

**STUDI ANALISA PENGOPERASIAN COS PHI GENERATOR PLTM GUNUNG
WUGUL 2 X 1,5 MW TERHADAP JARINGAN 20 kV**

SKRIPSI

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

Oleh :

WAHYU KURNIA

NPM : 2110017111056



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

PADANG

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ANALISA PENGOPERASIAN COS PHI GENERATOR PLTM GUNUNG
WUGUL 2X1.5 MW TERHADAP JARINGAN 20 kV**

SKRIPSI

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

Oleh :

WAHYU KURNIA

NPM : 2110017111056

Disetujui Oleh:

Pembimbing

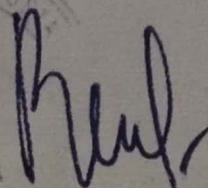


Ir. arzul., MT
NIK: 941 100 396

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri

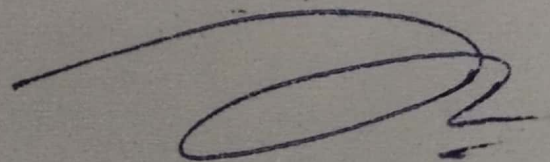
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST, MT
NIK: 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



Ir. Arzul., MT
NIK: 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI

**STUDI ANALISA PENGOPERASIAN COS PHI GENERATOR PLTM GUNUNG
WUGUL 2 X 1,5 MW TERHADAP JARINGAN 20 kV**

SKRIPSI

WAHYU KURNIA

NPM : 2110017111056

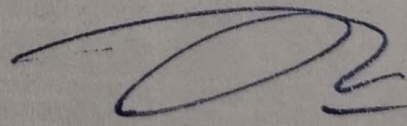
**Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari: Sabtu, 21 Februari 2023**

No. Nama

Tanda Tangan

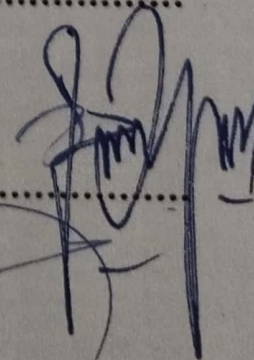
1. **Ir. Arzul, M.T.**

(Ketua dan Penguji)



2. **Dr.Ir. Ija Darmana., M.T., IPM**

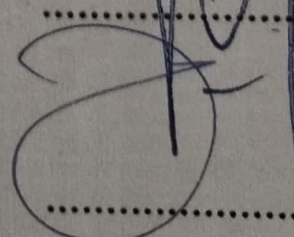
(Penguji)



15
3 2023

3. **Dr. Ir. Indra nisja, M.Sc.**

(Penguji)



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul **“Studi Analisa Pengoperasian Cos Phi Generator PLTM Gunung Wugul 2 X 1,5 MW Terhadap Jaringan 20 kV”** adalah benar – benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpamenggunakan 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.

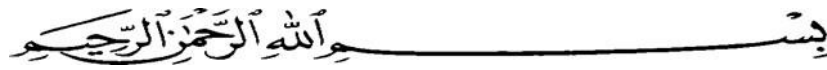
Padang, 11 Februari 2023



Wahyu Kurnia

NPM : 2110017111056

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul **“Studi Analisis Pengoperasian Cos Phi Generator PLTM Gunung Wugul 2 X 1,5 MW Terhadap Jaringan 20 KV”**. 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. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

- 1) Orang tua saya yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayang hingga saat ini serta istri tercinta , yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan, semangat dalam meraih setiap cita-cita dan harapan.
- 2) Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
- 3) Bapak Ir. Arzul., MT selaku Pembimbing
- 4) Bapak Ir. Eddy Soesilo., M.Eng. selaku Penasehat Akademik.
- 5) Bapak Ir. Arzul., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
- 6) Bapak dan ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
- 7) Teman-teman 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, Februari 2023

Wahyu Kurnia

ABSTRAK

PLTM Gunung Wugul merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan jenis aliran sungai *run of river* yang beroperasi dengan *Commercial on Date* (COD) pada tanggal 3 Desember 2021 oleh PLN Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Jawa Tengah & DIY. PLTM Gunung Wugul menggunakan tipe turbin francis dengan tinggi jatuh permukaan air (*Nett head*) 68,5 m, dan menggunakan tipe generator sinkron yang berkapasitas 2100 kVA dengan kemampuan *cos phi* generator 0.8. Generator PLTM Gunung Wugul saat ini beroperasi dengan faktor daya sebesar 0.95, yang mana PT PLN meminta PLTM Gunung Wugul agar beroperasi pada faktor daya 0.9. , PT PLN menilai bahwa produksi daya reaktif pembangkit PT Indonesia Power masih kurang sehingga ditambahkan klausul support daya reaktif pembangkit dengan minimum *cos phi* 0.9. Hal ini mengakibatkan perubahan parameter operasi pada generator. Metode penulisan ini berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Metode penulisan ini disusun untuk memberikan arah dan cara yang jelas bagi penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar. Berdasarkan analisis data operasi PLTM Gunung Wugul, setting *cos phi* yang direkomendasikan pada 0,95. pada kondisi tersebut, parameter – parameter operasi unit dalam kondisi dan range normal operasi. Berdasarkan spesifikasi teknis peralatan, PLTM Gunung Wugul dapat dioperasikan dengan setting *cos phi* 0,9. Namun kondisi tersebut harus melihat juga parameter operasi , selain itu kondisi tegangan jaringan pada MRA03 saat ini sudah stabil pada 20 kV, dengan operasi pada *cos phi* 0.9 akan membuat tegangan jaringan menjadi sangat tinggi di MRA03-337, dengan tegangan maksimum di 21 kV.

Kata Kunci : PLTM Gunung Wugul, Generator, Cos phi, jaringan 20 Kv

ABSTRACT

PLTM Gunung Wugul is a power plant that utilizes the type of river flow "run of river" which operates with Commercial on Date (COD) on December 3rd, 2021, by PLN Central Java & DIY Distribution Controlling Unit (UP2D). PLTM Gunung Wugul uses a French turbine type with a net head of 68.5m and uses a synchronous generator type with a capacity of 2100 kVA with a $\cos \phi$ generator capability of 0.8. The generator for the Gunung Wugul PLTM is currently operating with a power factor of 0.95, which PT PLN has asked the PLTM Gunung Wugul to run at a power factor of 0.9. PT PLN assesses that the reactive power production of the PT Indonesia Power plant is still lacking, so a reactive power plant support clause is added with a minimum $\cos \phi$ 0.9. This results in changes to the operating parameters of the generator. This writing method contains the steps taken by the author in compiling this final project. This writing method is structured to provide clear directions and ways for writers so that the preparation of this thesis can run smoothly. Based on the analysis of operational data for the Gunung Wugul PLTM, the recommended $\cos \phi$ setting is 0.95. In these conditions, the operating parameters of the unit are in the normal operating conditions and range. Based on the technical specifications of the equipment, the PLTM Gunung Wugul can be operate with a $\cos \phi$ setting of 0.9. However, these conditions must also see the operating parameters, apart from that the network voltage condition on the MRA03 is currently stable at 20 kV, with operation at $\cos \phi$ 0.9 it will make the network voltage very high at MRA03-337, with a maximum voltage of 21 kV.

Keyword : PLTM Gunung Wugul, Generator, $\cos \phi$, Jaringan 20 Kv.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBARAN PENGUJI

PERSEMBAHAN

LEMBARAN PERNYATAAN

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAKiii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... vii

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR SINGKATAN..... ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar BelakangI-1

1.2 Rumusan MasalahI-2

1.3 Batasan MasalahI-2

1.4 Tujuan PenelitianI-3

1.5 Manfaat PenelitianI-4

1.6 Sistematika PenulisanI-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian..... II-5

2.2 Landasan Teori..... II-4

2.2.1 Pengertian PLTA II-6

2.2.2	Generator	II-10
2.2.3	Karakteristik Generator Searah	II-21
2.2.4	Daya.....	II-23
2.2.2.1	Daya Nyata	II-23
2.2.2.2	Daya Semu.....	II-24
2.2.2.3	Daya Reaktif	II-24
2.2.2.4	Faktor Daya	II-25
2.2.2.5	Pentingnya Faktor Daya	II-29

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	III-30
3.2	Metode Penelitian	III-30
3.3	Alur Penelitian	III-32

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Teknis Peralatan	IV-33
4.1.1	Generator Sinkron	IV-33
4.1.2	Transformator	IV-34
4.1.3	AVR (Automatic Voltage Regulator)	IV-35
4.1.4	Konfigurasi Jaringan PLTM Gunung Wugul pada Jaringan MRA03	IV-36
4.2	Pembahasan dan Hasil	IV-38
4.2.1	Analisa Kapasitas Generator	IV-38
4.3	Analisa Data Operasi	IV-48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	V-45
5.2	Saran	V-46

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bendungan Melintang PLTA	II-8
Gambar 2.2 PLTA Run Of River	II-8
Gambar 2.3 PLTA Upper Cisokan Pumped Storage	II-9
Gambar 2.4. Medan magnet GGL.....	II-10
Gambar 2.5 Generator sinkron tiga fasa dengan penguatan generator DC Pilot Exciter.....	II-12
Gambar 2.6 Generator sinkron tiga fasa dengan sistem penguatan brushless exciter system.....	II-13
Gambar 2.7 Rotor kutub silinder.....	II-13
Gambar 2.8 Rotor kutub menonjol	II-14
Gambar 2.9 Inti stator dan alur pada stator	II-14
Gambar 2.10 Gelombang tegangan bolak – balik.....	II-17
Gambar 2.11 Prinsip kerja generator sinkron	II-17
Gambar 2.12 Kurva dan rangkaian ekuivalen generator tanpa beban....	II-19
Gambar 2.13 Kondisi reaksi jangka	II-20
Gambar 2.14 Genrator Berpenguatan bebas	II-21
Gambar 2. 15 Generator searah seri.....	II-22
Gambar 2.16 Genrator Shunt	II-22
Gambar 2.11 <i>Resistive Circuit</i>	II-26
Gambar 2.12 <i>Inductive and Capacitive Circuit</i>	II-27
Gambar 2.13 Segitiga Daya	II-29
Gambar 4.1 Generator Sinkron PLTM Gunung Wugul.....	IV-33
Gambar 4.2 Main Transformator PLTM Gunung Wugul.....	IV-34
Gambar 4.3 AVR PLTM Gunung Wugul.....	IV-35
Gambar 4.4 Konfigurasi Jaringan PLTM Gunung Wugul.....	IV-36
Gambar 4.5 Single Line Diagram PLTM Gunung Wugul.....	IV-37
Gambar 4.6 Spesifikasi generator PLTM Gunung Wugul.....	IV-38
Gambar 4.7 Kurva Capability	IV-39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alur penelitian.....	III-32
Tabel 4.1 Tabel Pembebanan di MRA03.....	IV-36
Tabel 4.2 Spesifikasi Insulation Class	IV-40
Tabel 4.3 Hasil Analisa data operasi dengan Chos phi 0,93	IV-41
Tabel 4.4 Data Operasi Generator dengan Cos Phi 0,90	IV-42
Tabel 4.5 Data Operasi Generator dengan Cos Phi 0,95	IV-43

DAFTAR SINGKATAN

PLN	Pembangkit Listrik Negara
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
PJB	Pembangkit Jawa Bali
UID	Unit Induk Distribusi
PLTM	Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro
MRA03	MRICA 3
AVR	Automatic Voltage Regulator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Indonesia Power merupakan salah satu anak perusahaan PT PLN (Persero) yang didirikan pada tanggal 3 Oktober 1995 dengan nama PT PLN Pembangkitan Jawa Bali I (PT PJB I). Pada tanggal 8 Oktober 2000, PT PJB I berganti nama menjadi PT Indonesia Power sebagai penegasan atas tujuan perusahaan untuk menjadi perusahaan pembangkit tenaga listrik independen yang berorientasi bisnis murni. Kegiatan utama bisnis perusahaan saat ini yakni fokus sebagai penyedia tenaga listrik melalui pembangkitan tenaga listrik dan sebagai penyedia jasa operasi dan pemeliharaan pembangkit listrik yang mengoperasikan pembangkit yang tersebar di Indonesia. Berdasarkan data yang tertera pada website Indonesia Power, selain mengelola Unit Pembangkit, PT Indonesia Power memiliki 5 Anak Perusahaan, 2 Perusahaan Patungan (*Joint Venture Company*), 1 Perusahaan Asosiasi, 3 Cucu Perusahaan (Afiliasi dari Anak Perusahaan) untuk mendukung strategi dan proses bisnis perusahaan.

Salah satunya adalah *Mrica Power Generation Unit* (PGU), Mrica PGU mengoperasikan Unit Pembangkit pada 2 sistem jaringan *Grid* dan *Embedded*. Pada sistem jaringan *grid* Unit Pembangkit beroperasi pada tegangan jaringan diatas 20 kV dan sistem jaringan *embedded* beroperasi pada jaringan 20 kV atau dibawah *rate* tegangan tersebut. Salah satu unit yang beroperasi pada jaringan 20kV adalah PLTM (Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro) Gunung Wugul.

PLTM Gunung Wugul merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan jenis aliran sungai *run of river* yang beroperasi dengan *Commercial on Date* (COD) pada tanggal 3 Desember 2021 oleh PLN Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Jawa Tengah & DIY. PLTM Gunung Wugul menggunakan tipe turbin francis dengan tinggi jatuh permukaan air (*Nett head*) 68,5 m, dan menggunakan tipe generator sinkron yang berkapasitas 2100 kVA dengan kemampuan *cos phi* generator 0.8.

Generator PLTM Gunung Wugul saat ini beroperasi dengan faktor daya sebesar 0.95, yang mana PT PLN meminta unit Mrica PGU khususnya PLTM

Gunung Wugul agar beroperasi pada faktor daya 0.9. Berdasarkan *Minute of Meeting (MoM)* Pembahasan Amandemen Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik (PJBTL) PLTA yang dilaksanakan pada tanggal 27 Juli 2021, PT PLN Unit Induk Distribusi Jawa Tengah & DIY (UID JTY) menilai bahwa produksi daya reaktif pembangkit PT Indonesia Power masih kurang sehingga ditambahkan klausul *support* daya reaktif pembangkit dengan minimum *cos phi* 0.9. Hal ini mengakibatkan perubahan parameter operasi pada generator. Berdasarkan ketentuan tersebut tentang minimum *cos phi* pembangkit 0,9, maka saya mengambil tema penelitian “**Studi Analisis Pengoperasian Cos Phi Generator PLTM Gunung Wugul 2 X 1,5 MW Terhadap Jaringan 20 kV**”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah saat ini yang terjadi, yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *cos phi* generator 0.9 terhadap jaringan 20 kV?
2. Bagaimana pengaruh *cos phi* 0.9 terhadap tegangan dan arus generator PLTM Gunung Wugul?
3. Bagaimana pengaruh faktor daya 0.9 terhadap beban yang dihasilkan di sistem 20 kV PLTM Gunung Wugul?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisa kajian *cos phi* 0.9 dan pengaruhnya terhadap jaringan 20 kV .
2. Menganalisa *cos phi* 0.9 dan pengaruhnya terhadap tegangan dan arus generator PLTM Gunung Wugul.
3. Implementasi *cos phi* 0.9 dan pengaruhnya terhadap beban yang dihasilkan di sistem 20 kV PLTM Gunung Wugul.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa operasi generator PLTM Gunung Wugul 2 x 1,5 MW dengan $\cos \phi$ 0.9 terhadap jaringan 20 kV.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas maka manfaat penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dengan adanya penelitian kita bisa memitigasi resiko dampak dari penggunaan $\cos \phi$ 0.9.
2. Dapat memenuhi kebutuhan pelanggan yaitu PLN untuk menggunakan $\cos \phi$ 0.9.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini ditulis dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan uraian umum yang memuat latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka menguraikan tentang teori yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian ini menjelaskan langkah-langkah dalam penelitian dan persamaan yang digunakan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas mengenai data yang diperoleh selama penelitian, perhitungan dan analisisnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran ini didapat setelah dilakukannya penelitian ini.