

# PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* TENAGA SURYA DAN ANGIN SEBAGAI SUMBER ALTERNATIF MENGHADAPI KRISIS ENERGI FOSIL DI SUMATERA

Zuraidah Tharo, Hamdani, Melly Andriana

Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Pembangunan Pancabudi

- [zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id)  
[hamdanist@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:hamdanist@dosen.pancabudi.ac.id)  
[mellyandriana@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:mellyandriana@dosen.pancabudi.ac.id)

## Abstrak

*Konsumsi energi primer Indonesia didominasi oleh minyak, gas, dan batubara. Penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit konvensional dalam jangka panjang akan berdampak serius dengan sistem ketenagalistrikan Indonesia. Dengan pertumbuhan konsumsi yang cepat diperkirakan bahwa tanpa sumber daya energi yang baru dan upaya efisiensi energi, Indonesia dapat menjadi importer minyak murni dalam waktu dekat. Untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, terutama untuk pembangkit tenaga listrik, maka penggunaan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan harus dioptimalkan dengan memanfaatkan potensi angin dan matahari sebagai sumber energi terbarukan untuk elektrifikasi pedesaan. Pemanfaatan musim sangat membantu dalam penghasiian energi hybrid ini, yang mana pada saat musim kemarau, matahari akan lebih berperan, sedangkan pada musim hujan angin akan lebih berperan dalam menghasilkan sumber energi listrik. Kedua sumber energi ini bertujuan untuk saling melengkapi dalam mengoptimalkan energi listrik yang dihasilkan. Konsep kombinasi atau hybrid antara solar panel dan vertical axis wind turbine akan sangat membantu percepatan pengisian energi ke dalam penyimpanan battery dari pada energi angin dan matahari dibuat secara terpisah. Dari hasil pengukuran solar panel 100wp dan turbin angin jenis vertikal dengan low rpm < 300 yang telah dikombinasikan dapat menghasilkan listrik 700 watt, yang mana dengan daya seperti itu dapat menghidupkan listrik pada satu rumah.*

**Kata-Kata Kunci:** Pembangkit Listrik Hybrid, Energi Terbarukan, Solar Panel, Wind Turbine.

## I. PENDAHULUAN

Pangsa konsumsi energi akhir di Indonesia didominasi oleh minyak, diikuti oleh gas, batubara dan energi hidro, dan sepertinya impor minyak dan produk *petroleum* akan meningkat permintaan domestik. Dengan pertumbuhan konsumsi yang cepat, diperkirakan bahwa tanpa sumber daya energi yang baru dan upaya efisiensi energi, Indonesia dapat menjadi importer minyak murni dalam waktu dekat. Untuk mengurangi pangsa bahan bakar fosil, terutama untuk pembangkit listrik, pemerintah telah berinisiatif untuk meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan. Penggunaan energi terbarukan untuk elektrifikasi pedesaan di Indonesia berpotensi, karena ribuan pulau dari kepulauan membuatnya sulit untuk membangun sistem distribusi listrik yang saling terhubung, baik secara fisik maupun secara finansial.

Potensi sumber energi terbarukan di Indonesia meliputi 4,8 KWh/m<sup>2</sup>/hari energi surya, 458 GW biomassa 3-6 M/detik tenaga angin, dan 3 GW nuklir (cadangan uranium). Indonesia juga memiliki sumber energi hidro yang besar dengan total potensial diperkirakan 75.67 GW. Walaupun potensi dari energi terbarukan seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, energi angin, dan energi lautan relative tinggi, namun tidak digunakan secara signifikan, yakni kurang dari 4% pada tahun 2007. Kebijakan energi nasional Indonesia bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada minyak dan gas dan untuk membuat variasi campuran energi, dengan

meningkatkan pangsa dari sumber energi yang lain seperti energi terbarukan. (Training Modul PNPM Mandiri, 2011). Indonesia telah menargetkan untuk memenuhi pangsa dari energi terbarukan sampai dengan 17% pada tahun 2005, seperti yang dinyatakan dalam Cetak Biru Program Penerapan Energi Nasional 2007-2025 (ESDM, 2007).

Sistem energi hibrida adalah salah satu energi terbarukan yang menjadi populer sebagai sistem tenaga listrik yang dapat berdiri sendiri untuk menyediakan listrik. Sistem tenaga hibrida, biasanya terdiri dari dua atau lebih sumber energi terbarukan yang digunakan bersama untuk menyediakan peningkatan efisiensi sistem serta keseimbangan yang lebih besar dalam pasokan energi. (Claire gin, Hybrid System, 2016). Dalam hal ini penulis memanfaatkan potensi matahari dan angin.

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah radiasi sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic (PV)*. *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* merujuk kepada tegangan. Terminology ini memproduksi energi listrik arus searah dari energi radiasi matahari. *Photovoltaic cell* dibuat dari material semi konduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka electron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi dapat dibangkitkan. Sel surya selalu di desain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang

diinginkan seperti yang dinyatakan oleh Chemi et. al. (2007).

Turbin angin adalah suatu alat untuk mengkonversi energi angin menjadi energi mekanik yang kemudian dikonversikan lagi menjadi energi listrik. Putaran pada poros turbin angin dihubungkan pada generator untuk menghasilkan energi listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, banyak jenis turbin angin yang dihasilkan salah satu contohnya adalah *vertical axis wind turbine* (VAWT).

VAWT merupakan turbin angin dengan sumbu vertical atau tegak lurus dan rotor sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar pada semua arah angin. VAWT juga mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya, yaitu memiliki torsi tinggi sehingga dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator dapat ditempatkan di bagian bawah turbin sehingga mempermudah perawatan dan kerja turbin tidak dipengaruhi arah angin. Kekurangannya, yaitu kecepatan angin di bagian bawah sangat rendah sehingga apabila tidak memakai tower akan menghasilkan putaran rendah, dan efisiensi lebih rendah dibandingkan *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT).

**II. METODE PENELITIAN**

Selain di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Sains & Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi, penelitian dilakukan di sebagian wilayah Samosir.

**Peralatan Penelitian**

- a. Solar panel
- b. Baterai
- c. Inverter
- d. Turbin angin
- e. Alat-alat ukur

**Prosedur Penelitian**

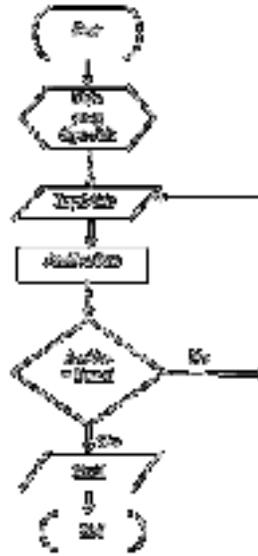
Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka untuk menentukan parameter hybrid, pengambilan data di lapangan, analisa data dan pembahasan selanjutnya kesimpulan. Adapun tahapan penelitian dapat diperlihatkan pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1. Tahapan Penelitian**

**Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir (flowchart) diperlihatkan pada gambar 2 di bawah ini :



**Gambar 2. Flowchart Penelitian**

Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) :

$$PE = TE \times ME \times TC \times PF \times SF \times A \dots\dots (1)$$

Dimana :

- PE = energi sel surya/ hari (kWh).
- TE = total radiasi surya pada hari itu (kWh/m<sup>2</sup>).
- ME = efisiensi modul, 8% - 20%.
- TC = faktor koreksi efisiensi temperatur, umumnya 15<sup>0</sup> C s.d 35<sup>0</sup> 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<sup>2</sup>).

Untuk memproyeksikan besarnya energi keluaran yang dihasilkan susunan sel surya perhari. Dan menggunakan persamaan (2) untuk memperoleh besar daya rencana sebagai dasar penentu besar diameter rotor.

$$P = 0.5 \rho \pi r^2 v_r^3 C_p \eta_t \eta_g [W] \dots\dots (2)$$

Di mana :

- r = jari-jari rotor (m).
- ρ = rapat jenis udara (1,2 kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>p</sub> = koefisien daya
- V<sub>r</sub> = kecepatan rencana (m/det)
- η<sub>t</sub> = efisiensi transmisi
- η<sub>g</sub> = efisiensi generator

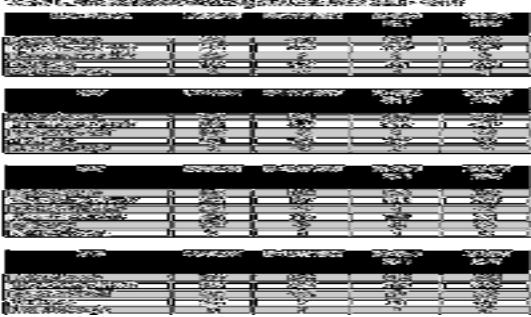
Kecepatan rencana dapat ditentukan berdasarkan perhitungan kecepatan angin rata-rata (V) di lokasi yang akan direncanakan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sistem-sistem yang mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid matahari dan angin adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol. Kualitas inverter merupakan sebagai penentu dari kualitas daya yang dihasilkan oleh suatu sistem. Inverter berfungsi merubah tangan DC baterai atau rangkaian *rectifier-charger* menjadi tegangan AC

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Wilayah Sumatera Bagian Utara kondisi kelistrikan regional Sumatera pada tahun 2015 sampai 2018 seperti tertera dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Kondisi kelistrikan regional Sumut**



Dari Tabel 1 terlihat bahwa beban tertinggi tahunan terjadi di bulan Oktober, sementara beban puncak di bulan Mei 2018 masih lebih rendah dibandingkan bulan Oktober 2017 dengan selisih 149 MW.

Berikut data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Wilayah Sumatera Bagian Utara :



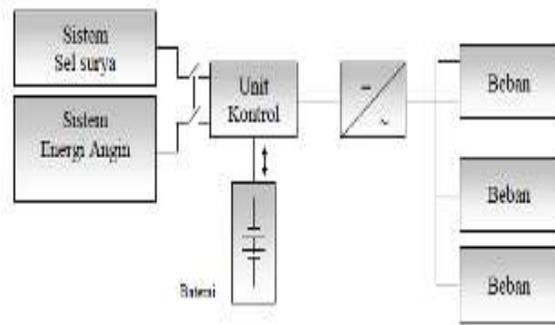
**Gambar 3. Data Rencana Pengembangan Pembangkit di Sumut 2018-2027**



**Gambar 4. Rencana Pengembangan EBT Di Sumatera Utara**

**Cara Kerja Pembangkit Hybrid**

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 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. Blok diagram rangkaian pembangkit listrik hybrid dapat dilihat dalam Gambar 5.



**Gambar 5. Blok Diagram Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid**

**Perhitungan – perhitungan 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 0C

Daya yang direncanakan = 500 watt

Pada analisa pertama kita cari luas modul

yang dipergunakan. Dengan memakai persamaan :

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

Dimana :

Daya (P) = 1000 Watt

Effisiensi modul (ME) = 20%

Faktor Pecking (PF) = 98 %

Luas modul (A) = ?

Solusi :

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

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

$$A = \frac{1000 \text{ W}}{196}$$

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

Jumlah modul yang akan dipergunakan.

Luas modul = 5,10 m<sup>2</sup>

Ukuran satu modul 10 cm x 10 cm = 0,01 m<sup>2</sup>

$$\text{Jumlah modul} = \frac{5,10}{0,01}$$

$$\text{Jumlah modul} = 510 \text{ buah}$$

Energi sel surya dapat dihitung dengan  $PE = TE$

$$\frac{MO}{1000} \times TC \times N$$

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

Pada analisa selanjutnya untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan, dari data diatas :

Tegangan satu modul = 0,5 volt

Tegangan yang diinginkan = 24 volt

Jadi :

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

Jadi modul dipasang secara paralel sebanyak 48 buah

Daya yang diinginkan 1000 Watt, tegangan 24 Volt. Berdasarkan rumus daya  $P = V \cdot I$

$$\text{jadi : } I = \frac{P}{V} = \frac{1000}{24} = 41,66 \text{ Ampere}$$

Pada data arus sel pada temperatur standar  $25^0 \text{ C}$  adalah 0,98 Ampere, jadi susunan modul =  $\frac{41,66}{0,98} = 42,5 \sim 43$

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

#### Perhitungan – perhitungan konversi 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 ( $V_r$ ).

Vrata-rata harian = 5 m/dt

Kecepatan angin Cut-in

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

Kecepatan angin Cut-off

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

Kecepatan angin rencana

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

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

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

Untuk menentukan jumlah putaran rotor blade yang sebanding dengan daya yang direncanakan.

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

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

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

Diameter rotor blade diperoleh dari :

$$D^2 = \sqrt{P/0.086V} = 7,6 \text{ m} \rightarrow r = 3,8$$

Sehingganya dalam perencanaan diameter roda gigi dan putaran yang dibutuhkan untuk transmisi dalam memutar generator dapat ditentukan.

$$U = 35,5$$

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

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

$$\text{maka daya yang dihasilkan adalah : } P = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2}$$

$$(0,2925)(1,226)(3,14) 5^2 \cdot 5^3 = 1042,60 \text{ Watt}$$

#### IV. KESIMPULAN

1. Potensi energi matahari dan angin masih sangat banyak tersedia di alam sebagai energi alternatif pengganti energi fosil.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid memiliki potensi besar dalam menanggulangi krisis energi di Sumatera.
3. Berdasarkan perhitungan energi Hybrid dapat menghasilkan daya sebesar  $\pm 1000 \text{ W}$ , dan ini dapat memenuhi kebutuhan daya satu rumah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hengeveld. H.J, *Marching of Wind Rotors to Low Power Electrical Generato* , Amersfoot, Netherlands,
- [2] PT PLN (Persero), 2015, *Rencana Pengembangan Pembangkit*
- [3] Laporan Telaah Staf,PT. PLN (PERSERO) Wilayah Sumatera Bagian Utara
- [4] Asnal Effendi, Arfita Yuana, 2016, *Pembangkit Listrik Sistem Hibrid Sel Surya Dengan Energi Angin* ,Jurnal Teknik Elektro, ITP