sedangkan kapasitas arus listrik BCR disesuaikan dengan arus hubung-singkat (*short circuit current, I_{sc}*) dari modul sel surya yang digunakan ditambah 10% dari nilai I_{sc} . Pada modul sel surya 50 W_p, nilai I_{sc} sekitar 3,25 A, oleh karena itu kapasitas arus minimal BCR yang digunakan sekitar 3,6 A.

SHS 50 Wp seperti yang terlihat pada Gambar 5., dilengkapi dengan 3 buah lampu TL (*tube lamp*) @ 10 watt. Setiap lampu dilengkapi pula dengan inverter elektronik 12 volt. Panjang kabel dan diameter kawat yang digunakan perlu diperhatikan karena kabel mempunyai faktor resistansi yang dapat menurunkan nilai tegangan dc yang dialirkan ke beban (lampu). Dianjurkan menggunakan kabel jenis serabut berdiameter 3,5 mm² untuk kabel yang menghubungkan modul sel surya ke *accu*, dan 2,5 mm² untuk kabel ke beban.

Bila diasumsikan bahwa nilai insolasi rata-rata harian di Indonesia sebesar 4,5 kWh/m², dan nilai konversi efisiensi dari modul sel surya 15%, maka untuk modul surya kapasitas daya 50 Wp dengan luas permukaan sel sekitar 0,45 m², dapat menghasilkan energi listrik sekitar 300 Wh/hari. Dari hasil pengukuran, setiap lampu TL 10 W yang terpasang pada SHS, hanya mengkonsumsi energi listrik sekitar 6 watt. Dengan demikian apabila ada 4 buah lampu TL yang terpasang, yang berarti total dayanya 24 watt, maka energi sebesar 300 Wh/hari dapat digunakan untuk menghidupkan lampu tersebut selama 12,5 jam/hari.

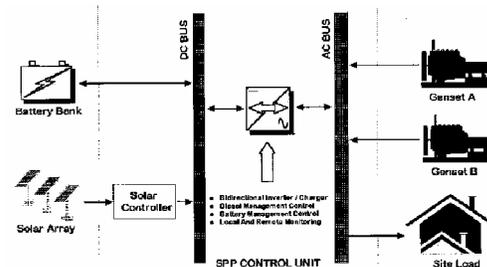


Gambar 5. Komponen SHS 50 Wp.

2. Sistem Hibrid Sel Surya-Diesel

Sistem ini sering disebut sebagai *PV-diesel hybrid systems*. Filosofi menggabungkan dua sistem pembangkit listrik tersebut, yakni sistem konvensional (diesel) dan terbarukan (sel surya) adalah masalah efisiensi energi listrik. Harga sel surya yang cukup mahal namun hampir tidak membutuhkan biaya perawatan perlu dimanfaatkan secara maksimal, sedangkan harga diesel yang relatif murah namun biaya perawatannya cukup mahal, perlu dioperasikan seminimal mungkin. Untuk menunjang efisiensi energi listrik yang dihasilkan, maka sistem hibrid ini

membutuhkan penyimpanan energi listrik (*storage system*) menggunakan baterai (*accu*). Blok diagram sistem pembangkit listrik tersebut ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem hibrid yang telah dikembangkan di Indonesia umumnya menggunakan satu buah diesel (*genset*). Sistem ini cocok diterapkan untuk daerah terpencil yang penduduknya tidak menyebar, dan suplai bahan bakar solar (untuk diesel) yang mudah. Ada sekitar 20 sistem hibrida yang telah terpasang di daerah terpencil, sebagian besar di daerah Palu (6 unit) dan Kendari (8 unit). Masing-masing unit untuk kedua daerah tersebut mempunyai kapasitas daya diesel 25 kVA, sel surya 8 kWp, dan kapasitas penyimpanan energi listrik (*accu*) 650 Ah. Masing-masing sistem melayani 200–250 rumah, dengan pilihan daya 50 W, 100 W, dan 200 W. Listrik disalurkan ke pelanggan melalui jaringan tegangan rendah 220 volt ac.



Gambar 6. Blok diagram PV-diesel hybrid systems. (Anonim, 2000)

Kerja dari sistem hibrid di atas dapat dioperasikan secara otomatis atau manual. Bila sistem otomatis yang dipilih maka prinsip kerja sistem dapat dibagi menjadi 3 bagian, yakni:

1) Saat beban listrik rendah

Pada saat beban (*load*) listrik rendah, dan terjadi pada siang hari, maka suplai listrik ke pelanggan akan dilayani oleh sel surya. Apabila energi listrik yang dihasilkan sel surya lebih besar dari kebutuhan beban, maka kelebihanannya akan disalurkan ke *accu* untuk disimpan. Akan tetapi disaat hari mendung, yang menyebabkan sel surya tidak menghasilkan energi listrik yang cukup untuk memenuhi kebutuhan beban, maka kekurangan energi listrik akan disuplai secara paralel dari *accu*.

2) Saat beban listrik menengah

Apabila terjadi pada siang hari, maka sel surya dan *accu* bersama-sama akan mensuplai listrik ke beban (pelanggan). Bila suatu saat energi listrik pada *accu* menjadi

kosong, maka secara otomatis diesel akan ON (hidup). Secara paralel, diesel akan mensuplai listrik ke pelanggan, juga mensuplai listrik ke *accu* untuk disimpan. Pada saat energi listrik di dalam *accu* telah penuh, maka diesel akan OFF (mati) secara otomatis, dan *accu* bekerja kembali mensuplai listrik ke pelanggan, begitu seterusnya. Kondisi ini bisa juga terjadi pada malam hari, dimana sel surya tidak menghasilkan listrik, maka yang bekerja hanya *accu*, atau diesel saja.

3) Saat beban listrik puncak

Pada kondisi ini, diesel akan ON lebih lama untuk mensuplai listrik ke pelanggan dibandingkan pada kondisi 2) di atas. Namun demikian karena telah didisain bahwa kapasitas daya listrik diesel lebih besar dari total beban listrik pelanggan, maka masih ada kelebihan energi listrik yang dapat disimpan di *accu*. Bila *accu* telah penuh, maka diesel akan OFF, dan *accu* akan mensuplai energi listrik ke pelanggan. Diesel akan ON kembali disaat energi listrik yang disimpan *accu* habis. Pada kondisi ini, waktu pengosongan listrik pada *accu* akan terjadi lebih cepat disaat beban listrik pelanggan mencapai puncaknya.

KESIMPULAN

Pembangkit listrik tenaga surya (sel surya) merupakan pilihan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan listrik di daerah terpencil, selama sumber pembangkit listrik yang lain, seperti air dan minyak bumi, tidak tersedia di daerah tersebut. Hal ini

mengingat sinar matahari sebagai sumber pembangkit listrik dari sel surya tersedia melimpah setiap saat di seluruh wilayah Indonesia. Penerapannya dapat menggunakan sistem desentralisasi, yakni setiap rumah dipasang satu SHS (kapasitas 50 Wp atau 100 Wp), atau sistem sentralisasi, yakni pembangkit tunggal (*PV-diesel hybrid system*) dimana energi listrik disalurkan ke pelanggan menggunakan jaringan distribusi tegangan rendah 220 volt ac.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim , 2000, *Dual Diesel 3 Phase Hybrid SPP System*, Advanced Energy System Ltd., Australia.
- Bambang A. 2004, *Program Jangka Pendek Listrik Perdesaan Tenaga Surya, pada Diskusi Terbatas Pengadaan dan Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Masyarakat Tidak Mampu di Wilayah Terpencil*, Bappenas, 11 Agustus 2004.
- F. Lasnier and T.G. Ang, 1990, *Photovoltaic System Handbook*, Adam Hilger, Bristol and New York.
- Hans S. Raushenbach, 1980, *Solar Cell Array Design Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Kholid A., 1997, *Evaluation of Amorphous and Poly-crystallin Silicon Based Solar Photovoltaic System*, Doctor Thesis, Osaka University, Japan.

PEDOMAN PENULISAN DAN FORMAT NASKAH

I. Naskah

Naskah dapat berupa penelitian, ulasan artikel, atau gagasan ilmiah asli yang belum dan tidak akan dipublikasikan dalam media cetak lain.

Naskah dapat ditulis dengan bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, dikirimkan berupa "soft copy" (disket) disertai 1 eksemplar "hard copy". Panjang naskah antara 12 s/d 18 halaman kertas kuarto (21,5 x 28,0 cm, dengan margin : kiri 4 cm, atas 3 cm, kanan 3 cm, bawah 4 cm), termasuk gambar, tabel, lampiran dan diketik dengan font arial 11 spasi 1,5. (untuk abstrak diketik dengan spasi 1,0)

II. Artikel Hasil Penelitian

Sistematika Penulisan

A. JUDUL

Judul harus singkat padat dan menunjukkan identitas subjek, tujuan penelitian dan kata-kata kunci. Panjang sekitar 5 – 20 kata.

B. NAMA PENULIS

Nama penulis tanpa gelar akademik dan tidak diawali dengan kata "Oleh", diikuti dengan profesi, email (kalau ada) dan alamat instansi/lembaga tempat bekerja.

C. ABSTRAK DAN KATA KUNCI

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris (untuk naskah dalam bahasa Indonesia), maksimum 250 kata. Kata kunci yang dicantumkan 3 s/d 5 kata kunci

D. PENDAHULUAN

Pada bagian ini tuliskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta tinjauan pustaka atau landasan teori secara ringkas dan padat.

E. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini tuliskan prosedur atau cara-cara penelitian.

F. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini tuliskan hasil analisis data yang menjawab permasalahan, bukan data mentah yang disajikan secara singkat dan jelas, dan dapat dibantu dengan tabel, gambar, grafik atau foto yang diberi komentar.

G. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini tuliskan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

H. UCAPAN TERIMA KASIH

Tuliskan Ucapan terima kasih bagi yang memerlukan pada bagian ini.

I. DAFTAR PUSTAKA

Cantumkan daftar pustaka yang relevan dengan naskah seperti pada aturan (acuan) penulisan daftar pustaka dan telah disebutkan dalam batang tubuh artikel.

J. LAMPIRAN

(jika ada, dapat berupa : data mentah, gambar, atau perhitungan datanya)

III. Artikel bukan Hasil Penelitian

Sistematika Penulisan

A. JUDUL

Judul harus singkat, padat dan menunjukkan identitas subjek, tujuan penelitian dan kata-kata kunci. Panjang sekitar 5 – 20 kata.

B. NAMA PENULIS

Nama penulis tanpa gelar akademik dan tidak diawali dengan kata "Oleh", diikuti dengan profesi, email (kalau ada) dan alamat instansi/lembaga tempat bekerja.

C. ABSTRAK DAN KATA KUNCI

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris (untuk naskah dalam bahasa Indonesia), maksimum 250 kata. Kata kunci yang dicantumkan 3 s/d 5 kata kunci

D. PENDAHULUAN

Pada bagian ini tuliskan uraian pengantar topik utama yang akan dibahas.

E. ISI PEMBAHASAN

Pada bagian ini tuliskan metode kajian, analisis, dan pembahasan, tergantung pada topik tulisan.

F. KESIMPULAN ATAU PENUTUP

Pada bagian ini tuliskan kesimpulan dan saran dari hasil bukan penelitian.

G. UCAPAN TERIMA

Tuliskan Ucapan terima kasih bagi yang memerlukan pada bagian ini.

H. DAFTAR PUSTAKA

Cantumkan daftar pustaka yang relevan dengan naskah seperti pada aturan (acuan) penulisan daftar pustaka dan telah disebutkan dalam batang tubuh artikel.

I. LAMPIRAN

(jika ada bagi yang memerlukan)

IV. Penulisan Daftar Pustaka

Pustaka yang ditulis hanya yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad. Contoh :

Chakrabarti, S.K and Naftger, R.A. 1974. Nonlinear Wave Forces on Halfcylinder and Hemisphere, *Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division*, ASCE.

Direktorat Pembinaan Jalan Kota. 2002. Tata Cara Pelaksanaan Survey Perhitungan Lalu Lintas Cara Manual, <http://www.dptk.go.id>. Diakses pada 13 Juli 2002.

Dean, R.G. and Dalrymple, D.A. 1984. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*, Prentice-Hall, New Jersey USA.

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

Dinamika Rekayasa	Vol. 1	No. 1	Hlm : 1 - 34	ISSN 1858-3075	Purwokerto Agustus 2005
-------------------	--------	-------	-----------------	-------------------	----------------------------