



Tinjauan Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Pembangkit Listrik di Provinsi Sulawesi Selatan

Faizur Al Muhajir *¹, Nazaruddin Sinaga *²

*¹Magister Energi, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro

*² Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

email: *¹ faizur@students.undip.ac.id, *² nsinaga19.undip@gmail.com

Abstrak

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik di Provinsi Sulawesi Selatan masih tinggi yaitu sebesar 69% dari total kapasitas pembangkit. Pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) merupakan salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta dengan meningkatkan kemampuan produksi energi baru terbarukan lainnya. Tulisan ini menyajikan ulasan tentang PLTB di Provinsi Sulawesi Selatan – Indonesia, PLTB dalam skala besar baru di bangun dalam lima tahun terakhir di Indonesia. Berdasarkan Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), target bauran energi baru terbarukan pada tahun 2025 minimal 23% dan 31% pada tahun 2050. Target kapasitas terpasang untuk PLTB pada tahun 2025 adalah 1,8 GW dan 2,8 GW pada tahun 2050, terdapat dua pembangkit listrik tenaga bayu skala besar yang telah beroperasi di Indonesia, yaitu PLTB Sidrap dan PLTB Tolo Jeneponto dengan kapasitas masing-masing 75MW dan 72MW yang terletak di Provinsi Sulawesi Selatan.

Kata kunci-Energi Terbarukan, Turbin Angin, Sulawesi Selatan

Abstract

Dependence on fossil fuels for power generation in South Sulawesi Province is still high at 69% of the total generating capacity. Utilization of wind power plants (PLTB) is one way to reduce dependence on fossil fuels and another way is increasing the production capacity of other new renewable energy. This paper presents a review of PLTB in the Province of South Sulawesi – Indonesia, PLTB on a large scale has only been built in the last five years in Indonesia. Based on the Government Regulation on National Energy Policy (KEN), the target of the new renewable energy mix in 2025 is at least 23% and 31% in 2050. The installed capacity target for PLTB in 2025 is 1.8 GW and 2.8 GW in 2050, there are two large-scale wind power plants that have been operating in Indonesia, namely PLTB Sidrap and PLTB Tolo Jeneponto with a capacity of 75MW and 72MW respectively, located in South Sulawesi Province.

Keywords-Renewable Energy, Wind Turbine, South Sulawesi

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) termasuk dari salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang digunakan di Indonesia. Hembusan angin dikonverikan menjadi energi mekanis berupa putaran pada sudu turbin angin, energi mekanis ini kemudian digunakan sebagai penggerak generator. Sebagai sumber EBT, PLTB dapat menghasilkan listrik tanpa adanya emisi gas buang, hal ini tentu sangat berpengaruh terhadap lingkungan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN), target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Target kapasitas PLTB pada tahun 2025 yakni sebesar 1,8GW dan 2,8GW pada tahun 2050.

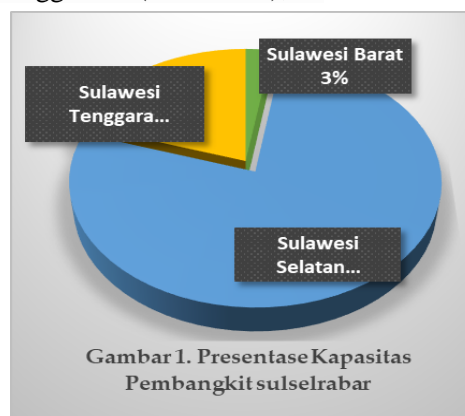
Tabel 1. Kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik Sulselrabar per jenis pembangkit per provinsi tahun 2019.

Provinsi	Sulawesi Barat	Sulawesi Selatan	Sulawesi Tenggara
PLTU	60.00	890.00	233.50
PLTG	-	122.72	-
PLTGU	-	315.00	-
PLTMG	-	-	97.80
PLTD	7.81	278.81	262.88
PLTA	-	513.5	-
PLTM	8.10	1.62	5.25
PLTMH	0.17	42.23	0.02
PLTB	-	152.85	-
PLTBm	-	17.20	-
PLTS	0.35	5.54	2.03
Jumlah	76.44	2.339.46	601.48

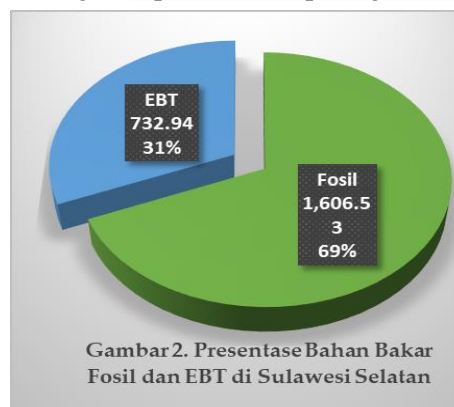
Sumber: Data Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019 – Kementerian ESDM Dirjen Ketenagalistrikan

Sulawesi Selatan adalah sebuah provinsi di Indonesia yang terletak di bagian selatan pulau Sulawesi. Pusat pemerintahan atau ibu kota provinsi berada di kota Makassar. Berdasarkan data dari badan pusat statistik provinsi Sulawesi Selatan, jumlah penduduk pada tahun 2020 berjumlah 8.928.004 jiwa. Elektrifikasi di Sulawesi Selatan terintegrasi dengan

Provinsi Sulawesi Barat dan Sulawesi Tenggara (Sulserabar), secara umum



elektrifikasi integrasi Sulselrabar memiliki daya mampu pasok sebesar 2581.24 MW dan mempunyai generator kapasitas terpasang sebesar 3017.38 MW seperti terlihat pada Tabel 1. Pada gambar 1 Dapat diketahui bahwa elektrifikasi interkoneksi Sulselrabar masih di dominasi oleh supply dari provinsi sulawesi selatan sebesar 77% atau 2.339,46MW. Pemakaian energi fosil sebagai pembangkit listrik di provinsi Sulawesi Selatan juga masih tinggi yaitu sebesar 69% dari total keseluruhan pembangkit seperti terlihat pada gambar 2.



2. POTENSI ANGIN [1] [2]

Salah satu isu terpenting dalam pengembangan energi angin adalah pengukurannya. Metode pengukuran yang tepat harus dilakukan agar data energi angin dapat diperoleh secara valid, khususnya kecepatan angin. Ini sangat penting untuk pemilihan teknologi yang akan digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Pengukuran kecepatan angin dan data angin di Indonesia diperoleh dari berbagai

Tabel 2. Data tingkat potensi kecepatan angin di Indonesia.

Tingkat Potensi	Kecepatan angin pada ketinggian 50 m (m/detik)	WPD 50 m (W/m ²)	Jumlah lokasi	Provinsi
Rendah	3,0 – 4,0	< 75	84	Maluku, Papua, Sumba, Mentawai, Bengkulu, Jambi, NTT, NTB, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Sumatera Barat, Jawa Tengah, Maluku, DIY, Lampung, Kalimantan
Sedang	4,0 – 5,0	75 – 150	34	Jawa Tengah, Jawa Barat, DIY, Bali, Bengkulu, NTT, NTB, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara
Baik	> 5,0	> 150	35	Banten, DKI Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Barat, DIY, NTT, NTB, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara Maluku

Sumber: LAPAN Wind data

pengukuran angin seperti dari Badan Meteorologi Nasional (BMKG) dan pengukuran yang dilakukan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), data pengukuran angin di beberapa titik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Hasil Pengukuran WRA

Lokasi	Kecepatan rata-rata m/dt	Weibul Parameter		WPD W/m ²
		C (m/dt)	k	
Yogyakarta	5,8	6,6	2,34	202
Lebak Banten	5,5	6,2	2,07	185
Bali	4,9	5,5	1,97	137
Oelbubuk	6,7	7,8	2,33	334
Bantul	4,1	4,6	1,7	99
Sukabumi	6,6	7,4	2,54	272
Purworejo	5,32	5,9	1,52	250
Garut	6,6	7,5	3,29	248
Sidrap	7,04	7,9	2,06	395
Jeneponto	8,11	9,3	2,73	511
Selayar	4,0	4,5	1,86	83

Sumber: WHyPGen project & 3TIER

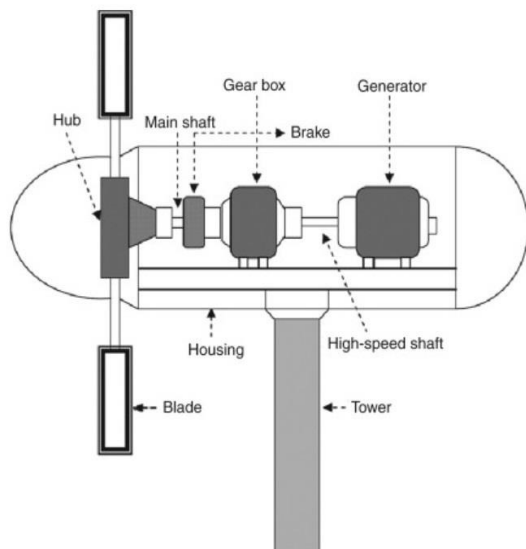
Wind Resources Assessment (WRA) dilakukan untuk memprediksi potensi energi angin di suatu wilayah. Diperlukan data sekunder iklim angin untuk skala meso dan data primer untuk skala mikro (data sekunder dari down - scaling statistik dimungkinkan jika data satelit cuaca sebagai data primer tidak tersedia). WRA dalam penelitian ini dilakukan dalam kategori skala mikro, dimana luas wilayah yang dianalisis adalah titik acuan berkekuatan 20 km.

Proyek *Wind Hybrid Power Generation (WHyPGen)* telah melaksanakan WRA di 11 lokasi, menggunakan data dari satelit dan survei kunjungan lapangan. WRA berada di 7 provinsi, dan luas wilayah yang dinilai sekitar 9.936,53 km². Dengan menggunakan turbin angin berdiameter 55m (atau berkapasitas sekitar 750kW), diperoleh hasil simulasi bahwa energi angin di lokasi tersebut dapat menghasilkan listrik sekitar 2,745GW atau sekitar 55,184 GWh/tahun. Berikut data pengukuran kecepatan angin di berbagai lokasi disajikan pada Tabel 3.

3. KONVERSI ENERGI [3]

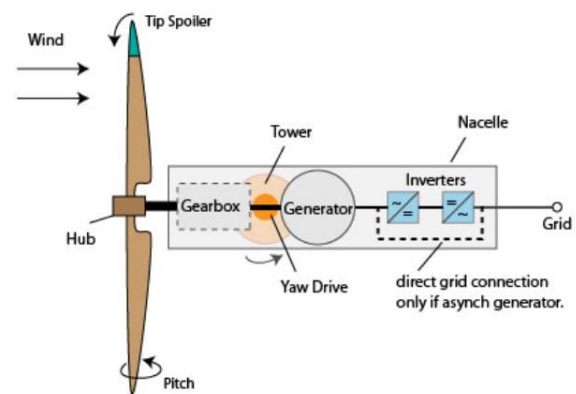
Energi angin tercipta dari pergerakan udara, perubahan suhu di permukaan daratan ataupun lautan menyebabkan terjadinya pergerakan udara tersebut hingga terbentuk energi angin. Kebanyakannya arah hembusan angin

terbentuk secara horizontal, walaupun juga terdapat arah hembusan secara vertikal. Kecepatan angin bervariasi berdasarkan geografi, topografi dan musim. Hasilnya, terdapat beberapa lokasi yang sangat ideal untuk pembangkit energi angin. Secara umum, kecepatan angin lebih tinggi di dekat pantai dan lepas pantai karena lebih sedikit objek seperti pohon, gunung, dan bangunan yang menghambatnya. Konversi energi angin pada PLTB memanfaatkan energi kinetik dari hembusan angin menjadi tenaga putar mekanis oleh turbin [4], Tenaga putar mekanis tersebut digunakan untuk menggerakkan generator listrik melalui perantara poros penggerak dan gear box seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komponen turbin angin

Dalam satu turbin, terdapat beberapa komponen diantaranya: blade, hub, rotor, tower, turbin dan generator (Gambar 3). Umumnya turbin angin saat ini menggunakan horizontal - axis dengan propeller tipe blade. Rotor merupakan bagian turbin yang menyediakan energi angin sebagai sumber penggerak turbin, terdiri dari hub dan beberapa blade yang terpasang pada hub. Tower merupakan struktur pendukung turbin angin. Peralatan pengarah putaran, sistem kontrol dan mekanisme putaran serta generator ditempatkan dalam nacelle.



Gambar 4. Konversi energi turbin angin

3.1 Komponen PLTB [5] [9].

- a. Anemometer: Alat ukur kecepatan angin yg terpasang pada tower dan terhubung ke pusat pengontrol PLTB.
- b. *Blades/* Bilah Sudu: Komponen utama dalam proses konversi energi, menerima hembusan angin dan meneruskan energi kinetik yg menyebabkan terjadinya pergerakan. Biasanya turbin angin memiliki dua atau tiga buah bilah sudu.
- c. Hub: Fungsi hub pada turbin angin adalah menghubungkan bilah sudu (*Blades*) ke poros utama dan akhirnya ke seluruh rangkaian penggerak. Hub mentransmisikan dan menahan semua beban yang dihasilkan oleh *Blades*. Hub umumnya terbuat dari baja, baik yang dilas maupun dituang. *Blades* dan *Hub* biasa juga disebut sebagai *Rotor*.
- d. *Brake/* Pengerem: Digunakan untuk mengurangi kecepatan untuk menjaga putaran poros bekerja pada titik aman saat kecepatan angin meningkat.
- e. *Gear Box/* Roda Gigi: Rangkaian roda gigi yang membungkan poros kecepatan tinggi dan poros kecepatan rendah hingga dapat meningkatkan kecepatan putaran generator.
- f. Generator: Peralatan yg digunakan untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan komponen utama rotor pada

bagian yg berputar dan stator pada bagian yg diam dan menghasilkan arus bolak balik.

g. *Nacelle*: Adalah bagian dari turbin angin yang menampung komponen yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Kebanyakan nacelle memiliki komponen yang sama, seperti Hub, Rotor, Gearbox, Generator, Inverter, dan Bearing. Lebih dari 1.500 komponen kecil dan besar ditempatkan di nacelle.

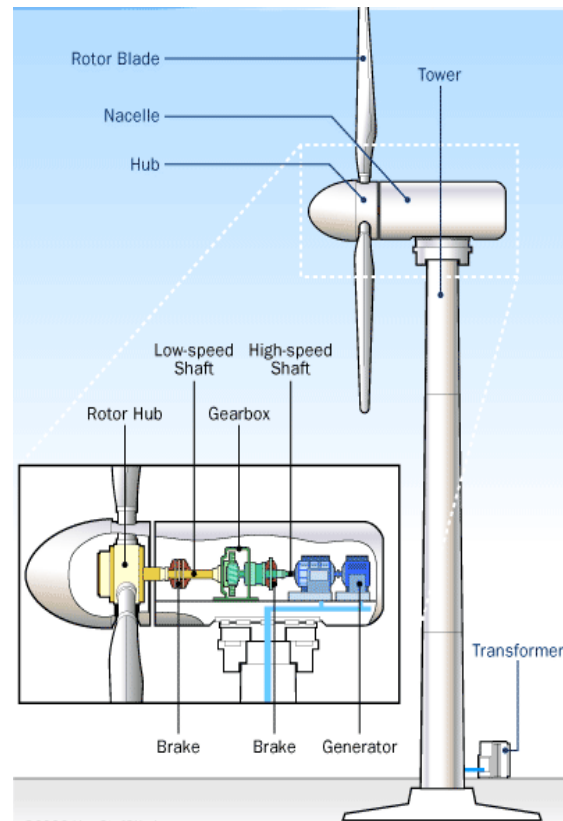
h. *Tower/ Menara*: Terbuat dari baja tubular, beton, atau kisi baja. Berfungsi menyangga struktur turbin dan rumah nacelle. Karena kecepatan angin meningkat seiring dengan ketinggian, menara yang lebih tinggi memungkinkan turbin menangkap lebih banyak energi dan menghasilkan lebih banyak listrik.

i. *Yaw Drive*: Peralatan yang berfungsi untuk mengorientasikan turbin melawan arah angin sehingga tetap menghadap angin saat terjadi perubahan arah angin. *Yaw Drive* biasanya digerakkan oleh motor. Turbin tipe down-wind tidak memerlukan yaw drive karena angin secara manual meniup rotor menjauh darinya.

j. *Wind Vane*: Peralatan yang berfungsi membaca dan mengukur arah angin dan berkomunikasi dengan yaw drive untuk mengarahkan turbin dengan benar sesuai dengan angin.

k. *Wind Direction*: Dalam menentukan desain turbin angin terdapat pilihan *Up-Wind Turbine* dan *Down-Wind Turbine*. *Up-Wind Turbine* berarti bilah blades turbin melawan arah angin sementara *Down-Wind Turbine* di desain untuk mengikuti hembusan angin.

l. *Controller/ Pengendali*: Sistem kendali pada turbin angin dirancang untuk mengoptimalkan efisiensi operasi tertinggi yang memaksimalkan koefisien daya dan memastikan pengoperasian yang aman dalam semua kondisi angin. [5].



Gambar 5. Komponen turbin angin

4. DISKUSI

Menurut data Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019 yg dirilis oleh Kementerian ESDM Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, pengoperasian pembangkit listrik di sulawesi selatan dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Non PLN, pembangkit Non PLN merupakan pembangkit yang dimiliki oleh Perusahaan swasta atau *Independence Power Producer (IPP)* dan Perusahaan yang memiliki Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (IUPTL) seperti pemegang wilayah usaha ketenagalistrikan dan pemegang Izin Operasi (IO). Seluruh PLTB yg beroperasi di provinsi sulawesi selatan dioperasikan oleh IPP.

4.1. PLTB Sidrap [6] [7]

PLTB Sidrap adalah pembangkit listrik tenaga angin skala besar yg pertama beroperasi di Indonesia dengan kapasitas 75MW dengan masing masing turbin angin memiliki kapasitas 30 x 2,5MW. PLTB Sidrap selesai dibangun pada tanggal 5

April 2018 dan diresmikan oleh Presiden Indonesia, Bapak Joko Widodo pada tanggal 5 Juli 2018, terletak di Kabupaten Sidenreng Rappang dengan 30 kincir angin, tinggi menara 80meter dan panjang baling-baling 57meter. PLTB Sidrap dioperasikan oleh IPP PT.UPC Sidrap Bayu Energi yang merupakan konsorsium yang terdiri dari UPC Renewables Asia I, UPC Renewables Asia III, Sunedison dan Binatek Energi Terbarukan. PLTB Sidrap dapat mengaliri lebih dari 70.000 pelanggan listrik dengan daya 900 Volt Ampere (VA).



Gambar 6. PLTB Sidrap

4.1. 1 Energi Angin PLTB Sidrap [7] [10]

Berdasarkan data hasil pengukuran WRA, diketahui kecepatan angin 7m/s, massa jenis udara standar adalah 1,2 kg/m³, luas penampang yang digunakan yaitu dengan diameter 57meter (Turbin poros horizontal) Perhitungan menggunakan formula untuk menghitung energi angin sebagai berikut

- Luas Penampang Blade

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \times 28,5^2 = 2.550 \text{ m}^2 \quad (1)$$

- Massa Udara

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

$$m = 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 7 \text{ m/s} \times 2.550 \text{ m}^2$$

$$= 21.420 \text{ kg} \quad (2)$$

- Energi Kinetik

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

$$E = \frac{1}{2} \times 21.420 \text{ kg} \times 7^2$$

$$= 524.790 \text{ Joule /Detik} \quad (3)$$

4.2. PLTB Tolo Jeneponto [7] [8]

PLTB Tolo terletak di Kecamatan Turatea Kabupaten Jeneponto, propinsi Sulawesi Selatan. Memiliki kapasitas 72MW dengan 20 turbin angin dengan masing- masing kapasitas 3,6MW. PLTB dengan baling-baling jenis sovanius (*Three Blade*) up-wind yang menghadap arah datangnya angin dengan panjang 63meter dan tinggi menara 133meter. Jenis turbin yang dipasang di PLTB ini model SWT-3.6-130. Pada kecepatan angin 3-5m/s, turbin angin mulai bekerja. Kecepatan rotor maksimum adalah 12.2 rpm/menit. Siemens SWT-3.6-130 dilengkapi dengan gearbox penggerak langsung. Pada generator, Siemens Wind Power A/S set untuk tetap sinkron. Tegangan berjumlah 690,0 V. Pada frekuensi utama, SWT-3.6-130 berada pada 50 Hz. dan 2unit transformator dipasang dengan kapasitas masing-masing 45 MVA. PLTB Tolo terkoneksi dengan jaringan transmisi sebesar 150kV melalui gardu induk jeneponto.



Gambar 6. PLTB Tolo Jeneponto

4. 2. 1 Energi Angin PLTB Tolo [7] [10]

Berdasarkan data hasil pengukuran WRA, diketahui kecepatan angin 8,1m/s, massa jenis udara standar adalah 1,2 kg/m³, luas penampang yang digunakan yaitu dengan diameter 63meter (Turbin poros horizontal) Perhitungan menggunakan formula untuk menghitung energi angin sebagai berikut

- Luas Penampang Blade

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3,14 \times 31,5^2 = 3.115 \text{ m}^2 \quad (1)$$

- Massa Udara

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

$$m = 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 8,1 \text{ m/s} \times 3.115 \text{ m}^2 \\ = 30.277,8 \text{ kg} \quad (2)$$

- Energi Kinetik

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

$$E = \frac{1}{2} \times 30.277,8 \text{ kg} \times 8,1^2 \\ = 993.263 \text{ Joule /Detik} \quad (3)$$

5. Kesimpulan

Pada prinsipnya PLTB mengkonversi tenaga gerak angin menjadi tenaga putar mekanis oleh turbin, kemudian tenaga putar mekanis digunakan untuk menggerakkan sebuah generator listrik. PLTB yg beroperasi di provinsi sulawesi selatan dioperasikan oleh IPP dengan total kapasitas terpasang sebesar 147 MW atau 6,53 % dari total kapasitas keseluruhan pembangkit di propinsi Sulawesi Selatan. PLTB Sidrap memiliki kapasitas 75MW dengan 30 turbin angin dengan masing-masing kapasitas 2,5MW sedangkan PLTB Tolo memiliki kapasitas terpasang sebesar 72MW dengan 20 turbin angin dengan masing- masing kapasitas 3,6MW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi memberi kesempatan, sehingga artikel singkat terkait PLTB ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martosaputro, S., & Murti, N. (2014). Blowing the wind energy in Indonesia. *Energy Procedia*, 47, 273–282.
- [2] Pambudi, G., & Nananukul, N. (2019). Wind turbine site selection in Indonesia, based on a hierarchical dual data envelopment analysis model. *Energy Procedia*, 158, 3290–3295.
- [3] Mustika, L. (2020). *Pengembangan Media Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik*. 3, 20–23.
- [4] Blackwood, M. (2016). *Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two Maximum Efficiency of a Wind Turbine*. 6.
- [5] Corke, T., & Nelson, R. (2018). Chapter 6: Wind Turbine Control. *Wind Energy Design*, 135–160.
- [6] Dobson, K., dan Sutherland, A., 2016, *Sidrap Wind Farm Project Phase 1 Environmental and Social Impact Assesment, Vol 1, PT UPC Renewables Indonesia*, Jakarta.
- [7] Prasetyo, A., Notosudjono, D., & Soebagja, H. (2019). Studi Potensi Penerapan Dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Indonesia. *Program Studi Teknik Elektro*, 1–12.
- [8] Alam, N., dan Supriadi., (2018) Studi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kabupaten Jeneponto, Skripsi, Program Studi Teknik Elektro, Univ. Muhammadiyah Makassar, Sulawesi Selatan.
- [9] MS, S., & Ibrochim, M. (2010). Analisa Potensi Energi Angin Dan Estimasi Energi Output Turbin Angin Di Lebak Banten. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 7(1), 51–59.
- [10] Mathew, S., Pandey, K. P., & Kumar, V, A. (2002). Analysis of wind regimes for energy estimation. *Renewable Energy*, 25(3), 381–399.