

**STUDI SISTEM PROTEKSI GENERATOR PLTA PEJENGKOLAN  
(Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan*

*Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro*

*Fakultas Teknologi Industri*

*Universitas Bung Hatta*

**Oleh :**

**OKRIYAN AULIA**

**NPM : 2110017111079**



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

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI SISTEM GENERATOR PLTA PEJENGKOLAN  
(Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica)**

SKRIPSI

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

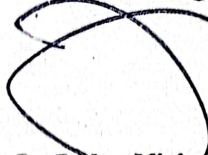
Oleh:

**OKRIYAN AULIA**

**NPM : 2110017111079**

Disetujui Oleh :

Pembimbing



**Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc.**

**NIK : 201810683**

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**

**LEMBAR PENGUJI**

**STUDI SISTEM GENERATOR PLTA PEJENGKOLAN  
(Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica)**

**SKRIPSI**

**OKRIYAN AULIA**

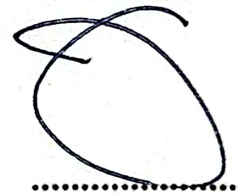
**NPM : 2110017111079**

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

No. Nama

Tanda Tangan

1) **Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc.**  
**(Ketua dan Penguji)**



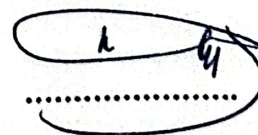
.....

2) **Ir. Arzul, M.T.**  
**(Penguji)**



.....

3) **Ir. Arnita, M.T.**  
**(Penguji)**



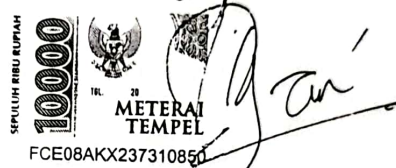
.....

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "**STUDI SISTEM GENERATOR PLTA PEJENGKOLAN (Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica)**" 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, 21 Januari 2023



Okriyan Aulia

2110017111079

## ABSTRAK

Pada saat dilakukan Major Inspection Tahun 2021 generator PLTA Pejengkolan ditemukan kerusakan pada area rotor generator, yaitu melelehnya *lock wedges* dan *lock laminated* pada rotor generator PLTA Pejengkolan. Suatu peralatan dapat meleleh disebabkan oleh panas yang berlebih yang tidak terprotesksi dengan baik.

Pada skripsi ini akan dilakukan studi sistem pada generator yaitu perhitungan settingan relay proteksi sesuai dengan standar yang ada, dan juga dilakukan pengujian masing-masing relay proteksi menggunakan alat uji CMC Omicron 365 .

Setelah dilakukan perhitungan nilai setting relay dan juga pengujian relay, ditemukan relay *over current*, relay *Ground Fault*, dan relay *Under Over Voltage* dinyatakan rusak. Serta relay *Phase Balance* dan relay *reverse power* diperlukan setting ulang.

**Kata kunci:** *PLTA Pejengkolan, Relay Proteksi, Proteksi Pembangkit*

## ABSTRACT

At the time of the Major Inspection in 2021 the Pejengkolan hydropower generator found damage to the generator rotor area, namely the melting of the lock wedges and the laminated lock on the Pejengkolan hydropower generator rotor. An equipment may melt due to excessive heat that is not properly protected.

In this thesis, a system study will be carried out on the generator, namely calculating the protection relay settings in accordance with existing standards, and also testing each protection relay using the Omicron 365 CMC test tool

After calculating the value of the relay setting and also testing the relay, it was found that the over current relay, the Ground Fault relay, and the Under Over Voltage relay were declared damaged. As well as Phase Balance relays and reverse power relays, resetting is required.

**Kata kunci:** *PLTA Pejengkolan, Protection Relays, Generator Protection*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanallahu Wata'ala atas segala rahmat, hidayah, dan inayah-Nya. Shalawat dan salam tak lupa selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kedamaian bagi umat manusia, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi periode tahun akademik 2022 dengan judul “Studi Sistem Proteksi Generator PLTA Pejengkolan (Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica. Laporan Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana S-1 pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Penulisan ini penulis banyak mengalami hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak, akhirnya laporan skripsi ini dapat penulis selesaikan untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu selama penulisan skripsi ini, yaitu

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Reni Resmiarti, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
2. Bapak Ir. Arzul, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta Padang
3. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.,Sc. Selaku pembimbing tugas akhir saya yang selalu mendukung dan memberikan arahan terbaiknya.
4. Bapak dan Ibu staf dosen Program Studi Teknik Elektro dan staf administrasi Universitas Bung Hatta Padang, yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis selama penyusunan laporan pada perancangan ini.
5. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu memberikan *support* yang luar biasa kepada penulis.
6. Seluruh teman-teman di Program Studi Teknik Elektro Mandiri tahun 2021 Universitas Bung Hatta yang selalu memberi semangat pada penulis untuk

menyelesaikan laporan perancangan yang selalu memberi motivasi dan bantuan secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini.

7. Semua pihak yang telah membantu dalam melaksanakan Skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan pahala yang sebanding dengan semua bantuan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun perbaikan dan kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Padang, 21 Januari 2023

Okriyan Aulia



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Sampul Depan .....	i
Halaman Sampul Dalam .....	i
LEMBARAN PENGESAHAN .....	ii
LEMBARAN PENGUJI SKRIPSI .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Penelitian .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Sistem Proteksi .....	7
1. Pengertian Sistem Proteksi .....	7
2. Kriteria Sistem Proteksi .....	8
3. Zona Proteksi Sistem Tenaga Listrik .....	10

2.2.2 Generator Sinkron .....	10
1. Pengertian Generator Sinkron.....	10
2. Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	11
3. Reaksi Jangkar Generator Sinkron.....	12
4. Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron.....	13
5. Sistem Eksitasi Generator .....	14
2.2.3 Proteksi Generator.....	23
1. Klasifikasi Gangguan Pada Generator .....	24
2. Relay Proteksi Generator .....	25
3. <i>Current Transformer</i> .....	30
4. <i>Potential Transformer</i> .....	32
BAB III METODE PENELITIAN .....	34
3.1 Alat Dan Bahan Penelitian.....	34
3.1.1 Alat Penelitian .....	34
1. Tool Set Hozan .....	34
2. Avo Meter Fluke 17B .....	35
3. CMC Omicron 365 .....	35
4. Laptop Fujitsu .....	36
5. Tang Ampere .....	36
3.1.2 Bahan Penelitian.....	37
1. Gambar Single Line Diagram Proteksi .....	37
2. Data Spesifikasi Generator PLTA Pejengkolan.....	38
3. Data Relay Proteksi Generator PLTA Pejengkolan.....	39
3.2 Lokasi Penelitian.....	40
3.3 Alur Penelitian .....	41
3.3.1 Diagram Alir Penelitian .....	41
3.3.2 Langkah-langkah Penelitian .....	42
3.4 Deskripsi Sistem Dan Analisis.....	44
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Perhitungan Setting Relay Proteksi Generator PLTA Pejengkolan.....	45

4.2 Pengujian Relay Proteksi Dengan Alat CMC Omicron 365.....	50
4.3 Rekap Data Gangguan PLTA Pejengkolan Tahun 2020 .....	56
4.4 Matriks Hasil Studi Proteksi Generator PLTA Pejengkolan .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1. Rotor PLTA Pejengkolan.....	2
Gambar 1.2. Penampakan kerusakan pada rotor generator PLTA Pejengkolan.....	2
Gambar 2.1. Zona Proteksi. ....	10
Gambar 2.2. Proses Pembangkitan GGL. ....	11
Gambar 2.3. Rangkaian ekuivalen generator sinkron. ....	13
Gambar 2.4. Perbandingan arus eksitasi If dengan tegangan keluaran generator.....	14
Gambar 2.5. Rangkaian sistem eksitasi dengan sikat. ....	15
Gambar 2.6. Rangkaian sistem eksitasi tanpa sikat. ....	16
Gambar 2.7. Diagram kerja <i>automatic voltage regulator</i> . ....	17
Gambar 2.8. Diagram kerja <i>automatic voltage regulator</i> . ....	18
Gambar 2.9. Penyearah setengah gelombang 3 fasa Y.....	19
Gambar 2.10. Konstruksi AC <i>exciter</i> . ....	20
Gambar 2.11. Simbol <i>Thyristor</i> . ....	20
Gambar 2.12. Dioda berputar. ....	21
Gambar 2.13. Tampilan <i>permanent magnet generator</i> . ....	21
Gambar 2.14. Bagan Generator dengan mesin penggerak dan medan penguat.....	23
Gambar 2.15. Single line diagram <i>Ground Fault Relay</i> . ....	25
Gambar 2.16. Single line diagram relay arus lebih.....	26
Gambar 2.17. Single line diagram relay daya balik. ....	28
Gambar 2.18. Rangkaian ekuivalen <i>Current transformer</i> . ....	29
Gambar 3.1. Tool Set Hozan seri S22.....	33
Gambar 3.2. Avo Meter Digital seri Fluke 17B.....	34
Gambar 3.3. CMC Omicron 365 (Alat Uji Relay).....	34
Gambar 3.4. Laptop Fujitsu. ....	34
Gambar 3.5. Tang ampere Fluke seri 317. ....	35
Gambar 3.6. Single Line Diagram Proteksi PLTA Pejengkolan. ....	36
Gambar 3.7. Generator PLTA Pejengkolan. ....	37

Gambar 3.8. Lokasi penelitian. ....	40
Gambar 3.9. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian. ....	41

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Spesifikasi <i>class</i> untuk <i>current transformer</i> menurut IEC 60044-1 .....	31
Tabel 2.2. Spesifikasi <i>Accuracy classes Potential Transformer</i> sesuai IEC60044-2. 32	32
Tabel 3.1. Data Spesifikasi Generator PLTA Pejengkolan.....	37
Tabel 3.2. Data Relay Proteksi Generator PLTA Pejengkolan.....	38
Tabel 3.3. Gambar Relay Proteksi Generator PLTA Pejengkolan. ....	39
Tabel 4.1. Data Pengujian <i>Over Current</i> Relay.....	48
Tabel 4.2. Data Pengujian <i>Over Current</i> Relay Karakteristik Waktu. ....	48
Tabel 4.3. Data Pengujian <i>Phase Balance</i> Relay.....	49
Tabel 4.4. Data Pengujian <i>Phase Balance</i> Relay Karakteristik Waktu .....	50
Tabel 4.5. Data Pengujian <i>Ground Fault</i> Relay.....	50
Tabel 4.6. Data Pengujian <i>Ground Fault</i> Relay Karakteristik Waktu .....	51
Tabel 4.7. Data Pengujian <i>Under Voltage</i> Relay.....	51
Tabel 4.8. Data Pengujian <i>Over Voltage</i> Relay. ....	52
Tabel 4.9. Data Pengujian <i>Reverse Power</i> Relay.....	52
Tabel 4.10. Data Pengujian <i>Reverse Power</i> Relay Karakteristik Waktu .....	52
Tabel 4.11. Data gangguan selama tahun 2020 .....	54
Tabel 4.12. Matriks Hasil Studi. ....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

Lampiran 1. Dokumentasi Pengujian Relay .....	61
---	----

## DAFTAR SINGKATAN

PLTA	Pusat Listrik Tenaga Air
PLN	Perusahaan Listrik Negera
MW	Mega-Watts
OCR	<i>Over Current Relay</i>
OVR	<i>Over Voltage Relay</i>
AC	Alternating Current
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute Of Electrical And Electronics Engineers
CT	<i>Current Transformer</i>
VT	<i>Voltage Transformer</i>
MI	<i>Major Inspection</i> ( Inspeksi Menyeluruh Peralatan)



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Listrik memiliki peran vital dan strategis, ketersediannya harus memenuhi aspek andal, aman dan akrab lingkungan. Keandalan sistem tenaga listrik ditentukan oleh sistem dan konstruksi instalasi listrik yang memenuhi ketentuan dan persyaratan yang berlaku. Keamanan sistem tenaga listrik ditentukan oleh sistem pengamanan (*protection system*) yang baik, benar, andal atau tepat sesuai dengan kebutuhan sistem yang ada.

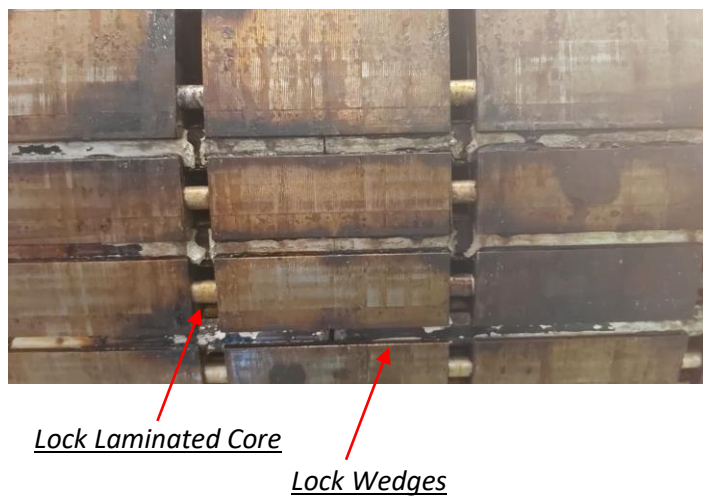
Proteksi yaitu pengamanan atau perlindungan. Sistem tenaga listrik yaitu suatu sistem yang terdiri dari beberapa sub sistem meliputi pembangkitan (pembangkit tenaga listrik), penyaluran(transmisi), pendistribusian(distribusi) dan instalasi pemanfaatan. Proteksi sistem tenaga listrik yaitu perlindungan/pengaman pembangkitan (pembangkit tenaga listrik), penyaluran (transmisi), pendistribusian (distribusi) dan instalasi pemanfaatan .

PLTA Pejengkolan adalah salah satu pembangkit dari sub unit PLTA Wadaslintang PT Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica yang beroperasi mulai tahun 1992 dengan daya terpasang 1,4 MW yang disalurkan ke jaringan 20 kV ke arah WDL 3 dan langsung ke konsumen. PLTA ini menggunakan turbin berjenis Kaplan di kopel dengan speed increaser untuk menaikkan putaran dari 500 rpm menjadi 1000 rpm. Kapasitas Generator PLTA Pejengkolan 1750 KVA dengan menggunakan system brushless ( tanpa sikat ). Untuk pengoperasian PLTA Pejengkolan diatur oleh pengeluaran air PU .

Pada saat dilakukan *Major Inspection* Tahun 2021 generator PLTA Pejengkolan ditemukan kerusakan pada area rotor generator, yaitu melelehnya *lock wedges* dan *lock laminated* pada rotor generator PLTA Pejengkolan.



**Gambar 1.1.** Rotor PLTA Pejengkolan  
(Sumber : PT Indonesia Power, UP Mrica)



**Gambar 1.2.** Penampakan kerusakan pada rotor PLTA Pejengkolan  
(Sumber : PT Indonesia Power, UP Mrica)

*Lock wedges* adalah salah satu elemen untuk menjaga agar coil winding tidak bergerak didalam Slot, sedangkan *lock laminated* adalah pembatas atau separasi antar *wedges*. Kerusakan pada keduanya dapat menurunkan kemampuan isolasi pada rotor , dan apabila kemampuan isolasi rotor menurun dapat mengakibatkan hubung singkat pada belitan rotor tersebut.

Pada dasarnya penyebab suatu peralatan kelistrikan dapat meleleh ialah karena panas yang ditimbulkan peralatan tersebut. Ketika suatu peralatan listrik rusak bahkan sampai meleleh seperti rotor generator PLTA Pejengkolan, maka dapat ditarik suatu hipotesis ialah sistem proteksi tidak bekerja sebagaimana mestinya. Sehingga dapat disusun suatu penelitian tentang “Studi Sistem Proteksi

Generator PLTA Pejengkolan (Aplikasi PT. Indonesia Power Unit Pembangkitan Mrica)”

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana performa relay *over current* generator PLTA Pejengkolan?
2. Bagaimana performa relay *phase Balance* generator PLTA Pejengkolan?
3. Bagaimana performa relay *ground fault* generator PLTA Pejengkolan?
4. Bagaimana performa relay *under dan over voltage* generator PLTA Pejengkolan?
5. Bagaimana performa relay *reverse power* generator PLTA Pejengkolan?
6. Bagaimana agar gangguan melelehnya lock wedges dan lock laminated pada generator PLTA Pejengkolan tidak terjadi kembali dimasa yg akan datang?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang telah ditentukan maka perlu dibatasi masalah sebagai berikut :

1. Berfokus pada relay proteksi *elektrical* generator.
2. Mengevaluasi relay proteksi generator mulai dari settingan dan nilai kerja relay proteksi tersebut.
3. Tidak menghitung ketahanan *thermal* dari material *winding* generator.
4. Faktor *mechanical* diabaikan.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap relay proteksi generator PLTA Pejengkolan mulai dari settingan dan nilai kerja relay sehingga dapat mengamankan generator pada saat operasi dan mencegah generator dari kerusakan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat proteksi generator menjadi handal, sehingga dapat mencegah kerusakan generator.
2. Dapat dijadikan rujukan setting relay proteksi, apabila ada relay proteksi yang settingnya sudah diluar keberterimaan.
3. Dapat dijadikan dasar penggantian relay proteksi, apabila ditemukan *malfuction* relay atau terdapat relay proteksi yang rusak.

### **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, serta pengumpulan data awal.

#### **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.