

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**SISTEM PROTEKSI GENERATOR TURBIN PLTA**  
**DI PT INALUM (PERSERO)**

**DISUSUN OLEH :**  
**MARCOPOLO NAINGGOLAN**  
**17.812.0049**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN**  
**2021**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)29/12/22

LEMBAR PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK  
“SISTEM PROTEKSI GENERATOR TURBIN PLTA  
DI PT INALUM (PERSERO)”

Disusun Oleh :

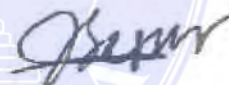
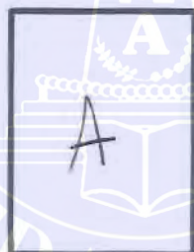
Nama : Marcopolo Nainggolan

NPM : 178120049

Program Studi : Teknik Elektro

Dosen Pembimbing Kerja Praktek

Pembimbing Lapangan



(Syarifah Muthia Putri, ST, MT)

(Bagus Brahmantya)

NIDN.01-0408-9002

78912014

Ketua Program Studi Teknik Elektro



(Syarifah Muthia Putri, ST, MT)

NIDN. 01-0408-9002

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area Access From (repository.uma.ac.id)29/12/22

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT. Atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kerja praktek dan dapat menyusun laporan pelaksanaan kerja praktek dengan judul “Sistem Proteksi Generator Turbin PLTA di PT INALUM (PERSERO)”..

Kerja praktek ini merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi dalam Program Studi Teknik Elektro, selain untuk memenuhi persyaratan program studi yang penulis tempuh, kerja praktek ini juga banyak memberikan manfaat kepada penulis baik dari segi akademis maupun untuk pelajaran yang tidak didapatkan penulis pada saat berada di bangku kuliah. Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan kerja praktek (KP) ini, terutama kepada :

1. Orang tua yang telah memberi dukungan moril/spiritual kepada penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas medan Area.
4. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, selaku dosen pembimbing kerja praktek jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
6. Teman-teman kelompok kerja praktek yang telah berjuang bersama-sama menyelesaikan kerja praktek di PT Inalum (Persero).
7. Tak luput juga para operator di PT Inalum (Persero).

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penyusun dan mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan selama mengikuti kerja praktek ini baik disengaja atau tidak disengaja.

Penulis tidaklah sempurna, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan kerja praktik ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan selanjutnya yang akan dihadapi dimasa yang akan datang. Akhir kata semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan banyak manfaat untuk kita semua.



Medan, Juni 2021

**MARCOPOLO NAINGGOLAN**  
**17.812.0049**

## ABSTRAK

PT Inalum merupakan perusahaan yang memanfaatkan sungai Asahan dari Danau Toba di Provinsi Sumatra Utara untuk menghasilkan listrik. Pada masa pemerintahan Hindia Belanda sebelum adanya perusahaan PT Inalum. Perusahaan tersebut resmi menjadi perusahaan BUMN dengan nama PT Indonesia Asahan Aluminium. Setelah berstatus perusahaan BUMN, maka perusahaan berkewajiban untuk membuat peraturan dan kebijakan yang sesuai dengan perundang undangan. Generator arus bolak-balik (AC) adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator).

**Kata kunci : Sistem Proteksi, Generator, Relay.**

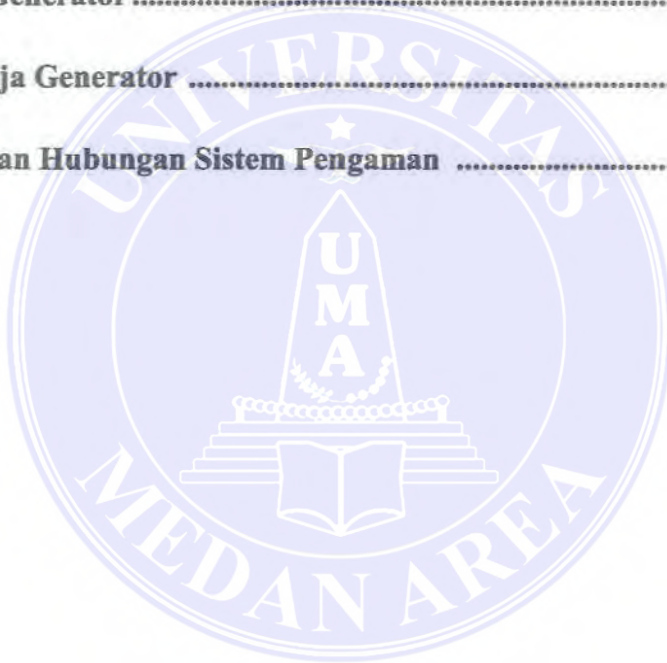


## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	II
ABSTRAK .....	IV
DAFTAR ISI .....	V
DAFTAR GAMBAR.....	VI
DAFTAR GRAFIK.....	VII
DAFTAR TABEL .....	VIII
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUANG LINGKUP .....	1
1.3 METODOLOGI.....	2
BAB II PROFIL INSTANSI .....	2
2.1 SEJARAH RINGKAS PT. INALUM (PERSERO).....	2
2.2 LOGO PT. INALUM (PERSERO) .....	4
2.3 VISI DAN MISI PT. INALUM (PERSERO).....	4
2.4 STRUKTUR ORGANISASI PT. INALUM (PERSERO) .....	5
2.4 URAIAN TUGAS MANAJEMEN PT. INALUM (PERSERO).....	7
BAB III STUDI KASUS .....	10
3.1 GENERATOR .....	10
3.2 RELE PROTEKSI.....	14
BAB IV PENGUMPULAN DATA.....	16
4.1 GANGGUAN YANG SERING PADA GENERATOR.....	16
4.2 SISTEM PROTEKSI PADA GENERATOR.....	17
4.3 KEHANDALAN SISTEM .....	17
4.4 DATA GENERATOR PADA PLTA .....	17
4.5 SISTEM PROTEKSI RELE GENERATOR.....	18
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	28
5.1 KESIMPULAN .....	28
5.2 SARAN.....	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN .....	30

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. Logo PT Inalum .....</b>	<b>4</b>
<b>Gambar 2 Struktur Organisasi PT.Indonesia Asahan Aluminium .....</b>	<b>6</b>
<b>Gambar 3. Kontruksi Stator .....</b>	<b>11</b>
<b>Gambar 4. Konstruksi Motor (A).Rotor Bentuk Menonjol, (B). Rotor Bentuk Silinder Halus .....</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 5. Kontroksi Generator .....</b>	<b>13</b>
<b>Gambar 6. Prinsip Kerja Generator .....</b>	<b>13</b>
<b>Gambar 7. Peralatan dan Hubungan Sistem Pengaman .....</b>	<b>15</b>



## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 1. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Dasar .....</b>	<b>24</b>
<b>Grafik 2. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Lama .....</b>	<b>25</b>
<b>Grafik 3. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Baru .....</b>	<b>26</b>
<b>Grafik 4. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Lama dan Baru .....</b>	<b>27</b>





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. Spesifikasi Generator .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabel 2. Generator Impoements .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabel 3. Hasil Perhitungan <i>Setting Relay</i> Arus Lebih .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabel 4. Setting Relay Frekuensi Generator .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabel 5. Data Daya Generator .....</b>	<b>23</b>



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Pembangkit listrik memiliki banyak peralatan yang sangat penting dan terintegrasi antara satu dengan yang lainnya. Salah satu peralatan tersebut yaitu generator. Generator merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik yang sangat penting pada pusat pembangkit, sehingga untuk mencegah hal yang tidak diinginkan terjadi maka dipasangkanlah sebuah proteksi supaya terhindar dari macam gangguan.

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan (*interferes*) dalam sistem tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan arus hubung singkat dapat dihindari dengan cara penyetelan rele dan menentukan penyetelan rele arus lebih di generator untuk menjaga keandalan dan stabilitas sistem tenaga listrik serta untuk perlindungan dari kerusakan generator.

Rele proteksi adalah peralatan listrik yang dirancang khusus untuk memisahkan bagian sistem tenaga listrik dan untuk mengoperasikan sinyal apabila terjadi gangguan pada sistem. Rele proteksi bertujuan untuk memberikan tanda bahaya atau membuka *Circuit Breaker*(CB) sehingga memisahkan sebagian dari sistem tersebut selama terjadinya kondisi yang tidak normal, memutuskan bagian sistem yang tidak normal sehingga mencegah kesalahan berikutnya dan melepas pemutus tenaga apabila gangguan dianggap membahayakan peralatan-peralatan listrik seperti : generator, trafo, dan sebagainya.

Gangguan dalam sistem tenaga listrik tidak dapat dihindarkan, akan tetapi dapat mengurangi atau membatasi akibat dari gangguan tersebut sekecil mungkin dan dalam waktu sesingkat mungkin dengan menggunakan rele proteksi.

#### 1.2. RUANG LINGKUP

Untuk menghindari adanya kemungkinan penyimpangan dari sasaran, maka penulis membatasi permasalahan yang akan di bahas dalam laporan ini sebatas “Sistem Proteksi” di PLTA PT Inalum (Persero).

### 1.3. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan penulis dalam penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut :

- a. Data-data studi kepustakaan yang penulis dapatkan dari dari buku, karya ilmiah, jurnal, penelitian terdahulu yang berhubungan dan mendukung teori untuk penyelesaian penelitian.
- b. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari penelitian di PLTA PT Inalum (Persero). Data yang dibutuhkan yaitu berupa data proteksi pada generator yang terpasang. Berikut adalah data-data pada proteksi generator yang akan diambil, yaitu data arus dan tegangan dan data proteksi yang terpasang.
- c. Pengamatan dan wawancara langsung dengan petugas dan Pegawai di PLTA PT Inalum (Persero).



## BAB II

### PROFIL INSTANSI

#### 2.1. SEJARAH RINGKAS PT INALUM (PERSERO)

PT Inalum merupakan perusahaan yang memanfaatkan sungai Asahan dari Danau Toba di Provinsi Sumatra Utara untuk menghasilkan listrik. Pada masa pemerintahan Hindia Belanda sebelum adanya perusahaan PT Inalum.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mengalami kegagalan dan akhirnya berhenti, namun setelah berhenti cukup lama akhirnya pemerintahan Republik Indonesia bertekad melanjutkan pembangunan tersebut.

Tahun 1972, Pemerintah Indonesia dibantu oleh Nippon Koei yang merupakan perusahaan dari Jepang. Nippon Koei ini merupakan sebuah perusahaan konsultan yang membantu dalam sebuah pengajaran tentang kelayakan pembangunan PLTA. Pada Tahun 1973, Pemerintah Indonesia melakukan penawaran satu paket Penanaman Modal Asing untuk membangun pabrik peleburan aluminium dan PLTA dengan investasi yang sangat besar sehingga tidak ada yang berminat dengan penawaran tersebut.

Hingga pada tahun 1975 Pemerintah Indonesia bekerja sama dengan 12 Perusahaan penanam modal Jepang untuk membangun PLTA dan Pabrik Peleburan Aluminium Asahan dengan menandatangani Perjanjian Induk. Awal mula proyek tersebut dinamakan dengan Nippon Asahan Aluminium Co. Ltd. (NAA Co. Ltd) dengan perbandingan saham sebesar 50% dengan Pemerintah Indonesia.

Tahun 1976 didirikan kantor pusat dengan nama PT Indonesia Asahan Aluminium (PT Inalum) yang berlokasi di Jakarta. Pada tanggal 14 Oktober 1982 ekspor perdana produksi PT Inalum pun dilakukan ke Jepang yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu pengeksport terbesar aluminium batangan di dunia. PT Inalum yang telah didirikan sejak tanggal 6 Januari 1967 masih berstatus sebagai perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA) yang telah menjadi sebuah Perjanjian antara Pemerintahan Republik Indonesia dengan Konsorsium Investor dari Jepang yang berlaku selama 30 tahun yang terhitung sejak awal pengoperasian tungku reduksi yakni tanggal 31 Oktober 1983 sampai dengan 31 Oktober 2013.

Hingga akhirnya sejak tanggal 1 November 2013 PT Inalum bisa dimiliki Pemerintah Indonesia, walaupun belum sepenuhnya dimiliki oleh Pemerintah Indonesia dikarenakan Pemerintah Indonesia harus mengembalikan modal awal kepada Investor Jepang. Pemerintah

Indonesia harus melakukan negosiasi yang cukup panjang yang diwakili oleh tiga Kementerian Indonesia, yakni Kementerian Keuangan, BUMN, dan Perindustrian.

Pemerintah Indonesia akhirnya bisa memiliki sepenuhnya PT Inalum dengan kesepakatan pengembalian modal kepada para Investor Jepang pada tanggal 9 Desember 2013 yang ditandai dengan penandatanganan pengakhiran perjanjian dimana pemerintah Jepang melakukan penyerahan aset kepada Pemerintah Indonesia. Pada tanggal 19 Desember 2013 perusahaan tersebut resmi menjadi perusahaan BUMN dengan nama PT Indonesia Asahan Aluminium. Setelah berstatus perusahaan BUMN, maka perusahaan berkewajiban untuk membuat peraturan dan kebijakan yang sesuai dengan perundang undangan.

## 2. 2. LOGO PT INALUM (PERSERO)

Berikut ini merupakan logo dari PT Indonesia Asahan Aluminium (Persero) beserta makna dari logo tersebut:



Gambar 1. Logo PT Inalum

1. Arah Logogram : Mengarah ke kananatas  
Mengekspresikan karakter yang progresif sebagai pelopor dan leader market industri berbasis aluminium di Indonesia dan siap bersaing di kancah global.
2. Gagasan visual : Stilasi huruf 'A' dan 'L'  
Menyimpulkan struktur kimia dari aluminium menyiratkan ruang lingkup usaha PT Inalum yakni industri aluminium
3. Logotype : Menggunakan font Gotham Bold Lower case  
Memberikan makna bahwa personifikasi Inalum adalah sosok yang disiplin dan profesional (bold), sekaligus ramah dan humaniora (lowercase).
4. Warna Logogram dan Logotype  
Biru : Industri berteknologi canggih  
Hijau : Ramah lingkungan  
Merah : Kebanggaan Indonesia

## 2.3. VISI DAN MISI PT INALUM (PERSERO)

### 1. Visi

Menjadi perusahaan global terkemuka berbasis aluminium terpadu ramah lingkungan

### 2. Misi

1. Menjalankan operasi peleburan aluminium terpadu yang menguntungkan, aman dan ramah lingkungan untuk meningkatkan nilai bagi pemangku kepentingan.
2. Memberikan sumbangsih kepada pertumbuhan ekonomi daerah dan nasional melalui kegiatan operasional dan perkembangan usaha berkesinambungan.
3. Berpartisipasi dalam memberdayakan masyarakat dan lingkungan sekitar melalui program *corporate sosial responsibility* (CSR), serta program kemitraan dan bina lingkungan (PKBL) yang tepat sasaran.
4. Meningkatkan kompetensi sumber daya manusia (SDM) secara terencana dan berkesinambungan untuk kelancaran operasional dan pengembangan industry aluminium.

### 3. Nilai

1. Profesional, kami bekerjase cara professional menerapkan praktek bisnis terbaik.
2. Pengembangan, kami tumbuh menjadi besar melalui pengembangan berkesinambungan
3. Kerjasama, kami tangguh melampaui harapan melalui kerjasama yang sinergi.
4. TanggungJawab,kami bertanggungjawab untuk memberikan kontribusi terbaik.
5. Integritas, kami menjalankanbisnisdenganintegritas.
6. Faedah, kami berusaha menjalankan bisnis yang menguntungkan untuk kesejahteraan

## 2.4. STRUKTUR ORGANISASI PT INALUM (PERSERO)

Struktur organisasi pada PT Inalum adalah struktur organisasi fungsional, yaitu susunan organisasi berdasarkan atas fungsi-fungsi dari bagian yang terdapat pada organisasi tersebut. Terdapat lima direktur yang melaksanakan tugas sesuai dengan ruang lingkup fungsi masing-masing untuk keberjalanan produksi di PT Inalum, yaitu:

2.4.1.1. Manager Seksi.

2.4.1.2. Junior Manager Mekanik.

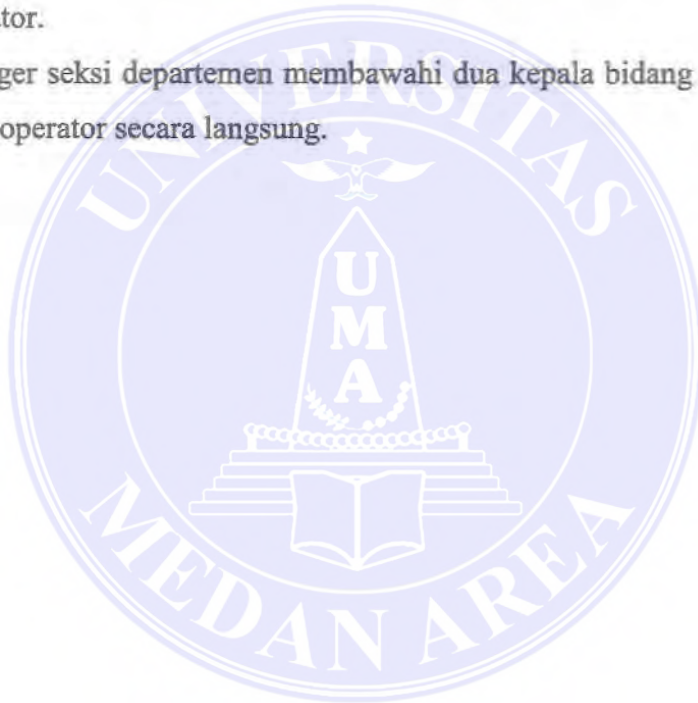
2.4.1.3. Junior Manager Elektrik dan Elektronik.

2.4.1.4. Staff.

2.4.1.5. Adminitrasi.

2.4.1.6. Operator.

2.4.1.7. Manager seksi departemen membawahi dua kepala bidang dan beberapa staff dan juga operator secara langsung.







## 2.5. URAIAN TUGAS MANAJEMEN PT INALUM (PERSERO)

### 1. Unit Pemeliharaan Umum Dan Adminitrasi

Unit Pemeliharaan Umum dan Adminitrasi memiliki tugas-tugas, antara lain:

1. Surat menyurat dan pengiriman/penerimaan dokumen.
2. Kompilasi dan Pengendalian Dokumen.
3. Hal-hal terkait ISO dan audit.
4. Pelaporan.
5. Hal-hal umum.
6. Studi dan improvement.
7. Perencanaan program pemeliharaan dan analisis trouble.
8. Manajemen Pemeliharaan.

### 2. Unit Mekanik

Unit Mekanik terbagi atas tiga, antara lain:

1. Workshop dan Crane
  - a. Operasi dan Pemeliharaan pada:
    - Workshop/machining shop di SGP A/G
    - OHT Crane 100 tons/30 tons/10 tons di TNP
    - OHT Crane 90 tons/30 tons/5 tons di SGP
    - Mobile Crane 25 tons (Tadano)
    - Mobile Crane 3 tons (HIAB)
    - Gantry Crane SGP U/G
    - Monorail Hoist di SGP A/G, TNP P/H dan Bendungan.
  - b. Modifikasi dan membuat alat pengangkat jika dibutuhkan.
  - c. Studi teknologi terbaru bidang mekanik.
2. Peralatan utama
  - a. Pemeliharaan, perbaikan, modifikasi/improvement pada:
    - Turbin Air SGP dan TNP
    - Governor (Mechanical) SGP dan TNP.
  - b. Pemeliharaan dan perbaikan *penstock, inlet valve, by-pass valve dan draft tube*
  - c. Pemeliharaan butterfly valve TNP
  - d. Studi teknologi terbaru bidang mekanik

### 3. Peralatan pendukung

- a. Pemeliharaan, perbaikan, modifikasi dan improvement pada bagian mekanikal pada peralatan pendukung di SGP.
- b. Pemeliharaan Emergency Diesel Generator SGP A/G drencher dan peralatan pendukungnya.
- c. Studi teknologi terbaru bidang mekanik.

### 3. Unit Elektrik

Unit Elektrik terbagi atas tiga, antara lain:

#### 1. Sistem Proteksi

**Tugas pada bagian Sistem Proteksi meliputi:**

1. Pemeliharaan, perbaikan, modifikasi/improvement sistem proteksi pada:
  - a. Rele Transmisi di SGP, TNP, KTS
  - b. Rele Proteksi Generator di SGP dan TNP
  - c. Station Service SGP dan TNP
  - d. Distribusi 22kV
2. Pemeliharaan Elevator
3. Kalibrasi dan standarisasi instrument
4. Studi teknologi terbaru bidang proteksi

#### 2. Peralatan Utama

**Tugas pada bagian Peralatan Utama meliputi:**

1. Pemeliharaan, perbaikan, modifikasi/improvement pada:
  - a. Generator SGP dan TNP
  - b. Transformator Utama SGP dan TNP
  - c. AVR dan Governer (Elektrikal) SGP dan TNP
  - c. OHT Crane SGP dan TNP
2. Studi teknologi terbaru bidang elektrik

### 3. Peralatan Pendukung

#### **Tugas pada bagian Peralatan Pendukung meliputi:**

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada bagian elektrikal pada:
  - a. Semua Bendungan
  - b. Peralatan S/Y (GCB dan DS) di SGP dan TNP
  - b. Transformator di SGP,TNP,Bendungan dan PLTA
  - c. Pemeliharaan UPS,Battery Charger dan Baterai di SGP dan TNP
  - d. Pemeliharaan Sistem Drencher
  - e. Pemeliharaan Sistem Pencahayaan
  - f. Studi teknologi terbaru bidang elektrik

### 4. Unit Elektronik

Unit Elektronik terbagi atas dua,antaralain:

#### 1. Instrumentasi

#### **Tugas pada bagian Instrumentasi meliputi:**

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
  - a. *Sistem Rainfall*
  - b. *Sistem Flood Warning*
  - c. *P/S instrumentation SGP,TNP and Dams*
  - d. *Fault Recorder dan Oscillograph*
  - e. *Fault Locator*
  - b. *Sistem Power Supply (Dam UPS dan KTS Rect)*
  - c. *Sistem Fire Alarm and Fire Extinguisher di SGP dan TNP*
  - d. *Ultrasonic Flow Meter*
  - e. *Pengukuran water Level pada Danau Toba,Bendungan dan Tailrace*
  - f. *Sistem Master Clock*
  - g. *Kalibrasi dan Standarisasi Instrumen*
  - h. *Studi teknologi terbaru bidang elektronik*

## 2. Scada dan Telekomunikasi

### Tugas Scada dan Telekomunikasi meliputi:

1. Pemeliharaan,perbaikan,modifikasi/improvement pada:
  - a. Sistem Microwave
  - b. Sistem Power Link
  - c. Sistem Power Link Carrier
  - d. Sistem Telepon dan PABX
  - e. Sistem Radio VHF
  - f. Jalur Komunikasi FO untuk SGP,TNP dan Dam
  - g. Sistem Komunikasi Backbone FO IPP-ISP
2. Studi teknologi terbaru bidang Scada dan Telekomunikasi



## BAB III

### STUDI KASUS

#### 3.1. GENERATOR

##### a. Pengertian Generator

Generator arus bolak-balik (AC) adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada generator).

Jenis generator yang dipakai dalam penelitian ini adalah generator sinkron. 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. Kumparan medan pada generator sinkron terletak pada rotornya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada stator.

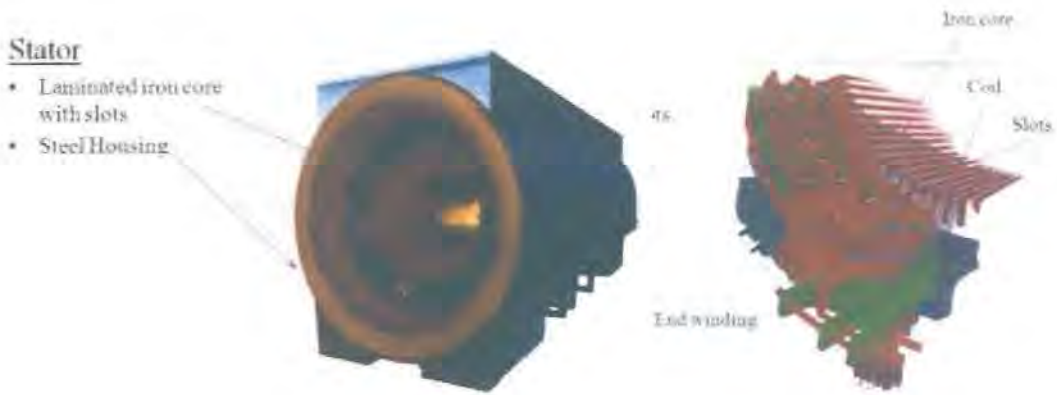
##### b. Bagian Generator

Bagian-bagian utama dari generator sinkron adalah :

###### 1. Stator

Stator adalah bagian dari generator yang tidak ikut berputar (diam) yang terdiri dari rangka stator, inti stator, dan gabungan kawat pada bagian inti stator. Pada inti stator dibuat alur-alur dalam arah aksial dan pada alur-alur tersebut ditempatkan kumparan stator.

Dari kumparan stator dihasilkan arus bolak-balik tiga fasa. Kumparan stator dibuat dari tembaga yang diisolasi. Inti stator menyalurkan medan magnet yang polaritasnya selalu berubah sesuai dengan fungsi frekuensi arus bolak-balik (50 Hz). Untuk mengurangi arus pusar dan panas yang timbul, maka inti stator dibuat dari lempengan baja tipis dan isolasi satu terhadap yang lain.



Gambar 3. Kontruksi Stator

## 2. Rotor

Ada dua bentuk rotor yang sering dipakai bentuk kutub (salient) dan bentuk silinder halus (non-salient). Rotor bentuk kutub menonjol sering dipakai pada generator yang berkecepatan rendah dan sedang, bentuk diameternya besar dan mempunyai poros yang pendek. Kutub dan sepatu kutub terdiri dari lapisan lempengan besi guna memperkecil pemanasan akibat arus eddy (arus pusar).

Rotor bentuk silinder halus banyak dipakai pada generator yang berkecepatan tinggi, yang digerakkan oleh turbin uap atau turbin turbo. Terbuat dari besi yang keras dan halus berbentuk silinder. Kutub tidak menonjol melebihi rotor. Rotor jenis silinder ini mempunyai karakteristik berdiameter kecil dan poros yang panjang. Bentuk silinder dari rotor memberikan kestabilan yang baik dan tidak mengurangi rugi-rugi gulungan.

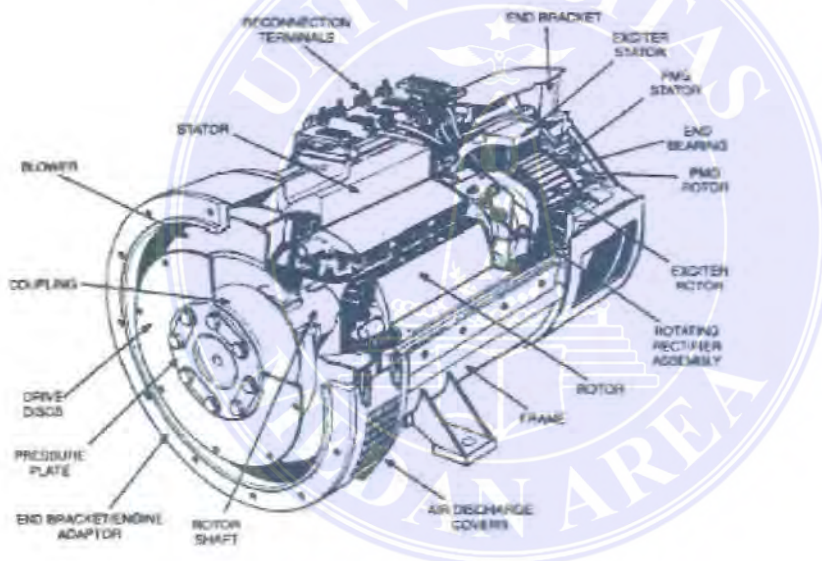


Gambar 4. Konstruksi motor (a).Rotor bentuk menonjol, (b). Rotor bentuk silinder halus

### c. Prinsip Kerja

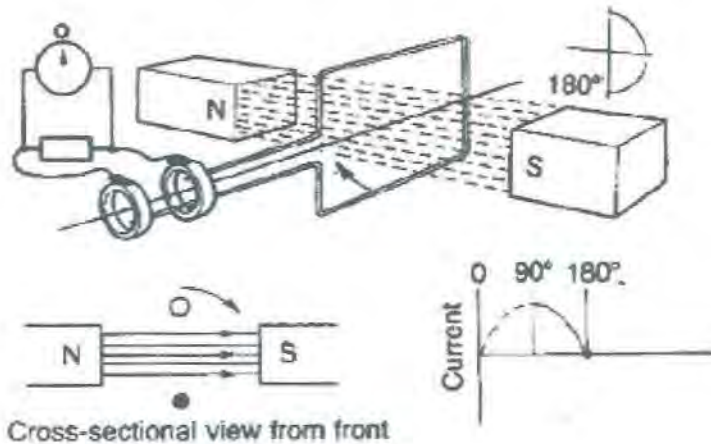
Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik, setelah rotor diputar oleh penggerak mula (prime mover) dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub disuplai oleh tegangan searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya magnet) yang berputar kecepatannya sama dengan putaran kutub.

Berdasarkan hukum faraday, apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul EMF (Electro Motive Force) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi. Ggl yang dibangkitkan pada penghantar jangkar adalah tegangan bolak balik, perhatikan:



Gambar 5. Kontrolksi Generator

Arus yang mengalir pada penghantar jangkar karena beban tersebut akan membangkitkan medan yang berlawanan atau mengurangi medan utama sehingga tegangan terminal turun, hal ini disebut dengan reaksi jangkar. Dalam menentukan arah arus dan tegangan (GGL atau EMF) yang timbul pada penghantar pada setiap detik berlaku Hukum tangan kanan Flemming perhatikan gambar berikut:



Gambar 6. Prinsip Kerja Generator

### 3. 2. RELE PROTEKSI

#### a. Pengertian Rele Proteksi

Rele proteksi adalah susunan peralatan pengaman yang dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau ketidakstabilan sistem, yang kemudian secara otomatis dapat memberikan respon berupa sinyal untuk menggerakkan sistem mekanis pemutus tenaga agar dapat terpisahkan bagian yang terganggu.

#### b. Tujuan Rele Proteksi

Tujuan rele proteksi yang digunakan pada sistem tenaga listrik adalah :

1. Mencegah kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
2. Mengurangi kerusakan peralatan-peralatan pada sistem tenaga listrik akibat terjadinya gangguan atau kondisi operasi sistem yang tidak normal.
3. Mempersempit daerah yang terganggu sehingga gangguan tidak melebar pada sistem yang lebih luas.
4. Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan kehandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
5. Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik



### c. Klasifikasi Rele Proteksi

Rele arus lebih mempunyai bermacam-macam karakteristik seperti :

#### 1. Rele Arus Lebih Waktu Seketika

Rele arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika ialah jika jangka waktu rele mulai saat rele arusnya pick up sampai selesainya kerja rele sangat singkat (10~20 ms), yaitu tanpa penundaan waktu. Rele ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu atau waktu terbalik.

#### 2. Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

Rele ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya ( $I_s$ ), dan jangka waktu kerja rele ini mulai pick up sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang menggerakkan rele.

#### 3. Rele Arus Lebih Waktu Terbalik

Rele ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik, makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda. Karakteristik waktu terbalik sesuai IEC 60255-3 dan BS 142 19666 adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{\beta}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)} T_{ms} \text{ (detik)} \dots\dots\dots(2.1)$$

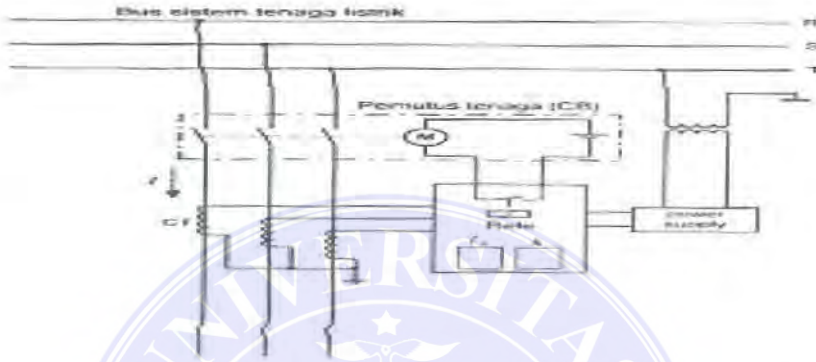
$$T_{ms} = \frac{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right)}{\beta} t \dots\dots\dots(2.2)$$

Karakteristik waktunya dibedakan dalam beberapa kelompok :

- 3.1. Berbanding terbalik (inverse), dimana  $\alpha = 0,02$  dan  $\beta = 0,14$
- 3.2. Sangat berbanding terbalik (very inverse), dimana  $\alpha = 1$  dan  $\beta = 13,2$
- 3.3. Sangat berbanding terbalik sekali (extremely inverse), dimana  $\alpha = 2$  dan  $\beta = 80$
- 3.4. Sangat sangat berbanding terbalik sekali (Long Inverse) , dimana  $\alpha = 1$  dan  $\beta = 120$

#### d. Prinsip Kerja Rele Proteksi

Prinsip kerja rele arus lebih adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan rele, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat ataupun overload (beban lebih) dan kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya. Untuk prinsip kerja rele ini kita dapat lihat pada gambar rangkaian dibawah ini :



Gambar 7. Peralatan dan Hubungan Sistem Pengaman

1. Pada kondisi normal arus beban ( $I_b$ ) mengalir pada SUTM / SKTM dan pada trafo arus besaran arus ini di transformasikan ke besaran sekunder ( $I_r$ ). Arus sekunder ( $I_r$ ) mengalir pada kumparan rele tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang ditetapkan (setting), maka rele tidak bekerja.
2. Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus beban ( $I_b$ ) akan naik dan menyebabkan arus sekunder ( $I_r$ ) naik juga, apabila arus sekunder ( $I_r$ ) naik melebihi suatu harga yang telah ditetapkan (diatas setting), maka rele akan bekerja dan memberikan perintah trip pada tripping coil untuk bekerja dan membuka PMT, sehingga SUTM / SKTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DATA

#### 4.1. GANGGUAN YANG SERING TERJADI PADA GENERATOR

Secara teknis, terdapat beberapa macam gangguan yang mungkin terjadi pada generator. Gangguan pada generator tersebut dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Gangguan Kelistrikan (*Electrical Fault*)
2. Gangguan Mekanis / Panas (*Mechanical/ Thermal Fault*)
3. Gangguan Sistem (*System Fault*)

Generator merupakan salah satu sumber daya dan sering terjadi kesalahan atau gangguan, maka perlu ditinjau keadaan generator bila terjadi gangguan tersebut. Gangguan-gangguan hubung singkat dapat menyebabkan:

1. Kerusakan pada peralatan ditempat kejadian hubung singkat
2. Terganggunya stabilitas sistem pada operasi parallel
3. Menurunnya tegangan dan frekuensi, sehingga menjadi tidak normal
4. Terputusnya sebagian atau seluruh sistem pelayanan tenaga listrik ke konsumen

#### 4.2. SISTEM PROTEKSI PADA GENERATOR

Generator merupakan salah satu bagian tenaga listrik yang sangat vital dan mahal harganya sehingga perlu mendapatkan perlindungan yang cukup handal terhadap gangguan yang terjadi.

Bila terjadi suatu gangguan didalam rangkaian listrik, instalasi harus diamankan dan bagian yang terganggu harus di pisahkan dalam waktu secepatnya, guna mencegah atau memperkecil kerusakan yang dapat diakibatkan oleh gangguan itu.

Hal ini dilakukan secara otomatis dan selektif, sehingga bagian dari instalasi yang tidak terganggu dapat berfungsi dengan baik. Hal ini perlu dilakukan dengan berbagai pengaman, dimana fungsi utama peralatan proteksi adalah melepaskan atau memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem keseluruhan guna memperkecil kerusakan yang dapat terjadi dan sebanyak mungkin mempertahankan kontinuitas penyediaan tenaga listrik.

### 4.3. KEHANDALAN SISTEM

Suatu peralatan pada lokasi dengan kondisi yang sering terganggu atau mengalami kerusakan dikatakan bahwa peralatan tersebut mempunyai kehandalan yang rendah. Jadi kehandalan dapat didefinisikan sebagai kemungkinan dari satu atau kumpulan benda akan memuaskan kerja pada keadaan tertentu dan periode waktu yang ditentukan.

Standar kehandalan adalah 0 – 0,49 dikategorikan kehandalan peralatan kurang, dari 0,5 keatas dikategorikan kehandalan peralatan baik.

### 4.4.DATA GENERATOR PADA PLTA

Tabel 1.Spesifikasi Generator

<b>A.C GENERATOR</b>	
<b>TYPE SEMI – UMBRELLA</b>	
OUTPUT	88000 KVA
VOLTAGE	11000 V
PHASE	3
CURRENT	4619 A
FREQUENCY	50 Hz
RATED SPEED	333 RPM
FLYWHELL EFFECT (GD <sup>2</sup> )	2000 t-m <sup>2</sup>
STANDARD	JEC – 114 (1964)
MANUFACTURED IN	JUN.- 1982
RATING	CONTINUOUS
EXC.VOLTAGE	180 V
FIELD CURRENT	878 A
POWER FACTOR	0.9
POLES	18
INSULATION CLASS	B
ROTOR WEIGHT	200 t
SERIAL	NO. 79F25 301

**Tabel 2. Generator Improvements**

88000 kVA	11000 V	4619 A
3 PHASE	0,9 PF	RATING CONT.
50 Hz	333 r/min	18 POLES
INSULATION CLASS F	STANDARD JEC-114 (1979)	
SCOPE OF IMPROVEMENTS	1. REWINDING OF STATOR COILS	
	2. COUNTERMEASURES TO OIL MIST	
SERIAL NO 99EFAG02	DATE 1999	

**4.5. SISTEM PROTEKSI RELAY GENERATOR**

Adapun relay proteksi yang digunakan untuk mengamankan generator pada PT INALUM (PERSERO) adalah :

1. *Overcurrent relay*

*Overcurrent relay* yang digunakan adalah Overcurrent relay dan inverse overcurrent relay yang berfungsi untuk memproteksi generator bila terjadi hubung singkat yang menyebabkan arus lebih.

Hasil perhitungan setting relay arus lebih dapat dilihat pada Tabel 8

$$t = \frac{TD}{7} \left( \frac{A}{\left( \frac{I_f}{\text{Pickup} \times \text{Pickup reduction}} \right)^P - 1} + B \right)$$

Keterangan :

Berdasarkan North American Standard IEEE Extremely Invers

t = waktu operasi relay (detik)

TD = Time dial (detik)

A = 28,2 (konstanta)

P = 2 (konstanta)

B = 0,1217 (konstanta)

$I_{set}$  instantaneous overcurrent = 1,3 x  $I_{inrush GT}$

$I_{set GFR}$  = 30% x  $I_{faultmin}$

**Tabel 3. Hasil perhitungan *setting relay arus lebih***

Keterangan	GTG A	GTG B	GTG C
Arus nominal (A)	1219	1219	1219
$I_{pickup}$ CT (pu)	0,914	0,914	0,914
Pickup Reduction (pu)	0,168	0,168	0,168
Toperasi (detik)	0,75	0,75	0,75
TD (detik)	0,38	0,38	0,38
Pickup range	0,43	0,43	0,43
$I_{set}$ instantaneous overcurrent (A)	7500	7500	7500
Tap inst. overcurrent (A)	18,75	18,75	18,75
Time delay inst. (detik)	0,15	0,15	0,15
Iset GFR(A)	90	90	90
Tap GFR (A)	0,3	0,3	0,3
Time Dial (detik)	0,65	0,65	0,65

2. *Earth fault relay*

*Earth fault relay* yang digunakan adalah instantaneous earth fault relay yang berfungsi mengamankan generator terhadap gangguan ke tanah.

3. *Overvoltage relay*

*Overvoltage relay* yang digunakan adalah *Overvoltage relay* tipe VDG dan instantaneous *overvoltage relay* tipe VAC yang berfungsi untuk mengamankan generator dari kerusakan yang disebabkan tegangan lebih.

$$\text{Tegangan Sisi Sekunder} = \frac{\text{Tegangan Nominal}}{\text{(PT Ratio)}}$$

$$OVR = 105\% \times 110\% \times V_{\text{sekunder}}$$

$$UVR = 85\% \times 115 V_{\text{sekunder}}$$

Untuk *undervoltage relay* menurut IEEE Standard C37.102 – IEEE *Guide for AC Generator Protection*, tidak menyarankan *relay* tegangan untuk mentripkan peralatan, tapi hanya memberikan *alarm* untuk memberitahukan operator agar mengambil tindakan. Perhitungan *relay* akan sesuai persamaan tegangan sisi sekunder, OVR, dan UVR. Waktu tunda minimal 10 detik dan akan mengaktifkan *alarm*.

**Tabel 4. Setting relay frekuensi generator**

Setelan	<i>Undervoltage</i>	<i>Overvoltage</i>
$V_{pickup}$ Alarm (V)	97,75	132,83
Waktu tunda (detik)	10	10

#### 4. Auxiliary relay

*Auxiliary relay* merupakan relai bantu yang berfungsi untuk membantu mengamankan generator jika relai yang seharusnya bekerja tetapi terjadi gangguan pada relai tersebut sehingga tidak bekerja semestinya.

#### 5. Tripping relay

*Tripping relay* adalah relai untuk untuk pemutusan, relai ini merupakan back-up untuk overcurrent relay yang tidak atau gagal bekerja.

#### 6. Master relay

*Master relay* adalah relai yang menjadi back-up untuk system relai yang ada. Apabila gangguan pada semua relai maka relai ini akan bekerja paling belakangan.

### 4.6.EFISIENSI FORMULA TURBIN DISCHARGE

Pada turbin UNIT 1 Tahun 2017 baru diganti dengan turbin francis yang baru di PLTA Tangga dan belum mengetahui debit (Q) air pada turbin UNIT 1 Tangga dengan akurasi yang memadai, sehingga perlu dilakukan efisiensi formula turbin discharge dengan cara literasi.

Debit (Q) air di unit 1 Tangga dengan turbin yang baru lebih kecil daripada turbin lama untuk daya yang sama. Dengan menggunakan formula baru dan dengan daya yang sama dapat menghemat debit (Q) T/s, Dan dilakukan menggunakan aplikasi excel.

#### 4.6.1. RUMUS TEORI DEBIT (Q) AIR

Daya masukkan turbin (air) memutar turbin dan menghasilkan daya keluaran (putaran) turbin. Daya keluaran turbin sama dengan daya masukan generator (putaran) rotor dan menghasilkan daya keluaran generator (arus dan tegangan).

$$\underline{P_{in} \text{ Turbin} \longrightarrow P_{out} \text{ Turbin} = P_{in} \text{ Generator} \longrightarrow P_{out} \text{ Generator}}$$

Dimana :

$$P_{in} \text{ Turbin} = \rho \cdot \omega \cdot g \cdot Q \cdot (H_{gross} - H_{loss})$$

$$P_{out} \text{ Turbin} = P_{in} \text{ Generator} = \frac{P_{in} \text{ Turbin}}{\eta \text{ Turbin}}$$

$$P_{in} \text{ Generator} = \frac{P_{out} \text{ Generator}}{\eta \text{ Generator}}$$

$$P_{out} \text{ Generator} = P_{in} \text{ Generator} \cdot \eta \text{ Generator}$$

Keterangan :

$\rho$  : massa jenis

$\omega$  : kecepatan

$g$  ; gravitasi

$Q$  : debit air

$H_{gross}$  :tinggi air maksimum

$H_{loss}$  : tinggi air minimum

$\eta$  : efisiensi

## 4.2.2 DATA GENERATOR DAYA(P) GENERATOR PADA UNIT 1 TANGGA

Mar-20		SGP				SGD			TNP				TND		
Date	1	Average Power(MW)				WL (m)	Gate (t/s)	Tail Race m	Average Power(MW)				WL (m)	Gate (t/s)	Tail Race m
Hour	RGD DISCH (T/S)	#1	#2	#3	#4	WL (m)	Gate (t/s)	m	#1	#2	#3	#4	WL (m)	Gate (t/s)	m
Previous time						8,5							5,7		
1	109,5	51	53	52	52	8,6	0	6,3	53	53	50	54	5,8	0	1,7
2	111,7	59	58	59	59	8,5	0	6,4	61	60	59	63	5,8	0	1,7
3	111,7	58	58	59	58	8,5	0	6,4	59	60	58	62	5,9	0	1,7
4	112,1	57	57	57	57	8,5	0	6,4	59	58	56	61	5,9	0	1,7
5	111,5	57	57	59	57	8,5	0	6,5	59	59	57	62	6	0	1,7
6	111,9	58	57	58	57	8,5	0	6,5	59	59	58	62	6	0	1,7
7	111,9	57	57	57	57	8,5	0	6,5	58	58	56	61	6,1	0	1,7
8	111,4	57	57	59	57	8,5	0	6,5	60	59	58	62	6,1	0	1,7
9	112,3	56	56	56	55	8,5	0	6,5	57	58	56	60	6,1	0	1,7
10	110,6	56	55	53	53	8,6	0	6,4	58	58	60	59	6,1	0	1,7
11	109,4	54	54	54	53	8,7	0	6,4	57	59	57	57	6	0	1,7
12	104,5	54	54	54	54	8,7	0	6,5	57	56	55	55	6	0	1,7
13	104,8	54	54	54	54	8,7	0	6,5	55	55	53	54	6,1	0	1,7
14	104,5	53	53	52	53	8,7	0	6,5	55	55	53	54	6,2	0	1,6
15	101,1	52	51	50	51	8,7	0	6,5	56	55	54	54	6,2	0	1,7
16	100,9	51	52	51	52	8,7	0	6,4	57	57	55	56	6,1	0	1,6
17	101	53	52	52	53	8,7	0	6,5	58	58	53	57	6	0	1,8
18	101,1	57	57	56	59	8,5	0	6,4	65	64	54	63	5,9	0	1,7
19	101,2	52	52	51	54	8,5	0	6,3	57	58	49	57	5,9	0	1,7
20	109,1	55	55	54	56	8,5	0	6,3	60	59	52	58	5,9	0	1,7
21	109,9	57	56	57	56	8,4	0	6,4	61	60	57	62	5,8	0	1,9
22	109,8	57	57	57	56	8,4	0	6,4	59	60	59	61	5,9	0	1,7
23	109,5	57	58	56	56	8,4	0	6,3	61	59	59	61	5,8	0	1,7
24	101,1	57	55	56	55	8,4	0	6,3	59	59	57	61	1,7	1,7	1,7

Tabel 5. Data Daya Generator

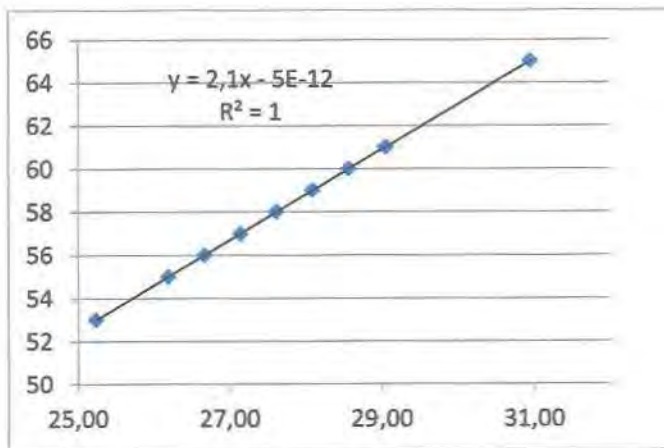


➤ **FORMULA DASAR SEBELUM DILAKUKAN LITERASI**

Q (debit air)			
Q1	Q2	Q3	Q4
25,24	24,09	22,73	24,55
29,05	27,27	26,82	28,64
28,10	27,27	26,36	28,18
28,10	26,36	25,45	27,73
28,10	26,82	25,91	28,18
28,10	26,82	26,36	28,18
27,62	26,36	25,45	27,73
28,57	26,82	26,36	28,18
27,14	26,36	25,45	27,27
27,62	26,36	27,27	26,82
27,14	26,82	25,91	25,91
27,14	25,45	25,00	25,00
26,19	25,00	24,09	24,55
26,19	25,00	24,09	24,55
26,67	25,00	24,55	24,55
27,14	25,91	25,00	25,45
27,62	26,36	24,09	25,91
30,95	29,09	24,55	28,64
27,14	26,36	22,27	25,91
28,57	26,82	23,64	26,36
29,05	27,27	25,91	28,18
28,10	27,27	26,82	27,73
29,05	26,82	26,82	27,73
28,10	26,82	25,91	27,27

Time	P	Q
1	53	25,24
2	61	29,05
3	59	28,10
4	59	28,10
5	59	28,10
6	59	28,10
7	58	27,62
8	60	28,57
9	57	27,14
10	58	27,62
11	57	27,14
12	57	27,14
13	55	26,19
14	55	26,19
15	56	26,67
16	57	27,14
17	58	27,62
18	65	30,95
19	57	27,14
20	60	28,57
21	61	29,05
22	59	28,10
23	61	29,05
24	59	28,10

Dimana 1 T/s = 2,1 MW



**Grafik 1. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Dasar.**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 29/12/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 29/12/22

➤ **FORMULA LAMA SESUDAH DILAKUKAN LITERASI**

*Eff Hrated (226,8 m)*

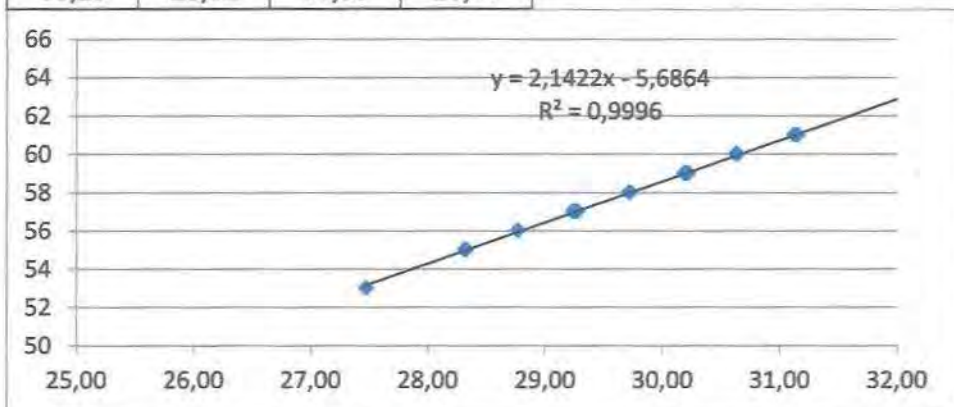
$$=IF(Q=0;0;-3,304*10^{-4}*Q^3 + 2,349*10^{-4}*Q^2 + 1,293*Q + 5,873*10^1)$$

*Eff at Hmax (236,8 m)*

$$=IF(Q=0;0;-2,743*10^{-4}*Q^3 - 7,45*10^{-3}*Q^2 + 1,606*Q + 5,467*10^1)$$

Q(Debit air)			
Q1	Q2	Q3	Q4
27,47	25,91	24,78	25,84
31,15	28,99	28,78	29,87
30,22	28,97	28,31	29,40
30,19	28,08	27,41	28,92
30,20	28,52	27,86	29,37
30,19	28,52	28,29	29,37
29,73	28,07	27,40	28,91
30,63	28,51	28,28	29,36
29,26	28,05	27,38	28,45
29,73	28,07	29,15	28,06
29,27	28,49	27,81	27,17
29,24	27,19	26,92	26,29
28,33	26,74	26,03	25,83
28,31	26,73	26,02	25,82
28,77	26,74	26,46	25,84
29,24	27,61	26,92	26,71
29,72	28,06	26,08	27,15
33,02	30,78	26,59	29,84
29,25	28,05	24,37	27,12
30,63	28,51	25,66	27,59
31,15	29,00	27,90	29,42
30,22	28,97	28,75	28,96
31,12	28,55	28,76	28,97
30,20	28,52	27,85	28,50

Time	P	Q
1	53	27,47
2	61	31,15
3	59	30,22
4	59	30,19
5	59	30,20
6	59	30,19
7	58	29,73
8	60	30,63
9	57	29,26
10	58	29,73
11	57	29,27
12	57	29,24
13	55	28,33
14	55	28,31
15	56	28,77
16	57	29,24
17	58	29,72
18	65	33,02
19	57	29,25
20	60	30,63
21	61	31,15
22	59	30,22
23	61	31,12
24	59	30,20



**UNIVERSITAS MEDAN AREA Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Lama.**

### ➤ FORMULA BARU SESUDAH DILAKUKAN LITERASI

*Formula Baru*

*Eff Hrated (226,8 m)*

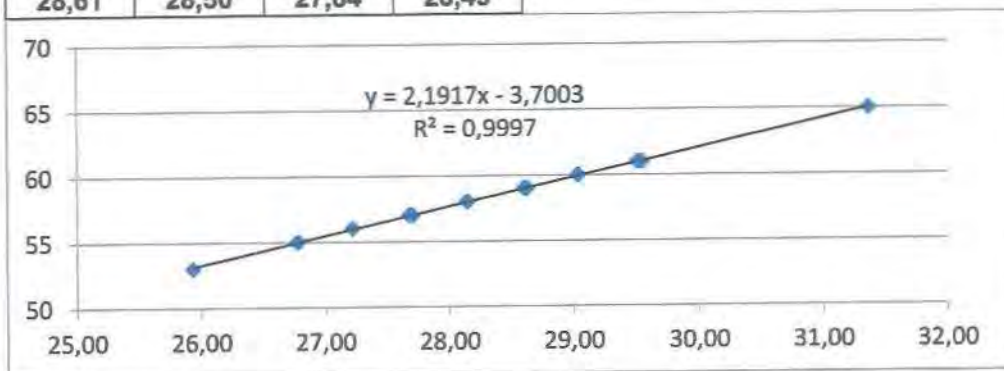
$$=IF(Q=0;0;3*10^{-5}*Q^3 - 0,0212*Q^2 + 1,3823*Q + 71,042)$$

*Eff at Hmax (236,8 m)*

$$=IF(Q=0;0;9*10^{-5}*Q^3 - 0,0356*Q^2 + 2,1952*Q + 57,569)$$

Q (Debit air)			
Q1	Q2	Q3	Q4
25,93	25,89	24,77	25,84
29,54	28,97	28,77	29,85
28,63	28,94	28,30	29,38
28,60	28,06	27,40	28,91
28,61	28,50	27,85	29,36
28,60	28,50	28,28	29,36
28,15	28,05	27,39	28,90
29,04	28,49	28,27	29,35
27,69	28,03	27,37	28,44
28,15	28,05	29,14	28,05
27,70	28,47	27,80	27,16
27,67	27,17	26,91	26,28
26,78	26,72	26,02	25,82
26,77	26,71	26,01	25,81
27,22	26,73	26,45	25,83
27,68	27,59	26,91	26,70
28,14	28,04	26,07	27,14
31,37	30,75	26,58	29,83
27,69	28,03	24,36	27,11
29,03	28,49	25,65	27,58
29,54	28,97	27,89	29,41
28,63	28,95	28,74	28,95
29,52	28,52	28,75	28,96
28,61	28,50	27,84	28,49

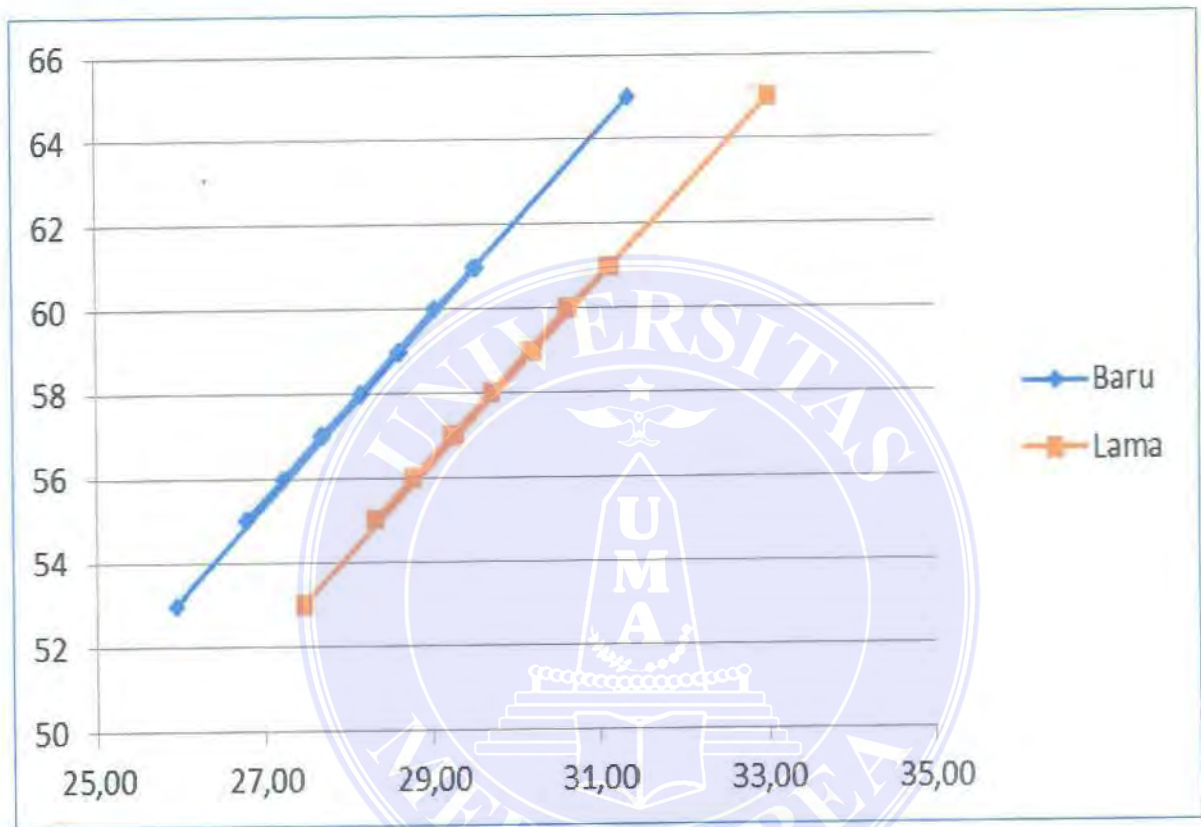
Time	P	Q
1	53	25,93
2	61	29,54
3	59	28,63
4	59	28,60
5	59	28,61
6	59	28,60
7	58	28,15
8	60	29,04
9	57	27,69
10	58	28,15
11	57	27,70
12	57	27,67
13	55	26,78
14	55	26,77
15	56	27,22
16	57	27,68
17	58	28,14
18	65	31,37
19	57	27,69
20	60	29,03
21	61	29,54
22	59	28,63
23	61	29,52
24	59	28,61



Grafik 3. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Baru.

➤ **PERBEDAAN FORMULA LAMA DAN BARU**

Dimana dengan menggunakan literasi formula Turbin Discharge dapat melihat hasil dari Efisiensi pada penggunaan debit air. Debit (Q) air di unit 1 Tangga dengan turbin yang baru terbukti lebih kecil daripada turbin lama untuk daya yang sama.



**Grafik 4. Power Sebagai Fungsi Debit (Q) Formula Lama dan Baru.**

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari hasil Kerja Praktek di PT Inalum (Persero) dapat disimpulkan : "Kehandalan sistem proteksi pada PT Inalum (Persero) terbilang sangat baik terbukti dengan generator masih beroperasi dalam umur ekonomis."

#### 5.2. SARAN

Pemeliharaan terhadap sistem proteksi yang telah ada perlu perhatian terutama relay. Setting parameter-parameter berada dalam posisi yang diinginkan dan peralatan masih memenuhi syarat-syarat teknis yang ada.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ginanto, Novika. 2012. Electric Transient Analysis Program (ETAP) Short Circuit Analysis. <https://novikaginanto.wordpress.com/2012/03/24/etap-electric-transient-analysis-program/>
- Kurnia, Nasrun, dkk. 2018. JKTE UTA'45 JAKARTA. <http://eprints.ums.ac.id/73259/1/Naskah%20Publikasi%20Aji%20Pranata%20perpus.pdf>
- Aji. 2019. <http://eprints.ums.ac.id/73259/1/Naskah%20Publikasi%20Aji%20Pranata%20perpus.pdf>
- Arfianto, Teguh, dkk. 2018. <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v6i3.436> dan <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/elkomika/article/view/1982>
- Prajitno, dkk. 2000. Proseding Perlemuan dan Presentasi Ilmiah P3TM-BATAN. Yogyakarta. [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/41/003/41003385.pdf?r=1](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/003/41003385.pdf?r=1)

