

Analisis Potensi Energi Angin sebagai Sumber Alternatif Pembangkit Listrik di Wonorejo, Situbondo

Nur Ulfa Mauludina¹, Mitari Wahyu Arsiani², Millatina Fadhilah³

^{1,2,3}Departemen Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
e-mail: nurulfamauludina.01@gmail.com

Received: December 2024; Accepted: May 2025; Published: February 2026

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v6i1.129>

Abstrak

Energi terbarukan memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia, salah satunya adalah energi angin yang ramah lingkungan. Pemerintah telah menginisiasi pengembangan energi ini melalui penerbitan peta angin pada tahun 2020 guna memfasilitasi penggunaannya. Kajian potensi menunjukkan bahwa teknologi turbin angin skala besar dengan tipe horizontal dapat bekerja optimal pada kecepatan angin 5–20 meter/detik, sedangkan turbin angin vertikal lebih sesuai untuk skala kecil pada kecepatan angin kurang dari 5 meter/detik. Penelitian ini berfokus pada potensi energi angin di Wonorejo, Kota Situbondo, yang memiliki kecepatan angin tinggi dan mendukung pengembangan pembangkit listrik tenaga angin. Dengan dukungan teknologi modern, potensi ini dapat dikonversi secara maksimal menjadi energi listrik. Pemerintah merencanakan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Wonorejo sebagai langkah nyata untuk meningkatkan kontribusi energi terbarukan. Upaya ini menunjukkan komitmen pemerintah dalam mendukung kemandirian energi nasional.

Kata kunci: Energi terbarukan, Turbin angin, Wonorejo, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, Energi angin

Abstract

Renewable energy has significant potential for development in Indonesia, one of which is environmentally friendly wind energy. The government has initiated the development of this energy source through the publication of a wind atlas in 2020 to facilitate its utilization. Potential studies indicate that large-scale horizontal-axis wind turbine technology can operate optimally at wind speeds of 5–20 meters per second, while vertical-axis wind turbines are more suitable for small-scale applications at wind speeds below 5 meters per second. This research focuses on the wind energy potential in Wonorejo, Situbondo City, which has high wind speeds and supports the development of wind power generation. With the support of modern technology, this potential can be maximally converted into electrical energy. The government plans to build a Wind Power Plant (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/PLTB) in Wonorejo as a concrete step to increase the contribution of renewable energy. This effort demonstrates the government's commitment to supporting national energy independence.

Keywords: Renewable energy, Wind turbine, Wonorejo, Wind Power Plant, Wind energy

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi angin yang signifikan, dengan total potensi yang teridentifikasi sekitar 978 MW. Berbagai penelitian dan pengukuran potensi energi angin telah dilakukan oleh lembaga pemerintah di beberapa lokasi wilayah Indonesia. Kecepatan angin di darat rata-rata berkisar antara 3–7 m/s [1]. Pada kecepatan 5–20 m/s, teknologi turbin angin skala besar dapat bekerja dengan baik, sedangkan daerah dengan kecepatan angin di bawah 5 m/s lebih cocok untuk mengadopsi turbin angin poros vertikal untuk pembangkit listrik skala kecil atau pengubahan energi mekanik [1][2].

Wilayah Wonorejo, Kota Situbondo, Jawa Timur, memiliki potensi angin yang besar, menjadikannya salah satu daerah dengan kecepatan angin tinggi di Indonesia. Potensi ini sangat mendukung pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin). Berdasarkan data, wilayah ini diproyeksikan mampu menghasilkan energi listrik dari angin hingga lebih dari 200 MW. Untuk memanfaatkan potensi ini, di Wonorejo direncanakan pembangunan PLT Angin sebagai bagian dari upaya nasional dalam meningkatkan kontribusi energi terbarukan di Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

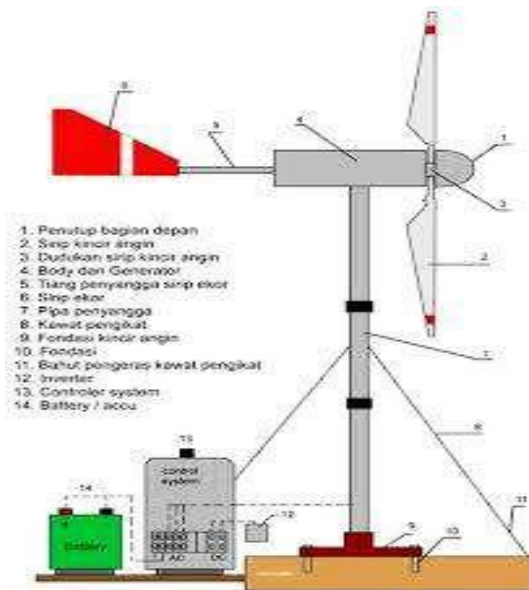
2.1 Energi Angin

Energi angin adalah udara dalam jumlah yang besar diakibatkan rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah [2][3].

2.2 Turbin Angin

Turbin angin, atau dikenal sebagai kincir angin, adalah alat yang digunakan untuk menangkap energi angin dalam bentuk gerak translasi untuk mengubahnya

menjadi gerak rotasi dan alat untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik [4][5]. Berikut adalah skema turbin angin dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Turbin Angin

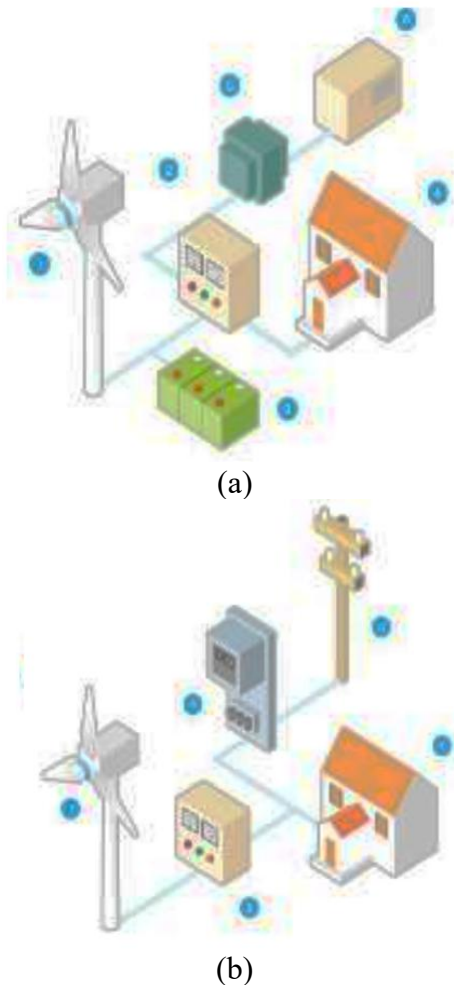
2.3 Konversi Energi Angin

Konversi energi angin adalah penggunaan energi secara efisien dan wajar tanpa mengurangi konsumsi energi. Upaya konservasi energi pada semua tahap penggunaan, dari penggunaan sumber energi sampai dengan penggunaan akhir, penggunaan model teknologi dan budaya yang efisien hemat energi dengan memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui, dalam hal ini energi angin [7][11][12]. Prinsip kerja dari sistem konversi energi angin adalah mengkonversikan energi kinetik angin menjadi listrik melalui putaran kumparan generator. Energi mekanik pada turbin angin diperoleh dari suatu proses konversi energi angin.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT Angin)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu adalah salah satu pembangkit listrik energi

terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya [8][9]. Sistem pembangkit listrik tenaga angin dapat dibuat menjadi 2 sistem on grid (bersatu dengan jaringan PLN) atau off grid (berdiri sendiri) [10] dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. (a) Sistem Off Grid, (b) Sistem On Grid [10][13]

2.5 Persamaan Umum Perhitungan PLT Angin

Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara dan kubik kecepatan angin dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3$$

Di mana:

P = daya angin (Watt)

ρ = kerapatan udara (kg/m^3)

V = kecepatan angin (m/s)

Untuk menghitung energi persatuan luas yang dihasilkan oleh turbin angin adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 A$$

Di mana:

A = luas penampang turbin angin (m^2)

Untuk menghitung energi persatuan luas yang dihasilkan oleh turbin angin adalah menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 D^2$$

Ini adalah variasi yang lebih sederhana yang bisa digunakan jika diameter turbin digunakan langsung, tanpa menghitung luas penampang secara eksplisit

Dari kecepatan angin diameter, dapat dihitung nilai putaran yang dihasilkan oleh turbin sebesar dengan menggunakan persamaan berikut:

$$RPM = 60 \frac{\lambda V}{\pi D}$$

Di mana:

λ = Rasio kecepatan ujung turbin (Tip Speed Ratio, TSR)

V = kecepatan angin (m/s)

D = diameter turbin (m)

Selanjutnya sistem konversi energi angin untuk membangkitkan tenaga listrik dihitung dengan persamaan berikut :

$$\left(\frac{P_{syst}}{A} \right) Wp Cp X \eta t x \eta g x \eta b x \frac{1}{2} x \rho x V^3$$

Di mana:

Wp = daya terkonversi

Cp = koefisien daya (*power coefficient*)

ηt = efisiensi turbin

ηg = efisiensi generator

η_b = efisiensi sistem (penyimpanan atau kontrol)

Koefisien daya (Power coefficient) :

$$C_p = \frac{P}{P_0} = \frac{14P A(v\frac{2}{1} - \frac{2}{2})(v_1 + v_2)}{\frac{1}{2} \rho A V^3}$$

Di mana:

P_0 = daya teoritis yang tersedia dari angin pada kecepatan tertentu

Menghitung Tip speed ratio (TSR) :

$$\lambda = \frac{\pi D}{v}$$

Di mana:

λ = Tip Speed Ratio

D = diameter turbin

v = kecepatan angin

Daya yang dihasilkan turbin angin :

$$P_r = C_p \frac{1}{2} \rho v^3 D_2$$

Penentuan torsi :

$$T = \frac{30P}{\pi \cdot RPM}$$

Penentuan daya poros :

$$P = \frac{2\pi n}{60} \times T$$

2.5 Pengontrolan Daya Turbin Angin

Dalam desain turbin angin, ada beberapa parameter harus diperhatikan yaitu kecepatan *cut-in*, kecepatan rating dan kecepatan *cut-off* dimana itu merupakan kecepatan turbin angin yang harus berhenti bekerja karena kecepatan angin melewati resistensi turbin angin dan dapat menghindari kerusakan [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi energi angin di Wonorejo, Kota Situbondo, Jawa Timur, dan merancang sistem Pembangkit Listrik

Tenaga Bayu (PLTB). Metodologi yang digunakan meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data Sekunder.

Mengkaji teori terkait energi angin, teknologi turbin angin, serta data kecepatan angin di wilayah Wonorejo.

2. Pengukuran Kecepatan Angin

Menggunakan anemometer untuk mengukur kecepatan angin di beberapa titik lokasi Wonorejo selama periode tertentu.

3. Analisis Potensi Energi Angin

Menghitung potensi energi angin menggunakan persamaan daya angin, dengan mempertimbangkan kecepatan angin dan luas penampang turbin.

4. Perancangan Sistem PLTB

Merancang sistem PLTB dengan memilih turbin yang sesuai, menghitung jumlah turbin yang diperlukan, dan menghitung potensi energi yang dihasilkan.

5. Simulasi dan Optimasi Sistem

Melakukan simulasi untuk mengoptimalkan efisiensi turbin, generator, dan sistem secara keseluruhan.

6. Analisis Ekonomi dan Keberlanjutan

Menilai biaya investasi, operasional, dan dampak ekonomi serta lingkungan dari pembangunan PLTB.

7. Evaluasi Dampak Lingkungan

Mengidentifikasi dampak terhadap ekosistem lokal dan lingkungan sekitar



Gambar 3. Turbin Angin

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Daya Spesifik

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Berikut merupakan data hasil perhitungan, di mana daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Angin

Wilayah	Kecepatan Rata Rata (m/s)	Daya Spesifik (watt/m ²)
Wonorejo, Situbondo	5,2	110
Besuki, Situbondo	6,0	140
Asembagus, Situbondo	5,8	130
Panarukan, Situbondo	4,8	90
Bondowoso	4,5	75

Data tersebut menunjukkan variasi potensi energi angin di setiap daerahnya. Wilayah dengan kecepatan angin yang lebih tinggi memiliki potensi daya yang lebih besar. Berdasarkan data yang ada, wilayah Situbondo dan sekitarnya memiliki potensi energi angin yang tergolong sedang, cocok untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga angin skala kecil hingga menengah.

3.2. Data dan Analisa PLT Angin Wonorejo, Situbondo

3.2.1. Energi kinetik angin Wonorejo, Situbondo

Kecepatan angin digunakan berdasarkan data yang diperoleh dari BMKG atau dari data yang telah berhasil didapatkan yaitu 7.96 m/s, Masa jenis udara adalah sesuai dengan standar yang ada yaitu 1,2 kg/m³, luas penampang yang

digunakan yaitu dengan diameter 63 meter (turbin poros horizontal) Perhitungan menggunakan formula untuk menghitung energi angin sebagai berikut :

- Luas Penampang Blade

$$A = \pi r^2$$

Di mana r adalah jari-jari turbin, yang dihitung dari diameter turbin (63 meter), sehingga $r = 63/2 = 31,5$ meter. Maka luas penampang :

$$A = 3,14 \times (31,5)^2 = 3.115,67 \text{ m}^2$$

- Massa Udara (kg)

$$m = \rho \times v \times A$$

$$m = 1,2 \times 7,96 \times 3.115,67 = 29.760,83 \text{ kg}$$

- Energi Kinetik

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$$E = \frac{1}{2} \times 29.760,83 \times 7,96^2 = 942.846,90 \text{ J/detik}$$

3.2.2. Perhitungan desain turbin angin

Sebelum menentukan jenis turbin angin yang digunakan, perlu diperhitungkan desain turbin yang digunakan berdasarkan kecepatan angin yang ada di daerah Wonorejo, Situbondo. Kecepatan angin di daerah Wonorejo digolongkan dalam kategori kecepatan angin yang cukup baik. Berdasarkan data yang ada, berikut ini adalah perhitungan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Wonorejo, Situbondo:

- Kecepatan angin minimal (v) = 7 m/s
- Massa jenis angin (ρ) = 1,2 kg/m³
- Daya yang dibangkitkan = 72 MW
- Tinggi sudu = 63 m
- Jumlah sudu = 3 buah

Dari data yang diketahui, dapat dihitung diameter sudu turbin, tip speed ratio (TSR), dan putaran turbin sebagai berikut:

3.2.3. Perhitungan luas rotor

Dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$P = \frac{1}{2} \rho \times v^3 \times A$$

$$= 11.469.168 \text{ N/s}$$

Daya rotor yang dihasilkan dari turbin angin ini adalah sebesar 72.000.000 Watt, Maka didapat luas sapuan rotor yaitu:

$$A = \frac{2P}{\rho v^3} = \frac{2 \times 72000000}{1.2 \text{ kg} \times (7)^3} \\ = 350.484,6 \text{ m}^2$$

3.2.4. Diameter sudu turbin

Dari luasan rotor tersebut dapat dicari berapa meter sudu turbin yang sesuai dengan perhitungan:

$$A = 4 \times \frac{1}{2} \times \pi \times d \times l$$

Dengan menentukan jumlah sudu dan panjang sudu maka dapat ditentukan berapa diameter sudu yang sesuai :

$$d = \frac{2A}{4 \times \pi \times l} = \frac{2 \times 350.484,6}{4 \times 3,14 \times 63} \\ = 883,4 \text{ m}^2$$

3.2.5. Tip Speed Ratio (TSR)

Setelah didapat nilai diameter sudu, selanjutnya dapat dicari nilai tip speed ratio (λ) :

$$\lambda = \frac{\pi D}{V} = \frac{3.14 \times 883,4}{7.96} = 347,78 \text{ m}^2$$

Maka berdasarkan gambar grafik dan tip speed ratio yang dihasilkan, turbin angin yang terdapat di PLT Angin Sidrap sesuai perhitungan yaitu turbin angin bersudu tiga yang berporos horizontal

3.2.6. Putaran Turbin

Dari kecepatan angin diameter, dapat dihitung nilai putaran yang dihasilkan oleh turbin:

$$\text{RPM} = 60 \frac{\lambda V}{\pi D} = 60 \frac{347,78 \times 7.96}{3.14 \times 884,4} \\ = 60 \text{ N}$$

3.2.7. Torsi Turbin

Torsi yang dihasilkan dari turbin menggunakan persamaan

$$T = \frac{30P}{\pi \times \text{RPM}} = \frac{30 \times 72.000.000}{3.14 \times 60}$$

3.2.8. Perhitungan Daya Listrik Turbin Angin

Data-data berikut merupakan data ril di lapangan dan sebagian berupa asumsi dikarenakan dari beberapa sumber tidak mencantumkan data Efisien turbin, Efisien gearbox, Efisien generator maka dari itu penulis mencantumkan data berikut yang terkait dengan proses konversi :

- Kecepatan angin nominal (V_i) = 7 m/s
- Luas sapuan blade (A) = 2550 m²
- Power coefficient (Efisien turbin) = 0,35
- Efisien gearbox = 0,95
- Efisien generator = 0,85

3.2.8.1. Perhitungan Daya Turbin (P_m)

Perhitungan ini menggunakan persamaan yang bertujuan mengetahui daya mekanik turbin (p_m) berupa putaran yang dapat dihasilkan oleh turbin angin:

$$P_m = \eta_t \frac{1}{2gc} \rho A V^3 \\ = \frac{1}{2 \times 1.0 \frac{\text{kg}}{\text{n.s}}} 0.35 \times 1.2 \times 3.115,67 \\ = 654.289,65 \text{ W}$$

3.2.8.2. Perhitungan Daya Mekanik Pada Gearbox (P_g)

Besarnya daya mekanik pada keluaran dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_g = \eta_g \times P_m \\ = 0.85 \times 654.289,65 \\ = 621.575,17 \text{ W}$$

3.2.8.3. Perhitungan Daya Listrik (P_e)

Perhitungan daya listrik ini menggunakan persamaan karena tidak dituliskan efisiensi generator pada beberapa sumber mengenai PLT Angin Sidrap maka diasumsikan efisiensi generator sebesar 0,85 Besarnya daya listrik tersebut adalah sebagai berikut:

$$P_e = \eta_{gen} \times P_g \\ = 0.85 \times 621.575,17$$

$$= 528.338,89 \text{ W}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan di atas dapat diketahui bahwa generator turbin angin tersebut menghasilkan daya listrik sebesar 528338.892 W. Apabila dihitung efisiensinya maka besarnya efisiensi turbin angin (η_{sistem}) pada kecepatan angin nominal adalah sebagai berikut:

$$\eta_{sistem} = \frac{528.338,89}{654.289,65} \times 100 \% = 80.75 \%$$

Efisiensi sistem tersebut dihitung berdasarkan daya listrik yang dihasilkan generator yang kemudian dibandingkan dengan daya input mekanik yang terdapat pada poros turbin angin. Efisiensi tersebut dapat lebih besar atau lebih kecil dari nilai tersebut. Hal ini tergantung dari koefisien efisiensi dari masing masing komponen seperti gearbox dan generator

3.3. Investasi Sektor Energi Baru Terbarukan (EBT)

Investasi energi adalah proyek jangka panjang (sekitar 20 tahun) dan memerlukan pembiayaan jangka panjang. Harga pembelian listrik juga terlalu rendah bagi para pengembang energi baru terbarukan untuk pulih dari biaya yang ditimbulkan dalam investasi mereka. Alih-alih mendapatkan keuntungan yang berkelanjutan apalagi setelah pemerintah Indonesia memberlakukan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) NO.50/2017 yang membatasi harga pembelian listrik paling tinggi sebesar 85 persen dari BPP (Biaya Pokok Penyediaan) Pembangkitan di sistem ketenagalistrikan setempat

Keputusan Menteri ESDM 1772/20/MEM/2018 saat ini menetapkan BPP nasional pada Rp 1.025/kWh, sedangkan BPP lokal berkisar dari Rp.911/kWh hingga Rp 2.677/kWh.

Dalam melakukan perhitungan keuangan perlu ditetapkan asumsi-asumsi sebagai dasar perhitungan yang dapat diperoleh dari pengalaman, hasil survei

lapangan maupun hal-hal yang berlaku di masyarakat.

Data untuk bahan Analisa Ekonomi pemanfaatan Sistem Konversi Angin didasarkan dari data lapangan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) dan pembangkit listrik energi angin sebagai asumsinya adalah :

- Biaya awal Rp. 1.000.000.000
- BPP (biaya pokok penyediaan) daerah jawa barat = Rp.911/kwh
- Harga jual listrik (EBT) di tetapkan pada permen no 1772/20/MEM/2018 sebesar 85% dari biaya pokok
- Jangka panjang investasi dengan asumsi 20 tahun
- Produksi listrik tahunan yang dihasilkan rata-rata sekitar 200.000 kWh

3.3.1. Pemasukan yang diterima setiap tahun (85%) dari BPP

Target dari pembangkit listrik yang direncanakan adalah skala rumah ideal golongan R-1/900 VA dengan tarif Rp.911 per kWh, sedangkan setiap pembangkit listrik tenaga angin yang digunakan dapat menghasilkan daya sekitar 200.000 kWh per tahunnya maka perhitungannya adalah :

- Harga jual EBT x Daya yang dihasilkan pertahun.
85% dari Rp 911 = Rp 774 per kWh.
Harga jual EBT x Daya yang dihasilkan per tahun adalah:

$$\bullet \text{ Rp } 774 \text{ per kWh} \times 200.000 \text{ kWh} = \text{Rp } 154.800.000.$$

Pemasukan yang diterima setiap tahunnya adalah Rp. 154.800.000

- Perhitungan Waktu Pengembalian Modal

Berdasarkan perhitungan, modal akan kembali dalam waktu sekitar 7 tahun, yaitu:

$$\bullet \text{ Rp } 154.800.000 \times 7 \text{ tahun} = \text{Rp } 1.083.600.000$$

3.3.2. Pemasukan yang diterima setiap tahun (tanpa regulasi 85%) dari BPP

Target pembangkit listrik yang direncanakan adalah skala rumah ideal

golongan R-1/900 VA dengan tarif BPP sebesar Rp 911 per kWh. Setiap pembangkit listrik tenaga angin yang digunakan diperkirakan dapat menghasilkan daya sekitar 200.000 kWh per tahun. Maka, perhitungannya adalah sebagai berikut:

- Harga jual EBT x Daya yang Dihasilkan per Tahun:
 $= \text{Rp } 911 \text{ per kWh} \times 200.000 \text{ kWh}$
 $= \text{Rp } 182.200.000$
 Pemasukan yang diterima setiap tahunnya adalah Rp 182.200.000.
- Perhitungan Waktu Pengembalian Modal
 Berdasarkan perhitungan ini, modal akan kembali dalam waktu sekitar 6 tahun, yaitu:
 $= \text{Rp } 182.200.000 \times 6 \text{ tahun}$
 $= \text{Rp } 1.093.200.000$

IV. SIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa yang dilakukan baik melalui perhitungan yang didasarkan pada potensi energi terbarukan di Indonesia, maupun dari segi kebijakan dan keadaan yang ada untuk mendukung perkembangan energi terbarukan khususnya energi angin di Indonesia, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Berdasarkan data-data yang telah dilakukan, teknologi turbin angin skala besar dapat bekerja dengan baik pada kecepatan antara 5 – 20 meter/detik. Kurang dari 5 m/s lebih sesuai untuk di ubah menjadi energi mekanik atau pembangkit tenaga angin skala kecil.
- a. Untuk daerah yang mempunyai kecepatan rata-rata angin lebih dari 5 m/s agar dapat dikembangkan turbin angin poros horizontal seperti salah satunya di wilayah Jeneponto
- b. Teknologi turbin angin poros yang cocok dikembangkan pada daerah-daerah di Indonesia dengan kecepatan rata-rata anginnya di bawah 5 m/s agar

dapat dikembangkan turbin angin poros Vertikal

V. RUJUKAN

- [1] A. Prasetyo, D. Notosudjono, and H. Soebagja, PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN Dalam penyusunan Tugas Akhir ini maksud dan tujuannya adalah : a . Mengkaji sistem penerapan dan pengembangan PLT Angin di Indonesia sebagai negara berkembang . b . Mengkaji potensi angin dan teknologi pada PLT Angin Sistem, pp. 112, 2018.
- [2] W. Aryabathi, E. Erwin & S. Wiyono, S. “Potensi Energi Angin pada Sisi Siku Atap Gedung Tinggi”. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 3, 205–214. 2021. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v3i2.2304>
- [3] N. Khusnawati, R. Wibowo & M. Kabib. “Analisa Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu”. *Jurnal CRANKSHAFT*, 5(2), 2623–0755. 2022. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v5i2.7683>
- [4] I.C. Gunadin, N.K. Hasmudi, Z. Muslimin & A. Siswanto. Study of the Placement of STATCOM in the South Sulawesi Transmission System after the Integration of PLTB Sidrap and Jeneponto. *AIP Conference Proceedings*, 2543. 2022. <https://doi.org/10.1063/5.0094836>
- [5] S. Lubis, F. Lubis & P. Harahap. “PLTB sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan”. *Seminar Nasional Teknik*. 1(2), 1–5. 2019.
- [6] F. M. Fadul. “Wind Speed Prediction in The Area of PLTB Tolo Jeneponto South Sulawesi using article Neural network. 0, 106–110. 2019.
- [7] I.C. Gunadin, Z. Muslimin, A.M. Ilyas & A. Siswanto. “Comparison of Voltage Stability Index before and after Wind Turbine Penetrated to Sulseltrabar Interconnection Power System Using Modal Analysis Power System Using Modal Analysis Method”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875(1). 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/875/1/012043>
- [8] A. Sultan. Analisis Kestabilan Frekuensi Pada Sistem Sulbagsel Dengan Integrasi PLTB. 146. 2018.
- [9] I.C. Gunadin, S.M. Polopadang, Z. Muslimin, A. Siswanto & M. Said. “Critical Clearing Time Analysis of the South Sulawesi Interconnection System Due to Injection of the Sidrap & Jeneponto Wind Turbine”. 29 (4), 9793–9803. 2020.

- [10] N.W. Pramasetya, B.Y. Dewantara. “Rancang Bangun Pembangkit Hybrid PV dan Turbin Angin Type Savonius untuk Penerangan pada Jalan Tol”. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 9 (2), pp. 46–53. 2022.
- [11] B.Y. Dewantara, T.W. Ningsih, V.A. Agusin & I.D.P. Karyatanti. “Aerator Paddle Wheel Tenaga Surya untuk Petani Tambak Udang”. Hang Tuah University Press. 2024.
- [12] B.Y. Dewantara. “Potensi Pemanfa-atan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas di Kecamatan Bluto Desa Kapedi”. *CYCLOTRON*, 7(02), pp.43–47. 2024.
- [13] B.Y. Dewantara, I.D.P. Karyatanti, D. Rahmatullah, I. Winarno. Instalasi PLTS On-Grid Tipe Rooftop. Hang Tuah University Press. 2024.