

PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM HIBRIDA SEL SURYA DENGAN ENERGI ANGIN

Oleh:

Asnal Effendi, Arfita Yuana

Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Padang Institut Teknologi Padang

Asnal.effendi@gmail.com

Abstrak

System power generation of hibrida, surya cell and wind energy are represent power generation combined of two energy potency. The combining from source of this energy aim to be excess and insufficiency at each system earn each other with other system utilize to get more energy, efficiently and effective.

Power plant result of hibrida power generation is planned to reach about 1000 Watt that plant of surya cell and wind energy, that connected to consument network of 1000 Watt. If surya cell is not ready to serve request of consument hence wind energi will be supply.

Keyword : *Power Hibrida, Surya Cell, Wind Energi.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Peningkatan pemakaian energi dan masalah lingkungan saat ini akan mengharuskan adanya sistem energi baru dengan efisiensi yang lebih besar dan lebih bersahabat dengan lingkungan. Sehingga perlu dilakukan usaha-usaha untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi minyak bumi melalui diversifikasi sumber energi termasuk pengembangan energi alternatif yang memenuhi persyaratan energi masa depan yang murah, tersedia dalam jumlah melimpah, fleksibel dan dalam penggunaan dan ramah terhadap lingkungan.

Semua persyaratan tersebut dapat dipenuhi dengan mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Hal ini didukung dengan letak Indonesia di daerah khatulistiwa yang mendapat sinar matahari dalam jumlah besar sepanjang tahun, sehingga sistem ini sangat memungkinkan untuk dikembangkan penggunaannya.

Dalam hal ini juga memanfaatkan angin yang ada dimana angin bias dimanfaatkan dikonversikan menjadi tenaga listrik..

Untuk mengatasi masalah itu maka Pembangkit Listrik Tenaga Konversi Energi Angin (PLTKEA) perlu untuk diselingi (*hybridized*) dengan pembangkit lainnya. Dalam hal ini penulis memilih Pembangkit

Listrik Tenaga Sel Surya sebagai pembangkit pendukungnya.

2. Teori Dasar

Pada PLTH yang dibahas ini, kombinasi pembangkit tenaga listrik yang digunakan adalah :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Sel Surya.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Energi Angin.

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga

Sel surya

Sistem sel surya adalah suatu teknologi yang dapat mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Sistem sel surya ini banyak digunakan untuk penyediaan tenaga listrik bagi penerangan, pompa air, telekomunikasi dan lain sebagainya.

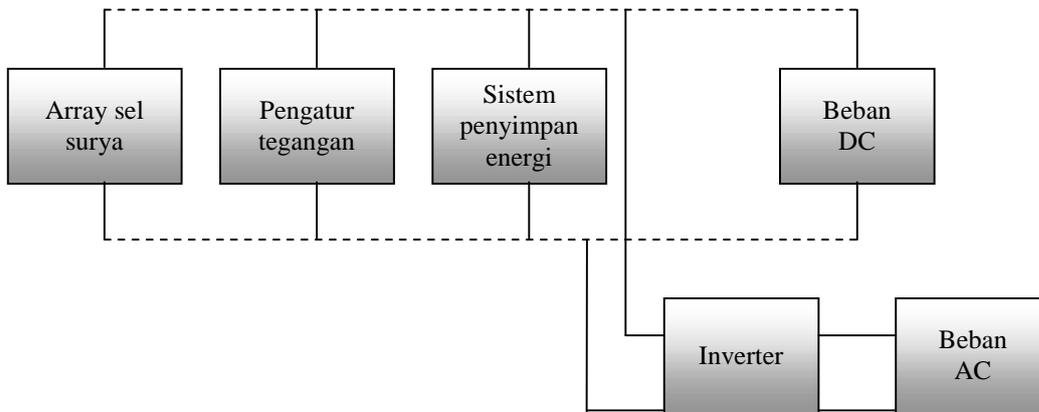
Pemanfaatan sistem sel surya sebagai pembangkit tenaga listrik telah banyak diterapkan, baik yang menghasilkan daya rendah maupun yang berdaya tinggi. Sistem pembangkit tenaga sel surya bila tinjau dari daya keluarannya dapat dibagi menjadi :

1. Sistem yang berdiri sendiri (*stand alone*)
2. Sistem yang terinterkoneksi dengan jaringan pengguna (*utility grid*)

Disain pembangkit listrik sel surya yang berdiri sendiri tidak memperhatikan sumber energi luar selain energi radiasi

matahari dan generator sebagai pembangkit darurat. Sistem yang berdiri sendiri dapat

mensuplai beban DC maupun beban AC dengan menggunakan inverter.



Gambar 2.1. Skema sederhana komponen suatu sistem sel surya yang berdiri sendiri.

Sistem pembangkit listrik tenaga sel surya yang berinterkoneksi dengan jaringan pengguna, kelebihan beban yang tidak dapat disuplai oleh pembangkit akan disuplai oleh jaringan. Sebaliknya, jika kondisi cuaca sangat baik serta permintaan beban berkurang, maka kelebihan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit akan ditampung oleh jaringan pengguna.

2.1.1. Konversi Energi Sel surya

Susunan sel surya didisain berdasarkan pada perkiraan banyaknya energi sel surya yang dapat dihasilkan dari suatu lokasi pada waktu tertentu. Dalam menghitung beberapa besar energi susunan sel surya yang didapat, perlu diperhatikan faktor-faktor yaitu:

1. Radiasi surya rata-rata harian.
2. Efisiensi modul.
3. Faktor koreksi efisiensi temperatur
4. Faktor paking susunan sel surya.
5. Faktor pengotoran
6. Luas total modul.

Faktor yang perlu diperhatikan dalam perhitungan energi susunan sel surya adalah total daerah dalam meter persegi yang ditempati oleh modul sel surya. Rumus dasar untuk memproyeksikan berapa besar energi keluaran susunan sel surya per hari adalah :

$$PE = TE \times ME \times TC \times PF \times SF \times A \dots(2.1)$$

Dimana :

PE = energi sel surya/ hari (kWh).

TE = total radiasi surya pada hari itu (kWh/m^2).

ME = efisiensi modul, 8% - 20%.

TC = faktor koreksi efisiensi temperatur, umumnya 15°C s.d 35°C lebih tinggi dari temperatur rata-rata harian lapangan.

PF = faktor paking, biasanya sudah dihitung dalam efisiensi modul.

SF = faktor pengotoran.

A = luas daerah (m^2).

Spesifikasi modul sel surya yang ada dipasaran, biasanya tidak memberikan informasi detail seperti efisiensi sel, luas daerah dan faktor paking. Hanya daya keluaran puncak dan temperatur standar $25^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ saja yang diberikan. Untuk itu perhitungan energi keluaran berdasarkan

keluaran puncak dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$PE = TE \times MO / 1000W \times TC \times N \quad \dots(2.2)$$

Dimana :

MO = daya keluaran puncak pada temperatur sel tertentu (Wp).

N = total jumlah modul susunan sel surya.

Karena pada modul sel surya hanya dicantumkan keluaran daya puncaknya pada 1000 W/m², dan temperatur standarnya, maka untuk mengukur keluaran daya puncak suatu array sel surya, dapat digunakan rumus :

$$PP = A \times 1000W/m^2 \times ME \times PF \quad \dots(2.3)$$

Dimana :

PP = Keluaran daya puncak susunan sel surya (WP) (Watt Peak).

2.2. Konversi Energi Angin

Untuk daya rencana yang telah ditetapkan, potensi angin setempat diperlukan untuk menentukan diameter rotor (D), berdasarkan hubungan :

$$P = 0,5 \dots f r^2 v_r^3 C_p \cdot y_t \cdot y_g \text{ Watt} \quad \dots(2.4)$$

dimana : R = jari-jari rotor (m).

ρ = rapat jenis udara (1,2 kg/m³)

C_p = koefisien daya

V_r = kecepatan rencana (m/det)

η_t = efisiensi transmisi

η_g = efisiensi gnerator

(Hengeyel, H.J. *Matching of wind rotor to low power electrical generators Net herlends, 1998*)

Kecepatan rencana dapat ditentukan berdasarkan perhitungan kecepatan angin rata-rata (V) dilokasi yang akan direncanakan :

$$\bar{V} = \frac{t_1 v_1 + t_2 v_2 + \dots + t_n \bar{v}_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad \dots(2.5)$$

Dimana :

\bar{v} = kecepatan angin rata-rata (m/dt)

t_1 = jumlah jam dimana kecepatan angin sebesar V_1 terjadi (detik)

v_1 = kecepatan angin pada pertengahan interval kecepatan ke (m/dt).

t = jumlah total jam setiap perioda (dt)

(Hengeyel, H.J. *Matching of wind rotor to low power electrical generators Net herlends, 1998*)

Selanjutnya dari sini dapat diperoleh hubungan antara kecepatan angin dan jumlah jam setiap tahun, secara empiris hubungan antara kecepatan rencana terhadap kecepatan angin rata-rata sebagai berikut :

Kecepatan angin Cut- in

$$V_{ci} = 0,7 \bar{v} \quad (\text{m/det}) \quad (2.6)$$

Kecepatan angin Cut-off

$$V_{co} = 3 \bar{v} \quad (\text{m/det}) \quad (2.7)$$

Kecepatan angin Rencana

$$V_r = \frac{V_{ci} + v_{co}}{2} \quad (\text{m/dt}) \quad (2.8)$$

Ketiga komponen di atas adalah kondisi kerja yang berkaitan dengan kecepatan angin dimana :

1. Kecepatan angin Cut in (V_{ci})
2. Kecepatan angin rencana (V_r)
3. Kecepatan angin Cut of (V_{co})

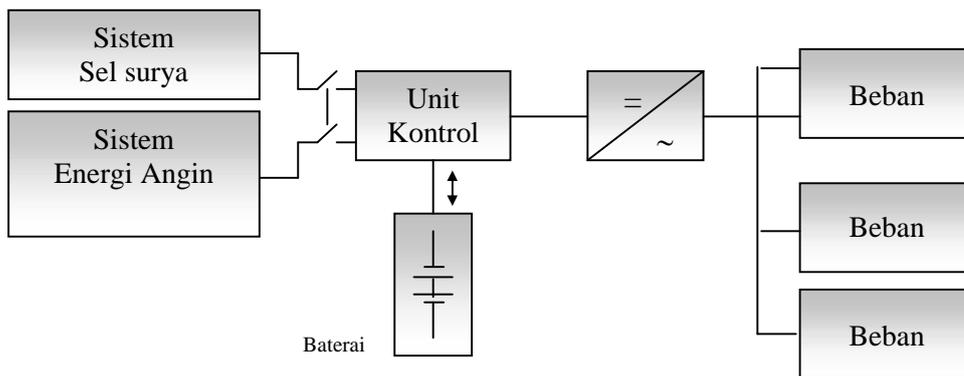
2.3. Baterai Sebagai Penyimpanan Energi

Baterai akan di isi oleh tenaga listrik yang berasal dari sistem sel surya dan sistem energi angin. Pada saat pelepasan muatan, arus searah yang berasal dari baterai akan dirubah menjadi arus bolak-balik oleh inverter dan kemudian dialirkan menuju beban. Untuk menjaga agar baterai tidak mengalami kelebihan muatan (over charge) dan kekurangan muatan (under charge) maka pengoperasian baterai dan inverter perlu diawasi dan dikontrol oleh suatu sistem kontrol.

Dalam pemilihan baterai yang akan digunakan haruslah memperhatikan hal-hal berikut ini :

- Mempunyai umur panjang (lebih dari 3 tahun)
- Mempunyai kondisi *charge* yang stabil
- Mempunyai *self discharge* yang rendah
- Kestabilan *depth of discharge* (DOD)
- Mempunyai efisiensi pengisian (*chargain*) yang tinggi
- Mudah untuk dibongkar pasang dengan menggunakan peralatan sederhana untuk keperluan transportasi ke daerah terpencil

3. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Surya Angin



Gambar 3.1. Blok Diagram PLTH Sel surya dan energi angin

3.2. Cara Kerja Sistem

Pembangkit listrik sistem hibrida ini merupakan pembangkit listrik yang menggabungkan beberapa potensi energi yang terdapat pada daerah tersebut. Penggabungan dari sumber-sumber energi ini bertujuan agar kekurangan dan kelebihan pada masing-masing sistem dapat saling mengkompensasi dengan sistem lainnya guna mendapatkan energi yang besar, efektif dan efisien.

Cara kerja dari pembangkit listrik sistem hibrida ini secara umum dan berurutan mulai dari semua energi yang dihasilkan oleh semua sumber pembangkit yang ada yaitu

PLTH adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida, yang memadukan dua atau lebih sistem pembangkit dan menggunakan unit kontrol untuk mengatur sistem operasi. Tujuan pengembangan teknologi hibrida ini diantaranya untuk mendapatkan daya guna optimal dengan memadukan kelebihan-kelebihan dari dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu sebagai suatu sistem yang kompak.

Sistem-sistem yang mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Sel surya dan energi angin adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol.

Blok diagram dari pembangkit listrik sistem hibrida dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.

sistem sel surya dan sistem energi angin disalurkan kedalam unit kontrol. Energi yang masuk kedalam unit kontrol ini berbentuk listrik arus searah. Jika terdapat kelebihan energi maka energi tersebut akan disimpan dalam baterai, kemudian sebelum disalurkan ke konsumen, energi arus searah diubah dulu menjadi energi arus bolak-balik oleh inverter. Setelah diubah kedalam bentuk energi arus bolak-balik maka energi dialirkan melalui distribusi arus bolak-balik menuju ke konsumen yang terdiri dari bermacam-macam jenis dan keperluan.

4. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Sel Surya Dan Energi Angin

4.1. Perencanaan Sistem Sel surya

Data-data dari Sel Sel surya

Daya 1 sel (M0) = 1,96 Wp

Bahan = Kristal silikon

Ukuran = 10 x 10 cm

Tegangan (V) = 0,5 Volt

Arus (I) = 0,98 Amper

Temperatur (T) = 25 °C

Daya yang direncanakan = 500 watt

Pada analisa pertama kita cari luas modul yang dipergunakan. Dengan memakai persamaan (2-3) akan didapat sebagai berikut :

$$P = A \times 1000 \text{ W/m}^2 \times \text{ME} \times \text{PF}$$

Dimana :

$$\text{Daya (P)} = 1000 \text{ Watt}$$

$$\text{Effisiensi modul (ME)} = 20\%$$

$$\text{Faktor Pecking (PF)} = 98 \%$$

$$\text{Luas modul (A)} = ?$$

Solusi :

$$A = \frac{P}{1000 \text{ W/m}^2 \times \text{ME} \times \text{PF}}$$

$$A = \frac{1000 \text{ Watt}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0,20 \times 0,98}$$

$$A = \frac{1000 \text{ Watt}}{196} = 5,10 \text{ m}^2$$

Setelah kita dapatkan luas modul dapat dicari jumlah modul yang akan dipergunakan.

$$\text{Luas modul} = 5,10 \text{ m}^2$$

$$\text{Ukuran satu modul } 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah modul} = \frac{5,10 \text{ m}^2}{0,01 \text{ m}^2} = 510 \text{ buah}$$

Pada analisa kedua dengan memakai persamaan (2-2) dapat kita lihat energi sel surya.

$$\text{PE} = \text{TE} \times \frac{\text{MO}}{1000 \text{ Watt}} \times \text{TC} \times \text{N}$$

Dimana :

Energi sel surya (PE)

Total energi sel surya (TE) = 1000 Wh/m²

Daya satu sel (MO) = 1,9 Watt

Temperatur (TC) = 25⁰ C

Jumlah modul (N) = 510 buah

Dimasukkan kedalam persamaan akan didapat :

$$\begin{aligned} \text{PE} &= 1000 \text{ Wh/m}^2 \times 1,9 \text{ W} / \\ & 1000 \text{ W} \times 25^0 \text{ C} \times 510 \\ &= 24,225 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Pada analisa ketiga untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, dari data diatas :
Tegangan satu modul = 0,5 volt

Tegangan yang diinginkan = 24 volt

Jadi :

$$\text{Susunan modul} = \frac{24 \text{ Volt}}{0,5 \text{ Volt}} = 48$$

Jadi modul dipasang secara paralel sebanyak 48 buah

Daya yang diinginkan 1000 Watt, tegangan 24 Volt. Berdasarkan rumus daya :

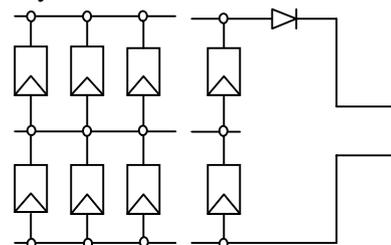
$$\begin{aligned} P &= V \cdot I = \frac{1000 \text{ Watt}}{24 \text{ Volt}} \\ &= 41,66 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Pada data arus sel pada temperatur standar 25⁰ C adalah 0,98 Ampere

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Susunan modul} &= \frac{41,66 \text{ Ampere}}{0,98 \text{ Ampere}} \\ &= 42,5 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan arus yang diinginkan, modul dipasang secara seri sebanyak 43 buah.



Gambar 4.4. Blok Diagram Susunan Sel Sel surya

4.2 Perencanaan Energi Angin

Pada perhitungan ini akan di analisa mengenai Kecepatan angin Cut-in (V_{ci}), kecepatan angin Cut-off (V_{co}) dan kecepatan angin rencana (V_r) yang mana pengertian dari jenis-jenis kecepatan ini telah diterangkan pada bab sebelumnya.

Berdasarkan persamaan (2.6), persamaan (2.7), dan persamaan (2.8) yakni

Analisa

$$V_{\text{rata-rata harian}} = 5 \text{ m/dt}$$

Kecepatan angin Cut-in

$$\text{Rumus : } V_{ci} = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ m/dt}$$

Kecepatan angin Cut-off

$$\text{Rumus : } V_{co} = 3 \cdot 5 = 15 \text{ m/dt}$$

$$\text{Rumus : } V_r = \frac{3,5 + 15}{2} = 9,25 \text{ m/dt}$$

untuk mengetahui keadaan angin yang menimpa rotor blade dengan asumsi bahwa angin yang menimpa sudu tersebut adalah 2/3 dari kecepatan angin yang ada.

Analisa

$$V = 5 \text{ m/dt}$$

$$V = \frac{2}{3} \cdot 5 = 3,3 \text{ m/dt}$$

Perhitungan kecepatan angin dengan kecepatan keliling yang menimpa rotor blade ini kita ambil rendemen aerodinamik $\eta_{ae} = 0,65$ maka torsi rotornya adalah $\tau_r = 7,1$. Dalam perhitungan di gunakan untuk menentukan jumlah putaran rotor blade yang sebanding dengan daya yang direncanakan.

$$V = 5 \text{ m/dt}$$

$$U = 7,1 \cdot 5 \text{ m/dt} = 35,5$$

$$W = \sqrt{(35,5)^2 + (5)^2} = 11,28$$

Perhitungan diameter rotor blade dimaksudkan untuk berapa sebenarnya panjang rotor blade yang dibutuhkan dengan kebutuhan daya yang direncanakan dan hasil kecepatan rata-rata harian angin lokasi.

$$D^2 = \sqrt{\frac{P}{0,086 \cdot V^3}}$$

$$V = 5 \text{ m/dt}$$

$$P = 1000 \text{ Watt}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{1000}{0,086 \cdot 5^3}} = 7,6 \text{ meter}$$

$$r = 3,8 \text{ meter}$$

untuk mengetahui berapa putaran maksimum yang dibutuhkan dari rotor blade pada diameter rotor blade yang telah diketahui. Sehingga dalam perencanaan diameter roda gigi dan putaran yang dibutuhkan untuk transmisi dalam memutar generator dapat di tentukan.

$$U = 35,5$$

$$D = 7,6 \text{ meter}$$

$$n = \frac{35,5 \cdot 60}{3,14 \cdot 7,6} = 32,9,25 \text{ rpm}$$

Berikut akan perhitungkan daya dari turbin angin dengan panjang rotor blade yang direncanakan. Panjang rencana disini dimaksudkan adalah akan diambil tetapan panjang jari-jari dari rotor blade Untuk menghitung daya turbin angin ini digunakan tetapan sebagai berikut :

Kecepatan angin rata-rata angin 5 m/dt

Panjang jari-jari rotor blade : 5 m

Koefisien daya aerodinamik : $\frac{16}{27} = 0,593$

Rapat masa udara : $1,226 \text{ kg/m}^2$

$\eta_{ae}, \eta_{mek}, \eta_{el}$: 0,2925

a. Teori

Perhitungan

$$P = C_p \frac{1}{2} \rho_{ae} \rho_{mek} \rho_{el} \dots f r^2 \cdot V^3$$

$$V = 5 \text{ m/dt}$$

$$R = 5 \text{ meter}$$

$$P = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,2925 \cdot 1,226 \cdot 3,14 \cdot 5^2 \cdot 5^3$$

$$= 1042,60 \text{ watt}$$

Sistem Kontrol :

Alat kontrol yang digunakan untuk mengatur pengisian dan pengukuran baterai digunakan sistem kontrol.

Spesifikasi :

Type : T 12 . 10 P

V nominal : 24 volt

Proteksi : Terhadap petir, arus balik, hubung singkat, kesalahan terhadap polaritas

Sistem Baterai :

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dan sel bahan bakar.

Spesifikasi :

Rated capacity : 100 Ah

Rated Voltage : 12 Volt

Pada perencanaan ini baterai dipasang secara seri dua buah.

Sistem Inverter :

Pada perencanaan ini inverter yang digunakan untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan spesifikasi :

Tegangan 24 Volt dijadikan 220 Volt (AC) dengan frekwensi 50 Hz

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Dari uraian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan dari perencanaan pembangkit listrik sistem hibrida sel surya dan energi angin untuk dapat dijadikan alternatif pembangkit tenaga listrik, yaitu :

1. Hasil perhitungan dari sel surya dan energi angin yang direncanakan yaitu 1000 Watt untuk sel surya dan 1000 Watt untuk energi angin dihubungkan dengan jaringan pengguna untuk beban 1000 Watt. Apabila sel surya tidak sanggup melayani permintaan beban maka energi angin yang mensuplai energi untuk beban.

5.2 Saran

Hasil ini dapat digunakan untuk pemakaian penerangan jalan umum (PJU), atau pada daerah yang belum berlistrik.

Daftar Pustaka

1. **Hengeveld. H.J.**, *Marching of Wind Rotors to Low Power Electrical Generato* , Amersfoot, Netherlands, 1978
2. **Kadir, Abdul, Prof, Ir.**, *Energi : Suatu Perkembangan, Listrik Pedesaan di Indonesia*, UI Press, Jakarta, 1994.
3. **Rahman, Saifur dan Kwa-sur Tam, A Feasibility**, *Study of Photovoltaic-Fuel Cell Hybrid Energy Sistem*, IEEE transactions on Energy Conversion, Vol.3, No. 1, Maret 1988.
4. **Soelaiman, T.M., Prof.**, *Pengembangan Sumber Daya Energi*, Volume II, ITB, 1986.