

## Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer

### Hybrid Power Generation System Design (Wind Power And Solar Power) In The Widuri Area Pemalang District Using Homer Software

Muhammad Nurul Huda<sup>1</sup>, Itmi Hidayat Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. Raya Dukuh Waluh, Kembaran 53182, Indonesia

---

#### Informasi Makalah

Diajukan :  
15 Agustus 2022  
Diterima : 7 Juni 2023  
Diterbitkan : 16 Juni 2023

#### Kata Kunci:

PLTS  
HOMER  
Hibrida  
Turbin

---

#### INTISARI

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk di setiap daerah. Sedangkan sampai saat ini energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN belum memenuhi kebutuhan energi listrik secara merata. Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat membantu mengatasi kurang meratanya energi listrik yang ada di Indonesia. Upaya pemerintah Indonesia dalam mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kelangkaan terhadap sumber energi yang berasal dari fosil yang diakibatkan oleh meningkatnya kebutuhan energi listrik setiap tahunnya. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER. Pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) terdiri dari 6 turbin angin berkapasitas 600 kW, 400 kW modul surya dengan PV Array sebanyak 308 buah, 572 Baterai, 1.100 kW inverter. Modul surya berkontribusi sebesar 30,9 % dan turbin angin berkontribusi sebesar 69,1 %. Pembangunan pembangkit listrik tenaga hibrida memerlukan biaya pembangunan sebesar Rp 80.875.269.985,30. Sedangkan untuk biaya produksi per kWh sebesar Rp 2.425,34 dan balik modal dalam kurun waktu 8,4 tahun. Luas tanah pembangkit listrik seluas 66.274 m<sup>2</sup>.

---

#### ABSTRACT

#### Keyword:

PLTS  
HOMER  
Hybrid  
Turbine

The need for electrical energy in Indonesia is growing rapidly along with population growth in each region. Meanwhile, until now the electrical energy produced by PT. PLN has not met the demand for electrical energy evenly. The utilization of renewable energy sources can help overcome the uneven distribution of electrical energy in Indonesia. The Indonesian government's efforts in optimizing the potential of renewable energy sources are stated in Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 79 of 2014 concerning the National Energy Policy which aims to prevent the scarcity of fossil energy sources caused by the increasing demand for electrical energy every year. Hybrid Power Generation System Design uses HOMER software simulation. The hybrid power plant (wind and solar power) consists of 6 wind turbines with a capacity of 600 kW, 400 kW solar modules with 308 PV arrays, 572 batteries, and 1,100 kW inverters. Solar modules contributed 30.9% and wind turbines contributed 69.1%. The construction of a hybrid power plant requires a construction cost of IDR. 80,875,269,985.30. Meanwhile, the production cost per kWh is IDR. 2,425.34 and the return on investment is 8.4 years. The land area of the power plant is 66,274 m<sup>2</sup>.

---

#### Korespondensi Penulis:

Muhammad Nurul Huda  
Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jl. Raya Dukuh Waluh, Kembaran 53182, Indonesia  
Email: muhnuhuda0030@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah pesat seiring dengan pertumbuhan penduduk disetiap daerah. Sedangkan sampai saat ini energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN (Pembangkit Listrik Negara) belum memenuhi kebutuhan energi listrik secara merata. Tidak meratanya energi listrik yang diproduksi oleh PT. PLN (Pembangkit Listrik Negara) dikarenakan kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas banyak pulau yang mengakibatkan mahalnya biaya instalasi dan perawatan jaringan transmisi, hal tersebut sangat tidak sebanding dengan kebutuhan energi listrik yang relatif rendah di daerah-daerah terpencil yang belum mendapatkan energi listrik[1].

Di Indonesia dalam memproduksi energi listrik masih banyak menggunakan sumber energi yang berasal dari minyak bumi, batu bara dan gas alam sebagai sumber energi utamanya. Seperti diketahui, saat ini penggunaan sumber energi yang berasal dari fosil semakin hari terus berkurang dan tidak dapat diperbaharui. Upaya pemerintah Indonesia dalam mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan tertuang dalam (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014) tentang Kebijakan Energi Nasional yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kelangkaan terhadap sumber energi[2].

Pemanfaatan sumber energi terbarukan dapat membantu mengatasi kurang meratanya energi listrik yang ada di Indonesia. Menurut (Undang-Undang republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007) tentang Energi, sumber energi terbarukan yang tercantum dalam pasal 1 ayat (6), yaitu “sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut”. Selain itu energi terbarukan memiliki potensi yang sangat besar khususnya energi terbarukan yang berasal dari energi surya dan energi angin. Karena Indonesia terletak di daerah tropis dan terdapat banyak pantai, maka sumber energi terbarukan menjadi solusi terbaik untuk dijadikan sebagai persediaan energi listrik di daerah-daerah terpencil yang ramah terhadap lingkungan[3].

Rencana pembangunan pembangkit energi terbarukan terbesar di Indonesia tersebar di Sumatera Utara, Jawa Barat, Sumatera Selatan, Jambi, Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, dan Aceh. Dari 10 provinsi tersebut berada di Pulau Jawa dan Sumatera. Padahal untuk potensi energi terbarukan di luar Pulau Jawa dan Sumatera juga memiliki potensi energi terbarukan yang besar pula, tetapi rencana penambahan pembangkit energi terbarukan masih terfokus pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)[2].

Kabupaten Pemalang adalah salah satu kota di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga dalam kebutuhan energi listrik juga besar. Pada tahun 2019 pelanggan listrik di Kabupaten Pemalang sebesar 377.013 pelanggan yang terbagi atas Pelanggan sebesar 357.940 pelanggan, pelanggan industri sebesar 275 pelanggan, pelanggan bisnis sebesar 8.085 pelanggan, pelanggan sosial sebesar 9.016 pelanggan, dan pelanggan publik (pemerintah + penerangan umum) sebesar 1.697 pelanggan[3].

Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin dan Energi Surya) menggunakan simulai perangkat lunak berupa HOMER (*Hibrida Operation Model for Electric Renewable*)[4]–[18]. HOMER bekerja berdasarkan 3 hal yaitu simulasi, optimasi, dan analisis sensitifitas. Dari ketiga hal tersebut bekerja secara bersamaan dan memiliki fungsi masing-masing, sehingga nantinya akan mendapatkan hasil yang optimal.

### **Net Present Cost (NPC)**

*Net Present Cost* (NPC) digunakan untuk mencari total biaya pembangunan pembangkit listrik baik pemasangan maupun dalam pengoperasian suatu proyek. Konfigurasi NPC tergantung pada masing-masing konfigurasi sistem yang mencakup *capital cost*, *replacement cost*, *O&M cost*, *fuel cost* dan *salvage* atau nilai sisa pada masing-masing komponen pada setiap konfigurasi sistem[4]. Untuk menghitung *net present cost* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$NPC = Capital Cost + Replacement Cost + O\&M Cost + Fuel Cost - Salvage$$

Dimana	<i>Capital cost</i>	= biaya modal (Rp)
	<i>Replacement cost</i>	= biaya penggunaan komponen (Rp)
	<i>O&amp;M cost</i>	= biaya operasional dan perawatan (Rp)
	<i>Fuel cost</i>	= biaya bahan bakar (Rp)
	<i>Salvage</i>	= biaya sisa komponen (Rp)

**Cost of Energy (COE)**

*Cost of Enrgy* adalah biaya yang dikeluarkan per kWh pada saat sistem menghasilkan listrik [4]. Untuk mengetahui COE pada sistem pembangkit dapat menggunakan persamaan berikut:

$$COE = \frac{C_{ann.tot}}{C_{served}}$$

Dimana  $C_{(ann,tot)}$  = total biaya sistem dalam 1 tahun (Rp/tahun)  
 $C_{served}$  = total konsumsi listrik dalam 1 tahun (kWh/tahun)

**Break Even Point (BEP)**

*Break Even Point* (BEP) adalah keadaan impas ketika telah dihitung laba dan rugi dalam suatu periode tertentu[13]. Dalam keadaan tersebut suatu perusahaan tidak mendapat keuntungan dan sebaliknya tidak mendapat kerugian . Untuk mengetahui BEP pada sistem pembangkit dapat menggunakan persamaan berikut:

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{P - VC}$$

Dimana BEP = titik impas (Rp)  
*Fixed Cost* = biaya tetap (Rp)  
*P (Price)* = harga jual per unit (Rp)  
*VC* = *variable cost* (Rp)

**2. METODE PENELITIAN**

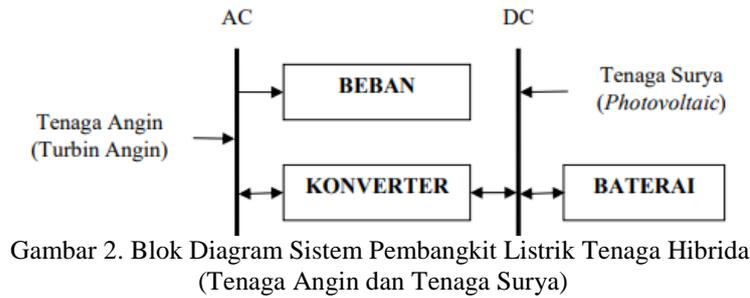
Dalam penelitian yang akan dilaksanakan terdapat rangkaian tahap yang harus diselesaikan, demi mencapai tujuan penelitian yang diharapkan. Dalam penelitian yang akan dilakukan didapatkan diagram alir analisis data seperti Gambar 1.

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan secara garis besar meliputi:



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

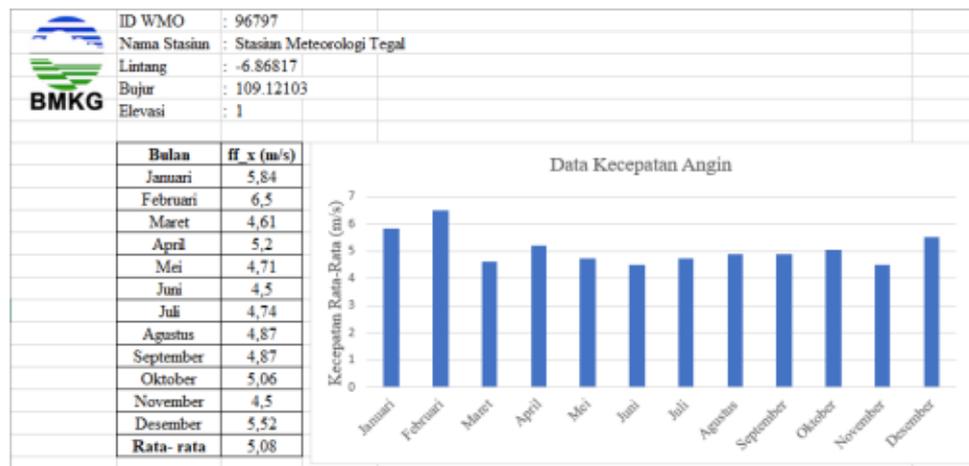
Output daya dari pembangkit listrik tenaga angin dan photovoltaic akan disimpan terlebih dahulu sebelum disalurkan ke beban, karena daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) tidak tetap tergantung dari kecepatan angin dan radiasi matahari. Ketika mendapatkan kecepatan angin dan radiasi matahari besar, maka kelebihan daya dari pembangkit listrik tenaga hibrida dapat disimpan di baterai terlebih dahulu untuk digunakan saat beban puncak.



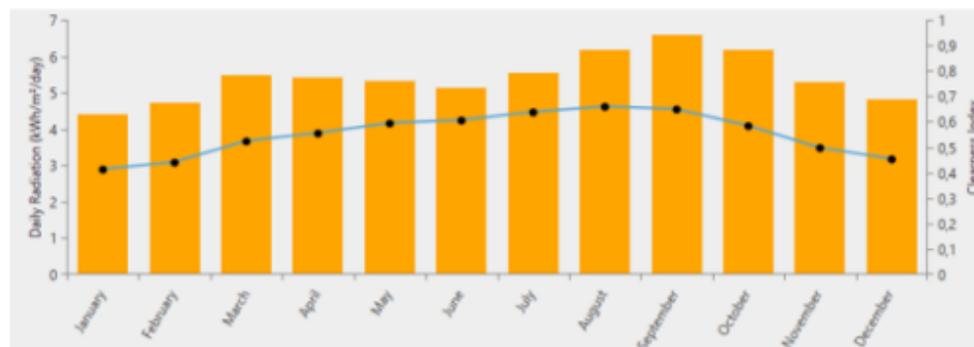
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Potensi Energi Terbarukan

Data potensi rata-rata kecepatan angin berdasarkan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebesar 5,08 m/s, sedangkan rata-rata radiasi matahari berdasarkan database NASA sebesar 5,43 kWh/m<sup>2</sup> /hari. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan potensi kecepatan angin dan potensi radiasi matahari yang ada di daerah Widuri berdasarkan database NASA.



Gambar 3. Potensi Kecepatan Angin di Widuri  
Sumber : (Stasiun Meteorologi Tegal)



Gambar 4. Potensi Radiasi Matahari di Widuri  
Sumber : National Aeronautics and Space Administration (NASA)

#### 3.2. Kebutuhan Beban

Hasil prosentase beban kerja diperoleh dari perhitungan manual dengan cara mengalikan prosentase beban kerja dengan konsumsi daya listrik. Pada beban malam setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 90 watt, beban jam kerja setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 270 watt, dan beban puncak setiap pelanggan mengkonsumsi sebesar 360 watt. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 Penentuan Hasil Beban Kerja Berdasarkan Prosentase Beban.

Tabel 1. Penentuan Hasil Beban Kerja Berdasarkan Prosentase Beban

Macam Beban Kerja	Prosentase Beban Kerja × 450 watt	Hasil Prosentase Beban Kerja (watt)
Beban Malam	20% × 450 watt	90 watt
Beban Jam Kerja	60% × 450 watt	270 watt
Beban Puncak	80% × 450 watt	360 watt

Untuk menentukan hasil beban kerja yang dikonsumsi oleh semua Pelanggan dapat dihitung dengan perkalian hasil prosentase beban kerja dengan jumlah pelanggan beban rumah tangga. Beban kerja dibagi berdasarkan waktunya yang diasumsikan berdasarkan jurnal yang digunakan sebagai referensi. Untuk beban malam pada pukul 23.00 – 07.00, untuk beban jam kerja pada pukul 07.00 – 17.00 dan untuk beban puncak pada pukul 17.00 – 23.00. Hasil bebas kerja nantinya akan digunakan sebagai konsumsi semua Pelanggan di daerah Widuri. Pada beban malam yaitu pukul 23.00 – 07.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 199.080 kWh, pada beban jam kerja yaitu pukul 07.00 – 17.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 597.240 kWh, dan pada beban puncak yaitu mulai pukul 17.00 – 23.00 total beban yang dikonsumsi semua Pelanggan sebesar 796.320 kWh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 Perhitungan Beban Kerja Berdasarkan Jumlah Pelanggan.

Tabel 2. Tabel Beban Kerja

Waktu	Hasil Prosentase Beban Kerja (watt) × Pelanggan	Hasil Beban Kerja (kW)
23.00 – 07.00	90 watt × 1.190	107,1 kW
07.00 – 17.00	270 watt × 1.190	321,3 kW
17.00 – 23.00	360 watt × 1.190	428,4 kW

### 3.3. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

#### 3.3.1. Turbin Angin

Untuk nominal kecepatan angin turbin Xant M-21 sendiri sebesar 11 m/s, dan pada daerah Widuri kecepatan angin sebesar 5,08 m/s. Maka kecepatan angin di daerah Widuri memiliki efisiensi sebesar 46,18%. Berikut perhitungan dari efisiensi kecepatan angin.

$$x = \frac{508\%}{11}$$

$$x = 46,18\%$$

Perhitungan asumsi kapasitas turbin angin yang dibutuhkan yaitu dengan memperhatikan beban jam kerja sebesar 321,3 kW. Dari beban jam kerja tersebut, kapasitas turbin angin yang dibutuhkan untuk memasok beban jam kerja yaitu sebesar 300 kW. Berikut perhitungn kapasitas turbin angin sesuai dengan efisiensi kecepatan turbin angin.

$$\text{kapasitas turbin} = P_{Tpem} \times \frac{100}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = 300 \text{ kW} \times \frac{100}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = \frac{30.000}{46,18}$$

$$\text{kapasitas turbin} = 649,63 \text{ kW}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan kapasitas turbin yang dibutuhkan yaitu sebesar 649,63 kW. Dari perhitungan tersebut, maka kapasitas turbin angin dapat memasok beban jam kerja sebesar 300 kW. Harga per turbin angin Rp 250.000.000, biaya pergantian Rp 187.500.000, biaya operasi dan perawatan per tahun sebesar Rp 100.000.000. Masa pakai turbin ini selama 20 tahun. Untuk tinggi turbin angin 31,8 m.

#### 3.3.2. Modul Surya.

Modul surya yang digunakan adalah *Canadian Solar All-Black CS6K-290MS* dengan daya 290 W berbahan Mono-Crystalline. Modul surya ini memiliki efisiensi sebesar 17,72%. Penggunaan modul surya dengan bahan monocrystalline memiliki kelebihan sel surya yang paling efisien digunakan, karena penampangnya dapat menyerap radiasi matahari lebih efisien dari bahan lainnya. Selain itu walaupun harganya mahal, tapi 43 mudah didapatkan dipasaran. Perhitungan kapasitas modul surya seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{kapasitas modul} &= P_{Mpem} \times \frac{100}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= 70,88 \text{ kW} \times \frac{100}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= \frac{7.088}{17,72} \\ \text{kapasitas modul} &= 400 \text{ kW} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperlukan modul surya dengan kapasitas 400 kW dengan efisiensi sebesar 17,72% dan kapasitas yang dibutuhkan untuk memasok listrik diasumsikan sebesar 70,88 kW. Potensi surya yang baik pada siang hari dengan besar kapasitas 70,88 kW bisa digunakan untuk memasok pada beban puncak. Harga per modul surya dan biaya pergantian Rp 6.500.000. Biaya operasional dan pemeliharaan diasumsikan tidak ada biaya karena sudah termasuk biaya pergantian dengan masa pakai modul surya yaitu selama 25 tahun.

### 3.3.3. Konverter

Jenis konverter yang digunakan adalah Eaton Power Xpert 1500 kW. Kapasitas konverter dilihat dari kapasitas turbin angin dan kapasitas modul surya. Kapasitas keseluruhan turbin angin sebesar 1.049,63 kW dan kapasitas modul surya sebesar 400 kW. Sehingga untuk kapasitas konverter sebesar 649,63 kW. Pembangkit listrik tenaga hibrida membutuhkan konverter menggunakan 1.049,63 kW. Sehingga dibutuhkan biaya dan biaya pergantian sebesar Rp 400.000.000 serta biaya operasional sebesar Rp 160.000.000.

### 3.3.4. Baterai

Jenis baterai yang digunakan adalah BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVV 210. Baterai digunakan untuk memasok listrik pada saat terjadi beban puncak dan saat siang hari beban jam kerja masih mendapat pasokan dari turbin angin. Harga per baterai dan biaya penggantian baterai Rp 3.250.000, lalu biaya perawatan dan operasionalnya Rp 1.950.000. Perhitungan kapasitas baterai dapat dilakukan sebagai berikut:

kapasitas baterai = beban puncak – kapasitas turbin pemasok

kapasitas baterai = 428,4 kW – 300 kW

kapasitas baterai = 128,4 kW

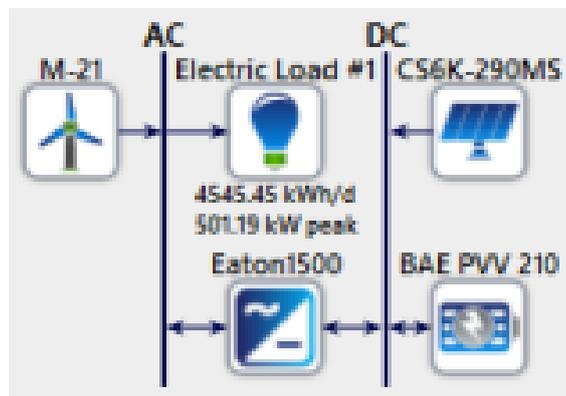
Dari perhitungan didapatkan kapasitas baterai sebesar 128,4 kW. Ketika akan digunakan untuk memasok saat beban puncak dapat dengan perhitungan sebagai berikut:

kapasitas energi baterai = 128,4 kW × 6 jam

kapasitas energi baterai = 770,4 kWh

## 3.4. Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Menggunakan Perangkat Lunak HOMER di daerah Widuri

Dari hasil simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak HOMER diperoleh perencanaan sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (tenaga angin dan tenaga surya) yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam perancangan nantinya energi listrik akan dipasok dengan dua sumber yaitu turbin angin dan panel surya. Perancangan pembangkit listrik tenaga hibrida dirancang dengan *lifetime* selama 20 tahun, karena melihat dari masa pakai komponen yang digunakan.



Gambar 5. Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Menggunakan Perangkat Lunak HOMER  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.5. Analisis

#### 3.5.1. Analisis Kelistrikan

##### a. Konfigurasi 1

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 400 kW, 6 turbin angin Xant M-21, 572 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 653.218 kWh/tahun dengan fraksi 30,9%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.458.265 kWh/tahun dengan fraksi 69,1%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.111.482 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.139.275 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 934.511 kWh/tahun.

##### b. Konfigurasi 2

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 300 kW, 6 turbin angin Xant M-21, 715 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 489.913 kWh/tahun dengan fraksi 25,1%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.458.265 kWh/tahun dengan fraksi 74,9%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 1.948.178 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.142.959 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 764.452 kWh/tahun.

##### c. Konfigurasi 3

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 200 kW, 7 turbin angin Xant M-21, 859 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 326.609 kWh/tahun dengan fraksi 16,1%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.701.309 kWh/tahun dengan fraksi 83,9%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.027.917 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.145.157 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 840.827 kWh/tahun.

##### d. Konfigurasi 4

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 100 kW, 8 turbin angin Xant M-21, 1.002 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 163.304 kWh/tahun dengan fraksi 7,75%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.944.353 kWh/tahun dengan fraksi 92,3%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.107.657 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.137.736 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 925.520 kWh/tahun.

##### e. Konfigurasi 5

Pada simulasi didapatkan kombinasi yang paling optimal yaitu berupa photovoltaic 400 kW, 7 turbin angin Xant M-21, 572 baterai, 1.100 kW inverter dan 1.100 kW. Produksi listrik yang dihasilkan dari PV array sebesar 653.218 kWh/tahun dengan fraksi 27,7%, sedangkan untuk produksi listrik yang berasal dari turbin angin sebesar 1.701.309 kWh/tahun dengan fraksi 72,3%.

Maka total produksi listrik yang dihasilkan sebesar 2.354.526 kWh/tahun. Konsumsi daya yang berasal dari beban primer AC sebesar 1.150.701 kWh/tahun. Jika dilihat dari jumlah produksi listrik tahunan dan jumlah konsumsi listrik tahunan, maka terdapat kelebihan tenaga listrik sebesar 1.167.679 kWh/tahun.

Dari kelima konfigurasi dapat dibandingkan analisis kelistrikannya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kelistrikan dari Kelima Konfigurasi

Hasil Kelistrikan	Konfigurasi				
	1	2	3	4	5
Photovoltaic (kW)	400	300	200	100	400
Turbin Angin (kW)	600	600	700	800	700
Baterai (Unit)	572	715	859	1.002	572
Produksi Photovoltaic (kWh/tahun)	653.218	489.913	326.609	163.304	653.218
Produksi Turbin Angin (kWh/tahun)	1.458.265	1.458.265	1.701.309	1.944.353	1.701.309
Konsumsi Daya (kWh/tahun)	1.139.275	1.142.959	1.145.157	1.137.736	1.150.701
Kelebihan Daya Listrik (kWh/tahun)	934.511	764.452	840.827	925.520	1.167.679

Untuk perhitungan jumlah solar modul dapat menggunakan konfigurasi yang paling optimal yaitu menggunakan modul surya berkapasitas 400 kW. Jumlah kapasitas photovoltaic array diperoleh dari jumlah total daya yang terpasang dengan jumlah jam yang efektif dalam penyinaran matahari dalam satu hari. Untuk Eload photovoltaic array diperoleh sebesar 400 kW dari daya total keseluruhan photovoltaic untuk menjadi sumber beban di daerah Widuri.

$$PV \text{ Array} = \frac{E_{Load}}{4,5}$$

$$PV \text{ Array} = \frac{400.000}{4,5}$$

$$PV \text{ Array} = 88.888,89 \text{ Wp}$$

$$PV \text{ Array} = 88,89 \text{ kWp}$$

Dari perhitungan tersebut photovoltaic array yang dibutuhkan yaitu sebesar 88,89 kWp, sedangkan spesifikasi dari satu solar modul adalah 290 Wp. Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = \frac{P_{Array}}{290}$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = \frac{88,89}{0,29}$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = 306,51$$

$$Jumlah \text{ Solar Modul} = 308 \text{ buah}$$

### 3.5.2. Analisis Ekonomi

#### a. Konfigurasi 1

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp1,859,000,000.00	Rp29,443,021,532.44	Rp21,764,778,395.25	Rp0.00	-Rp480,771,600.54	Rp52,586,028,327.15
CanadianSolar	Rp8,965,517,241.38	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp3,567,897,272.42	Rp5,397,619,968.96
Eaton Power X <sub>i</sub>	Rp293,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,829,939,283.13
XANT M-21 [II]	Rp1,500,000,000.00	Rp0.00	Rp17,561,682,406.07	Rp0.00	Rp0.00	Rp19,061,682,406.07
System	Rp12,617,850,574.71	Rp29,934,457,189.46	Rp42,760,745,360.72	Rp0.00	-Rp4,437,783,139.59	Rp80,875,269,985.30

Gambar 6. Hasil Simulasi Konfigurasi 1

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$NPC = Capital \text{ Cost} + Replacement \text{ Cost} + O\&M \text{ Cost} + Fuel \text{ Cost} - Salvage$$

$$NPC = Rp 80.875.269.985,30.$$

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 80.875.269.985,30.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp63,513,277.04	Rp1,005,929,415.59	Rp743,600,000.00	Rp0.00	-Rp16,425,701.91	Rp1,796,616,990.72
CanadianSolar	Rp306,309,510.70	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp121,898,250.63	Rp184,411,260.07
Eaton Power X <sub>i</sub>	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [II]	Rp51,247,937.37	Rp0.00	Rp600,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp651,247,937.37
System	Rp431,092,543.97	Rp1,022,719,458.10	Rp1,460,933,333.33	Rp0.00	-Rp151,618,154.92	Rp2,763,127,180.48

Gambar 7. Annualized Cost Konfigurasi 1

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{C_{ann.tot}}{C_{served}} = \frac{Rp\ 2.763.127.180,48}{Rp\ 1.139.275\ kWh/tahun} = Rp\ 2.425,34$$

Maka biaya produksi listrik pada sebesar Rp 2.425,34 /kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{(Harga\ Jual \times Konsumsi\ daya/tahun) - Operasional}$$

$$BEP = \frac{Rp\ 12.617.850.574,71}{(Rp\ 2.600 \times 1.139.275) - Rp\ 1.460.933.333,33} = \frac{Rp\ 12.617.850.574,71}{Rp\ 1.501.181.666,67} = 8,4$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 8,4 tahun.

#### b. Konfigurasi 2

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp2.323.750.000,00	Rp24.207.816.023,39	Rp27.205.972.994,06	Rp0,00	-Rp3.348.325.926,07	Rp40.389.013.091,38
CanadianSolar	Rp6.724.137.931,03	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp2.675.922.954,32	Rp4.048.214.976,72
Eaton Power Xj	Rp203.333.333,33	Rp491.435.657,02	Rp3.434.264.559,41	Rp0,00	-Rp389.114.266,63	Rp3.829.939.283,13
XANT M-21 [1]	Rp1.500.000.000,00	Rp0,00	Rp17.561.682.406,07	Rp0,00	Rp0,00	Rp19.061.682.406,07
System	Rp10.841.221.264,37	Rp24.699.051.680,41	Rp48.201.639.959,54	Rp0,00	-Rp6.413.363.147,02	Rp87.328.849.757,29

Gambar 8. Hasil Simulasi Konfigurasi 2

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan pada konfigurasi 2 sebesar Rp 87.328.849.757,29.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp79.391.596,30	Rp1.168.713.175,62	Rp929.500.000,00	Rp0,00	-Rp114.396.531,56	Rp2.063.208.240,36
CanadianSolar	Rp229.732.133,02	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp91.423.687,97	Rp138.308.445,05
Eaton Power Xj	Rp10.021.818,86	Rp16.790.042,51	Rp117.333.333,33	Rp0,00	-Rp13.294.202,38	Rp130.850.992,33
XANT M-21 [1]	Rp51.247.937,37	Rp0,00	Rp600.000.000,00	Rp0,00	Rp0,00	Rp651.247.937,37
System	Rp370.393.485,56	Rp1.185.503.218,13	Rp1.646.833.333,33	Rp0,00	-Rp219.114.421,91	Rp2.983.615.615,11

Gambar 9. Annualized Cost Konfigurasi 2

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 2.983.615.615,11}{Rp\ 1.142.959\ kWh/tahun} = Rp\ 2.610,43$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.610,43 / kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 10.841.221.264,37}{(Rp\ 2.800 \times 1.142.959) - Rp\ 1.646.833.333,33} = 6,97\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 6,97 tahun.

#### c. Konfigurasi 3

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp2.791.750.000,00	Rp32.339.928.891,33	Rp32.665.217.904,76	Rp0,00	-Rp1.410.513.069,30	Rp66.406.383.726,76
CanadianSolar	Rp4.482.758.620,69	Rp0,00	Rp0,00	Rp0,00	-Rp1.783.948.636,21	Rp2.698.809.984,48
Eaton Power Xj	Rp293.333.333,33	Rp491.435.657,02	Rp3.434.264.559,41	Rp0,00	-Rp389.114.266,63	Rp3.829.939.283,13
XANT M-21 [1]	Rp1.750.000.000,00	Rp0,00	Rp20.468.829.473,74	Rp0,00	Rp0,00	Rp22.238.829.473,74
System	Rp9.317.841.954,02	Rp32.831.364.548,35	Rp56.608.131.937,91	Rp0,00	-Rp3.583.575.972,15	Rp95.173.762.468,13

Gambar 10. Hasil Simulasi Konfigurasi 3

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 95.173.762.468,13.  
 Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp95,380,952.76	Rp1,104,903,100.18	Rp1,116,700,000.00	Rp0.00	-Rp48,190,590.29	Rp2,268,793,462.65
CanadianSolar	Rp153,154,755.35	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp60,949,125.32	Rp92,205,630.03
Eaton Power X	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [1]	Rp59,789,260.26	Rp0.00	Rp700,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp759,789,260.26
System	Rp318,346,787.24	Rp1,121,693,142.69	Rp1,934,033,333.33	Rp0.00	-Rp122,433,917.98	Rp3,251,639,345.28

Gambar 11. Annualized Cost Konfigurasi 3  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 3.251.639.345,28}{Rp\ 1.145.157\ kWh/tahun} = Rp\ 2.839,47$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.839,47 / kWh.  
 Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 9.317.841.954,02}{Rp\ 3.435.471.000 - Rp\ 1.934.033.333,33} = 6,2$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 6,2 tahun.

#### d. Konfigurasi 4

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp3,256,500,000.00	Rp32,729,830,155.64	Rp38,126,412,503.57	Rp0.00	-Rp407,766,547.29	Rp73,704,976,111.92
CanadianSolar	Rp2,241,379,310.34	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp891,974,318.11	Rp1,349,404,992.24
Eaton Power X	Rp203,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,829,939,283.13
XANT M-21 [1]	Rp2,000,000,000.00	Rp0.00	Rp23,415,576,541.42	Rp0.00	Rp0.00	Rp25,415,576,541.42
System	Rp7,791,212,643.68	Rp33,221,265,812.67	Rp64,976,273,604.40	Rp0.00	-Rp1,688,835,132.03	Rp104,299,896,928.71

Gambar 12. Hasil Simulasi Konfigurasi 4  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 104.299.896.928,71.  
 Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp111,259,272.02	Rp1,118,224,190.56	Rp1,302,600,000.00	Rp0.00	-Rp13,931,462.98	Rp2,518,151,999.60
CanadianSolar	Rp76,577,377.67	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp30,474,562.66	Rp46,102,815.02
Eaton Power X	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 [1]	Rp68,330,583.16	Rp0.00	Rp800,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp868,330,583.16
System	Rp266,189,051.72	Rp1,135,014,233.07	Rp2,219,933,333.33	Rp0.00	-Rp57,700,228.02	Rp3,563,436,390.10

Gambar 13. Annualized Cost Konfigurasi 4  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 3.563.436.390,10}{Rp\ 1.137.736\ kWh/tahun} = Rp\ 3.132,04$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 3.132,04 / kWh.  
 Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 7.791.212.643,68}{(Rp\ 3.300 \times 1.137.736) - Rp\ 2.219.933.333,33} = 5,07\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 5,07 tahun.

## e. Konfigurasi 5

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp3,256,500,000.00	Rp32,729,830,155.64	Rp38,126,412,503.57	Rp0.00	-Rp407,766,547.29	Rp73,704,976,111.92
CanadianSolar	Rp2,241,379,310.34	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp891,974,318.11	Rp1,349,404,992.24
Eaton Power X	Rp293,333,333.33	Rp491,435,657.02	Rp3,434,284,559.41	Rp0.00	-Rp389,114,266.63	Rp3,830,939,283.13
XANT M-21 (1)	Rp2,000,000,000.00	Rp0.00	Rp11,415,576,541.42	Rp0.00	Rp0.00	Rp13,415,576,541.42
System	Rp7,791,212,643.68	Rp33,221,265,812.67	Rp44,976,273,604.40	Rp0.00	-Rp1,688,855,132.03	Rp104,299,896,928.71

Gambar 14. Hasil Simulasi Konfigurasi 5

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Maka biaya pembangunan sebesar Rp 82.708.456.021,20.

Nilai COE dapat dihitung secara teori sebagai berikut :

Component	Capital (Rp)	Replacement (Rp)	O&M (Rp)	Fuel (Rp)	Salvage (Rp)	Total (Rp)
BAE SECURA B	Rp63,513,277.04	Rp1,022,867,860.41	Rp743,600,000.00	Rp0.00	-Rp79,274,134.20	Rp1,750,707,003.25
CanadianSolar	Rp306,309,510.70	Rp0.00	Rp0.00	Rp0.00	-Rp121,898,250.63	Rp184,411,260.07
Eaton Power X	Rp10,021,818.86	Rp16,790,042.51	Rp117,333,333.33	Rp0.00	-Rp13,294,202.38	Rp130,850,992.33
XANT M-21 (1)	Rp59,789,260.26	Rp0.00	Rp700,000,000.00	Rp0.00	Rp0.00	Rp759,789,260.26
System	Rp439,633,866.86	Rp1,039,657,902.92	Rp1,560,933,333.33	Rp0.00	-Rp214,466,587.21	Rp2,825,758,515.91

Gambar 15. Annualized Cost Konfigurasi 5

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$COE = \frac{Rp\ 2.825.758.515,91}{Rp\ 1.150.701\ kWh/tahun} = Rp\ 2.455,68$$

Maka biaya produksi listrik sebesar Rp 2.455,68 / kWh.

Nilai BEP dapat dihitung secara teori sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Rp\ 12.867.850.574,71}{(Rp\ 2.600 \times 1.150.701) - Rp\ 1.560.933.333,33} = 8,99\ tahun$$

Maka balik modal dalam kurun waktu 8,99 tahun.

Dari kelima konfigurasi dapat dibandingkan analisis kelistrikkannya seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Ekonomi dari Kelima Konfigurasi

Konfigurasi	NPC (Rp)	COE (Rp)	BEP (tahun)
1	Rp 80.875.269.985,30	Rp 2.425,34	8,4
2	Rp 87.328.849.757,29	Rp 2.610,43	6,97
3	Rp 95.173.762.468,13	Rp 2.839,47	6,2
4	Rp 104.299.896.928,71	Rp 3.132,04	5,07
5	Rp 82.708.456.021,20	Rp 2.455,68	8,99

Dari Tabel 4 terlihat bahwa konfigurasi yang memiliki *Net Present Cost* (NPC) paling rendah yaitu pada konfigurasi 1 dengan perancangan pembangkit listrik tenaga hibrida terdiri atas *photovoltaic* 400 kW dan turbin angin 600 kW dan untuk biaya yang dikeluarkan pada saat sistem menghasilkan listrik sebesar Rp 2.425,34 Untuk balik modal sendiri membutuhkan waktu 8,4 tahun.

### 3.6. Perhitungan Luas Wilayah Tanah

#### 3.6.1. Luas tanah yang digunakan untuk *photovoltaic*

Dimensi *photovoltaic*:

Panjang = 1650 mm = 1,65 m

Lebar = 992 mm = 0,992 m

Jarak antara modul surya = 0,8 m

Modul surya sebanyak 308 modul, dirangkai secara seri sebanyak 22 dan dirangkai secara paralel sebanyak 14.

Jumlah luas wilayah tanah yang diperlukan :

$$P = (14 \times 0,8) + (22 \times 1,65)$$

$$= (11,2 + 36,3)$$

$$= 47,5 \text{ m}$$

$$L = (13 \times 0,8) + (14 \times 0,992)$$

$$= (10,4 + 13,888)$$

$$= 24,288 \text{ m}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{(47,5+47,5)}{2} \times \frac{(24,288+24,288)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = \frac{95}{2} \times \frac{48,576}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Photovoltaic} = 1.154 \text{ m}^2$$

#### 3.6.2. Luas tanah yang digunakan untuk turbin angin

Pada turbin angin horisontal, jarak yang dibutuhkan dari setiap turbin angin sekitar 6-10 kali diameter rotor. Namun untuk pemasangan pada ladang yang besar, jarak yang dibutuhkan dari setiap turbin angin sekitar 15 kali diameter rotor. Hal tersebut dilakukan untuk mempertimbangkan biaya turbin angin dan lahan yang akan digunakan.

Turbin angin yang digunakan adalah Eocycle EOX M-21. Kebutuhan pemasangan turbin angin sebanyak 6 turbin.

Diameter rotor turbin : 21 m

Jarak antar turbin : 6 kali diameter turbin angin

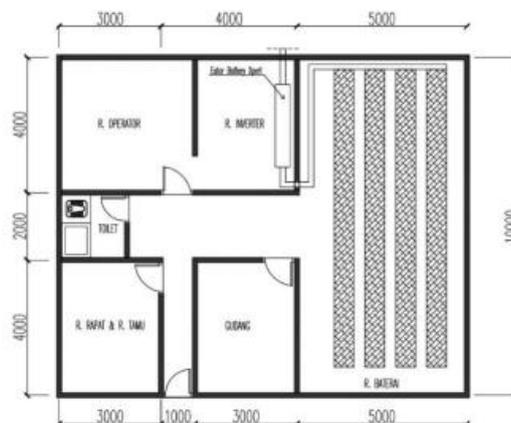
$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{(325+325)}{2} \times \frac{(200+200)}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = \frac{650}{2} \times \frac{400}{2}$$

$$\text{Luas Tanah Turbin Angin} = 65.000 \text{ m}^2$$

#### 3.6.3. Luas tanah untuk Power House (PH)



Gambar 16. Bidang Tanah *Power House*

Sumber : Dokumentasi Pribadi

$$\begin{aligned} \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{(AB+DC)}{2} \times \frac{(AD+BC)}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{(12+12)}{2} \times \frac{(10+10)}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= \frac{24}{2} \times \frac{20}{2} \\ \text{Luas Tanah Power House} &= 120 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 3.6.4. Luas tanah pembangkit

Luas Tanah Pembangkit = Photovoltaic + Turbin Angin + PH

Luas Tanah Pembangkit = 1.154 + 65.000 + 120

Luas Tanah Pembangkit = 66.274 m<sup>2</sup>

Dari perhitungan diperoleh luas tanah yang dibutuhkan pembangkit listrik seluas 66.274 m<sup>2</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

Pembangkit listrik tenaga hibrida yang paling optimal pada penelitian ini terdiri dari 6 turbin angin Xant M-21 berkapasitas 600 kW, 400 kW modul surya CanadianSolar All-Black CS6K-290MS dengan PV Array sebanyak 308 buah, 572 Baterai BAE SECURA BLOCK SOLAR 12 V 3 PVV 210, 1.100 kW inverter dapat membangkitkan listrik sebesar 1.139.275 kWh/tahun.

Untuk mengcover kelurahan Widuri, pembangkit listrik tenaga surya berkontribusi sebesar 30,9% dan pembangkit listrik tenaga angin berkontribusi sebesar 69,1%. Pada konfigurasi yang paling optimal *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp 80.875.269.985,30, *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp 2.425,35 dan *Break Even Point* (BEP) dalam kurun waktu 8,4 tahun. 4. Luas tanah pembangkit listrik tenaga hibrida yang berasal dari tenaga angin dan tenaga surya seluas 66.274 m<sup>2</sup>, dengan luas tanah modul surya seluas 1.154 m<sup>2</sup>, luas tanah turbin angin seluas 65.000 m<sup>2</sup>, dan luas tanah power house seluas 120 m<sup>2</sup>.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] T. Syaufi, H. #1, S. #2, R. Halid, and S. #3, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/10146>.
- [2] PP No. 79, "PP No. 79 Thn 2014.pdf." pp. 1–36, 2014.
- [3] BPS Pemalang, "Pelanggan Perusahaan Listrik Negara (PLN) 2007-2019." <https://pemalangkab.bps.go.id/statictable/2015/03/13/21/pelangganperusahaan-listrik-negara-pln-2007-2019.html>.
- [4] A. W. Akbar, N. Hiron, and N. Nadrotan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbaru (Homer) Di Daerah Pesisir Pantai Pangandaran," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2019, doi: 10.37058/jeee.v1i1.1191.
- [5] M. A. D. Prasetyo, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Angin-PV di Daerah Puger Menggunakan Perangkat Lunak Homer," *Digit. Repos. Univ. Jember*, p. 27, 2015.
- [6] R. Arulmozhiyal and K. Baskaran, "Implementation of a Fuzzy PI Controller for Speed Control of Induction Motors Using FPGA," *J. Power Electron.*, vol. 18, pp. 65–71, 2010.
- [7] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, and R. Umar, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo," *J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 14, no. 1, p. 10, 2017.
- [8] L. Halim, L. Halim, and O. Sudjana, "Perancangan Dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 31–38, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/4105>.
- [9] Hamdani, T. Zuraidah, and A. Siti, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir," *Semastek Uisu*, pp. 189–194, 2019.
- [10] H. hardianto Pradana and H. Mubarak, "Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya Dan Angin Di Fakultas Teknologi Industri," *Kurvatek*, vol. 3, no. 2, pp. 101–109, 2018, doi: 10.33579/krvtk.v3i2.1103.
- [11] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.
- [12] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 48, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i02p09.
- [13] S. Situmorang *et al.*, "Pelatihan Perancangan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di SMK Cinta Rakyat terbaru untuk mengatasi sumber energi listrik dari energi fosil yang terbatas . Pembangkit Competencies of Vocational High," *Ikraith-Abdimas*, vol. 5, no. 2, pp. 75–81, 2021.
- [14] V. A. Maulana and A. Ansori, "Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Solar Cell dan Turbin Angin Vertikal Model Darrieus Tipe H di Pesisir Pantai Tamban Kabupaten Malang," *Jtm*, vol. 8, pp. 111–118, 2020, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/14/article/view/31969>.
- [15] V. R. T. Manullang, A. Nugroho, and E. W. Sinuraya, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Software Homer Di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 148–156, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i2.148-156.
- [16] M. Farid, "Analisa Perancangan Sistem Pembangkit Tenaga Hibrida Di Pantai Seruni, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan," 2018, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/12617>.
- [17] P. G. Chamdareno, E. Nuryanto, and E. Dermawan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (Panel Surya dan Diesel Generator) pada Kapal KM. Kelud," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 59, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.59-64.
- [18] E. Widiyanto, D. B. Santoso, K. Kardiman, and N. Fauji, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Photovoltaic-Wind Turbines Di Pantai Sedari Karawang," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, p. 41, 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i1.3653.