

STUDI EVALUASI PENGGUNAAN GENERATOR SINKRON PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) DI KEPULAUAN MENTAWAI DENGAN SOFTWARE HOMER

Riffan Fahkri¹⁾, Eddy Soesilo²⁾

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Email: fahkririffan@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan yang banyak digunakan, karena sifat energi angin yang ramah lingkungan serta mudah dalam pengoperasiannya. Kecepatan angin di kepulauan mentawai bervariasi, untuk melihat apakah kecepatan angin 1,02 - 4,11 m/s tersebut bisa digunakan pada generator sinkron. Dalam penelitian penggunaan generator sinkron ini dilakukan pengujian dengan divariasikan kecepatan putaran (rpm) pada generator. Diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan generator sinkron 3800 rpm = 38,2 rpm (gear box) = 4 m/s dapat memenuhi kebutuhan range speed angin untuk di kepulauan Mentawai yaitu dari range 1,02 - 4,11 m/s. Sedangkan untuk output generator sinkron keadaan steady state putaran 2940 rpm = 29,4 rpm (gearbox) = 3,07 m/s; sampai 2995 rpm = 29,9 (gearbox) = 3,13 m/s.

Kata Kunci: *PLTB, Generator Sinkron, Energi Angin dan Software Homer.*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah Negara kepulauan yang banyak potensi angin dapat dimanfaatkan sesuai dengan perkembangan teknologi dan Keputusan Menteri Energy dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republic Indonesia No. 50 tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energy terbarukan untuk penyediaan tenaga listrik. (*Permen ESDM, 2020*).

Sumber energi baru terbarukan merupakan sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan dampak terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Karena energi yang bersumber dari alam, seperti sinar

matahari, angin, air, biofuel (bahan bakar hayati), dan geothermal (panas bumi). Secara alamiah potensi energi angin di Indonesia relatif kecil karena terletak di daerah khatulistiwa. Namun demikian, ada daerah-daerah yang secara geografi merupakan daerah angin karena merupakan wilayah nozzle effect atau penyempitan antara dua pulau atau daerah lereng gunung antara dua gunung yang berdekatan. (*Jurnal Energi, 2016*)

Pada kenyataannya yang menjadi masalah dalam pengembangan energi terbarukan adalah pengaturan sumber energinya. Angin tidak merata, kecepatannya bervariasi tiap daerah berbeda-beda tergantung factor dpl (diatas

permukaan laut). Sementara itu, keluaran/output generator yang digunakan tergantung kepada kecepatan angin. Generator sinkron yang di jual bersifat umum, tidak ada kekhususan perihal putarannya. Untuk itu perlu diupayakan, agar generator sinkron dapat menghasilkan tegangan meskipun kecepatannya berubah-ubah. Permanent magnet adalah alat yang tepat agar generator sinkron mempunyai karakteristik sesuai dengan kecepatan angin.

A. Generator Sinkron

Hampir semua energi listrik dibangkitkan dengan menggunakan generator sinkron. Oleh sebab itu generator sinkron memegang peranan penting dalam sebuah pusat pembangkit listrik. Generator sinkron (sering disebut alternator) merupakan sebuah mesin sinkron yang berfungsi mengubah energi mekanik berupa putaran menjadi energi listrik bolak-balik (AC). Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron tiga fasa atau generator sinkron satu fasa.

B. Kontruksi Generator Sinkron

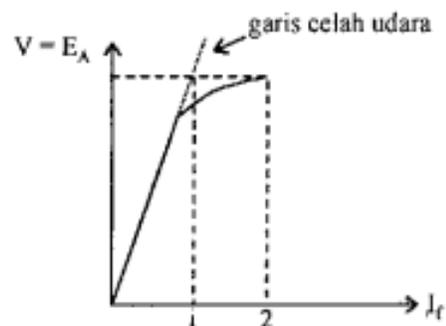
Sama halnya dengan generator induksi, generator sinkron terdiri atas stator dan rotor. Adapun bentuk kumparan statornya sama dengan kumparan stator pada generator induksi, begitu pula dengan banyaknya lapisan kumparan di dalam jalur/alur rangka statornya (single layer dan double layer), serta hubungan 3 fasanya (bintang atau segitiga), pada generator

sinkron ada dua macam, yaitu; berbentuk kutub seperti sepatu (salient) dan berbentuk celah udara sama rata (non-salient).

C. Prinsip Kerja Generator Sinkron

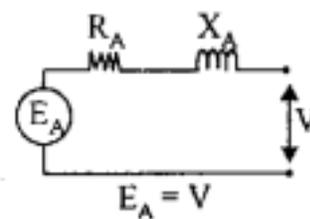
Generator dapat menghasilkan energi listrik karena adanya pergerakan relatif antaran medan magnet homogen terhadap kumparan jangkar pada generator (magnet yang bergerak dan kumparan jangkar diam, atau sebaliknya magnet diam sedangkan kumparan jangkar bergerak). Jadi, jika sebuah kumparan diputar pada kecepatan konstan pada medan magnet homogen, maka akan terinduksi tegangan sinusoidal pada kumparan tersebut.

D. Karakteristik Tanpa Beban



Gambar 1. Karakteristik beban nol alternator

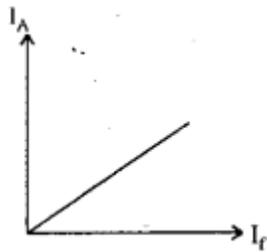
Karakteristik tanpa beban yaitu mengatur generator pada kecepatan nominal (rated speed), dimana terminalnya tidak dibebani, serta menyetel arus medannya hingga nol.



Gambar 2. Rangkaian ekivalen alternator percobaan tanpa beban

E. Karakteristik Tanpa Beban

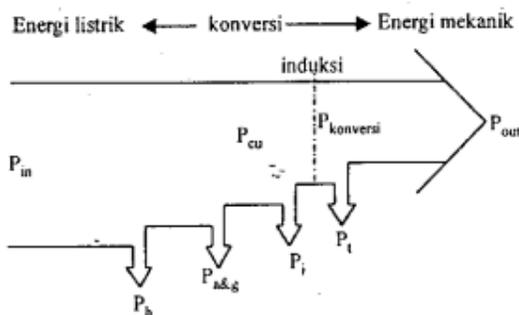
Karakter hubung-singkat ini mengatur generator pada kecepatan nominal (rated speed), dimana terminalnya dihubungkan melalui amperemeter, serta menyetel medannya hingga nol. Setelah itu akan terlihat arus medan meningkat secara bertahap, begitu pula dengan arus jangkarnya. Kemudian besarnya arus medan dan arus jangkarnya diukur bersamaan, hasilnya dapat digambarkan pada grafik berikut;



Gambar 3. Karakteristik alternator terhubung-singkat

F. Efisiensi

Dalam mengkonversi energy mekanis menjadi energy listrik, alternator mengalami kehilangan daya (losses). Hal ini dijelaskan pada diagram aliran daya berikut :



Gambar 4. Diagram aliran daya alternator

Seperti halnya dengan mesin-mesin listrik lainnya, maupun transformator, maka efisiensi alternator dapat dituliskan sebagai:

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

P_{out} = daya keluar , P_{in} = daya masukan

$$P_{in} = P_{out} + \Sigma P_{rugi}$$

Rugi-rugi pada alternator biasanya dibagi atas 5 macam:

1. Rugi-rugi angin dan gesekan ($P_{a\&g}$)
2. Rugi-rugi inti besi (P_i)
3. Rugi-rugi tembaga kumparan medan penguat (P_{tp})
4. Rugi-rugi tembaga kumparan jangkar (P_{tj})
5. Rugi-rugi buta/lain-lain (stray losses) (P_b)

G. Pengatur Tegangan

Pengaturan tegangan adalah perubahan besarnya tegangan terminal yang tergantung pada perubahan beban dan juga factor daya bebannya. Sama halnya dengan transformator, presentase pengaturannya adalah:

$$V_R(\%) = \frac{E_A - V}{V} \times 100\%$$

E_A = tegangan terminal tanpa beban (ggl)

V = tegangan terminal pada saat beban penuh

Adapun metode untuk menentukan besarnya

pengaturan tegangan adalah:

1. Metode impedansi sinkron atau metode gaya gerak listrik yang ditemukan oleh bhen eschenberg. Dapat digunakan kembali diagram fasornya untuk menentukan regulasi/pengaturan tegangannya.

Untuk factor daya mendahului (leading):

$$E_A = \sqrt{(V \cdot \cos\phi + I \cdot R_A)^2 + (V \cdot \sin\phi + I \cdot X_S)^2}$$

H. Software Homer

HOMER adalah perangkat lunak yang dapat melakukan simulasi dan optimisasi. Perancang dapat menyusun sistem pembangkit dari berbagai jenis sumber daya, baik sumber daya

konvensional maupun yang terbaharukan. Proses simulasi pada HOMER dilakukan untuk mengetahui karakteristik atau performansi dari suatu sistem pembangkit. Proses optimisasi dilakukan untuk memilah konfigurasi suatu pembangkit yang layak dan memiliki nilai ekonomis. Fitur analisa sensitivitas memungkinkan dilakukannya suatu studi terhadap gejala yang muncul pada suatu variabel optimisasi. Prangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama yaitu: simulasi, optimasi, dan analisis sensitivitas.

METODE PENELITIAN

Agar penelitian yang dilakukan tercapai sesuai dengan tujuan, dibutuhkan peralatan pendukung untuk melakukan penelitian, yaitu :

- a. Generator sinkron
- b. Motor listrik
- c. Voltmeter
- d. Tangampere
- e. Tachometer
- f. Multimeter

1. Data

Dalam Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sebagai PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu penulis membutuhkan data-data yang merupakan faktor penting dalam keberhasilan penelitian :

- a) Data rata-rata kecepatan angin.
- b) Data rpm yang dihasilkan generator.

Dari data yang di pakai dibutuhkan rekap data yang di dapat dari sumber yang sudah ada. Dalam penelitian Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sinkron

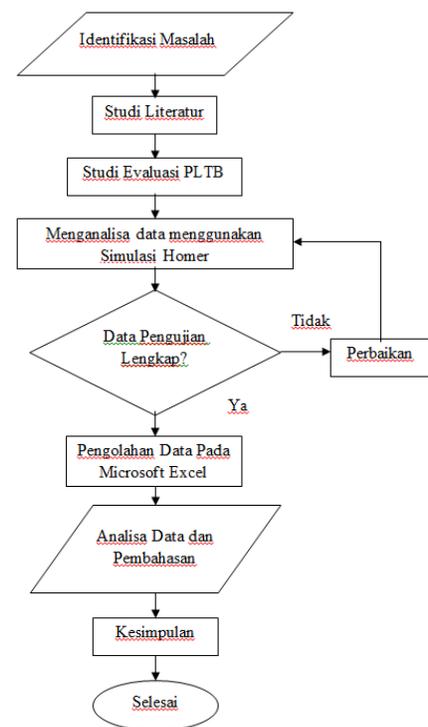
Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kepulauan Mentawai dengan Software Homer, penulis membutuhkan data data. Data-data yang di butuhkan untuk menganalisa studi evaluasi penggunaan generator sinkron.

Dalam penelitian ini pengumpulan data merupakan faktor penting demi keberhasilan penelitian. Hal ini berkaitan dengan cara mengumpulkan data kualitatif maupun data kuantitatif, oleh karena itu di butuhkan sumber langsung (data primer).

2. Formula

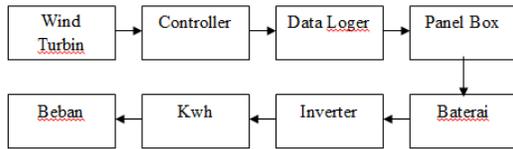
Formula merupakan rumus yang digunakan untuk mencari berapa nilai dari rpm generator yang didapatkan. Setelah mendapatkan data, maka dilakukan analisa secara manual.

A. Alur Penelitian



Gambar 5. Alur metode penelitian

B. Block Diagram PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)



Gambar 6. Block Diagram PLTB

HASIL PENELITIAN

Pada pengujian karakteristik generator sinkron generator dikopel menggunakan motor AC 3 fasa untuk menggerakkan generator sinkron. Data yang di ambil adalah tegangan input V_{in} yang mewakili kecepatan angin yang nantinya akan menggerakkan generator sinkron, serta kecepatan putar generator sinkron terhadap tegangan. Dari data tersebut akan diketahui berapa kecepatan putar generator sinkron yang nantinya akan dikonversikan pada kecepatan angin.



Gambar 7. Pengujian tegangan input Motor Listrik



Gambar 8. Pengujian tegangan output Generator Sinkron



Gambar 9. Pengujian putaran (RPM) pada Generator Sinkron

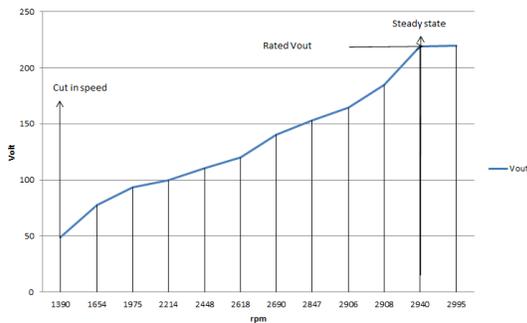
Table 4.4 hasil pengujian generator sinkron dan rpm

V_{in} (V)	Putaran (Rpm)	V_{out} (V)	Kec. Angin (m/s)
47,4	1.390	49,1	1,45
53,1	1.654	77,7	1,72
56,7	1.975	93,2	2,06
58,7	2.214	99,6	2,31
61,4	2.448	110,8	2,56
64,4	2.618	120,1	2,74
73,2	2.690	140,2	2,81
78,6	2.847	152,8	2,97
84,9	2.906	164,4	3,04
99,0	2.908	184,8	3,04
102	2.940	219.1	3,08
135	2.995	220	3,13

Dari hasil tabel pengujian dapat terlihat tegangan input mewakili kecepatan angin untuk menggerakkan turbin dimulai dengan melakukan 12 kali pengujian, sehingga didapat hasil pengujian pertama dengan tegangan 47,4 volt maka diperoleh putaran di generator sinkron 1.390 rpm output 49,1 volt, dan dilakukan pengujian seterusnya sampai pada saat kondisi generato sinkron 1 phase mengeluarkan tegangan outpu 220 volt. Agar kecepatan angin di kepulauan mentawai dapat memutar generator sinkron maka perlu di gunakan gear box dari putaran rendah ke putaran tinggi dengan ratio 1:100.

A. Hasil Karakteristik Generator Sinkro terhadap putaran RPM

Pada pengujian karakteristk generator sinkron untuk mengetahui kecepatan putarnya. Sehingga dapat mengetahui bentuk grafik kecepatan putaran generator sinkron.



Gambar 10. Grafik Rpm terhadap tegangan output generator sinkron

B. Energi Angin Di Kepulauan Mentawai

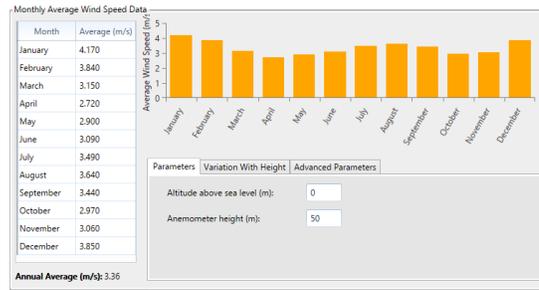
Sumber energi angin sebagai salah satu sumber energi terbarukan memberikan data angin yang akan digunakan oleh pembangkit. Untuk data kecepatan angin rata-rata di kepulauan mentawai bagian barat pada bulan maret tahun 2021 diperoleh dari Badan Metrologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur – Padang.

Kecepatan Angin rata-rata (knot)	Kecepatan Angin Minimum (knot)	Kecepatan Angin Maximum (knot)
2-8 knot	1.02 m/s	4,11 m/s

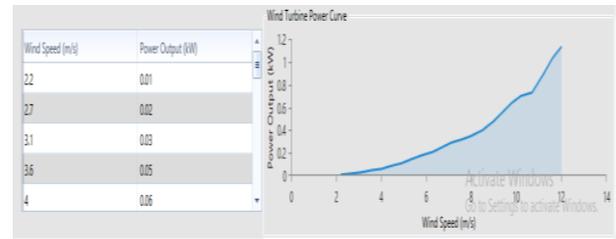
Pada data kecepatan angin rata-rata minimum di kepulauan mentawai yaitu sebesar 1.02 m/s. Sehingga memerlukan gear box dengan ratio 1:100 speed untuk mempercepat putaran generator sinkron.

Agar dapat memutar generator sinkron pada tegangan 47,4 Volt putaran 1.390 rpm dengan hasil keluaran 49,1 Volt.

C. Hasil Kecepatan Angin Rata-rata di Kepulauan Mentawai



Gambar 11. Rata-rata kec.angin di Kepulauan Mentawai pada Software Homer



Gambar 12. Wind Turbine power curve di Kepulauan Mentawai pada Software Homer

Berdasarkan hasil dari software homer, wind turbine mulai menghasilkan power output pada 2,2 m/s dan itu termasuk masuk kedalam kategori kecepatan angin di kepulauan mentawai. Yang kecepatan anginnya dari range 1,02 - 4,11 m/s. diketahui rpm real tanpa gearbox saat kecepatan angin 4 m/s rpmnya sebesar 38,2 rpm. Jadi pada penelitian ini menggunakan gearbox dengan ratio 1 : 100. Kecepatan keluaran gear box yang di kopel degan generator itu sebesar 3800 rpm dan sudah melebihi kecepatan rpm untuk generator sinkron dalam keadaan stady state yang kecepatannya mulai dari 2.940 rpm sampai 2.995 rpm pada hasil pengujian dari generator sinkron.

D. Data Hasil Pengujian Generator Sinkron 1 Phase

Berdasarkan data yang di peroleh dari hasil pengujian generator sinkron 1 phase dengan menggunakan motor induksi 3 phase sebagai penggerak generator sinkron 1 phase.

Tabel 2. Data hasil pengujian generator sinkron 1 phase tanpa beban

No	PT AC 3 Phasa (Volt)	Putaran generator (rpm)		Tegangan generator (Volt)		Arus generator (A)	
		Alat ukur	sensor	Alat ukur	sensor	Alat ukur	sensor
1	102	1467	1530	200	202	0	0
2	135	1865	1948	220	218	0	0

Tabel 2. Data hasil pengujian generator sinkron 1 phase berbeban

No	PT AC 3 Phasa (Volt)	Putaran generator (rpm)		Tegangan generator (Volt)		Arus generator (A)	
		Alat ukur	sensor	Alat ukur	sensor	Alat ukur	sensor
1	40	1174	1250	190	192	0,8	0,82
2	110	1817	1903	205	207	0,8	0,85

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka didapatkan beberapa kesimpulan adalah sebagai berikut. Dari hasil pengujian generator sinkron di labor konversi energy elektrik universitas Bung Hatta. Diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan generator sinkron 3800 rpm ∞ 38,2 rpm (gear box) ∞ 4 m/s dapat memenuhi kebutuhan range speed angin untuk di kepulauan Mentawai yaitu dari range 1,02 - 4,11 m/s. Sedangkan untuk output generator sinkron keadaan steady state putaran 2945 rpm ∞ 29,45 rpm (gearbox) ∞ 3,08 m/s; sampai 2995 rpm ∞ 29,9 (gearbox) ∞ 3,13 m/s. Jadi terbukti bahwa generator sinkron bagus untuk diterapkan di kep Mentawai. Karena meskipun kecepatan angin bervariasi dari 1,02 m/s sampai 4,11 m/s . Tegangan output dari generator akan constant, sehingga penggunaan generator sinkron layak untuk di gunakan di kep

Mentawai. Dari hasil pengujian pada software Homer terlihat bahwa daya yang dihasilkan tergantung kepada kapasitas generator yang dipasang dengan persyaratan ketinggian tower yang ditentukan oleh Homers.

Penelitian tentang Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sinkron Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di kepulauan Mentawai degan Software Homer, masih perlu di tingkatkan ketepatan serta ketelitiannya sehingga lebih akurat dalam memprediksi. Diharapkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat berkelanjutan, hal ini dilakukan karena kebutuhan akan energy semakin meningkat. Sebaiknya untuk pengukuran kecepatan angin di kepulauan mentawai pengukurannya lebih baik pengukuran langsung di lokasi supaya pengukuran yang di dapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zainal Arifin, Heri Suyanto, Hastuti Aziz, 2018 “ *Analisis Kelayakan Turbin Angin Kecepatan Rendah Tipe Nt1000w Di Wilayah Terpencil*”
- [2] Raghel Yunginger, Nawir. N.Sune, 2015 “*Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Gorontalo*”
- [3] Maida Saputra, Pribadyo, 2015 “*Studi Analisis Potensi Energi Angin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Kawasan Meulaboh*”.
- [4] Nur Asyik Hidayatullah, Hanifah Nur Kumala Ningrum , 2016 “*Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker*”.
- [5] Kusuma A, Supriyo, 2015. “*Analisa Generator 3 Phasa Tipe Magnet Permanen Dengan Penggerak Mula Turbin Angin Propeller 3 Blade Untuk Pltb*”.

- [6] Mochtar Wijaya, S.T, “*Dasar-dasar mesin Listrik*” Jakarta; Djembatan, 2001, ISBN: 9794284289
- [7] Syamsul Bahari, 2015 “*Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya*”
- [8] Muhammad Nasrul, 2020 “*Analisis Pengaruh Penggunaan Shrouded Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal The Sky Dancer (Tsd) 500 Watt Untuk Optimasi Performa Turbin*”
- [9] Dr. Sathyajith Mathew Assistant Professor & Wind Energy Consultant Faculty of Engineering, KCAET Tavanur Malapuram, Kerala India, ISBN-13 978-3-540-30905-5 Springer Berlin Heidelberg New York.
- [10] Ayong Hiendro , Ismail Yusuf “*Penerapan Turbin AWI-E1000T untuk Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Desa Temajuk*” Jurnal Pengabdian - ISSN: 2620-4665 (P) / ISSN: 2620-4673 (E) OKTOBER 2021, Volume 4 Nomor 2.
- [11] Ahmad Ramadhan, 2017 “*Analisis Perbandingan Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil Dengan Eksitasi Sendiri Dan Eksitasi Terpisah*”

