

SKRIPSI

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

Oleh :

RIFFAN FAHKRI

NPM : 1710017111021



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2023**

UNIVERSITAS BUNG HATTA

LEMBARAN PENGESAHAN

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

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan pertahankan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

RIFFAN FAHKRI

1710017111021

Disetujui Oleh :

Pembimbing



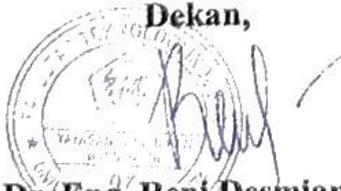
Ir. Eddy Soesilo, M.Eng.

NIK : 920000288

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.

NIK : 990500496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul, MT

NIK : 941100396

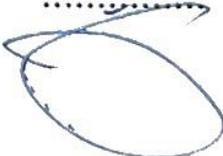
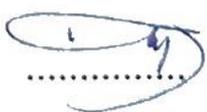
PERSETUJUAN PENGUJI
STUDI EVALUASI PENGGUNAAN GENERATOR SINKRON PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (PLTB) DI KEPULAUAN MENTAWAI
DENGAN SOFTWARE HOMER

SKRIPSI

RIFFAN FAHKRI

1710017111021

Dipertahankan di depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
Hari: Sabtu, Tanggal: 19 Agustus 2023

No.	Nama	Tanda Tangan
1.	<u>Ir. Eddy Soesilo, M.Eng</u> (Pembimbing)	
2.	<u>Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc</u> (Penguji)	
3.	<u>Ir. Arnita, M. T</u> (Penguji)	

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul **“Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sinkron Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kepulauan Mentawai dengan Software Homer”** adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan – bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, Agustus 2023

Riffan Fahkri

NPM: 1710017111021

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal ini dengan judul ***“Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sinkron Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di kepulauan Mentawai dengan Software Homer”***. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

❖ **Ir. Eddy Soesilo, M. Eng** (Pembimbing 1)

Yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dan terima kasih juga kepada:

1. Kepada kedua Orang tua saya yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.
2. Ibuk Prof. Dr. Eng Reni Desmirati, ST., M. T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Arzul, M. T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
5. Teman-teman ‘17 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, Agustus 2023

Riffan Fahkri

INTI SARI

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 $3800 \text{ rpm} = 38,2 \text{ rpm (gear box)} = 4 \text{ m/s}$ 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 $2940 \text{ rpm} = 29,4 \text{ rpm (gearbox)} = 3,08 \text{ m/s}$; sampai $2995 \text{ rpm} = 29,9 \text{ (gearbox)} = 3,13 \text{ m/s}$.

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

ABSTRACT

Wind power plants are one of the power plants that use renewable energy sources that are widely used, because the nature of wind energy is environmentally friendly and easy to operate. Wind speed in the Mentawai islands varies, to see if the wind speed of 1.02 - 4.11 m / s can be used in synchronous generators. In this study of the use of synchronous generators, testing was carried out by varying the rotation speed (rpm) of the generator. It was found that using a synchronous generator 3800 rpm = 38.2 rpm (gear box) = 4 m/s can meet the needs of the wind speed range for the Mentawai islands, namely from the range of 1.02 - 4.11 m/s. As for the synchronous generator output steady state round 2940 rpm = 29.4 rpm (gearbox) = 3.08 m/s; to 2995 rpm = 29.9 (gearbox) = 3.13 m/s.

Keywords : Wind Power Plant, Synchronous Generator, Wind Energy and Homer Software

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-2
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Penelitian	II-5
2.2 Landasan Teori	II-5
2.2.1 Turbin Angin	II-5
2.2.2 Angin	II-7
2.2.3 Blade	II-8
2.2.4 Dasar Konversi Energi Angin	II-11
2.2.5 Daya Turbine Angin dan Torsi	II-12
2.2.6 Klasifikasi Turbin Angin	II-13
2.2.6.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal	II-13
2.2.6.2 Turbin Angin Sumbu Vertica	II-15
2.2.6.3 Turbin Angin berdasarkan Kapasitas Daya	II-18
2.2.7 Generator Sinkron	II-18
2.2.7.1 Kontruksi Generator Sinkron	II-20
2.2.8 Prinsip Kerja Generator Sinkron	II-25

2.2.8.1 Medan Magnet Putar	II-26
2.2.8.2 Gaya Gerak Listrik Induksi	II-27
2.2.9 Menentukan Parameter	II-29
2.2.9.1 Karakteristik Tanpa Beban	II-29
2.2.9.2 Karakteristik Hubung-Singkat	II-30
2.2.10 Rangkaian Ekuivalen	II-31
2.2.11 Keadaan Berbeban	II-32
2.2.12 Efisiensi	II-33
2.2.13 Pengaturan Tegangan	II-35
2.2.14 Software Homers	II-38
2.3 Hipotesis	II-39

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian	III-40
3.2 Alur Penelitian	III-44
3.3 Block Diagram PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu)	III-45
3.4 Deskripsi Sistem dan Analisa	III-46

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Penelitian	IV-47
4.2 Pengumpulan Data	IV-47
4.2.1 Generator sinkron	IV-47
4.2.2 Motor Listrik	IV-48
4.2.3 Gearbox	IV-49
4.2.4 Kecepatan Angin Rata-rata di kepulauan Mentawai	IV-50
4.2.5 Software Homer	IV-50
4.3 Hasil dan Analisa	IV-51
4.3.1 Hasil Karakteristik Generator Sinkron terhadap Putaran	IV-63
4.3.2 Energi Angin di kepulauan Mentawai	IV-63
4.3.3 Hasil Kecepatan Angin di kepulauan Mentawai	IV-64
4.4 Data Hasil Pengujian Generator Singkron 1 Phase	IV-65
4.4.1 Perhitungan Persentase error (%) Beban Nol	IV-66
4.4.2 Perhitungan persentase error (%) Berbeban	IV-69

4.5 Data Hasil Pengujian Generator Sinkron 1 Phase	IV-73
4.5.1 Voltage Regulasi % (VR)	IV-73
4.5.2 Perhitungan Hasil Pengujian Tahanan Jangkar Pada Stator	IV-75
4.5.3 Perhitungan Reaktansi Sinkron	IV-75
4.5.4 Analisa Pembebanan Pada Generator Sinkron 1 Phasa	IV-76

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	V-79
5.2 Saran	V-80

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Turbin Angin Berdasarkan Ketinggian Dan Kapasitasnya	II-6
Gambar 2.2 Spesifikasi pada Bilah HAWT	II-9
Gambar 2.3 Jenis bilah berdasarkan bentuk	II-10
Gambar 2.4 Suatu Bidang Udara yang Bergerak ke arah Turbin Angin	II-12
Gambar 2.5 Kurva Daya Yang Ideal	II-13
Gambar 2.6 Klasifikasi Turbin Angin	II-14
Gambar 2.7 Turbin angin tipe Darrieus	II-15
Gambar 2.8 Efisiensi turbin angin berdasarkan tipe	II-17
Gambar 2.9 Klasifikasi Turbin Angin berdasarkan ketinggian Tower	II-18
Gambar 2.10 Sket rangka stator alternator	II-21
Gambar 2.11 Sket bagian rotor dan kumparan stator alternator	II-21
Gambar 2.12 Contoh kumparan generator sinkron	II-22
Gambar 2.13 Hubungan kumparan generator sinkron	II-22
Gambar 2.14 Contoh kumparan yang terhubung pendek (fraksional)	II-22
Gambar 2.15 Rotor jenis sepatu kutub generator sinkron	II-25
Gambar 2.16 Rotor jenis silinder generator sinkron	II-25
Gambar 2.17 Kerapatan dan intensitas medan magnet	II-26
Gambar 2.18 Kumparan stator yang mempengaruhi medan magnet rotor	II-27
Gambar 2.19 Besar vector kerapatan fluks, kecepatan putar dan tegangan induksi pada kumparan stator	II-28
Gambar 2.20 Karakteristik beban nol alternator	II-29
Gambar 2.21 Rangkaian ekivalen alternator percobaan tanpa beban	II-30
Gambar 2.22 Karakteristik alternator terhubung-singkat	II-31
Gambar 2.23 Grafik karakteristik alternator	II-31
Gambar 2.24 Rangkaian ekivalen alternator per-fasa	II-32

Gambar 2.25 Rangkaian ekivalen alternator dalam hubung delta	II-32
Gambar 2.26 Alternator yang dihubung ke beban	II-32
Gambar 2.27 Diagram aliran daya alternator	II-34
Gambar 2.28 Diagram karakteristik metode impedansi sinkron	II-35
Gambar 2.29 Diagram fasor alternator untuk menggambarkan regulasi tegangan	II-36
Gambar 2.30 Diagram fasor efek akibat reaksi jangkar	II-36
Gambar 2.31 Kurva karakteristik hasil penggambaran dengan metode ggm	II-37
Gambar 2.32 Diagram Potoer	II-37
Gambar 2.33 Tampilan software HOMER	II-39
Gambar 3.1 Laptop	III-40
Gambar 3.2 Printer Epson L120	III-41
Gambar 3.3 ATK (Alat Tulis Kantor)	III-41
Gambar 3. Alur metode penelitian	III-44
Gambar 3.5 Block Diagram PLTB	III-45
Gambar 4.1 Generator Sinkron 1 fasa	IV-48
Gambar 4.2 Motor listrik Ac 3 fasa	IV-49
Gambar 4.3 Gear Box Aero type NmrV040	IV-49
Gambar 4.4 Tampilan awal dari software Homer	IV-51
Gambar 4.5 Pengujian tegangan input Motor Listrik	IV-51
Gambar 4.6 Pengujian tegangan output Generator Sinkron	IV-52
Gambar 4.7 Pengujian putaran (RPM) pada Generator Sinkron	IV-52
Gambar 4.8 Grafik Rpm terhadap tegangan output generator sinkron	IV-63

Gambar 4.9 Rata-rata kec.angin di Kepulauan Mentawai pada Software Homer

IV-64

Gambar 4.10 Wind Turbine power curve di Kepulauan Mentawai pada Software
Homer

IV-64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Generator Sinkron	IV-48
Tabel 4.2 Spesifikasi Motor Listrik 3 Phase	IV-50
Tabel 4.3 Gear Box Aero type NmrV040	IV-53
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Generator Sinkron dan Rpm	IV-64
Tabel 4.5 Kecepatan Angin rata-rata di kepulauan mentawai	IV-58
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Generator Singkron 1 Phase Tanpa Beban	IV-66
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Generator Singkron 1 Phase Berbeban	IV-69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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.

Dilihat dari latar belakang masalah tersebut, maka penulis mengangkat judul “Studi Evaluasi Penggunaan Generator Sinkron Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di Kepulauan Mentawai dengan Software Homer”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana mengontrol generator sinkron yang menggunakan magnet permanen agar optimal?
2. Bagaimana menggunakan generator sinkron yang menggunakan permanent magnet agar dapat digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga angin?
3. Berapa kapasitas pembangkit yang dapat dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluasnya pembahasan maka batasan masalah sebagai berikut :

1. Membahas hubungan antara putaran generator dan tegangan keluaran generator dengan masukan kecepatan angin yang bervariasi.
2. Membahas pengaturan magnet permanent dan pengaruhnya terhadap tegangan keluaran generator.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk dapat memahami pengontrolan tegangan pada generator sinkron.
2. Untuk dapat menentukan generator apa yang sesuai dengan daerah yang mempunyai kecepatan angin yang bervariasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan pengetahuan dan pengembangan ilmu. Khususnya dalam permanent magnet sinkron generator untuk pembangkit listrik tenaga angin.
2. Bagi institusi, dapat di jadikan acuan dalam penerapan PLTB.
3. Bagi pembaca, dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam memahami penulisan laporan ini, maka penulis menuliskan sistematika penulisan laporan akhir skripsi sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini erisikan tentang penelitian – penelitian sebelumnya dengan rujukan yang jelas (jurnal, proceeding, artikel ilmiah), teori – teori yang terkait dengan pembahasan dan menjelaskan pernyataan sementara atau dugaan menjawab permasalahan yang dibuktikan pada penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan – bahan apa saja yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan – tahapan penelitian dalam bentuk flow chart dan gambar system secara keseluruhan.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan teknis pengumpulan data, pengujian perhitungan dan simulasi serta analisis sehingga penelitian dapat terarah dengan jelas.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN
Berisikan kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN