

Analisa Penggunaan Turbin Angin Hibah China HD1000 dengan Turbin Angin Sejenisnya Kapasitas 1 MW/Unit untuk Daerah Pulau Sabang, Provinsi Aceh

Benny Susanto^{a,*}, Rasgianti^a

^aPT. PLN (Persero) Pusat Penelitian & Pengembangan Ketenagalistrakan
Jl. Duren Tiga Raya No.102, Jakarta Selatan, Indonesia

*E-mail: benny.susanto@pln.co.id

Abstract

The purpose of this study is to find out in general the condition of the AVIC wind turbines that will be donated when compared to similar wind turbines that have been proven. This study is still early and early in nature because it was only carried out by a desk study with reference to AVIC Wind Turbine technical data originating from the Central PLN without conducting field tests and surveys. This study is limited only from a mechanical point of view, namely a comparison of the Power Curve, Capacity Factor and energy production of the AVIC Wind Turbine with similar wind turbines that are already on the market using the Homer software.

The simulation was carried out by comparing the AVIC Huide HD1000 wind turbine with a capacity of 1MW with wind turbines with typical capacities on the application HOMER, namely Leitwind 77, Leitwind 80, Leitwind 86 and Leitwind 90. The selected location is the location being studied by the PLN Puslitbang because load data is already available namely Sabang Island.

Kata kunci: capacity factor; energy production; homer; power curve; sabang; wind turbine

Abstrak

Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui secara umum kondisi turbin angin AVIC yang akan dihibahkan jika dibandingkan dengan turbin angin sejenis yang sudah proven. Kajian ini masih bersifat awal dan dini karena hanya dilakukan desk study dengan merujuk kepada data teknis Turbin Angin AVIC yang berasal dari PLN Pusat tanpa dilakukan pengujian dan survey lapangan. Kajian ini dibatasi hanya dari sisi mekanikal yaitu perbandingan Power Curve, Capacity Factor dan Produksi energi Turbin Angin AVIC dengan turbin angin sejenis yang sudah ada di pasaran menggunakan bantuan perangkat lunak homer.

Simulasi dilakukan dengan membandingkan turbin angin AVIC Huide HD1000 kapasitas 1MW dengan turbin angin dengan kapasitas tipikal yang ada di HOMER [2], yaitu Leitwind 77, Leitwind 80, Leitwind 86 dan Leitwind 90. Lokasi yang dipilih adalah data beban di Pulau Sabang.

Kata kunci: faktor kapasitas; homer; kurva daya; produksi energi; sabang; turbine angin

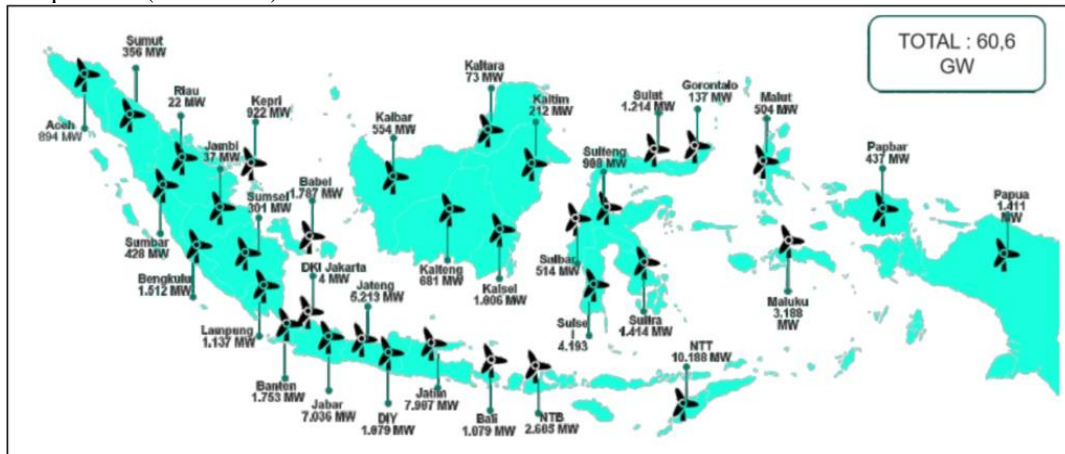
1. Pendahuluan

Berdasarkan surat Direktur Jenderal EBTKE Kementerian SEDM No T-177/TU.04/DJE/2023 Tanggal 13 Januari 2023 perihal Usulan Hibah Langsung 50 Turbin dari PT Spade Investment International, dan sebagai tindak lanjut surat PT Spade Investment International kepada Presiden RI terdapat hibah 50 Turbin Angin dari China Aviation Industry Renewable Energy Corporation.Ltd (AVIC) melalui PT Spade Investment International yang terdiri dari 20 Turbin berkapasitas @1MW dan 30 Turbin berkapasitas @780 kW. Terhadap 50 Turbin Angin tersebut adalah gratis/free diambil langsung di pabrikan China Aviation Industry Renewable Energy Corporation.Ltd, sedangkan biaya freight, pemasangan dan konsultasi dibebankan ke PT PLN (Persero). Dalam rangka menyambut hibah tersebut, maka PT PLN (Persero) perlu mengkaji terkait risiko, legal & aturan, keuangan & akuntansi dan keterlibatan Sub Holding dan Anak Perusahaan. Selain itu, secara teknis apakah sistem dapat menerima variable renewable energy tanpa mengganggu sistem yang ada. Khusus untuk PLN Puslitbang, sesuai MoM Pembahasan Program Hibah Turbin Angin dari PT Spade Investment International tanggal 17 April 2023, diminta untuk mengkaji apakah secara teknologi turbin angin hibah tersebut aman dan proven atau tidak.

Sementara itu, PLN Puslitbang saat ini sedang mengerjakan penugasan dari divisi Enjiniring dan Teknologi yang selanjutnya diambil alih oleh Divisi Pengembangan Bisnis Korporat dan Investasi (Divisi BKI) melalui Surat Penugasan Divisi Enjiniring dan Teknologi No. 47805/LIT.00.02/D01000303/2022 tanggal 19 Agustus 2022 Perihal Surat Penugasan Topik Penelitian item No.2 Kajian Teknologi Tipe dan Profil Propeler PLTB untuk Daerah 3T sebagai

program Dedieselisasi PLN dimana lokasi yang akan dijadikan objek penelitian adalah Pulau Sabang. Sehingga dalam Kajian Awal ini, PLN Puslitbang melakukan simulasi terhadap turbin angin hibah berdasarkan lokasi yang telah tersedia datanya, yaitu Pulau Sabang.

Negara Indonesia mempunyai potensi energi baru terbarukan yang sangat besar. salah satunya energi angin. Dengan posisi Indonesia menjadi negara dengan garis pantai yang panjang, potensi energi angin cukup besar jadinya. Menurut data dari Ditjen EBTKE Kementerian ESDM (2017), Indonesia memiliki potensi energi angin sebesar 60.647 MW yang tersebar di 34 provinsi (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta potensi energi angin di Indonesia
 Sumber: Direktorat Aneka Energi Baru dan Terbarukan, RUEN, 2017 [1]

Data Ditjen EBTKE Kementerian ESDM pada 2016 [3] juga merilis klasifikasi potensi energi angin di beberapa wilayah Indonesia menjelaskan bahwa kelas potensi energi angin diklasifikasikan berdasarkan kecepatan angin (m/s) dan daya spesifik yang dihasilkan (W/m²). Klasifikasi kelas tersebut dibagi menjadi empat yaitu kurang potensial, potensi rendah (skala kecil), potensi menengah (skala menengah), dan potensi tinggi (skala besar).

- Kelas kurang potensial dengan kecepatan angin sebesar < 3,0 m/s dan daya spesifik sebesar < 45 W/m². Terdapat 66 lokasi yang termasuk dalam kelas tersebut. Adapun lokasi tersebut berada di wilayah Sumatera Barat, Bengkulu, Jambi, Jawa Tengah, NTB, Kalimantan Selatan, NTT, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, dan Maluku.
- Kelas potensi rendah (skala kecil) dengan kecepatan angin sebesar 3,0 – 4,0 m/s dan daya spesifik sebesar < 75 W/m². Terdapat 34 lokasi. Adapun lokasi tersebut berada di wilayah Lampung, DIY, Bali, Jawa Timur, Jawa Tengah, NTB, Kalimantan Selatan, NTT, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sumatera Utara, dan Sulawesi Barat.
- Kelas potensi menengah (skala menengah) dengan kecepatan angin sebesar 4,1 – 5,0 m/s dan daya spesifik sebesar 75 – 150 W/m². Terdapat 34 lokasi. Adapun lokasi tersebut berada di wilayah Bengkulu, Banten, DKI, Jawa Tengah, Jawa Timur, NTB, NTT, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Gorontalo, dan Sulawesi Selatan.
- Kelas potensi tinggi (skala besar) memiliki kecepatan angin sebesar > 5,0 m/s dan daya spesifik sebesar > 150 W/m². Terdapat 19 lokasi yang termasuk dalam kelas tersebut. Adapun lokasi tersebut berada di wilayah DIY, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, NTB, NTT, dan Sulawesi Utara.

Daerah Pulau Sabang, Provinsi Aceh termaksud daerah yang berpotensi tinggi (Skala besar) yang dapat dikembangkan dengan Teknologi PLTB. Proses pemilihan Tipe Turbine yang dipilih sebagai Analisa ini adalah Turbine Angin Horizontal Axis dengan jumlah Blade 3 (tiga). Dimana design ini memiliki nilai keekonomian dan efektifitas konversi energi potensial kinetic yang baik [9] [10]

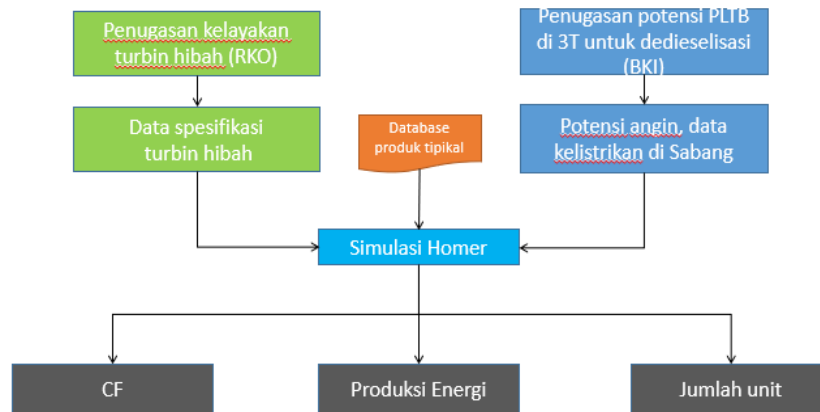
2. Material dan metode penelitian

Material penelitian ini berasal dari Turbine Angin PLTB Hibah dari Pemerintah China melalui PT Spade Investment International kepada Presiden RI terdapat hibah 50 Turbin Angin dari China Aviation Industry Renewable Energy Corporation.Ltd (AVIC) melalui PT Spade Investment International yang terdiri dari 20 Turbin berkapasitas @1MW dan 30 Turbin berkapasitas @780 kW. Dalam hal Analisa penelitian ini hanya dari tipe HD1000 berkapasitas 1 MW, sedangkan tipe HEAC 780 kW tidak dianalisa.

Maksud dari pembuatan Analisa penelitian Kajian Awal Kelayakan Hibah Turbin Angin Dari China Aviation Industry Renewable Energy Corporation (AVIC) Melalui PT Spade Investment International adalah sebagai berikut :

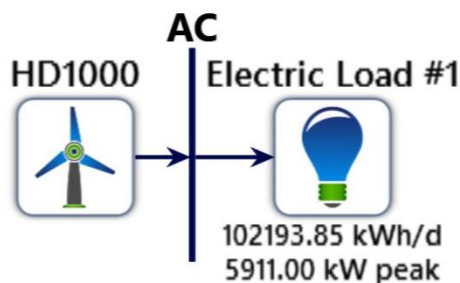
- Mengetahui secara umum kondisi turbin angin AVIC yang akan dihibahkan jika dibandingkan dengan turbin angin sejenis yang sudah proven.
- Mengetahui perbandingan Power Curve, Capacity Factor dan produksi energi turbin angin AVIC dengan turbin angin sejenis yang sudah ada di pasaran[11][12][13][14].
- Memberikan rekomendasi dan saran berdasarkan hasil evaluasi

Metode penelitian yang dilakukan adalah memasukkan data spesifikasi turbin hibah secara lengkap berdasarkan penugasan kelayakan turbin tersebut; memasukkan data potensi angin; data kelistrikan Sabang; dan database produk turbin angin yang sejenisnya. Menggunakan Simulasi Homer [2] sebagai validasi result dan hasil Analisa untuk perbandingan Power Curve, Capacity Factor dan Produksi energi Turbin Angin AVIC dengan turbin angin sejenis yang sudah ada di pasaran. Secara grafik metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**



Gambar 2. Metode Penelitian Analisa Turbine Angin.

Konfigurasi penyediaan listrik system Hybrid yang digunakan dalam simulasi pada lokasi Pulau Sabang untuk tipe HD1000 untuk Analisa dan perhitungan optimasi sistem [4] [5] [6] dan [7] juga dapat dimasukkan dalam simulasi homer tersebut adalah hanya dengan menggunakan PLTB seperti ditunjukkan pada **Gambar 3** .

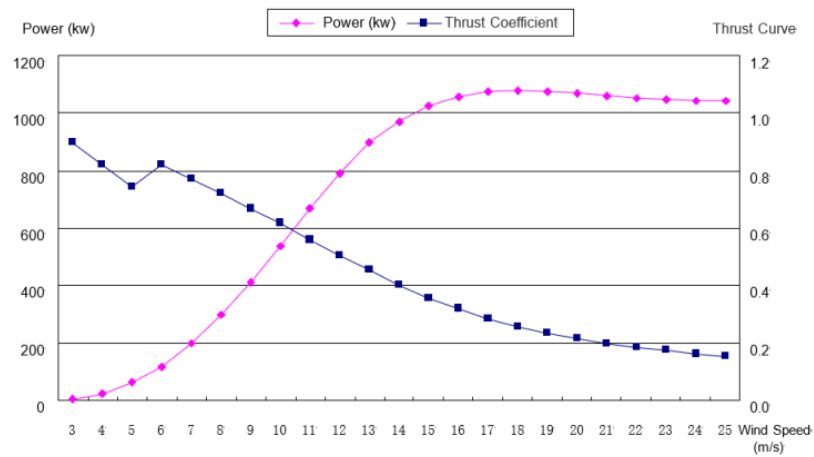


Gambar 3. Skema konfigurasi PLTB yang digunakan pada simulasi Homer.

Data turbin angin hibah dari AVIC melalui PT Spade Investment International ini terdiri dari 2 jenis turbin, yaitu turbin tipe HUIDE HD1000 berkapasitas 1 MW sejumlah 20 turbin, dan turbin tipe HEAG HW50 berkapasitas 780 kW sejumlah 30 turbin. Data ini berasal dari spesifikasi Teknik yang diterima dari PLN Pusat, kedua tipe turbin tersebut mempunyai spesifikasi yang ditunjukkan pada **Tabel 1**, sedangkan untuk data Power curve dari Huide HD1000 ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Tabel 1. Data Karakteristik Parameter Turbin Huiide HD1000 dan HEAG HW50

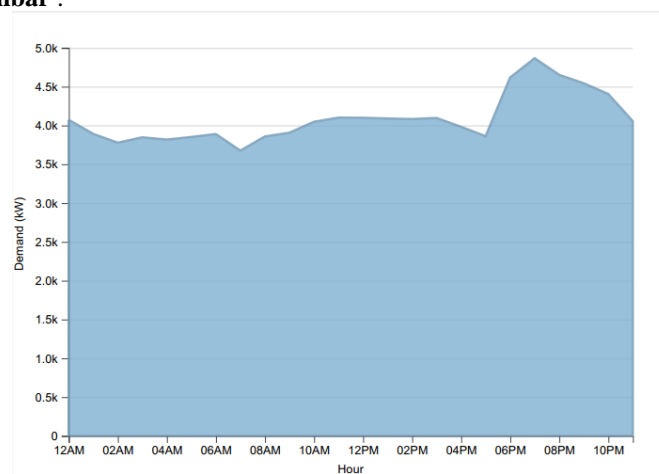
Machine type	HUIDE HD1000	HEAG HW50
Unit Capacity (kW)	1000	780
Number of Units	20	30
Rated Power (kW)	1000	780
Number of Blades	3	3
Rotor Diameter (m)	54.4	50
Swept Area (m ²)	2090	1962.5
Rated Speed (rpm)	21.95	21.68
Cut in Wind Speed (m/s)	3.5	3.5
Rated Wind Speed (m/s)	13.5	14
Cut out Wind Speed (m/s)	25	25
Operating Temperature (°C)	-30~40	-30~40
Hub Height (m)	70	65
Generator Rated Power(kW)	1000	800
Rated Voltage (V)	690	690
Central Monitoring System	microcomputer monitoring	microcomputer monitoring



Gambar 4. Power Curve Huiide HD1000

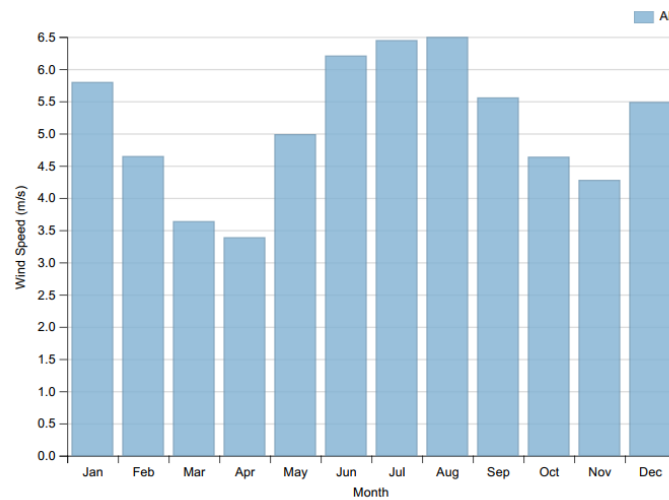
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan data beban energi listrik dan potensi angin di daerah Pulau Sabang dibahas sebagai berikut, Profil beban yang digunakan pada pulau Sabang adalah dengan menggunakan data profil beban harian tahun 2021 dengan beban puncak 5.911 kW, beban rata – rata 4.258 kW dan kebutuhan harian rata-rata sebesar 102.193 kWh/hari seperti ditunjukkan pada **Gambar 5** .



Gambar 5. Profil beban harian pulau Sabang.

Data kecepatan angin bulanan yang digunakan pada simulasi adalah dengan menggunakan data sekunder dari NASA yang dapat didownload dari software HOMER[2]. Profil kecepatan angin bulanan di pulau Sabang ditunjukkan pada **Gambar 6** dengan kecepatan angin rata – rata 5.12 m/s.



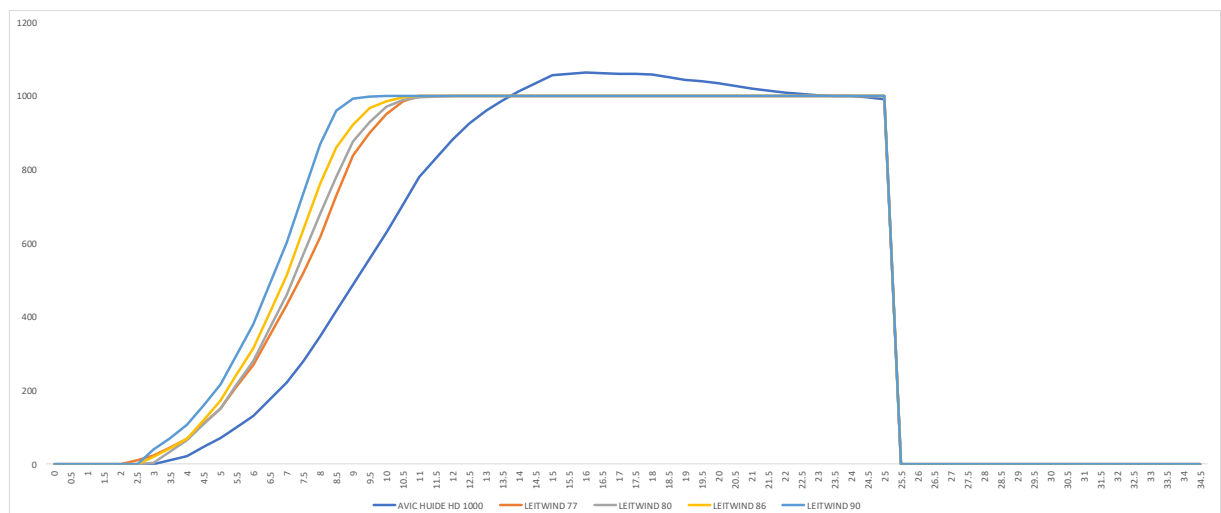
Gambar 6. Profil kecepatan angin bulanan pulau Sabang.

Kemudian PLN Puslitbang melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak "HOMER Pro" berdasarkan data spesifikasi yang telah didapatkan dari dokumen spesifikasi. Asumsi yang digunakan dalam membangun simulasi adalah maksimum annual capacity shortage 90 %, artinya diasumsikan bahwa dalam satu tahun, dapat terjadi pemadaman sebesar 90%. Lokasi yang dipilih adalah Sabang dan Rote sesuai yang telah disampaikan pada sub bab sebelumnya. Turbin angin tipikal merk lain berkapasitas 1 MW yang akan digunakan sebagai pembandingan Huide HD1000 diambil dari database homer sebagai berikut:

- Leitwind 77 1000kW
- Leitwind 80 1000kW
- Leitwind 86 1000kW
- Leitwind 90 1000kW

3.1 Analisa Power Curve,

Analisa perbandingan data power curve turbin angin Huide HD1000 berkapasitas 1 MW dengan 4 tipe sejenis yang lain, didapatkan grafik power curve yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Perbandingan Power Curve Huide HD1000 dengan Turbin Lain

Dari gambar power curve diatas dapat disampaikan bahwa perbandingan *Cut In Speed*, *Cut Out Speed* dan *Rate Speed* turbin angin Huide HD 1000 dengan turbin lainnya adalah seperti ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan turbin angin Huide HD1000 dengan turbin lain

No	Tipe Turbin	Cut in speed (m/s)	Cut out wind speed (m/s)	Rated wind speed (m/s)
1	Huide HD1000	3,5	25	13,5
2	Leitwind 77	3	25	11
3	Leitwind 80	3	25	11
4	Leitwind 86	3	25	11
5	Leitwind 90	3	25	11

Kemudian Hasil simulasi Homer pada lokasi Pulau Sabang dapat ditunjukkan pada

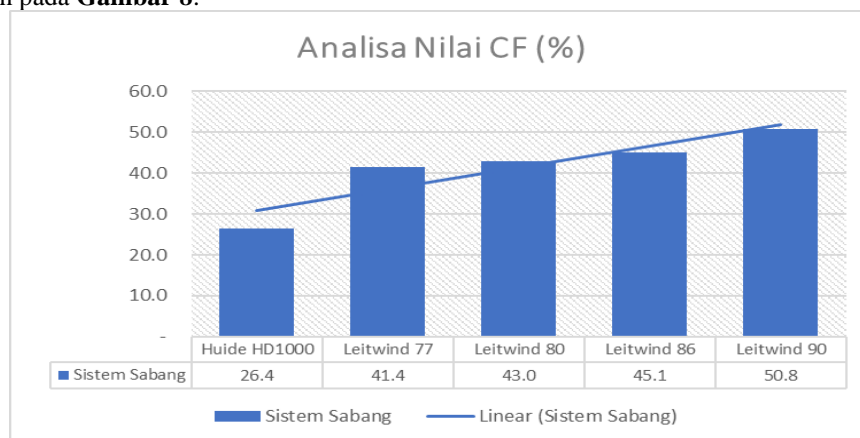
Tabel 3

Tabel 3. Hasil simulasi Homer Sabang untuk Huide HD 1000

	Unit	AVIC HUIDE HD1000	LEITWIND 77	LEITWIND 80	LEITWIND 86	LEITWIND 90
Minimum Output	kW	2.54	0	0	0	0
Maximum Output	kW	7,218	5,000	4,000	4,000	4,000
Wind Penetration	%	43.4	48.7	40.4	42.4	47.7
Hours of Operation	hrs/yr	8,760	7,532	7,532	7,532	7,580
Levelized Cost	\$/kWh	0.127	0.0811	0.0782	0.0745	0.0661
Total Rated Capacity	kW	7,000	5,000	4,000	4,000	4,000
Jumlah PLTB	unit	7	5	4	4	4
Mean Output	kW	1,848	2,072	1,718	1,805	2,033
Capacity Factor	%	26.4	41.4	43	45.1	50.8
Total Production	kWh/yr	16,192,005	18,152,648	15,052,523	15,809,521	17,808,820
Excess Electricity	%	14.6	7.42	1.33	1.41	1.66
Unmet Electric Load	%	62.9	54.9	60.2	58.2	53
Capacity Shortage	%	88.3	85.7	89.8	88.8	86.1

3.2 Analisa Capacity Factor.

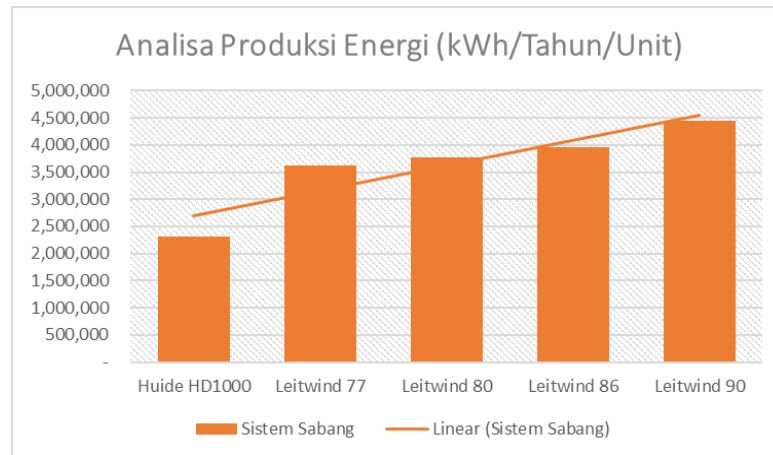
Analisa CF dari Penggunaan Huide HD1000 untuk sistem Sabang memiliki nilai CF yang lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin lainnya yang sejenis. Adapun nilai CF tipe Huide HD 1000 adalah sebesar 26.4 % sedangkan nilai CF untuk teknologi yang proven di dunia adalah sebesar 41.4 % sampai dengan 50.8%. Hasil Analisa ini dapat ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Perbandingan Capacity Factor Huide HD1000 dengan Turbin Lain

3.3 Analisa Produksi Energi Listrik (kWh)

Analisa Produksi Energi (kWh) pertahun dilakukan persatu satuan Unit pembangkit yang di Install atau daya mampunya. Sehingga penggunaan Huide HD 1000 untuk sistem Sabang memiliki nilai Produksi Energi / Unit pembangkit yang lebih rendah jika dibandingkan dengan turbin lainnya yang sejenis. Adapun nilai Produksi Energi / Unit pembangkit tipe Huide HD 1000 adalah sebesar 2.313.143 kWh/tahun/unit sedangkan nilai CF untuk teknologi yang proven di dunia adalah sebesar 3.630.530 sampai dengan 4.452.205 kWh/tahun/unit. Hasil Analisa produksi energi listrik pulau sabang dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Perbandingan Produksi Energi Huide HD1000 dengan Turbin Lain

4. Kesimpulan

Hasil Analisa penelitian Kelayakan Hibah Turbin Angin Dari China Aviation Industry Renewable Energy Corporation (AVIC) melalui PT Spade Investment International Berdasarkan analisa dan simulasi yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari sisi power curve, turbin angin Huide HD1000 kapasitas 1MW memiliki rated speed yang relatif lebih tinggi dibandingkan turbin angin sejenis yang ada di pasaran walaupun cut-in speed nya relatif sama, sehingga dengan asumsi frekuensi kecepatan yang sama, turbin angin hibah akan memerlukan kecepatan angin yang lebih tinggi untuk menghasilkan energi listrik yang sama[11].
2. Dari sisi Capacity Factor (CF), turbin angin Huide HD1000 kapasitas 1MW memiliki CF yang relatif lebih rendah dibandingkan turbin angin sejenis yang ada di pasaran, sehingga jika diasumsikan memiliki keandalan yang sama, maka turbin angin hibah tidak lebih efisien dibanding turbin angin sejenis[12][13].
3. Dari sisi produksi energi per unit per tahun, turbin angin Huide HD 1000 kapasitas 1MW memiliki produksi energi per unit per tahun yang lebih rendah baik di Sabang maupun di Rote[14].

Akhirnya rekomendasi dan saran jika PLN ingin menggunakan Turbin HD1000 untuk digunakan di Pulau Sabang dengan beban energi listrik yang ada maka PLN akan membutuhkan jumlah unit Pembangkit yang lebih banyak dibandingkan turbine sejenisnya [8].

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada pihak PLN PUSLITBANG yang telah memberi dukungan dalam penelitian, baik berupa sarana maupun dana terhadap penelitian yang telah dilakukan. Terimakasih kepada Pihak Universitas Diponegoro dalam memfasilitasi penerbitan jurnal ini.

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Aneka Energi Baru dan Terbarukan, RUEN, 2017.
- [2] "HOMER Help Manual." HOMER Energy, 2015.
- [3] Laporan Energi Nasional 2022, EBTKE Kementerian ESDM pada 2016, DEN, <https://den.go.id/index.php/publikasi/index/Buku>.
- [4] Dansih Energy Agency, "Integration of Wind Energy in Power Systems," 2017
- [5] A. Berrada and R. El Mrabet, *Hybrid Energy System Models*. Academic Press, 2020.
- [6] B. Bhandari, K.-T. Lee, G.-Y. Lee, Y.-M. Cho, and S.-H. Ahn, "Optimization of hybrid renewable energy power systems: A review," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.-Green Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 99–112, 2015Primack, H.S., 1983, "Method of Stabilizing Polyvalent Mrtal Solutions," U.S. Patent No. 4,373,104.
- [7] R. Rawat, "Feasibility and Sensitivity Analysis of Hybrid Energy Systems for Uninterrupted Power Supply," 2013
- [8] R. Alayi, S. R. Seydnouri, M. Jahangeri, and A. Maarif, "Optimization, Sensitivity Analysis, and Techno-Economic Evaluation of a Multi-Source System for an Urban Community: a Case Study," *Renew. Energy Res. Appl.*, vol. 0, Jun. 2021, doi: 10.22044/rera.2021.10752.105Anonymous, "Renewable Energy," www.engtips.com, diakses: 28 Juni 2012.
- [9] Onder Ozgener, A small wind turbine system (SWTS) application and its performance analysis, *Energy Conversion and Management*, Volume 47, Issues 11–12, 2006, Pages 1326-1337, ISSN 0196-8904,
- [10]Hau, Erich (2013). Wind Turbines || Commercial Applications of Wind Turbines. , 10.1007/978-3-642-27151-9(Chapter 16), 637–676. doi:10.1007/978-3-642-27151-9_16
- [11]Hays, Andrew; Van Treuren, Kenneth (2018). A Study of Power Production and Noise Generation of a Small Wind Turbine for an Urban Environment. *Journal of Energy Resources Technology*, (), -. doi:10.1115/1.4041544

- [12]F Bet, H Grassmann,Upgrading conventional wind turbines, *Renewable Energy*, Volume 28, Issue 1, 2003, Pages 71-78, ISSN 0960-1481, [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00187-2..](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00187-2..)
- [13]Anup KC, Jonathan Whale, Tania Urmee, Urban wind conditions and small wind turbines in the built environment: A review, *Renewable Energy*, Volume 131, 2019, Pages 268-283, ISSN 0960-1481,
- [14]David Wood, *Small Wind Turbines*, *Advances in Wind Energy Conversion Technology*, 2011, ISBN : 978-3-540-88257-2