JURNAL POLIMESIN
Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P2M)
Politeknik Negeri Lhokseumawe
ISSN Print: 1693-5462, ISSN Online: 2549-1199
Website: http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin

Analisis Potensi Energi Angin Tahunan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Banda Aceh dan Sekitarnya

Ratna Sary[1], Ahmad Syuhada[1], Teuku Zulfadli[2]
[1]Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri,
Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh, 23111, Indonesia
[2]Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe, 24301, Indonesia
*Email: ratnasary_ft@unsyiah.ac.id

Abstrak

Angin merupakan salah satu potensi yang terus dikembangkan sebagai energi baru dan terbarukan di Provinsi Aceh mengingat potensinya yang cukup tersedia. Pada pemanfaatanya, kecepatan angin merupakan salah satu variabel penting dan utama dalam menghitung jumlah energi yang diperoleh. Energi ini nantinya akan dikombinasikan dengan sumber energi dari PLN yang selama ini menggunakan bahan bakar fosil. Potensi angin di Banda Aceh dan sekitarnya sangat memungkinkan untuk dikonversikan menjadi energi listrik karena kecepatan rata-rata angin di Banda Aceh dan sekitarnya berkisar antara 4 – 6 m/s dan dapat berhembus selama kurang lebih 4 sampai 6 jam perhari. Data yang diperoleh dari BMKG Aceh Besar nantinya akan dibandingkan dengan pengambilan data dilapangan dibeberapa titik/wilayah, Hasil kajian potensi energi angin sebagai pembangkit listrik di daerah Saree, maka diperoleh kecepatan angin rata di tahun 2017 sebesar rata 4.2 m/s dengan menghasilkan daya listrik sebesar 312 Watt/m^2. Tahun 2018 sebesar 4,6 m/s dengan daya listrik sebesar 341 Watt/m^2. Sedangkan tahun 2019 sebesar 5 m/s dengan menghasilkan daya listrik sebesar 368 Watt/m^2 dan perbandingannya di dua daerah lain yaitu Gampong Jawa dan Gampong Deah Glumpang Banda Aceh diperoleh Gampong Jawa dengan kecepatan angin sebesar 4,35 m/s dengan menghasilkan daya 324 Watt/m^2 dan di Gampong Deah Glumpang dengan kecepatan angin sebesar 3,95 m/s dengan menghasilkan daya 296 Watt/m^2. Kecepatan angin tertinggi tahunan juga diperoleh pada bulan Juli hingga Oktober setiap tahunnya.
Kata kunci : Energi Angin, Kecepatan Angin, Daya

Analysis of Wind Energy Potential as A Hybrid Power Plant in Banda Aceh and Surrounding Areas

Abstract

Wind is one of the energy sources developed as new and renewable energy in Aceh Province because of the sufficient wind potential available. In its utilization, wind speed is one of the important and main variables in calculating the amount of energy obtained. This energy will later be combined with energy sources from PLN which have been using fossil fuels. Wind potential in Banda Aceh and its surroundings is very possible to be converted into electrical energy because the average wind speed in Banda Aceh and its surroundings ranges from 4-6 m/s and can blow for approximately 4 to 6 hours per day. The results of the study of the potential of wind energy as a power plant in the Saree area (Aceh Besar District), then obtained an average wind speed in 2017 of 4.2 m/s by generating electrical power of 312 Watt/m^2. In 2018 it was 4.6 m/s with an electric power of 341 Watt/m^2. While in 2019 it was 5 m/s by generating an electric power of 368 Watt/m^2 and the comparison in two other areas, namely Gampong Jawa and Gampong Deah Glumpang Banda Aceh, was obtained by Gampong Jawa with a wind speed of 4.35 m/s by producing 324 Watts/m^2 and in Deah Glumpang Village with a wind speed of 3.95 m/s with a power output of 296 Watt/m^2
***Keywords**: Wind Energy, Wind Speed, Power.*

1. Pendahuluan

Energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan sumber-sumber potensial untuk penyedian listrik di berbagai wilayah di Indonesia. Sumber – sumber EBT yang akan di kembangkan seperti energi angin, dimana implentasinya di dukung oleh berbagai kebijakan pemerintah. Harapannya hingga tahun 2025 kontribusi EBT dapat mencapai 5% dari pasokan listrik nasional (Perpres No. 5 tahun 2006). [1]

Dari Laporan Kinerja Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Aceh Tahun 2020 mengatakan bahwa Kapasitas pembangkit di Aceh pada tahun 2020 mengalami peningkatan dibandingkan degan tahun

2019, yaitu sebesar 615 MW dan beban puncak penggunaan listrik 540 MW. Peningkatan ini terjadi karena bertambahnya jumlah penduduk serta bertambahnya kebutuhan listrik untuk kawasan industri dan perusahaan besar yang beroperasi di Aceh. [2]

Negara Indonesia mempunyai Potensi energi angin sebesar 978 MW, Potensi energi angin terbesar ada di wilayah Sidrap dan Jeneponto di Sulawesi Selatan berpotensi menghasilkan energi listrik dari angin hingga lebih dari 200 MW. [3]

Di Aceh sendiri, sampai hari ini telah banyak kajian terkait potensi angin, namun belum dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Rata-rata kecepatan angin Aceh berkisar Antara 4-6 m/s dan dapat berhembus selama kurang lebih 4 sampai 6 jam perhari [4]. Data pada daerah Ulee Lheue yang diambil pada Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda pada gambar 1. terlihat bahwa kecepatan angin rata-rata 4,5 – 5,4 knot (2,3 – 2,7 m/s) selama Tahun 2014 – 2018 dengan kecepatan maksimum dibulan oktober dan kecepatan tertinggi terjadi pada bulan juli s.d oktober. [5]

Gambar 1. Kecepatan angina rata-rata dan kecepatan angina maksimum daerah Ulee Lheue tahun 2014-2018.

Energi angin dapat dimanfaatkan untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin, yang juga nantinya akan dikombinasikan menjadi energi *hybrid* antara sumber energi angin dan energi listrik dari penyedia utama (PLN) yang bersumber dari fosil. Kombinasi energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi bagi masyarakat terutama Aceh.

Telah dilakukan kajian potensi energi angin untuk menggerakan pompa oleh Meliagrina. Kajian ini hanya digunakan untuk menghitung daya yang nantinya akan digunakan untuk menggerakkan pompa, bukan untuk pembangkit listrik. Potensi energi angin di daerah Saree Aceh Besar pada tahun 2012-2013 yang diperoleh kecepatan angin rata – rata 6,41 m/s, menghasilkan daya angin 893,96 Watt, daya turbin angin dengan diameter rotor 3 m, daya pompa yang direncanakana 650 Watt, dengan head statik pompa 20 m. [6]

2. Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak dari daerah yang bersuhu rendah ke daerah yang bersuhu lebih tinggi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi matahari pada permukaan bumi, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, atau dengan kata lain angin akan bergerak dari suatu daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan lebih rendah.

Energi Angin merupakan energi terbarukan yang sangat fleksibel. Pemanfaatannya selain untuk pembangkit listrik, dapat juga digunakan untuk berbagai keperluan seperti pemompaan air untuk irigasi [7], aerasi tambak ikan/udang dan lain sebagainya. Selain itu, pemanfaatan energi angin dapat dilakukan di mana-mana, baik di daerah landai maupun dataran tinggi, bahkan dapat di terapkan di laut, berbeda halnya dengan energi air. Untuk kebutuhan pembangkit listrik tenaga angin, daya yang dihasilkan setiap saat tidak tetap, ini dikarenakan tenaga angin atau angin sangat bergantung dari kondisi alam masing-masing daerah

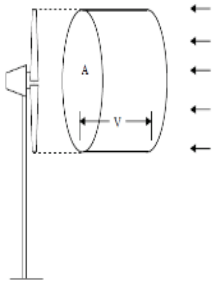
Pemilihan Turbin Angin juga dipengaruhi oleh berbagai hal, salah satunya kecepatan angin didaerah tersebut. Pada penelitian Firman dkk, dengan kecepatan angin 4 m/s, putaran yang dihasilkan pada turbin angin sumbu horizontal dengan jumlah blade 5 lebih baik bila dibandingkan dengan jumlah blade 3,4,dan 6. Semakin besar kecepatan angin maka putaran yang dihasilkan juga semakin besar [8]

Angin mempunyai tenaga/daya yang sama besarnya dengan energi kinetik *(KE_i)* dari aliran angin tersebut, yaitu [9]:

$$P_{tot} = m.KE_i = m.\frac{V_i^2}{2.gc} \quad (1)$$

dimana:

P_{tot} = daya total angin (Watt)
KE_i = Energi Kinetik (Joule)
m = aliran massa angin kg/det
V_i = kecepatan angin masuk m/det
gc = faktor konversi = 1 kg.m/N.det



Gambar 2.Suatu bidang udara bergerak ke arah turbin angin [10]

Daya angin berbanding lurus dengan luas penampang, kerapatan udara dan kecepatan angin pangkat tiga yang alirannya tidak mengalami gangguan, seperti pada persamaan berikut [11]:

$$P_w = ½ A.\rho.V^3 \text{ (Watt/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Dimana:

P_w = Daya dalam angin (Watt/m^2)
A = Luas area sapuan rotor (m^2)
ρ = Densitas udara (1,225 kg/m^3)
V = Kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik dari sebuah benda yang bergerak sebanding dengan massanya. Dengan demikian, energi kinetik dari angin tergantung pada kepadatan udara. Pada tekanan atmosfer normal dan temperatur 15ºC kerapatan udara adalah 1,255 kg/m^3 meskipun nilai ini sedikit menurun dengan peningkatan kelembaban.

Koefisien daya dari turbin angin adalah pengukuran beberapa efisien turbin angin mengubah energi dalam angin menjadi listrik. Koefisien kekuatan pada kecepatan angin tertentu adalah membagi listrik yang dihasilkan oleh energi total yang tersedia dalam angin pada kecepatan itu.

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah [12]:

$$P = \frac{16}{27} r A V^3 \quad (3)$$

Angka 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin tipe sumbu horizontal. Pada kenyataannya karena ada rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi (η) aerodinamik dari rotor, maka η rotor ini akan lebih kecil lagi yaitu berkisar pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik, maka didapatlah persamaan selanjutnya [12], yaitu:

$$P = \frac{16}{27} r A V^3 h \quad (4)$$

Dimana:
η = Efisiensi aerodinamis (maksimal 45%)

Kecepatan angin akan meningkat dengan ketinggian karena gesekan pada permukaan bumi adalah besar. Laju peningkatan kecepatan angin yang sering digunakan untuk menggambarkan dampak dari kekasaran permukaan bumi pada kecepatan angin diberikan persaman sebagai berikut [6]:

$$\left(\frac{v}{v_o}\right) = \left(\frac{H}{H_o}\right)^{\alpha} \quad (5)$$

dimana:

v = kecepatan anginpada ketinggianH.
v_o = kecepatan angin ketinggian nominal *Ho*.
α = koefisien gesekan.

3. Metode Penelitian

Data Primer diambil dari Data BMKG yang berada di Saree, Kecamatan Lembah Seulawah, Aceh Besar dari tahun 2017 sampai dengan 2019. Data pengukuran yang diambil di dua titik pada daerah Banda Aceh adalah data di Kp. Jawa Kecamatan Kuta Raja dan di Deah Glumpang Kec. Meuraxa Banda Aceh. Hasil data yang diperoleh kemudian di analisis dan dihitung untuk melihat potensi energi listrik di Kota Banda Aceh. Peralatan ukur yang digunakan adalah Wind Cup (*Cup Anemometer*). Ketinggian pengukuran 10-meter dari permukaan tanah (Jalan), pemilihan ini berdasarkan daya yang dihasilkan dan letak kawasan (skala rendah) yang tidak ada hambatan pada ketinggian 10 meter [13]

Gambar 3. Proses Pemasangan dan Pengukuran

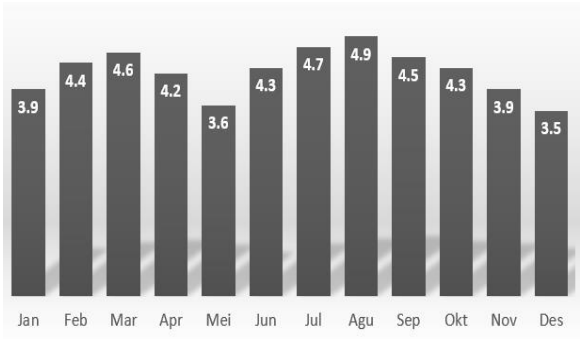
3. Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh pada dari pengukuran potensi angin pada BMKG Saree yang diukur pada ketinggian 10 m di atas permukan tanah jalan Banda Aceh – Medan. Kecepatan angin tertinggi rata-rata

didapat dalam setahun yaitu 4.9 m/s dan terendah rata–rata 3.5 m/s sehingga kecepatan rata-rata ditahun 2017 sebesar 4,2 m/s. Di tahun 2018 kecepatan angin tertinggi 5,6 m/s dan kecepatan angin terendah diperoleh sebesar 3,6 m/s sehingga kecepatan angin rata-rata ditahun 2018 sebesar 4,6 m/s.

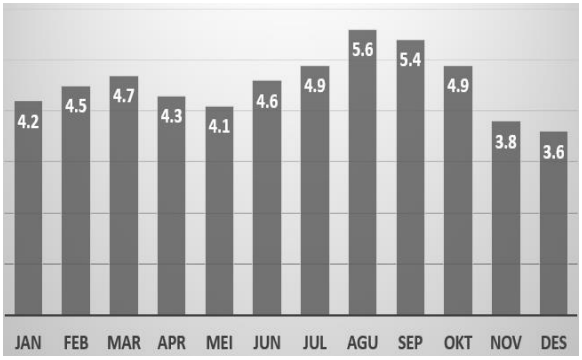
Ditahun berikutnya kecepatan angin rata-rata tertinggi diperoleh sebesar 5,7 m/s dan kecepatan terendah pada 3,7 m/s, sehingga kecepatan rata-rata angin didapat sebesar 4,7 m/s.

Gambar 4 menunjukkan kecepatan angin rata-rata yang terjadi di daerah BMKG Saree sepanjang tahun 2017. Bulan-bulan tertinggi diperoleh pada bulan Juli dan Agustus. Ini dikarenakan bulan-bulan tersebut terjadi perubahan cuaca atau yg sering dikenal dengan pancaroba yang meningkatkan kecepatan angin di wilayah tersebut.

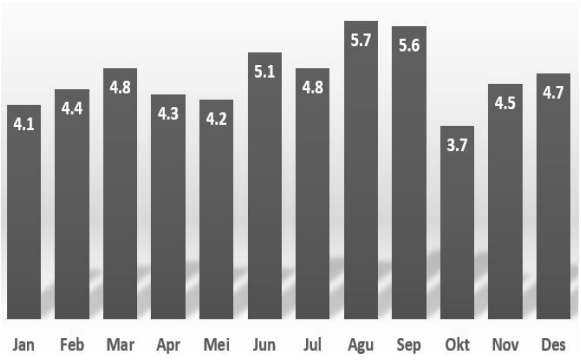


Gambar 4. Data pengukuran kecepatan angin pada tahun 2017 di Saree.

Gambar 5 juga menunjukkan kecenderungan atau trend yang sama dengan gambar 4 dimana bulan-bulan dengan kecepatan angin tertinggi didapat sekitar bulan Agustus dan September yaitu sekitar 5,4 hingga 5,6 m/s.



Gambar 5. Data pengukuran kecepatan angin pada tahun 2018 di Saree.



Gambar 6. Data pengukuran kecepatan angin pada tahun 2019 di Saree.

Gambar 6 dapat dilihat trend grafik yang ditunjukkan adalah sama dengan gambar 3 dan 4 dimana bulan tertinggi nilai kecepatan anginnya berkisar dibulan Agustus dan September yaitu sebesar 5,7 dan 5,6 m/s. Data-data bulan-bulan tertinggi ini nantinya akan diambil untuk dianalisis lebih lanjut.

Data Pembandingan

Dari data sebelumnya selama kurun waktu 3 tahun yaitu pada daerah Saree diperoleh data tertinggi rata-rata diperoleh pada bulan-bulan Juli hingga Oktober, maka jika dilihat pada beberapa lokasi lainnya dapat ditunjukkan dengan Tabel 1. Kecepatan angin disetiap daerah pada tahun 2019

Tabel 1. Data Perbandingan Kecepatan Angin Tahun 2019

Bulan	**Saree**	**Gp. Jawa**	**Gp.Deah Glumpang**
Juli	4,8	4,2	3,9
Agus	5,7	4,8	4.3
Sept	5,8	4,6	4.1
Okt	3,7	3,8	3,5
Rata-rata	**5**	**4,35**	**3,95**
Max	5,8	4.8	4,3
Min	3,7	3,8	3,5

**dalam m/s*

Dari Tabel 1. Menunjukkan nilai tertinggi untuk kecepatan angin rata-rata di tiga wilayah adalah wilayah Saree dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s. Ini dikarenakan wilayah Saree wilayah perbukitan yang cukup tinggi dari permukaan laut.

Daya Angin

Dengan menggunakan persamaan 4. maka dapat dihitung daya yang dihasilkan dengan menentukan efisiensi maksimum 45% yaitu dapat

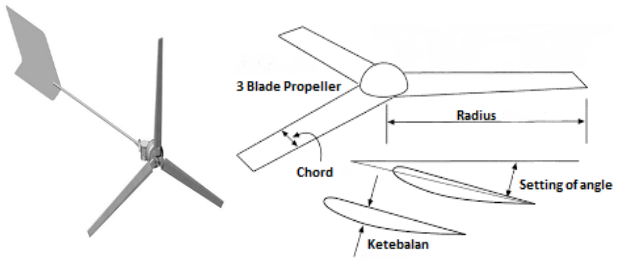
diambil 30-40% sebagai titik yang direkomendasikan yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya yang dihasilkan ketiga wilayah ditahun 2019

Wilayah	Kec.Angin	Daya
Saree	5 m/s	368 watt/m^2
Gp. Jawa	4,35 m/s	324 watt/m^2
Gp. Deah Gl	3,95 m/s	296 watt/m^2

Pemilihan Turbin Angin

Jumlah blade pada rotor turbin angin bervariasi, dan tidak ada tinjauan teoritis yang benar sebagai konsep terbaik, tetapi lebih ditentukan oleh jenis penggunaanya, misalnya untuk pembangkit listrik atau pompa air, serta kecepatan angin saat rotor mulai berputar. Konsep satu blade, sulit seimbang, membutuhkan angin yang sangat kencang untuk menghasilkan daya angkat memutar, konsep ini dikembangkan di negara Jerman. Konsep dua blade, mudah untuk seimbang, tetapi keseimbangannya masih mudah untuk bergeser. Desain sudu harus memiliki kelengkungan yang tajam untuk dapat menangkap energi angin secara efektif [14], tetapi pada kecepatan angin rendah sekitar 3 m/s putarannya sulit dimulai. Tingkat kelengkungan sudu turbin mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan walaupun turbin angin bekerja pada kecepatan angin yang sama. Hal ini dipengaruhi oleh massa dan luas penampang turbin. semakin tinggi tingkat kelengkungan turbin luas penampang turbin semakin besar dan daya angin yang diterima turbin semakin besar dan turbin dapat berputar lebih kencang [15]. Konsep tiga blade, lebih setimbang dan kelengkugan blade lebih halus untuk dapat menangkap energi angin secara efektif. Konsep ini sering dipakai pada kincir komersial. Konsep multi blade, memiliki efisiensi rendah, tetapi dapat menghasilkan momen gaya awal yang cukup besar untuk berputar, cocok untuk kecepatan angin rendah. Konsep seperti ini banyak ditemui pada turbin angina untuk keperluan memompa air, karena murah dan mampu bekerja pada kecepatan angin rendah sehingga tower tidak terlalu tinggi dan air dapat dipompa secara kontinue. [16]



Gambar 6. Salah satu contoh Turbin Angin dengan 3 Bilah

5. Kesimpulan

Hasil untuk ketiga wilayah ditahun 2019 yaitu Saree, Gp. Jawa dan Gp. Deah Glumpang diperoleh kecepatan angin rata-rata tertinggi diperoleh didaerah Saree sebesar 5 m/s dengan daya listrik sebesar 368 Watt/m^2. Gampong Jawa diperoleh dengan kecepatan angin sebesar 4,35 m/s menghasilkan daya 324 Watt/m^2 dan Gampong Deah Glumpang dengan kecepatan angin sebesar 3,95 m/s dengan menghasilkan daya 296 Watt/m^2.

Referensi

[1] Kementrian Sumber daya Energi dan Mineral, *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2006 – 2025*. 2006

[2] Laporan Kinerja Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM Aceh) Tahun 2020. https://esdm.acehprov.go.id/media/esdm.acehprov.go.id/2021.04/LKj_ESDM_2020.pdf diakses pada tanggal 10 Juli 2021

[3] Notosudjono D, *Teknologi Energi Terbarukan* Bogor : UNPAK PRESS. 2017.

[4] Aceh potensial kembangan energi angin (2017) https://aceh.tribunnews.com/2017/12/21/aceh-potensial-kembangkan-tenaga-angin, diakses pada tanggal 27 agustus 2021

[5] BAPPEDA Aceh dan UIN Ar-Raniry, *Laporan Potensi Angin Lepas Pantai di Gampong Ulee Lheue untuk Ketenagalistrikan Banda Aceh*. https://bappeda.bandaacehkota.go.id/wp-content/uploads/2020/12/1.-SAINTEK_1_Potensi-Energi-Angin-Lepas-Pantai-di-Gp-Ulee-Lheue.pdf, diakses. 2019

[6] Meliagrina, ahmad syuhada dkk, "Kajian Potensi Energi Bayu Sebagai Penggerak Pompa Pengairan Pertanian Daerah Saree Aceh Besar", *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*. Vol 4, No. 1, pp. 17-23, 2016. 2016

[7] Teuku Zulfadhli dan Andi Mulkan "Studi kelayakan energi matahari – angin (*hybrid*) sebagai sumber daya pompa air untuk sistem pengairan di kawasan Aceh Besar", *J.POLIMESIN*. Vol. 17, No. 2, pp. 61-66, 2019

[8] Firman dkk, "Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal", *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, Vol.3 No. 1, pp. 50-59. 2013

[9] J. F. Manwell and J. G. McGowan, A. L. Rogers. WIND ENERGY EXPLAINED Theory Design and Application Second Edition. John Wiley & Sons Ltd. 2009

[10] Sarjono, "Pengaruh Perubahan jumlah Blade Spiral 5 dan 3 terhadap performa kincir angin", Jurusan Teknik Mesin, sekolah tinggi teknologi Ronggolawe.

[11] Kadir A. Energi Angin. Dalam: Energi. UI-Press. 243-257. 1987

[12] Sathyajith Mathew. "Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics", *Krips bv, Meppel Binding: Stürtz AG*, Würzburg. 2006

[13] TastyCakes. "NASA experimental wind turbines drawn to the same scale, https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Wind_generator_comparison.svg", diakses pada tanggal 10 November 2020. 2009

[14] Rusuminto Syahyuniar dkk. "Rancang Bangun Blade Turbin Angin Tipe Horizontal", *Jurnal Elemen*, Vol. 5 No. pp. 29-34. 2018.

[15] Arini Noviaranti dkk. "Pengaruh Kelengkungan Sudu Terhadap Tegangan dan Arus yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U", e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.2 , Agustus 2020, pp. 4371-4376.

[16] Agus Sifa dkk, "Pengujian Kincir Angin *Horizontal Type* di Kawasan Tambak sebagai Energi Listrik Alternatif untuk Penerangan". *Industrial Research Workshop and National Seminar* (IRWNS). 2014