

KOMPILASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ENERGI BARU DAN TERBARUKAN (PLT-EBT)

Oleh :

Arlewes Gultom

Dosen Teknik Elektro Universitas Tama Jagakarsa Jl. Letjen TB Simatupang N0.
152, Jakarta Selatan 12530

Solar Power Plant (PLTS), Types of energy as a manifestation of the Sun.

Abstract

Solar Power Plant or Sun is an electric energy generator that many countries now develop as an alternative energy to replace fossil fuels.

Alternative energy such as wind energy, ocean wave energy, ocean thermal energy, solar energy, direct conversion to electricity, geothermal energy are new types of renewable energy as manifestations of the Sun. The energy conversion produced through this generation process is environmentally friendly and is only obtained by collecting sunlight into a light / heat collection device. The average solar energy received by the earth's surface is approximately 600 W / m², but the actual amount varies greatly depending on the position of the earth's surface when illuminated by the Sun.

Keywords : Sunlight, Energy, Solar Power Plant, solar energy

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Jenis-jenis energy sebagai manifestasi dari Matahari

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau Matahari merupakan pembangkit energy listrik yang sekarang banyak Negara mengembangkannya sebagai energy alternative untuk menggantikan bahan bakar fosil. Energy alternative seperti energy angin, energy gelombang laut, energy panas laut, energy surya konversi langsung ke energy listrik, energy panas bumi (geothermal) adalah jenis-jenis energy baru terbarukan sebagai manifestasi dari Matahari. Konversi energy yang dihasilkan melalui proses pembangkitan ini adalah ramah lingkungan dan hanya diperoleh dengan mengumpulkan sinar Matahari kedalam suatu peralatan pengumpul sinar/panas. Energi Surya rata-rata yang diterima oleh permukaan bumi kira-kira 600 W/m², tetapi

jumlah yang sesungguhnya sangat bervariasi tergantung pada posisi permukaan bumi saat disinari oleh Matahari.

Kata kunci : **Cahaya Matahari, Energi**

Pendahuluan

Berkembangnya teknologi dan budaya manusia cenderung meningkatkan kebutuhan akan energi listrik. Penyediaan energi listrik memerlukan sarana berupa station pembangkit, saluran transmisi dan system distribusi. Meningkatnya jumlah penduduk sangat erat hubungannya dengan laju pertumbuhan energi listrik. Energi listrik di Negara kita pada umumnya dikelola oleh pemerintah baik pembangkitan, penyaluran maupun manajemen operasinya. Pembangkit Listrik dengan Tenaga Surya atau Matahari merupakan pembangkit energi listrik sebagai energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar pembangkit energi listrik yang sejak lama telah dikenal yakni PLTU, PLTD, PLTG. Sesungguhnya akan banyak sumber-sumber energi baru yang merupakan manifestasi dari energi Matahari ini, misalnya; energi angin, energi gelombang laut, energi panas laut, energi surya konversi langsung ke energi listrik, energi panas bumi (geothermal). Konversi energi yang dihasilkan melalui proses pembangkitan ini adalah ramah lingkungan dan hanya diperoleh dengan mengumpulkan sinar Matahari kedalam suatu peralatan pengumpul sinar/panas. Energi Surya rata-rata yang diterima oleh permukaan bumi

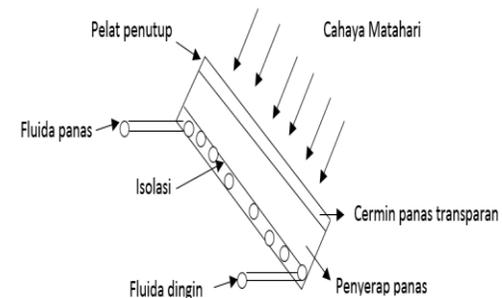
kira-kira 600 W/m^2 , tetapi jumlah yang sesungguhnya sangat bervariasi tergantung pada posisi permukaan bumi saat disinari oleh Matahari.

Tinjauan Aplikatif

1. Aplikasi energi surya dalam konversi thermal.

a. Pemanasan permukaan dan air pada skala domestic (off-grid).

Pengumpulan panas Matahari untuk maksud memanaskan permukaan dan air pada cara ini digambarkan sbb.:



Gambar Panel energi Surya sederhana untuk pemanasan air.

Energi yang diterima oleh kolektor (penyerap) per meter persegi (net) :

$$q = I \cdot \alpha \cdot r - (\epsilon_F + \epsilon_B) \sigma (T^4 - T_0^4)$$

dimana;

ϵ_F dan ϵ_B = emisisitas depan dan belakang panel

σ = konstanta Stefan-Boltzman = $5,67 \times 10^{-8} / \text{K}^4 \cdot \text{m}^2$

r = transmitansi pelat penutup (misalnya 0,93)

T_0 = temperatur pelat penutup (K)

I = radiasi pada saat itu, tegak lurus terhadap permukaan

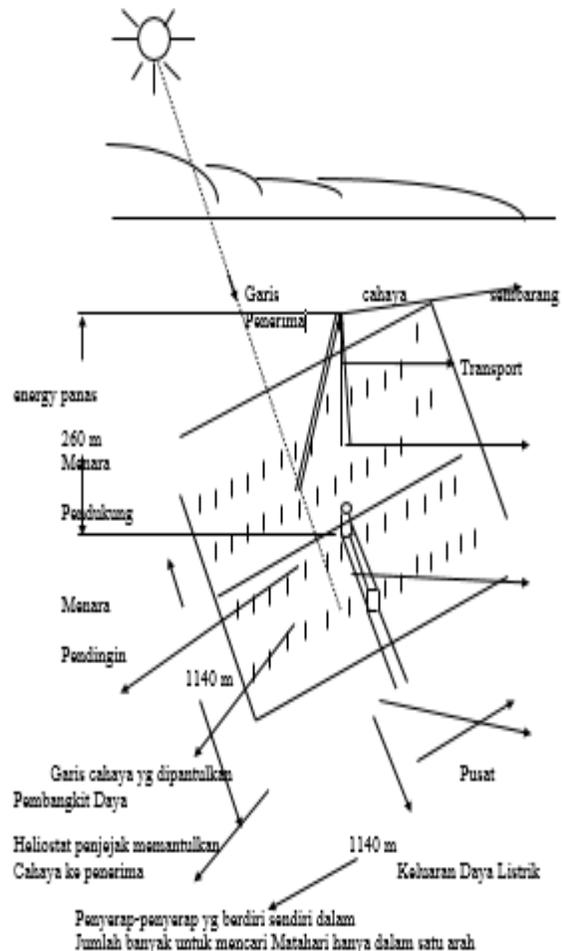
$T(K)$ = temperature

α = absorptivitas panel penyerap.

Dengan kenaikan suhu permukaan pengumpul sinar Matahari, maka terjadi perpindahan panas secara radiasi (infra-merah). Pelat penutup selektif diatas permukaan pengumpul dapat dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menyalurkan hampir semua radiasi Surya dan memantulkan semua infra-merah yang teradiasi. Penyerap-penyerap selektif (selective absorber) terdiri dari sebuah pelat metalik yang ditutup sebuah permukaan semikonduktor tipis atau tepung metalik halus. Pelat metalik memantulkan sinar infra-merah dan menyediakan kontak thermal yang baik antara lapisan penyerap panas dan fluida pendingin.

b.Stasiun Sentral (Instalasi-instalasi besar)

Sinar Matahari dapat dikonsentrasikan dengan menggunakan lensa atau cermin. Keduanya memerlukan bentuk permukaan yang cekung dan lengkungan yang tepat serta menggunakan mekanisme pengendali untuk mengikuti gerakan Matahari. Konsentrator ini dapat dirancang untuk mengikuti pergeseran matahari setiap musim atau untuk melacak Matahari sepanjang hari (sistem sumber ganda). Berikut dilukiskan sebuah diagram sistem penerima untuk pembangkitan energy listrik.



Penyerap-penyerap yg berdiri sendiri dalam Jumlah banyak untuk mencari Matahari hanya dalam satu arah

Reflektor-reflektor mengkonsentrasikan sinar terhadap satu penerima tunggal (boiler) yang menghasilkan uap. Energi thermal yang dihasilkan dipindahkan ke boiler oleh suatu fluida (air atau sodium cair). Perkiraan pembuatan energy surya yang menggunakan areal kolektor seluas 1 km² untuk tiap-tiap output 100 MW = (25 s.d. 30) mill/kWh dan biaya

investasi \$ 30/m² serta biaya penyimpanan energy thermal \$ 15/kWh. Penyimpanan energy merupakan syarat mutlak, karena sifat energy Matahari yang berfluktuasi.

2. Energi Surya Konversi Langsung ke Energi Listrik.

Konversi fotovoltaik terjadi didalam suatu lapisan tipis bahan yang cocok, misalnya silicon. Apabila timbul pasangan-pasangan hole-elektron akibat adanya partikel-partikel cahaya yang masuk (photon) dan pemisahan hole-hole dengan electron-elektron ini pada suatu diskontinuitas dalam potensi elektrokimia menciptakan suatu beda potensial. Efisiensi teoritis cara ini sekitar 25 %, sedangkan dalam praktek lebih rendah. Sel-sel Silicon Kristal Tunggal dan Galium Arsenida dapat dibuat dengan tingkat efisiensi masing-masing 10 dan 16 %. Biaya pembuatan dan penyambungan sel-sel ini masih sangat mahal (sekarang ini terutama digunakan untuk pesawat-pesawat ruang angkasa). Dengan teknik-teknik yang bertujuan untuk produksi besar-besaran telah berhasil diciptakan lapisan-lapisan Silicon Poly-kristalin dengan efisiensi diatas 10%. Keuntungan dari peralatan pembangkit listrik ini karena tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, sedangkan kerugiannya dalam konteks daya besar memerlukan areal yang luas. Menurut perkiraan, untuk menghasilkan 10¹² kWh per tahun diperlukan areal penempatan sel sekitar 0,1% dari luas wilayah AS dengan efisiensi 10% dan isolasi harian 4 kWh/m².

3. Kincir angin

Kita ketahui angin mengalir dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah. Perbedaan tekanan udara juga diakibatkan oleh panas Matahari.

Kincir angin merupakan konversi energy.

Untuk maksud-maksud pembangkitan listrik terdapat tiga skala operasi :

1. Skala kecil 0,5 – 10 kW untuk lingkungan sempit.
2. Skala medium 10 – 100 kW untuk komunitas
3. Skala besar, misalnya 1,5 MW untuk penyambungan ke sistem-sistem suplai daya.

Rotor yang paling mutakhir sekarang adalah tipe Propeller dua atau tiga daun dengan sumbu horizontal. Energi yang dihasilkan dapat ditingkatkan dengan menggunakan rotor yang lebih besar dan oleh karena itu memerlukan pula menara yang lebih besar.

Kekurangan paling menonjol dari penggunaan turbin angin ialah biaya modal tambahan karena harus mampu menahan kecepatan angin sampai 180 km/jam.

Daya teoritis dalam suatu arus angin ditentukan dengan rumus :

$$=0,5 \rho A V^3 \text{ (W)}$$

Dimana,

P = kerapatan udara (120 gm/m³ pada NTP)

A = luas bidang sapuan (m²)

V = kecepatan udara rata-rata (m/s)

Daya teoritis untuk sebuah rotor dengan 17 meter dan kecepatan angin 48 km/jam adalah sekitar 265 kW. Harga-harga dalam praktek biasanya sekitar setengah dari harga-harga teoritis. Merancang turbin angin untuk

segala tingkat kecepatan angin yang mungkin terjadi sama sekali tidak ekonomis. Oleh sebab itu biasanya dipakai alat pengatur (Governor Control) untuk mengenyampingkan kelebihan angin. Mekanisme pengontrol output biasanya dilakukan dengan mengubah besarnya sudut kemiringan daun rotor (blade pitch). Untuk mendapatkan suatu rancangan-bangun yang optimum, kecepatan angin disain diambil sekitar 1,5 – 2 kali kecepatan angin rata-rata dan daya rata-rata lebih kecil dari daya disain.

Rasio yang lebih tinggi berarti menggunakan rotor besar untuk daya penuh pada kecepatan rendah dan sebaliknya. Jika sebuah pembangkit 2 GW yang bekerja kontinu diganti dengan beberapa generator tenaga angin 2 MW yang mempunyai diameter turbin angin sepanjang 70 m dan beroperasi pada kecepatan angin 6,7 m/s (output spesifik 1800 kWh per kW per tahun), maka total 4800 (yakni $2 \times 10^6 \times 8760 / (1800 \times 2000)$) dari mesin-mesin ini diperlukan untuk menghasilkan jumlah energy yang sama per tahun. Untuk memenuhi permintaan daya ini diperlukan suatu areal yang sangat luas

4. Energi Gelombang Laut

Seperti kita ketahui bahwa gelombang laut juga bergantung pada Sinar Matahari keadaan siang dan malam. Kandungan energy gelombang laut sangatlah besar. Gelombang lautan Atlantik garis pantai barat laut Inggris mempunyai suatu harga rata-rata 80 kW/m. Energi gelombang ini sangat bervariasi dari diatas 1 MW/m untuk 1% tahun hingga mendekati nol

untuk 1 persen lebih jauh. Oleh sebab itu terdapat suatu sumber energy yang sangat besar pada garis pantai beberapa ratus kilometer. Gelombang laut progressif sederhana dengan amplitude a , panjang gelombang λ dan periode T di kedalaman air lebih dari $0,5 \lambda$, mempunyai suatu profil permukaan yang ditentukan dengan rumus :

$$y = a \sin (kx - \omega t),$$

dimana,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \text{jumlah gelombang}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Energi total (E) per meter persegi luas permukaan gelombang (kinetic dan potensial) = $\frac{1}{2} \rho g a^2$,

dimana,

ρ = kerapatan air laut.

Daya yang dihasilkan :

$P = E \times \text{kecepatan propagasi (kecepatan group)}$

$$= \frac{\rho g^2 a^2 T}{8\pi} \text{ per satuan lebar bagian depan gelombang.}$$

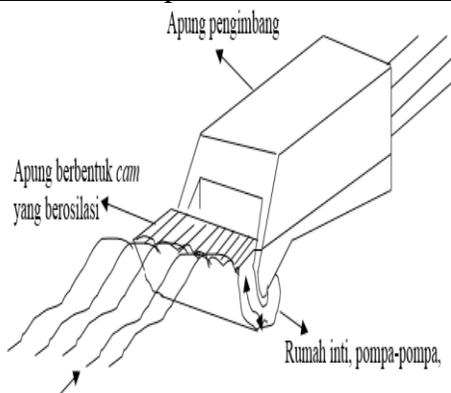
Gelombang laut dapat dibedakan dalam dua macam :

- a. Ocean Swell, gelombang-gelombang yang mempunyai panjang gelombang (wave length) yang panjang dan frekuensi rendah, diciptakan oleh angin dari jarak ribuan kilometer. Energi dan daya yang ditimbulkannya dapat diperkirakan dengan persamaan-persamaan diatas.
- b. Wind Sea, disini merupakan jumlah banyak gelombang monokromatik dari fase random, terdistribusi baik dalam arah

maupun frekuensi. Arah yang pokok ialah arah angin.

Energi dan daya yang diciptakan oleh gelombang-gelombang ini ditentukan menurut jumlah-jumlah statistic yang didapat dari pengukuran. Gerak laut dapat diubah menjadi gerak energy mekanik dengan berbagai cara. Salah satu caranya ialah menggunakan *cam Salter*.

Gambar memperlihatkan cam Salter.



Arah gelombang utama

Cam ini berputar pada sumbunya dan dibentuk sedemikian rupa untuk membuat tekanan air sekecil mungkin. Panjang cam dapat dilego, misalnya 80 km dari pantai.

Konversi energy semacam ini mempunyai 2 bentuk :

- 1) Alternator reciprocating dengan sistem roda gigi memberikan suatu output dari beberapa unit akan cenderung menghasilkan bentuk gelombang d.c. Dengan output d.c. yang bervariasi dapat memproduksi hydrogen.
- 2) Energi dapat dipindahkan secara hidrolis dengan memakai sebuah sistem akumulator untuk penyimpanan jangka pendek

sebelum transfer ke perangkat turbo generator

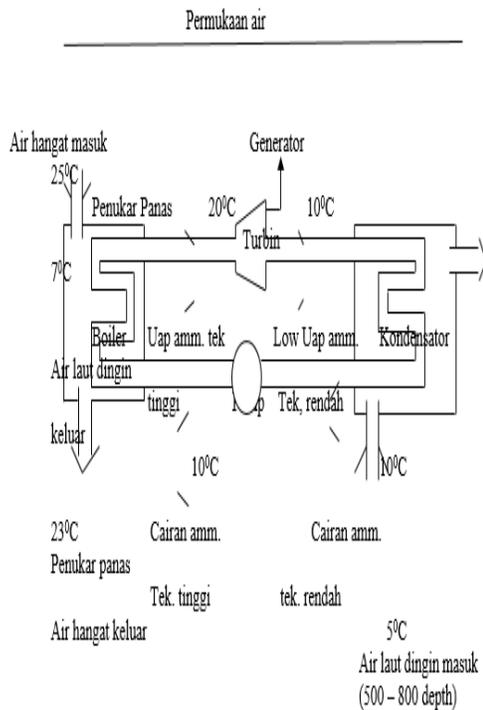
Peralatan konversi ditempatkan didalam cam-cam dan output listriknya dihubungkan dengan kabel ke sebuah stasiun pembantu yang terapung.

Penyearahan arus terjadi dalam stasiun pembantu dan output kombinasi dari beberapa cam dikirimkan ke pantai dengan menggunakan kabel d.c. tegangan tinggi.

5. Konversi Energi Panas Laut

Konversi energy jenis ini memanfaatkan perbedaan suhu antara permukaan laut dan lapisan-lapisan yang lebih rendah diperairan tropis.

Untuk maksud-maksud praktis antara lapisan-lapisan itu diberi jarak cukup dekat satu sama lain. Penyerapan energy Matahari oleh lapisan permukaan mengalir ke arah kutub-kutub bumi dan kemudian kembali menuju ke arah khatulistiwa sebagai air dingin pada kedalaman yang lebih besar. Gulf Stream membawa rata-rata 2 km³/menit air hangat dan energy potensial didalam air ini sangat besar. Air hangat dan dingin sangat berdekatan satu sama lain di lepas pantai Florida dengan perbedaan temperature antara 9 – 25⁰C. Beda temperature ini menghasilkan efisiensi Carnot sebesar 3,4 persen dan dengan losses efisiensi keseluruhan sekitar 2%. Untuk menghasilkan daya yang besar diperlukan jumlah air yang sangat banyak dan unit-unit pemroses berukuran besar. Pembangkitan yang berlokasi disekitar 25 km disebelah timur kota Miami, AS memperlihatkan bagan dengan pemanfaatan beda temperature 17,5⁰C.



Fluida kerja yang paling Untuk suatu pembangkit berkapasitas 400 MW diperlukan arus laut dengan kecepatan aliran 115.000 m³/menit dan untuk itu diperlukan pipa air dingin berdiameter 24 m dengan panjang 500 – 600 m. baik digunakan untuk ini adalah ammonia (NH₃) atau propane. Pembangkit ini berada dibawah permukaan laut dan diberi jangkar agar tidak bergeser. Air hangat akan menguapkan fluida kerja bertekanan tinggi dan uap air ini berekspansi melalui turbin-turbin dan kemudian berkondensasi kembali menjadi cairan dalam kondensor.

KOMPILASI PEMBANGKITAN

1. Konversi thermal.

Sinar Matahari dapat dikonsentrasikan dengan menggunakan lensa atau cermin.

Energi thermal yang dihasilkan dipindahkan ke boiler oleh suatu fluida (air atau sodium cair).

Energi yang diterima oleh kolektor (penyerap) per meter persegi (net) :

$$q = I \cdot \alpha \cdot r - (\epsilon_F + \epsilon_B) \sigma (T^4 - T_0^4)$$

2. tasiun Sentral (Instalasi- instalasi besar)

Perkiraan pembuatan energy surya yang menggunakan areal kolektor seluas 1 km² untuk tiap-tiap output 100 MW = (25 s.d. 30) mill/kWh

3. Energi Surya Konversi Langsung ke Energi Listrik.

Timbulnya pasangan-pasangan hole-elektron akibat adanya partikel-partikel cahaya yang masuk (photon) dan pemisahan hole-hole dengan electron-elektron ini pada suatu diskontinuitas dalam potensi elektrokimia menciptakan suatu beda potensial.

4. Kincir angin

Energi yang dihasilkan dapat ditingkatkan dengan menggunakan rotor yang lebih besar.

Daya teoritis dalam suatu arus angin ditentukan dengan rumus :

$$= 0,5 \rho A V^3 (W)$$

Dimana,

P = kerapatan udara (120 gm/m³ pada NTP)

A = luas bidang sapuan (m²)

V = kecepatan udara rata-rata (m/s)

Daya teoritis untuk sebuah rotor dengan 17 meter dan kecepatan angin 48 km/jam adalah sekitar 265 kW.

5. Gelombang Laut

Gelombang laut progressif sederhana dengan amplitude a, panjang gelombang λ dan periode T di kedalaman air lebih dari 0,5 λ ,

mempunyai suatu profil permukaan yang ditentukan dengan rumus :

$$y = a \sin (kx - \omega t),$$

dimana,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \text{jumlah gelombang}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Energi total (E) per meter persegi luas permukaan gelombang (kinetic dan potensial)

$$= \frac{1}{2} \rho g a^2,$$

dimana,

ρ = kerapatan air laut.

Daya yang dihasilkan :

$P = E \times$ kecepatan propagasi (kecepatan group)

$$= \frac{\rho g^2 a^2 T}{8\pi} \text{ per satuan lebar bagian depan gelombang.}$$

6. Konversi Energi Panas Laut

Perbedaan temperature antara 9 – 25°C menghasilkan efisiensi Carnot sebesar 3,4 persen

Kesimpulan

Keenam pembangkitan energy listrik dari **Matahari** ini disimpulkan sbb.

	Media Pembangkitan	Sistem Pembangkitan Dengan	Keluaran Yang Dihasilkan
1	Konversi thermal	Beda suhu fluida panas dan fluida dingin.	Energi Thermal
2	Stasiun Sentral (Instalasi-instalasi besar)	Boiler	Energi Thermal
3	Konversi Langsung ke Energi Listrik	Pemisahan hole-hole dengan elektron-elektron	Energi Thermal
4	Kincir angin	Kecepatan angin	Energi Mekanik
5	Gelombang Laut	Panjang Gelombang	Energi Mekanik
6	Konversi Energi Panas Laut	Perbedaan Temperature	Energi Thermal

Energi Thermal dan Energi Mekanik yang diperoleh dari **Matahari** ini dapat digunakan sebagai Pembangkit Energi Listrik yang disebut sebagai **PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ENERGI BARU DAN TERBARUKAN (PLT-EBT).**

Daftar Pustaka

1. A.S. Pabla, “ Sistem Distribusi Daya Listrik “, Penerbit: Erlangga 1986

2. B. M. Weedy, “ Sistem Tenaga Listrik “, Aksara Persada Indonesia Edisi ketiga 1988
 3. Dr. Ir. Hendro Tjahjono, DEA, “ Operasi dan Kontrol Sistem Tenaga Listrik “, 2009
 4. Dr. Oo Abdul Rosyid, MSc, “ Bahan Kuliah SISTEM PEMBANGKIT DAN PENGAMAN “, 2009