



**ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK  
RAISAN I KAB. TAPANULI UTARA**

**"Disusun dan Diturunkan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menempuh Ujian  
Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan  
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi"  
Medan**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**NAMA : LEONARDO HUTAGALUNG**  
**NPM : 1614210222**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
MEDAN  
2020**

**ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK  
RAISAN I KAB. TAPANULI UTARA**

**"Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menempuh Ujian  
Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan  
Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi"  
Medan**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**NAMA : LEONARDO HUTAGALUNG**  
**NPM : 1614210222**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

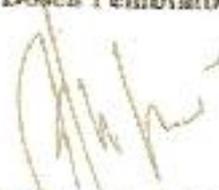
**Diketahui dan Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr Rahmania, S.T., M.T**

**Dosen Pembimbing II**



**Siti Anisah, S.T., MT**

**Diketahui dan Disahkan Oleh :**

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi**



**Handani, S.T., M.T**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro**



**Siti Anisah, S.T., M.T**

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Leonardo Hutagalung  
NPM : 1614210222  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **"ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN I KAB. TAPANULI UTARA"** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, Oktober 2020



The stamp is circular and contains the following text: 'UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI' around the top edge, 'KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN' around the bottom edge, and '1614210222' in the center. A handwritten signature is written over the stamp.

NPM : 1614210222

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, Oktober 2020  
  
Leonardo Rutagalung  
1614210222



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

# UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808  
MEDAN - INDONESIA

Website : [www.pancabudi.ac.id](http://www.pancabudi.ac.id) - Email : [admin@pancabudi.ac.id](mailto:admin@pancabudi.ac.id)

## LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

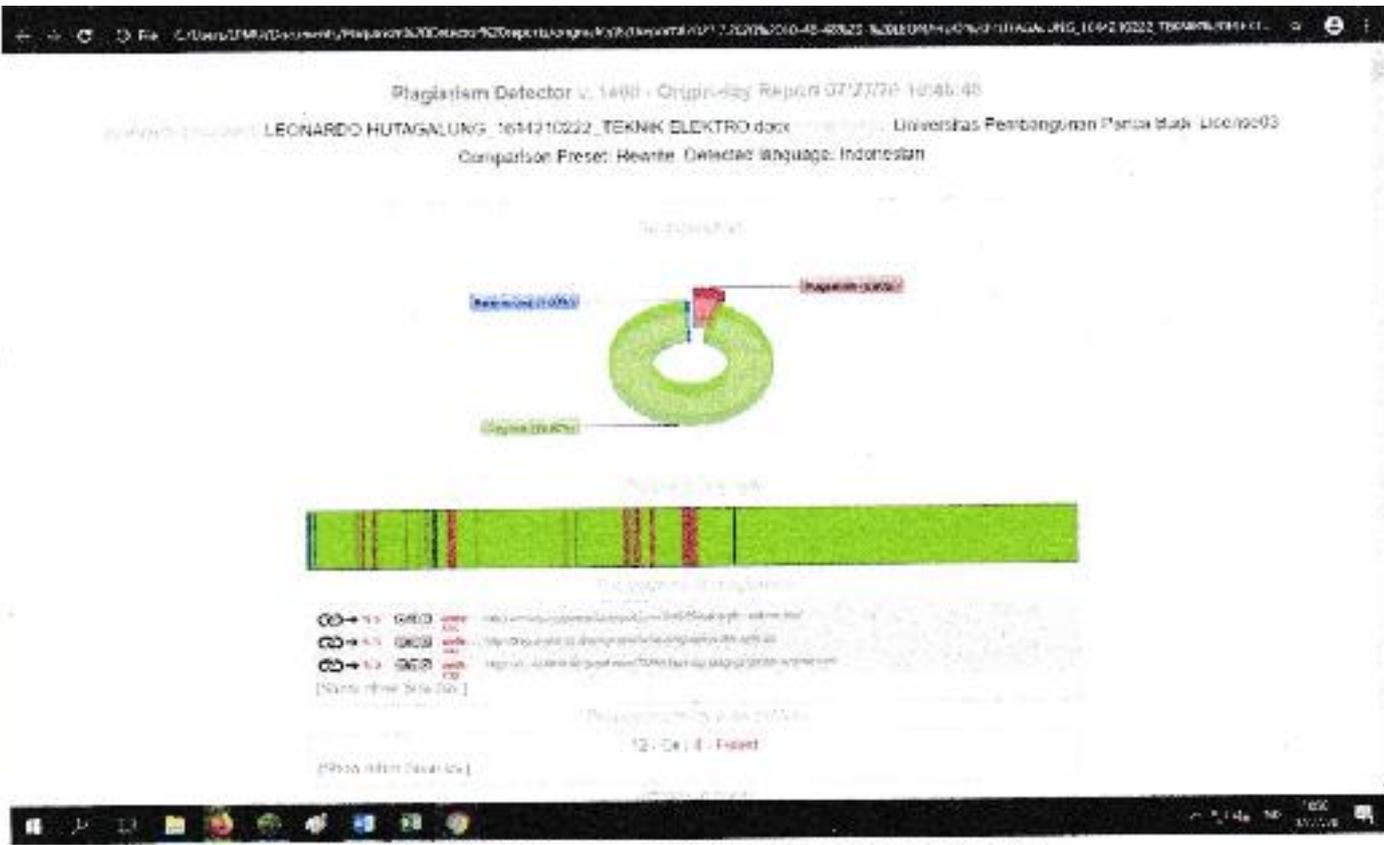
Nama Mahasiswa : LEONARDO HUTAGALUNG  
NPM : 1614210222  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang Pendidikan : Strata Satu  
Dosen Pembimbing : Dr Rahmaniar, ST,MT,  
Judul Skripsi : ANALISIS KERJA GENERATOR SINGKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN-1 KAB.TAPANULI UTARA

| Tanggal           | Pembahasan Materi  | Status    | Keterangan |
|-------------------|--|-----------|------------|
| 04 Desember 2019  | Perdalam latar belakang permasalahan dengan 5 jurnal yang sesuai dengan judul penelitian, sebagai pendahuluan pada bab 1 | Revisi    |            |
| 03 Juni 2020      | Acc Seminar proposal   | Disetujui |            |
| 03 Juni 2020      | Perbaiki tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah   | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | Bab 2 penulisan rujukan sesuaikan dengan panduan tugas akhir   | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | Kutipan pada bab 2 maksimal 10 tahun kebelakang  | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | penulisan rumus sesuaikan dengan kaidah yang berlaku.... tata buat pakai simbolnya jangan di deskripsikan                | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | flowchat pada bab 3 masih kurang tepat... perjelas dengan alur yang telah dilakukan                                      | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | setelah flowchat, berikan deskripsinya....tentang makna dari flowchat itu  | Revisi    |            |
| 18 Juni 2020      | Kerangan Analisa pada bab 4 seharusnya memuatkan informasi keadaan pembangkit  | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | masukkan kedalam tabel hasil data 4.1  | Revisi    |            |
| 19 Juni 2020      | bab 4.2 belum jelas arah nya...mencertakan apa, perjelas   | Revisi    |            |
| 24 Juni 2020      | ACC Bab 1, 2 dan 3   | Disetujui |            |
| 24 Juni 2020      | ACC seminar Hasil  | Disetujui |            |
| 23 Juli 2020      | ACC meja hijau   | Disetujui |            |
| 30 September 2020 | ACC Jilid  | Disetujui |            |

Medan, 13 Oktober 2020  
Dosen Pembimbing,





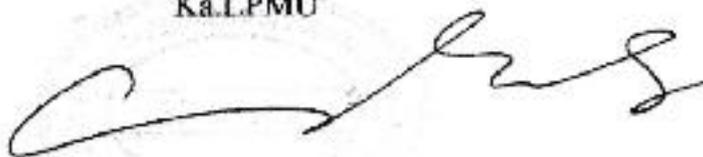


**SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER**

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa saurat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka.LPMU  
  
Cahyo Pramono, SE.,MM



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
**LABORATORIUM ELEKTRO**  
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambing Telp. 081-8455571  
Medan - 20122

**KARTU BEBAS PRAKTIKUM**  
**Nomor. 1334/BL/LAKO/2020**

Bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : LEONARDO HUTAGALUNG  
M. : 1614210222  
Kelas/Semester : Akhir  
Jurusan/Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 14 Oktober 2020  
Ka. Laboratorium

[ Approve By System ]  
D T O  
Hamdani, S.T., M.T.



Kode Dokumen : FM-LEKTC-06-01

Revisi : 01

Tgl. Efektif : 04 Juni 2015



**YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA**  
**PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**  
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

**SURAT BEBAS PUSTAKA**  
**NOMOR: 2555/PERP/BP/2020**

Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan  
saudaraku:

: LEONARDO HUTAGALUNG

: 1614210222

Semester : Akhir

Prodi : SAINS & TEKNOLOGI

Prodi : Teknik Elektro

sementaranya terhitung sejak tanggal 28 Juli 2020, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus  
tidak terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 28 Juli 2020  
Diketahui oleh,  
Kepala Perpustakaan,


Sugianto S.Sos., S.Pd.I

Dokumen : FM-PERPUS-06-01 Revisi : 01 Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

## SURAT PERNYATAAN

Saya Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini :

Nama : LEONARDO HUTAGALUNG  
No. P. M : 1614210222  
Tempat/Tgl. lahir : SIDARI / 18 Nopember 1996  
Alamat : Jln. Bandar Meriah, Sei Mencirim, Perumahan Grand Sukamaju, sunggal  
No. HP : 081375082080  
Nama Orang Tua : LUGA HUTAGALUNG/HOTNAULI LUMBANGAOL  
Jurusan : SAINS & TEKNOLOGI  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : ANALISIS KERJA GENERATOR SINGKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN-1 KAB. TAPANULI UTARA

Bersama dengan surat ini menyatakan dengan sebenar - benarnya bahwa data yang tertera diatas adalah sudah benar sesuai dengan ijazah pada pendidikan terakhir yang saya jalani. Maka dengan ini saya tidak akan melakukan penuntutan kepada UNPAB. Apabila ada kesalahan data pada ijazah saya. Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar - benarnya, tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan dibuat dalam keadaan sadar. Jika terjadi kesalahan, Maka saya bersedia bertanggung jawab atas kelalain saya.

Medan, 01 Agustus 2020  
Yang Membuat Pernyataan



LEONARDO HUTAGALUNG  
1614210222

Kel : Permohonan Meja Hijau

Medan, 01 Agustus 2020  
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan  
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI  
UNPAB Medan  
Di -  
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : LEONARDO HUTAGALUNG  
Tempat/Tgl. Lahir : SIDARI / 18 September 1996  
Nama Orang Tua : LUGA HUTAGALUNG  
N. P. M : 1614210222  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Program Studi : Teknik Elektro  
No. HP : 081375087080  
Alamat : Jln. Bandar Meriah, Sei Kemirih, Pertumahan Grand  
Sukomaju, sunggal

Dalam bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK RAJAN-1 KAB. TAPANULI UTARA. Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian pemakaian nilai mata kuliah untuk perbaikan Indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijasahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir penulisan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah di jilid (sua 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (berkulit dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkes di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan rincian sbb :

|                              |              |                  |
|------------------------------|--------------|------------------|
| 1. [102] Ujian Meja Hijau    | : Rp.        | 650,000          |
| 2. [170] Administrasi Wisuda | : Rp.        | 1,500,000        |
| 3. [202] Bebas Pustaka       | : Rp.        | 100,000          |
| 4. [221] Bebas LAB           | : Rp.        | 5,000            |
| <b>Total Biaya</b>           | <b>: Rp.</b> | <b>2,255,000</b> |

Periode Wisuda Ke : **65**

Ukuran Toga : **M**

Diketahui/Disetujui oleh :

Hormat saya



Leonardo, ST., MT  
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI



LEONARDO HUTAGALUNG  
1614210222

Atas :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila :



# UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  | (TERAKREDITASI) |
| PROGRAM STUDI ARSITEKTUR      | (TERAKREDITASI) |
| PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER | (TERAKREDITASI) |
| PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER | (TERAKREDITASI) |
| PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI   | (TERAKREDITASI) |
| PROGRAM STUDI PETERNAKAN      | (TERAKREDITASI) |

## PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR\*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : LEONARDO HUTAGALUNG  
 Tempat/Tgl. Lahir : SIDARI / 18 November 1996  
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1614210222  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 118 SKS, IPK 3.52  
 Nomor Hp : 081375082080  
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

| No. | Judul   |
|-----|---|
| 1.  | ANALISIS KERJA GENERATOR SINGKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN-1 KAB.TAPANULI UTARAI |

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing I dan II

Dosen Yang Dididik

( Dr. Bahkti Mulyasari, M.T., Ph.D. )

Medan, 06 November 2019

Pemohon,

( Leonardo Hutagalung )

Tanggal :   
 Disetujui oleh :  
  
 ( Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc. )  
 Tanggal :   
 Disetujui oleh :  
 Ka. Prodi Teknik Elektro  
  
 ( Hamdan, ST., MT. )

Tanggal : Senin 11 November 2019  
 Disetujui oleh :  
 Dosen Pembimbing I :  
  
 ( Dr. Rahmantas, ST., MT. )  
 Tanggal : Senin 11 November 2019  
 Disetujui oleh :  
 Dosen Pembimbing II :  
  
 ( Siti Karsah, ST., MT. )

# **ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN I KAB. TAPANULI UTARA**

**LEONARDO HUTAGALUNG\***

**Dr Rahmaniar\*\***

**Siti Anisah ST., MT\*\***

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

## **ABSTRAK**

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTMH) yang terdapat pada Desa Parsingkaman Kabupaten Tapanuli Utara merupakan pembangkit listrik dengan kapasitas yang tidak terlalu tinggi. Dibangun dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Tapanuli Utara yang sering mengalami pemadaman. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja dari generator dalam membangkitkan energi listrik. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban puncak generator sebesar 657.359,3 KW, beban kecil sebesar 604.482,365 W. Dengan efisiensi dari generator sinkron yaitu sebesar 85,6%, dengan hasil tersebut bahwa generator yang terdapat pada PLTMH AEK RAISAN I masih efisien digunakan

*Kata kunci : Kerja Generator, PLTMH, Efisiensi*

- Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : [leonardogalung21@gmail.com](mailto:leonardogalung21@gmail.com)
- Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Elektro

# **ANALISIS KERJA GENERATOR SINKRON UNIT PLTMH AEK RAISAN I KAB. TAPANULI UTARA**

**LEONARDO HUTAGALUNG\***

**Dr Rahmaniar\*\***

**Siti Anisah ST., MT\*\***

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

## ***ABSTRAK***

*The Minihidro Power Plant (PLTMH) found in Parsingkaman Village, North Tapanuli Regency is a power plant with a capacity that is not too high. Built with the aim to meet the needs of electrical energy in North Tapanuli Regency which often experiences blackouts. The purpose of this study is to determine the performance of generators in generating electricity. Data collection is done by direct observation in the field. The results showed that the peak load of the generator was 657,359.3W, a small load of 604,482,365 W. With the efficiency of the synchronous generator that was 85.6%, with the results that the generator contained in the PLTMH AEK RAISAN I was still efficiently used.*

*Kata kunci : Kerja Generator, PLTMH, Efisiensi.*

- Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro [leonardogalung21@gmail.com](mailto:leonardogalung21@gmail.com)
- Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Elektro

# DAFTAR ISI

## LEMBAR PENGESAHAN

### ABSTRAK

KATA PENGANTAR .....i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR GAMBAR ..... v

DAFTAR TABEL..... vii

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 3

1.3 Batasan Masalah ..... 3

1.4 Tujuan Penelitian ..... 3

1.5 Manfaat Penelitian ..... 4

1.6 Metode penelitian ..... 4

1.7 Sistematika Penulisan ..... 5

## **BAB 2 LANDASAN TOERI**

2.1 Genertor Sinkron..... 6

2.2 Komponen Komponen Generator Sinkron ..... 7

2.2.1 Stator Frame Atau Rangka..... 7

2.2.2 Stator Generator Sinkron ..... 8

2.2.3 Rotor..... 14

2.3 Bentuk Penguatan ..... 20

2.4 Prinsip Kerja Generator Sinkron.....22

2.5 Paralelisasi Generator Sinkron 3 Phasa ..... 23

2.6 Alat Ukur Yang Ada Pada Generator Sinkron 3 Phasa ..... 26

2.7 Daya Keluaran Pada Generator..... 31

2.7.1 Pengertian Daya ..... 31

2.7.2 Jenis –Jenis Daya ..... 32

2.7.3 Rangkaian Pada Generator 3 Phasa ..... 33

|   |    |
|---|----|
| 2.8 Rugi-Rugi Generator 3 Phasa .....                                     | 36 |
| 2.9 Efisiensi Pada Generator Sinkron .....                                | 39 |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>  |    |
| 3.1 Tempat Penelitian .....   | 41 |
| 3.2 Peralatan Yang Di Amati .....   | 42 |
| 3.3 Bendungan (Intake) Dan Pintu Air .....                                | 43 |
| 3.4 Bahan .....   | 45 |
| 3.5 Metode Penelitian .....   | 45 |
| 3.5.1 Pengumpulan Data .....  | 45 |
| 3.5.2 Pengolahan Data .....   | 45 |
| 3.6 <i>Flowchart</i> .....  | 47 |
| 3.7 Deskripsi .....   | 48 |
| <b>Bab 4 Hasil Dan Pembahasan</b>   |    |
| 4.1 Data PLTMH AEK RAISAN .....   | 50 |
| 4.2 Data generator berdasarkan data operasional harian .....              | 50 |
| 4.3 Data Operasional Harian Generator Dalam Kondisi Beban<br>Kecil .....  | 51 |
| 4.4 Data Harian Operasional Kondisi Beban Puncak .....                    | 52 |
| 4.4.1 Analisis Data Generator Pada Pukul 08.00 Wib .....                  | 53 |
| 4.4.2 Analisis Data Generator Pada Pukul 09.00 Wib .....                  | 54 |
| 4.4.3 Analisis Data Generator Pada Pukul 10.00 Wib .....                  | 55 |
| 4.4.4 Analisis Data Generator Pada Pukul 11.00 Wib .....                  | 56 |
| 4.4.5 Analisis Data Generator Pada Pukul 12.00 Wib .....                  | 58 |
| 4.4.6 Analisis Data Generator Pada Pukul 14.00 Wib .....                  | 59 |
| 4.4.7 Analisis Data Generator Pada Pukul 15.00 Wib .....                  | 60 |
| 4.4.8 Analisis Data Generator Pada Pukul 16.00 Wib .....                  | 61 |
| 4.4.9 Analisis Data Generator Pada Pukul 17.00 Wib .....                  | 63 |
| 4.4.10 Analisis Data Generator Pada Pukul 18.00 Wib .....                 | 64 |
| 4.4.11 Analisis Data Generator Berdasarkan Spesifikasi<br>Generator ..... | 65 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5 Perbandingan Kinerja Generator Antara Kinerja Dilapangan<br>Dan Kinerja Generator Sesuai Spesifikasi Pabrikan..... | 66 |
| 4.6 Analisis Efisiensi Generator .....   | 67 |
| 4.6.1 Analisis Efisiensi Menurut Data Spesifikasi Generator ....   | 67 |
| 4.6.2 Analisis Data Menurut Kinerja Generator Pada<br>Saat Beban Puncak .....  | 67 |

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

|                      |    |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan ..... | 69 |
| 5.2 Saran.....       | 70 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 : <i>Stator Frame</i> .....   | 8  |
| Gambar 2.2 : Kontruksi Stator .....  | 8  |
| Gambar 2.3 : Kontruksi Kumparan Stator .....   | 9  |
| Gambar 2.4 : Penyambungan Pada Papan Jepit .....   | 10 |
| Gambar 2.5 : Sambungan Delta .....   | 11 |
| Gambar 2.6 : Sambungan Bintang .....   | 11 |
| Gambar 2.7 : <i>Isolator Coil</i> .....  | 12 |
| Gambar 2.8 : Inti Besi .....   | 13 |
| Gambar 2.9 : Terminal Dan Bushing .....  | 14 |
| Gambar 2.10 : Kontruksi Rotor Silinder Halus .....   | 15 |
| Gambar 2.11 : Rotor Silender Halus Kutup 4 Dan 2 .....   | 15 |
| Gambar 2.12 : Kontruksi Rotor Kutup Menonjol .....   | 16 |
| Gambar 2.13 : <i>Shaft</i> Rotor .....   | 18 |
| Gambar 2.14 : Rotor Coin .....   | 19 |
| Gambar 2.15 : <i>Retaining Ring</i> .....  | 19 |
| Gambar 2.16 : Bantalan Generator .....   | 20 |
| Gambar 2.17 : Generator Singkron tiga fhasa dengan penguatan<br>Generator Dc <i>Pilot Exiter</i> ..... | 21 |
| Gambar 2.18 : Generator Singkron tiga Fhasa Dengan Penguatan<br><i>Brushlees Exiter System</i> .....   | 22 |
| Gambar 2.19 : Sinkronisasi Generator Dengan Jaringan Listrik .....                                     | 23 |
| Gambar 2.20 : Amper Meter .....  | 26 |
| Gamabr 2.21 : Volt Meter .....   | 27 |
| Gambar 2.22 : Kilowatt Meter .....   | 27 |
| Gambar 2.23 : VAR Meter .....  | 28 |
| Gambar 2.24 : KWH Meter .....  | 28 |
| Gambar 2.25 : Cos Q Meter .....  | 28 |
| Gambar 2.26 : Frekuensi Meter .....  | 29 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.27 : Temperatur <i>Indicator</i> .....                     | 29 |
| Gambar 2.28 : Vibrasi Meter .....                                   | 30 |
| Gambar 2.29 : <i>Pressure Indicator</i> .....                       | 30 |
| Gambar 2.30 : <i>Purity Indicator</i> .....                         | 31 |
| Gambar 2.31 : Sinkronisasi .....                                    | 31 |
| Gambar 2.32 : Arah Arus Listrik .....                               | 32 |
| Gambar 2.33 : Penjumlahan Trigonometri Daya Aktif, Reaktif Dan Semu | 33 |
| Gambar 2.34 : Hubungan Bintang .....                                | 34 |
| Gambar 2.35 : Hubungan Delta .....                                  | 35 |
| Gambar 2.36 : Segitiga Daya .....                                   | 36 |
| Gambar 2.37 : Perputaran Jangkar Di Dalam Medan Magnet .....        | 38 |
| Gambar 3.1: Lokasi PLTMH AEK RAISAN 1 .....                         | 41 |
| Gambar 3.2 : Generator PLTMH AEK RAISAN .....                       | 42 |
| Gambar 3.3 : Control Panel PLTMH AEK RAISAN.....                    | 43 |
| Gambar 3.4 : Pintu Air PLTMH AEK RAISAN I.....                      | 44 |
| Gambar 3.5 : Bendungan PLTMH AEK RAISAN I.....                      | 44 |
| Gambar 3.6: <i>Flowchard</i> .....                                  | 47 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 : Perbandingan Frekuensi Antara Jumlah Kutup Dan Putaran.....                             | 17 |
| Tabel 2.2 : Klasifikasi PLTA .....  | 40 |
| Tabel 3.1 : Spesifikasi Generator Pada PLTMH AEK RAISAN I.....                                      | 42 |
| Tabel 4.1 : Data PLTMH AEK RAISAN I.....  | 50 |
| Tabel 4.2 : Data Operasional Harian dari Generator.....   | 50 |
| Tabel 4.3 : Data Operasional Harian dari Generator Beban Kecil.....                                 | 51 |
| Tabel 4.4 : Data Operasional Harian dari Generator Beban Puncak.....                                | 52 |
| Tabel 4.5 : Perbandingan Kinerja Generator Kondisi Di Lapangan Dan Kinerja Sesuai Spesifikasi ..... | 67 |

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Analisis Kerja Generator Sinkron UNIT PLTMH AEK RAISAN I Kab. Tapanuli Utara**”. Dalam kesempatan yang baik ini atas nama penulis ingin mengucapkan terimah kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan S.E., M.M., Selaku Rektor Universitas Pembangunan Pancabudi
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Pancabudi
3. Ibu Siti Anisah S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Pancabudi dan selaku dosen Pembimbing II yang sabar dalam memberikan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Rahmaniar, S.T., M.T., selaku Pembimbing I yang memberikan pengalaman dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
5. Terkhusus kepada keluarga saya tercinta yang memberikan dukungan semangat dalam membuat tulisan tugas akhir ini dapat selesai dengan baik.
6. Rekan rekan mahasiswa/I Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Pembangunan Pancabudi.

Dalam pengusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis berharap kepada pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang bertujuan supaya penulis dapat membuat menjadi lebih baik lagi.

Penulis berharap tugas ahir ini dapat bermanfaat terutama kepada para mahasiswa/I yang ingin membahas mengenai topik yang sama.

Medan, Oktober 2020

Leonardo Hutagalung  
NPM:1614210222

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Pada tahun 2017 produksi listrik di Indonesia sebesar 254.619,5 GWh dimana sebagian besarnya dihasilkan oleh pembangkit yang berbahan bakar batubara (58%), pembangkit listrik berbahan bakar gas sebesar (22%), BBM (7%) sementara sisanya dari EBT (13%). Dimana untuk kebutuhan rumah tangga 94,5 ribu GWh, industri 72,2 ribuGWh,komersial sebesar 56,2 ribu GWh, dan publik sebesar 236 GWh.(saleh abdurahman, 2018) Keterlambatan pembangunan infrastruktur kelistrikan di Indonesia yang membuat penyediaan energi listrik di negeri ini tidak dapat di penuhi dengan baik.(Adam, 2016)

Pembangkit listrik tenaga air yang ada di Indonesia yaitu sebanyak 41 unit dengan total kapasitas 3.266 MW. Produksi listrik tiap tahun sebesar 10.356 gigawatt. Lokasi pembangkit listrik tenaga air yang banyak terdapat di pulau jawa dan Sumatra. Pembangkit listrik cukup signifikan sebagai pemasok listrik di Indonesia yaitu PLTA Area 1, Area 2, Saguling, Cirata, Area 3, Mrika, Area 4, Sutami, Brantas Non-Sutami, Dan Jatiluhur.(Zuhri, 2018)

Masalah yang banyak di hadapi dalam pembangkit listrik tenaga air adalah proses perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga air. Karena dalam membangun pembangkit listrik tenaga air jauh lebih besar hambatanya dari pada pembangkit lain diantaranya hal pertama yaitu pembebasan lahan. Pembangkit listriktenaga air memerlukan lokasi yang luas dalam pengoperasian. Kebanyakan dari

hambatan adalah pembebasan lahan yang membutuhkan banyak dana untuk mengganti rugi lahan warga yang dekat dengan lokasi pembangkit. Permasalahanyang lain yang terdapat di pulau jawa yaitu ketika tiba kemarau maka waduk akan mempunyai dua fungsi diantaranya untuk pembangkit dan untuk mengaliri lahan pertanian.(Zuhri, 2018) Akibatnya kapasitas air akan terus berkurang dan mengganggu kerja dari pembangkit listrik tenaga air.

Dalam membuat bangunan pembangkit listrik tenaga air besar membutuhkan investasi yang besar. Indonesia telah banyak melakukan penelitian tentang pembangkit listrik tenaga air skala kecil. Diantaranya PLTMH yang mempunyai keunggulan yang cukup besar dalam membantu pembangkitan listrik di Indonesia demi membantu pembangkit listrik skala besar ketika mencapai beban puncak.

Diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Parabelem T.D. Rompas Di Desa Muntoi Kabupaten Boalaang Mangondow. Penelitian yang dilakukan di desa tersebut mengenai PLTMH dihasilkan bahwa pembangkit listrik tersebut dapat menghasilkan daya sebesar 19,5 KW. Energi total yang dihasilkan dalam setahun mencapai 170,828 MWh. Dengan daya yang dihasilkan sebesar itu dapat membantu penyaluran listrik ketika kebutuhan listrik sangat besar atau dalam keadaan beban puncak.(Rompas, 2011).

Besar potensi energi air yang terdapat di Indonesia yaitu 74.976 MW, sebanyak 70.776 MW ada di luar jawa, yang sudah dimanfaatkan yaitu sebesar 3.105,76 MW yang sebagian besar terdapat di pulau Jawa. Energi mikrohidro (PLTMH) yang memiliki kapasitas 200-5000 KW memiliki potensi yaitu 458,75 MW, sangat bagus di kembangkan untuk memenuhi akan kebutuhan kelistrikan yang ada di Desa di

pedalaman yang terpencil ataupun yang ada pada pulau-pulau kecil yang mempunyai aliran sungai kecil.(Lubis, 2007)

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang akan di bahas dalam penyusunan tugas ahir ini yaitu:

1. Berapa daya yang di bangkitkan UNIT PLTMH AEK RAISAN 1?
2. Bagaimana perbandingan kinerja generator sinkron antara keadaan dilapangan dengan kinerja generator sinkron yang terdapat pada spesifikasi pabrikan?
3. Apakah generator sinkron UNIT PLTMH AEK RAISAN 1 masih efisien?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang akan di bahas dalam penyusunan tugas ahir ini yaitu:

1. Tidak membahas sistem proteksi dari generator sinkron UNIT PLTMH AEK RAISAN 1.
2. Tidak membahas mengenai penyaluran jaringan transmisi pada UNIT PLTMH AEK RAISAN 1.

## **1.4 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan yang akan di bahas dalam penyusunan tugas ahir ini adalah

1. Untuk mengetahui berapa besar daya yang dibangkitkan generator UNIT PLTMH AEK RAISAN 1.
2. Apakah perbandingan dari generator sinkron keadaan di lapangan dengan keadaan pada spesifikasi pabrikan terdapat perbedaan.

3. Untuk mengetahui apakah generator sinkron di UNIT PLTMH AEK RAISAN 1 masih efisien digunakan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penyusunan tugas ahir ini adalah

1. Untuk mengetahui besar daya yang dibangkitkan generator sinkron
2. Untuk mengetahui prinsip kerja generator sinkron.
3. Sebagai rujukan kepada teman mahasiswa apabila membahas tentang generator sinkron.
4. Sebagai rujukan kepada perusahaan yang menggunakan generator sinkron untuk meningkatkan efisiensi generator supaya tetap bekerja dengan baik.

### **1.6 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah

1. Survei lapangan
  - a. Survei lapangan yaitu untuk melakukan penelitian dan pengamatan langsung terhadap topik yang akan di bahas serta mengumpulkan data yang akan dilakukan di UNIT PLTMH AEK RAISAN 1.
  - b. Mengumpulkan data dengan mewawancarai seluruh pegawai yang berkaitan dengan UNIT PLTMH AEK RAISAN 1.
2. Studi *literature*
  - a. Pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian

## **1.7 Sistematis Penulisan**

Sistematis penulisan dilakukan dengan membagi beberapa bab yang masing-masing bab membahas sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II : LANDASAN TEORI**

Membahas tentang teori-teori yang mendukung mengenai topik yang akan disusun.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Membahas tentang cara penelitian yang akan digunakan.

### **BAB IV : HASIL PENELITIAN**

Membahas tentang data dan menganalisa data yang dikumpulkan.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisa dan perhitungan data yang di kumpulkan.

## **BAB 2**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Generator Sinkron**

Generator sinkron/*alternator* merupakan alat yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Semua generator sinkron mempunyai jangkar yang diam sebagai stator dan medan magnet yang berputar sebagai rotor. Energi listrik yang di hasilkan karna perputaran rotor yang terkopel dengan turbin sebagai penggerak mula. Akan terhubung dengan sumber eksitasi yang menyuplai listrik DC sehingga menimbulkan medan magnet pada rotor yang akan membantuk proses induksi medan magnet pada jangkar stator. Kumparan DC yang ada pada medan magnet yang berputar yang di hubungkan dengan sumber listrik DC melalui *slipring* dan sikat arang tetapi ada juga yang tidak menggunakan sikat arang disebut *brushless excitation*. Menurut hukum faraday “Generator bekerja apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet yang berubah-ubah, maka dalam kawat tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik”.(sunarlik, 2011)

Prinsip kerja dari generator sinkron yaitu bila kumparan medan yang terdapat pada rotor terhubung dengan sumber eksitasi yang akan menyuplai arus searah yang mengalir melalui kumparan magnet akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap. Penggerak mula yang terhubung dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan yang ditentukan. Perputaran rotor akan sekaligus memutar medan magnet yang akan dihasilkan kumparan medan, medan magnet yang dihasilkan rotor ketika diputar, akan di induksikan pada jangkar atau

lilitan tembaga pada stator yang akan menghasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. (sunarlik, 2011)

Adanya perubahan fluks magnetik dikelilingi oleh lilitan kumparan akan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada ujung-ujung kumparan. Jika rotor berputar searah jarum jam, maka fluks medan rotor bergerak sesuai lilitan kumparan. Satu putaran rotor dalam 1 sekon menghasilkan satu siklus per detik atau 1 hertz. Apabila kecepatannya 60 putaran per menit, frekuensi 1 hertz. Jika frekuensi 60 hertz, maka rotor harus berputar 3600 RPM. Dengan kecepatan rotor  $n$  rpm, rotor harus berputar pada kecepatan  $n/60$  revolusi per detik (rps). Jika rotor mempunyai lebih dari satu pasang kutub, misalnya  $P$  kutub maka masing-masing rotor akan menginduksikan  $P/2$  siklus tegangan dalam kumparan stator. Frekuensi dari tegangan induksinya sebagai sebuah fungsi dari kecepatandari rotor.(sunarlik, 2011)

## **2.2 Komponen Komponen Generator Sinkron**

### **2.2.1 Stator Frame Atau Rangka**

Rangka stator adalah yaitu sebuah rumah yang terbuat dari besi yang berfungsi untuk tempat diletakkanya bagian bagian yang ada dalam generator tersebut seperti *stator core*, bearing bracket dan *seal ring bracket* yang terpasang. Untuk bagian generator dengan pendingin hidrogen yang bertekanan, desain *stator frame* ditujukan untuk menghasilkan kontruksi generator yang kedap udara dan mampu menahan tekanan gas  $10\text{kg/cm}^2$ , dua kali lipat tekanan maksimum gas. Selain itu, rangka stator juga harus mampu menahan torsi beban normal maupun saat terjadi gangguan. *Stator frame* atau rangka stator terbuat dari material *rolled steel*, dan

dibuat dalam bentuk ukuran material yang besar sehingga mengurangi proses pengelasan yang harus dilakukan.

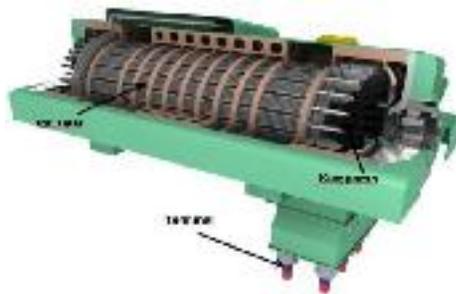


**Gambar 2.1: Stator Frame**

*Sumber: Kontruksi Stator Generator, Alief Rahman, 2013*

### **2.2.2 Stator Generator Sinkron**

Stator adalah komponen dari generator sinkron yang diam dan sebagai tempat diletakkan kumparan jangkar. Stator terdiri dari dua bagian yaitu kumparan jangkar dan inti besi (*core*).



**Gambar 2.2 Kontruksi Stator**

*Sumber : Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013*

### a) Kumparan Jangkar

Kumparan jangkar adalah penghantar utama arus yang berupa gulungan kawat yang terisolasi dan di tempatkan pada sekat sekat dari inti besi. Kumparan jangkar ini berfungsi sebagai tempat terjadinya GGL induksi yang diakibatkan adanya perpotongan medan magnet putar dari rotor yang memotong kumparan jangkar. Pada kumparan jangkar akan menghasilkan arus bolak balik 3 fasa jika terhubung dengan beban. Arus keluaran bisa mengakibatkan panas pada generator yang bisa mengganggu kinerja dari generator apabila terlalu lama dapat menimbulkan kerusakan pada isolasi generator dan member efek pemanasan pada inti besi.



**Gambar 2.3 Konstruksi Kumparan Stator**

*Sumber : Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa sebagai Generator Induksi 3 Fasa, Zainal Abidin, 2013*

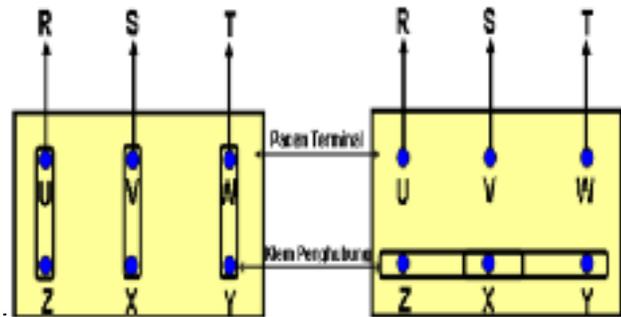
Kumparan jangkar terbuat dari tembaga murni yang telah dilapisi dengan material isolasi. Kumparan jangkar tersebut terbagi menjadi 3 bagian yang berbeda fasa  $120^{\circ}$ . Umumnya di hubungkan dengan sambungan bintang (Y) dan delta ( $\Delta$ ). Di setiap ujung dari kumparan diberikan kode angka atau huruf yang berbeda dimana:

-L1 (R) adalah fasa U  $\rightarrow$  X

- L2 (S) adalah fasa V  $\rightarrow$  Y

- L3 (T) adalah fasa W  $\rightarrow$  Z

Seluruh kumparan jangkar pada generator dinamakan lilitan pada stator. Lilitan stator yang ada pada generator tiga fasa dapat disambungkan dengan sambungan bintang dan sambungan delta. Proses penyambungan dari sambungan delta dan bintang dapat di kerjakan diluar generator yaitu melalui papan jepit (klem jepit). Yang mana telah terdapat susunan seperti huruf U, V, W, dan sebagainya.

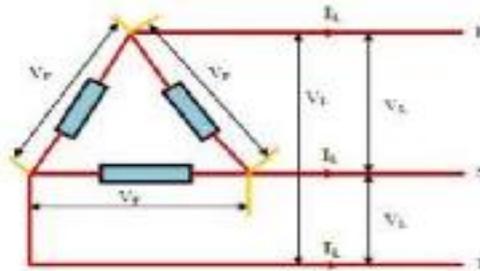


**Gambar 2.4 Penyambungan pada Papan Jepit**

*Sumber : Teknik Dasar Generator, Tim Fakultas Teknik UNJ, 2013*

### 1. Sambungan segitiga (delta)

Pada sambungan delta ujung-ujung pada pemulaan dari satu fasa disambung pada ujung dari fasa berikutnya. Fasa tersebut akan terpasang seri dan merupakan suatu lingkaran yang tertutup. Arah garis gaya gerak listrik (GGL) pada tiap kumparan mempunyai arah yang sama. Pada sambungan segitiga delta tegan yang di terima motor sama dengan tegan garis  $V_f = V_L$  dan aru yang mengalir pada kumparan adalah sebesar  $I_L/\sqrt{3}$ . (Adhi kusmantoro, 2015)

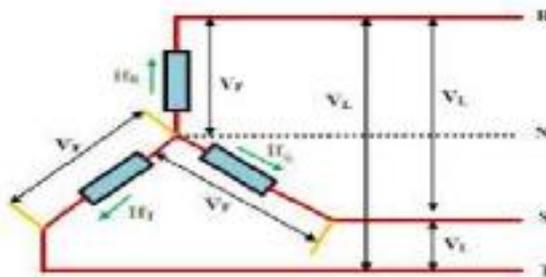


**Gambar 2.5 Sambungan Delta (Segitiga)**

*Sumber :Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3b261fu, Adhi kusmanto 2015*

## 2. Sambungan bintang

Pada sambungan bintang ujung-ujung pada permulaan dari 3 fasa X, Y, dan Z dihubungkan pada ujung U, V, dan W. Apabila kondisi pada titik 0 (nol) juga dihubungkan satu kawat didapatkan nilai ke empat yang dinamakan saluran 0 (nol). Apabila suatu jaringan mempunyai 4 saluran dinamakan jaringan saluran empat. Jika jaringan tidak mempunyai 4 saluran maka jaringan ini dinamakan jaringan saluran tiga. Pada sistem sambungan bintang tegangan akan menerima tegangan sebesar  $V_L = \sqrt{3}$  oleh karena tegangan yang di terima motor lebih kecil dari tegangan sumber maka arus yang di terima motor sama dengan arus dari sumber. (Adhi kusmanto, 2015)



**Gambar 2.6 Sambungan Bintang**

*Sumber : Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3b261fu, Adhi kusmanto 2015*

**a) Isolator stator coil**

*Isolator stator coil* yaitu material yang melapisi *coil* konduktor stator sehingga secara elektrik terpisah atau tidak tersambung dengan inti besinya. *Isolasi stator coil* ini terdiri dari beberapa lapisan. Karakteristik yang diinginkan dari material isolasi *stator coil* yaitu:

- a. Mampu menahakan tegangan tinggi
- b. Padat secara merata (homogen), sehingga mampu menahan penyerapan kelembapan, bahan-bahan kimia dan minyak.
- c. *Thermal-elastik*, bisa mengakomodasi ekspansi dan kontraksi *coil* akibat kenaikan dan penurunan temperatur.



**Gambar 2.7: Isolator Coil**

*Sumber: Kontruksi Stator Generator, Alief Rahman, 2013*

**b) Inti besi (core)**

Inti besi adalah bagian tempat untuk memasang kumparan jangkar dan tempat mengalirnya induksi fluks magnet yang memotong kumparan jangkar pada stator. Inti besi terbuat dari susunan plat-plat besi *silicon magnetik* tipis dengan

ketebalan 0,35 -0,5 mm yang membentuk suatu cakram, bentuk dari bagian sisi dalam seperti gigi yang membentuk slot untuk posisi pemasangan kumparan tembaga. Plat yang pembentuk inti tersebut antara satu sama lain dipisahkan dengan isolasi tipis yang terbuat dari varnish yang di panaskan. Plat-plat yang berbentuk cakram kemudian disatukan dan dibentuk seperti silinder yang disebut sebagai *stator core*. Inti besi stator terdiri dari laminasi-laminasi plat besi yang terisolasi dengan vernis atau kertas isolasi (*implenated paper*).



**Gambar 2.8: Inti Besi**

*Sumber: Kontruksi Stator Generator, Alief Rahman, 2013*

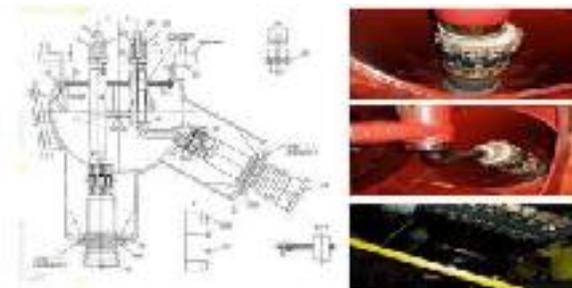
Laminasi-laminasi ini bertujuan untuk mengurangi besarnya arus pusar (*Eddycurrent*), arus pusar ini dapat menimbulkan panas pada inti stator yang bisa merusak inti stator dan isolasi kumparan penghantar.

### c) Terminal Dan Generator *Bushing*

Generator *bushing* yaitu titik dimana tegangan output dan arus yang dihasilkan generator akan disalurkan. Terminal generator dan *bushing* terletak dibagian bawah sisi *exiter* oleh generator. Ada dua jenis terminal generator yaitu line terminal yang dihubungkan ke main transforme melalui *isolated phase bus-duct* (IPB) yaitu terminal output yang utama generator dan kabel netral terminal yaitu titik hubung bintang dari *stator coil generator*. Dari group terminal tersebut

diletakkan dalam sebuah wadah berbentuk kotak yang kedap udara yang disebut *leatbox*. Kemudian terminal generator keluar menuju koneksi IPB melalui satu phasa ring yang dikelilingi oleh *current transformer*. *Leatbox* ini dibuat dari material *non-magnetik* untuk mengantisipasi terjadinya efek dari *eddy current* akibat dari arus yang besar waktu mengalir pada terminal tersebut. *Leatbox* adalah ruangan yang terpisah dengan generator.

*Bushing* adalah yang menghubungkan lilitan dengan jaringan luar. Terdiri dari sebuah konduktor yang di tutupi dengan isolasi. Isolasi tersebut berfungsi untuk menyekat konduktor *bushing* dengan *body leatbox* atau *isolated phase bus-duct* (IPB).



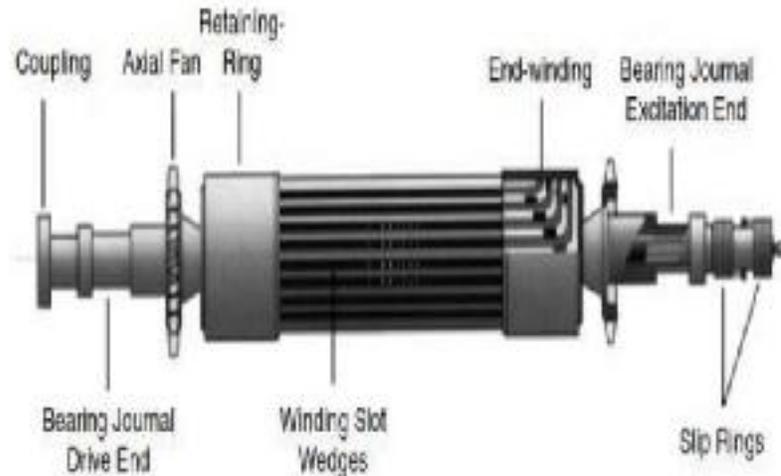
**Gambar 2.9 : Terminal dan Bushing**

*Sumber : Teknik Dasar Generator, Tim Fakultas Teknik UNJ, 2013*

### 2.2.3 Rotor

Rotor adalah bagian dari generator yang berputar yang terbuat dari plat plat besi yang terdiri dari *shalf*, *winding*, *retaining ring*, *bearing* dan *fan*. Dalam generator sinkron rotor sebagai tempat dimana diletakkan kumparan medan magnet. Kumparan medan disusun pada alur alur dalam inti besi rotor, apabila pada

kumparan medan dialiri arus listrik searah (DC) akan menghasilkan kutub medan magnet utara dan kutub selatan.



**Gambar 2.10: Kontruksi Rotor Silinder Halus**

*Sumber : Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

Ada dua jenis rotor dalam generator sinkron yaitu:

### 1. Silinder halus (*round rotor*)

Tipe dari generator ini digunakan untuk generator turbo dengan kata lain digunakan untuk generator dengan kecepatan yang tinggi sering digunakan pada pembangkit *thermal*, dengan kutub magnet silindris dengan jumlah kutubnya yaitu dua dan empat kutub magnet.(sunarlik, 2011)

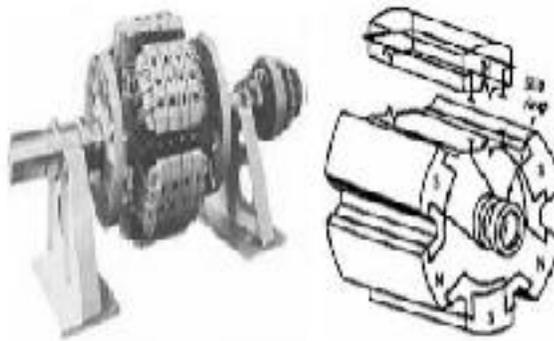


**Gambar 2.11: Rotor Silinder Halus Kutub 4 dan 2**

*Sumber: Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

**2. Kutup Menonjol**

Yaitu tipe rotor generator yang digunakan untuk kecepatan yang rendah dan sering digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Biasanya jumlah kutubnya ada enam kutup magnet atau lebih yang bentuknya menonjol. (sunarlik, 2011)



**Gambar 2.12: Kontruksi Rotor Kutub Menonjol**

*Sumber: prinsip kerja dan kecepatan putar generator sinkron faizalnizbah, 2013*

Hubungan antara jumlah dari kutup magnet, frekuensi dan putaran dirumuskan dengan:

$$f = \frac{p.n}{120} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutup

n = putaran (rpm)

Dari persamaan yang terdapat diatas, maka untuk frekuensi 60 Hz nilai dari p dan n dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 2.1 Perbandingan Frekuensi antara Jumlah Kutup dan Putaran**

|   |      |      |      |     |     |     |
|---|------|------|------|-----|-----|-----|
| P | 2    | 4    | 6    | 12  | 24  | 36  |
| N | 3600 | 1800 | 1200 | 600 | 300 | 200 |

Sumber : *Teknik Dasar Generator, Tim Fakultas Teknik UNJ, 2013*

Untuk membuat kutup magnet dalam rotor dengan sistem elektromagnetik adalah mengalirkan listrik arus searah pada kumparan medan. Dengan memberikan arus listrik pada kumparan medan magnet atau eksitasi ke rotor dapat dilakukan dengan “*slip ring*” atau dengan cara melalui poros dari mesin eksitasi dengan sistem penyearah.

Eksitasi atau penguatan medan magnet pada rotor dapat menghasilkan panas pada kumparan medan magnet dan arus pusar dalam inti rotor yang menimbulkan panas pada rotor, sehingga rotor perlu di dinginkan. Untuk mendinginkan apabila rotor mengalami kepanasan dengan cara mengalirkan udara dingin atau *hydrogen* melewati saluran udara pada sisi kumparan medan magnet. Agar sirkulasi udara bekerja maka pada rotor generator dipasang baling baling sebagai *blower*.

Komponen komponen yang terdapat pada rotor generator sinkron yaitu

**a) Rotor shaft**

Terdiri dari material laminasi plat besi tipis, kontrusi *rotor core* yaitu satu kesatuan dengan *rotor shaft* seperti gambar dibawah dibuat dengan dengan proses penempatan secara utuh. Hal ini bertujuan untuk memperkuat rotor untuk menahan tekanan saat berotasi. Bagian coil slot dibuat pola *trapezoid* untuk mendapatkan nilai eksitasi yang besar. *Coil slot* dibentuk pada rotor *core*

secara simetris saling berlawanan dan disebar secara merata di  $\frac{2}{3}$  bagian lingkaran rotor. Sedangkan yang  $\frac{1}{3}$  bagianya dri rotor yang lain tidak dibentuk *coil slot*.



**Gambar 2.13 Shaft Rotor**

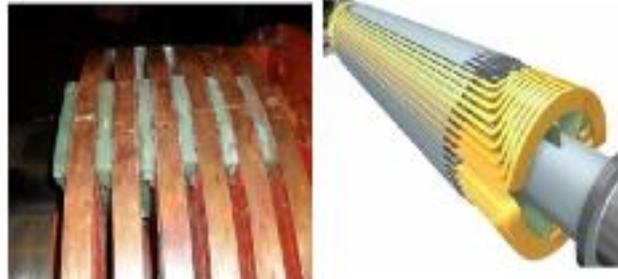
*Sumber : Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013*

**b) Kumparan medan atau rotor coil**

Kumparan medan adalah susunan dari lilitan tembaga yang di pasang pada rotor. Apabila kumparan tembaga dialiri arus DC, akan menimbulkan medan magnet yang saling berlawanan pada permukaan kutup rotor. Ketika rotor diputar maka medan magnet akan memotong kumparan medan sehingga akan timbul tegangan induksi di kumparan. Kumparan medan terbuat dari tembaga murni.

Bentuk dari kumparan medan adalah gabungan dari dua buah serat konduktor berbentuk U, yang membentuk ventilasi yang terdapat pada bagian tengahnya. Pada setiap satu putaran *coil* dipasang dalam dua bagian atau lebih. Sambungan dalam tiap kumparan dibuat pada bagian tengah atau sudut dari ujung kumparan. Lapisan dari isolasinya yang terbuat dari *fibreglass (slot-liner)* dibuat sekeliling kumparan memisahkan antara kumparan dengan *rotor core*.

Pada setiap putaran kumparan saling terisolasi oleh *fibreglass*. Sedangkan pada bagian ujungnya setiap kumparan dipisahkan oleh *insulation block*



**Gambar 2.14 Rotor Coil**

Sumber : *Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013*

c) ***Retaining ring***

*Retaining ring* merupakan kontruksi penahan yang berbentuk silinder dengan dipasang pada bagian luar kumparan medan, baik disisi turbin maupun *exsiter*. Fungsi dari *retaining ring* adalah menahan kontruksi dari rotor *coil end* terhadap gaya *centrifugal* (lempar keluar) akiabat dari putaran rotor dan menyalurkan fluks yang berasal dari *rotor coil end*. *Retaining ring* ini terbuat dari material baja *non magnetic* dengan gaya regang tinggi.



**Gambar 2.15 Retaining Ring**

Sumber : *Pengujian Performansi Generator Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dari Limbah Cair PKS, Pryandi Siahaan, 2013*

**d) Bantalan (*bearing*)**

Bantalan ini berfungsi untuk menyangga rotor sehingga rotor dapat stabil/lurus pada posisinya didalam bodi generator dan rotor bisa berputar dengan aman dan bebas. Bantalan rotor juga bermanfaat untuk menjaga rotor generator dan turbin tetap pada posisinya, disamping itu juga bantalan menimbulkan efek kerugian mekanik karena gesekan.

Rotor sebagai bagian yang berputar memiliki kecenderungan untuk bergerak baik dalam arah radial maupun arah aksial dengan itu rotor harus ditumpu secara baik agar tidak terjadi pergeseran radial maupun aksial yang berlebihan. Generator umumnya menggunakan bantalan jurnal.

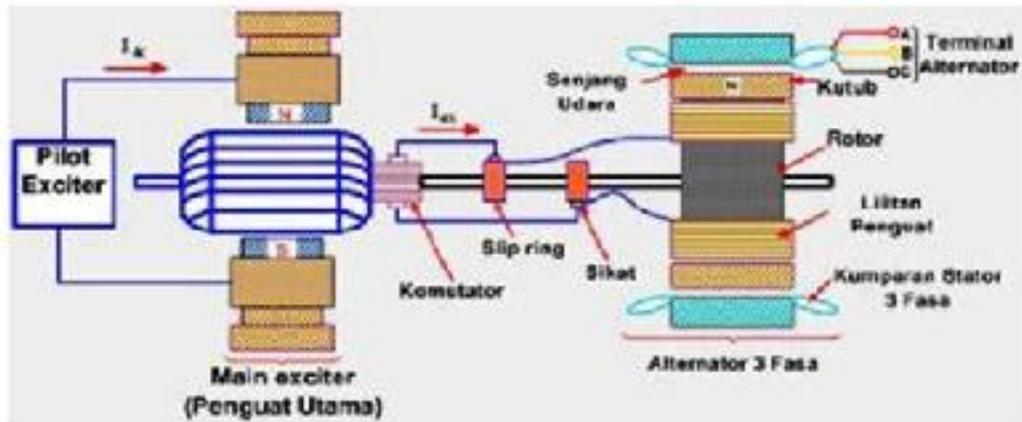


**Gambar 2.16: Bantalan Generator**  
*Sumber: Generator Smk, Juhari S.Pd, 2013*

### **2.3 Bentuk Penguatan**

Penguatan DC diperoleh dari generator DC yaitu yang tersambung langsung dengan poros rotor. Untuk mesin sinkron dengan kecepatan rendah, tetapi daya yang besar contohnya generator *hydroelectric*, jadi generator yang dipakai bukan dengan

penguatan sendiri, akan tetapi dengan *pilot exciter* yaitu sebagai penguatan atau dengan menggunakan magnet permanen.(sunarlik, 2011)



**Gambar 2.17: Generator Sinkron Tiga Fasa Dengan Penguatan Generator DC Pilot Exciter.**

*Sumber: Prinsip Kerja Generator Sinkron, Wahyu Sunarlik, 2011*

Selain menggunakan *pilot exciter* dapat menggunakan alternatif lain untuk penguatan eksitasi yaitu dengan menggunakan *Diode silicon* dan *tryristor*.(sunarlik, 2011)

Ada dua tipe penguatan *solid state* yaitu.

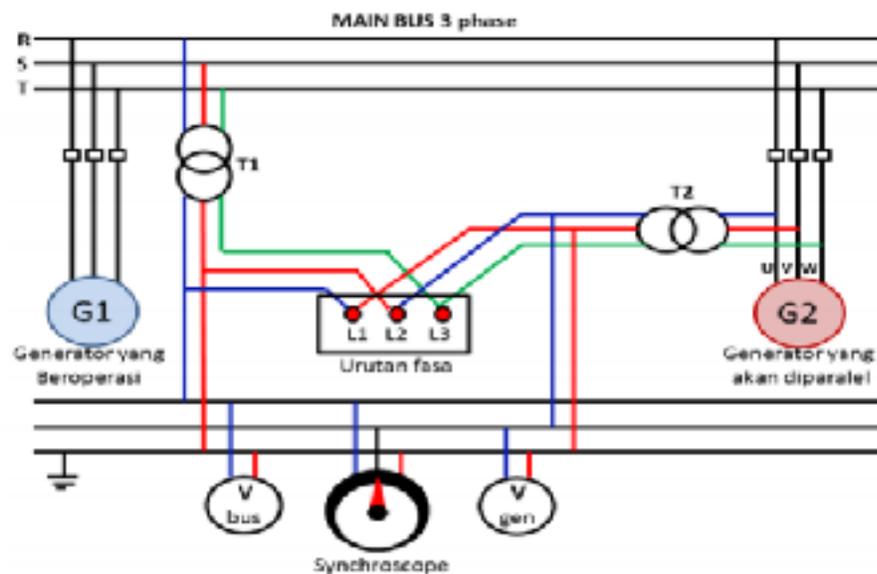
- Sistem statis yang menggunakan *Diode* atau *Tryristor statis*, dengan arus yang dialirkan pada rotor melalui *slipring*.
- *Brushlees system*, yaitu penyearah dipasang pada poros yang berputar dengan rotor, sehingga sikat arang dan slipring tidak di perlukan lagi



rotor dalam 1 sekon menghasilkan satu siklus per detik atau 1 hertz. Apabila kecepataanya 60 putaran per menit, frekuensi 1 hertz. Jika frekuensi 60 hertz, maka rotor harus berputar 3600 RPM dengan kecepatan rotor. (sunarlik, 2011)

## 2.5 Paralelisasi Generator Sinkron 3 Phasa

Tujuan dari paralelisasi dilakukan untuk membantu kinerja dari masing masing generator apabila beban yang ada telah melebihi batas dari kemampuan kerja dari generator. Proses dalam memparalelkan sebuah pembangkit harus memang dibutuhkan perhatian yang serius. Yaitu memperhatikan urutan dari tiap fasa, frekuensi dari generator dan juga sudut rotor generator itu sendiri. Dengan melihat semua kondisi yang ada maka proses paralelisasi dapat dihubungkan.



**Gambar 2.19: Sinkronisasi Generator dengan Jaringan Listrik**

*Sumber :sinkronisasi paralel generator, wimbo haryo 2012*

Keuntungan dari pemasangan paralel pada pembangkit adalah

- 1) Mendapat daya yang besar
- 2) Untuk menentukan kapasitas dari generator

- 3) Untuk menjamin kontinuitas penyaluran energi listrik
- 4) Untuk melayani beban yang berkembang

Untuk melakukan proses sinkronisasi pada generator terdapat beberapa syarat yaitu

**a) Tegangan dari generator harus sama**

Ketika generator diparalel maka tegangan dari generator harus sama besarnya. Pengaturan tersebut dilakukan dengan mengatur arus pada sistem eksitasinya. Ketika generator bekerja perubahan eksitasi akan merubah *factor* daya dari generator.

**b) Frekuensi sama**

Frekuensi dari generator harus sama. Frekuensi diatur dengan membatasi debit air yang masuk pada turbin. Dengan mengatur jumlah air yang terdapat pada bendungan dengan pembatas pintu air yang melewati pipa *penstock* pada pembangkit.

**c) Sudut fasa yang sama**

Ketika melakukan sistem paralel untuk mendapatkan daya yang besar maka sudut fasa pada generator harus sama. Apabila terdapat perbedaan pada sudut rotor maka proses paralel pembangkit tidak dapat dilakukan. Urutan fasa dan bentuk gelombang adalah konstanta yang berkaitan dengan rancang bangun dan operasinya tidak dapat dikontrol secara langsung. Sedangkan yang dikontrol ialah besaran dari tegangan, frekuensi, dan urutan sudut fasa harus sama sebelum dilakukan sistem paralelisasi.

Langkah-langkah dalam melakukan sinkronisasi pada pembangkit

- 1) Sebelum melakukan sinkronisasi dengan sistem *infinitebus* harus diperhatikan:
  - a. Pemutus tenaga generator dalam keadaan terbuka
  - b. Pemutus tenaga sistem eksitasi generator dalam keadaan terbuka
  - c. Generator harus tetap berputar pada putaran nominal dengan governor pada posisi minimum.
  - d. Seluruh kondisi sistem normal untuk sinkronisasi
  - e. Sistem pada jaringan telah bertegangan dan pemisah pada bus telah masuk.
- 2) Proses sinkronisasi pada generator dengan manual adalah
  - a. Naikkan putaran dari generator dengan *control governor* mesin disesel sehingga sama dengan frekuensi sistem.
  - b. Perhatikan sistem eksitasi, kemudian masukkan pemutus tenaga penguat medan(*field breaker*).
  - c. Naikkan arus eksitasinya, periksa tegangan *governor* mencapai normal, masukkan sistem pengatur tegangan (AVR) keposisi auto.
  - d. Masukkan *swich synchroscope* keposisi manual. Dan perhatikan kecepatan dari generator cepat atau lambat dibanding kecepatan sistem.
  - e. Atur eksitasi agar tegangan generator sama dengan tegangan sistem. Atur frekuensi dengan sudut fasa dengan menggunakan control governor agar *swich synchroscope* berputar perlahan kearah *fast*.

- f. Ketika saat jarum *synchroscope* mendekati titik nol (jam 12) tekan tombol pemutus tenaga generator sehingga CB masuk pada saat jarum menunjuk akka nol. Generator tersebut akan sinkron.
- g. Matikan alat-alat sinkronisasi dan *selector switch*.

## 2.6 Alat Ukur Yang Ada Pada Generator Sinkron 3 Fasa

Parameter yang terpasang mengukur keluaran dari generator yaitu

### 1. Ampere Meter

Yaitu memiliki fungsi mengukur besaran arus yang di hasilkan generator, untuk 3 buah penghantar generator. Mengukur nilai dari besarnya arus eksitasi pada sumber arus DC.



**Gambar 2.20.: Amper Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

### 2. Volt Meter

Yaitu untuk mengukur nilai besaran tegangan keluaran generator pada fasa-fasa, dan fasa netral. Berfungsi mengukur nilai dari tegangan eksitasi.



**Gambar 2.21: Volt Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

### 3. Kilowatt Meter

Untuk mengukur daya aktif yang di hasilkan generator, dengan satuan KW dan MW



**Gambar 2.22: Kilowatt Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

### 4. VAR Meter

Memiliki fungsi untuk mengukur daya reaktif yang di keluarkan generator, yang bersifat *lagging* dan *leading*, dengan satuan KVAR dan MVAR.



**Gambar 2.23: VAR Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

### 5. KWH Meter

Yaitu untuk mengukur besar energy generator, dengan satuan kWh, MWh dan GWh.



**Gambar 2.24: KWH meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

### 6. Cos $\phi$ Meter

Yaitu mengukur *factor* daya yang dapat bersifat *lagging* dan *leading*



**Gambar 2.25: Cos  $\phi$  Q Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 7. Frekuensi Meter

Yaitu untuk mengukur nilai besaran frekuensi arus bolak-balik yang dikeluarkan generator.



**Gambar 2.26: Frekuensi Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 8. Temperature Indicator

Yaitu untuk mengukur nilai besaran panas pada kumparan stator, dengan pendeteksi RTD (*resistance temperature detector*) dengan satuan °C dan °F. Pendeteksi yang digunakan untuk inti stator yaitu *thermocouple*, sedangkan pada temperatur rotor yaitu referensi arus medan.



**Gambar 2.27: Temperature Indicator**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 9. Vibrasi Meter

Yaitu untuk mengukur nilai besaran getaran atau vibrasi pada poros yang dipasang pada *bearing* generator, dengan satuan mm p-p atau m p-p.



**Gambar 2.28: Vibrasi Meter**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 10. Pressure Indicator

Yaitu mengukur nilai besaran tekanan gas media pendingin pada generator dan untuk tekanan minyak perapat.



**Gambar 2.29: Pressure Indicator**

*Sumber: pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 11. Purity Indicator

Yaitu mengukur kemurnian gas pada generator, satuan dalam persentase >96%.

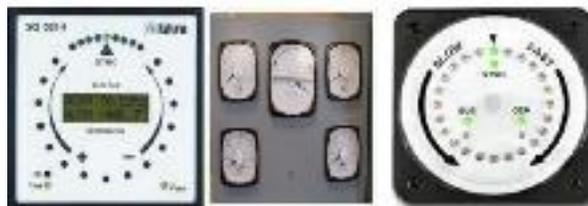


**Gambar 2.30: Purity Indicator**

*Sumber :pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 12. Alat Bantu Sinkronisasi

Yaitu alat bantu untuk paralel generator untuk melihat kondisi sama antara “*running*” dan “*incoming*”, yang meternya meliputi voltmeter double/ voltmeter nol.



**Gambar 2.31 Alat Bantu Sinkronisasi**

*Sumber :pengukuran dan alat alat ukur listrik, soedjana sapiie 2017*

## 2.7 Daya Keluaran Pada Generator

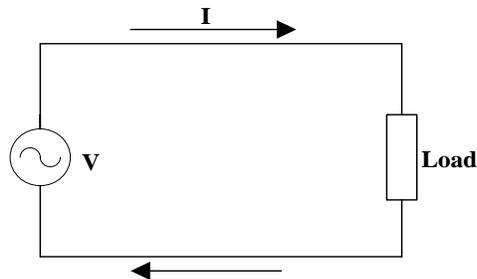
### 2.7.1 Pengertian Daya

Daya yaitu energi yang di keluarkan dalam melakukan usaha.Pada sistem kelistrikan, daya adalah banyaknya energy yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha.(Fitrah Alamsyah, 2017)

Daya listrik dapat dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horsepower* (HP), Horsepower yaitu satuan daya listrik 1 HP setara 745,7 watt. Daya dapat dinyatakan P, tegangan dinyatakan dalam V dan arus dinyatakan dengan I sehingga rumusnya ialah

$$P = V.I$$

2.2



**Gambar 2.32 Arah Arus Listrik**  
*Sumber: Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

### 2.7.2 Jenis Jenis Daya

#### a) Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk energi yang sebenarnya. Satuannya adalah watt. Daya aktif sering digunakan secara umum oleh konsumen sebagai satuan yang digunakan untuk daya listrik dan di konversikan dalam bentuk kerja. Contohnya energi panas, cahaya, mekanik dan sebagainya.

$$P = V.I \cos \varphi \text{ (1 Fasa) (Watt)} \quad 2.3$$

$$P = \sqrt{3}.V_L. I_L. \cos \varphi \text{ (3 Fasa) (Watt)} \quad 2.4$$

#### b) Daya Reaktif

Daya reaktif yaitu jumlah daya yang di perlukan dalam pembentukan medan magnet. Dengan dilakukannya pembentukan medan magnet maka akan mrnghasilkan fluks medan magnet. Misalnya peralatan yang menimbulkan

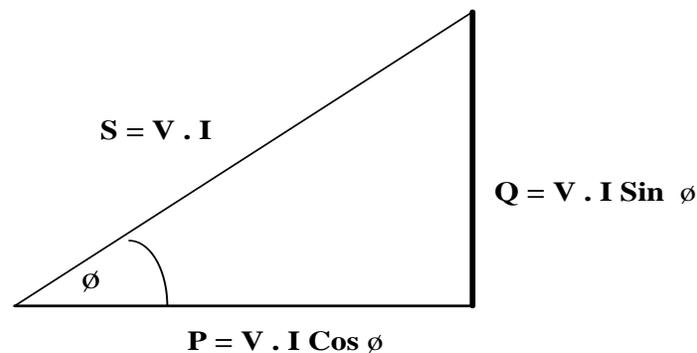
daya reaktif yaitu tranformator, motor, lampu pijar dan sebagainya. Satuan dalam VAR.

$$Q = V \times I \sin \varphi (\text{1 Fasa}) (\text{VAR}) \quad 2.5$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \sin \varphi (\text{3 Fasa}) (\text{VAR}) \quad 2.6$$

### c) Daya Semu

Daya semu yaitu daya yang dihasilkan antara perkalian tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Dengan satuanya adalah VA



**Gambar 2.33 Penjumlahan Trigonometri Daya Aktif, Reaktif Dan Semu**

*Sumber: Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

### 2.7.3. Rangkaian Pada Generator 3 Fasa

#### a) Hubungan Bintang

Pada rangkaian hubungan bintang tiap ujung coil dihubungkan bersama ke titik netral. Tegangan diinduksikan pada tiap belitan disebut tegangan fasa dan arus fasa. Antara dua terminal dapat dinyatakan tegangan *line* ( $V_L$ ), dan arus mengalir yaitu arus *line* ( $I_L$ )

Dimana :

$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = V_L$ ; Tegangan antar fasa

$V_{RN} = V_{SN} = V_{TN} = V_P$ ; Tegangan fasa

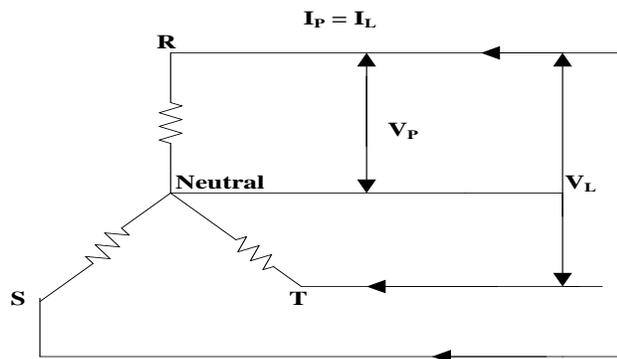
$I_R = I_S = I_T = I_L = I_P$ ; Arus fasa/ arus saluran

Apabila  $I_L$  yaitu arus saluran dan  $I_P$  yaitu arus fasa maka akan berlaku

hubungan  $I_L = I_P$

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_P$$

2.7



**Gambar 2.34 Hubungan Bintang**

*Sumber : Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

### b) Hubungan Delta

Pada hubungan delta pada ujung permulaan dari satu fasa dihubungkan pada ujung-ujung penghabisan dari fasa berikutnya. Oleh karena itu fasa tersebut terhubung seri dan merupakan rangkaian tertutup.

Dimana;

$I_{RS} = I_{ST} = I_{TR} = I_P$  ; Arus fasa

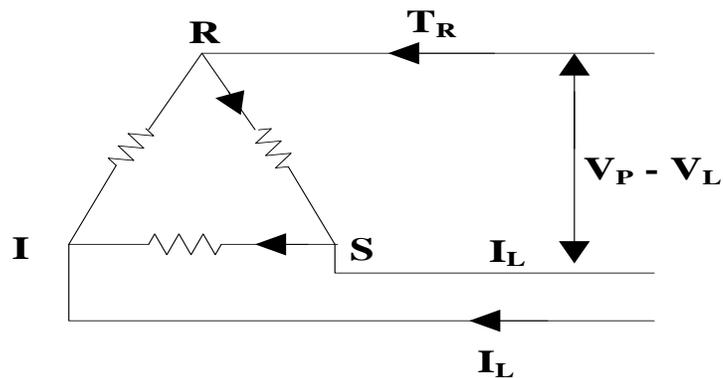
$I_R = I_S = I_T = I_L$ ; Arus saluran

$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = V_L (V_P)$ ; Tegangan antar fasa

Apabila  $V_L$  yaitu tegangan antar fasa dan  $V_P$  yaitu tegangan fasa maka berlaku hubungan:

$$V_L = V_P \quad 2.8$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I \quad 2.9$$



**Gambar: 2.35 Hubungan Delta**

*Sumber : Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

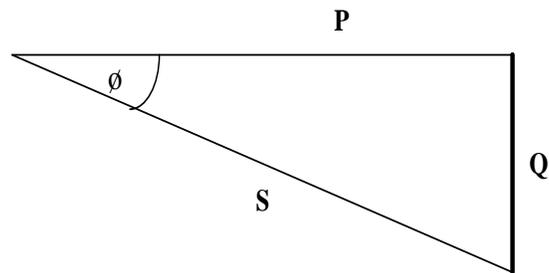
#### 2.7.4 Segitiga Daya

Segitiga daya yaitu yang menggambarkan hubungan matematika dengan tipe-tipe berbeda berdasarkan prinsip trigonometri. Dimana berlaku:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} < \varphi \quad 2.10$$

$$P = S / \cos \varphi \quad 2.11$$

$$Q = S / \sin \varphi \quad 2.12$$



**Gambar: 2.36 Segitiga Daya**

*Sumber : Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

## 2.8 Rugi-Rugi Generator Sinkron 3 Fasa

Generator sinkron yaitu mesin sinkron yang bekerja dengan mengkonversi daya mekanik menjadi daya listrik 3 fasa. Adapun sumber pada daya pada penggerak mula-mula yang putarannya konstan dengan waktu. Apabila hal ini tidak dipenuhi dapat mengakibatkan frekuensi yang diinginkan tidak sesuai dengan yang dikehendaki.

Secara teori, daya mekanis yang dihasilkan pada penggerak mula-mula pada generator sinkron diubah menjadi daya listrik. Yang membedakan antara daya output dan daya input generator sinkron dinyatakan sebagai rugi-rugi mesin. Dapat dilihat dari besaran daya output pada persamaan berikut.

$$\text{Untuk tegangan jala-jala} \quad P_{out} = \sqrt{3} VT. IL \cos \theta \quad 2.13$$

$$\text{Untuk tegangan fasa} \quad P_{out} = \sqrt{3} VO. IA \cos \theta \quad 2.14$$

$$\text{Output daya reaktif} \quad Q_{out} = \sqrt{3} VT. IL \sin \theta \quad 2.15$$

$$\text{Atau} \quad Q_{out} = \sqrt{3} VO. IA \sin \theta \quad 2.15a$$

Ada beberapa rugi-rugi pada generator arus searah yaitu

**a) Rugi-Rugi Tembaga**

Rugi-rugi tembaga yaitu rugi-rugi daya yang terjadi pada kumparan medan dan kumparan jangkar generator ketika dibebani. Kawat tembaga pada kedua kumparan tersebut memiliki nilai resistansi medan dan resistansi jangkar, apabila arus searah dialirkan sebesar arus jangkar dan arus medan akan menimbulkan rugi-rugi berupa panas.

**b) Rugi-Rugi Sikat**

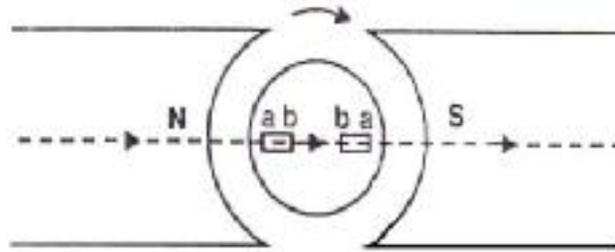
Apabila kumparan jangkar generator arus searah dibebani akan mengalirkan arus listrik pada kumparan jangkar maka sikat-sikatnya juga akan mengalirkan arus yang sama. Sebab sikat mempunyai nilai resistansi dan tahanan antara permukaan sikat dengan komulatur maka terdapat rugi jatuh tegangan pada sikat.

**c) Rugi-Rugi Pada Inti**

Kerugian pada inti terjadi didalam jangkar generator arus searah yang disebabkan oleh perputaran jangkat dalam medan pada kutub-kutub dari kumparan medan. Kerugian inti dibagi menjadi dua yaitu:

**1. Kerugian *Hysteresis***

*Hysteresis* yaitu terjadi pada jangkar generator arus searah karena setiap bagian jangkar dipengaruhi oleh pembalikan medan magnet sebagaimana bagian bawah kutub-kutub yang berurut.



**Gambar 2. 37 Perputaran Jangkar di dalam Medan Magnet Stator**

*Sumber: Generator SMK, Juhari S.Pd, 2013*

Dari gambar di atas dengan menganggap ab sebagai potongan kecil dari jangkar. Apabila potongan ab berada pada kutub N, garis-garis magnet lewat dari a ke b. Setengah putaran selanjutnya sama pada potongan besi yang berada pada kutub S dan garis magnetik lewat dari b ke a oleh karena itu sifat magnet dalam besi dibalik. Pada inti jangkar dapat membalik molekul-molekul secara terus menerus. Beberapa daya diserap sehingga mengakibatkan menimbulkan pemanasan pada inti jangkar. Daya yang diserap akan berubah menjadi panas dianggap sebagai rugi-rugi pada inti jangkar dan menyebabkan fluksi sisa pada kumparan jangkar disebut rugi *hysteresis*.

## 2. Rugi Arus Pusar

Yaitu disebabkan arus mengalir pada inti menyebabkan panas yang dapat menaikkan temperatur dan menyebabkan penurunan efisiensi. Apabila inti besi padat yang digunakan sebagai inti jangkar, resistansi terhadap arus pusar akan menjadi kecil disebabkan oleh lebarnya luas penampang inti. Maka nilai arus pusar dan arus pusarnya akan meningkat.

**d) Rugi Rugi Mekanis**

Rugi-rugi mekanis dapat disebabkan oleh gesekan antara bagian yang berputar dengan bagian yang diam dari motor. Misalnya gesekan pada *bearing* atau bantalan peluru dengan as rotor. Rugi-rugi angin yaitu dapat disebabkan antara gesekan bagian generator yang berputar dengan udara didalam rumah generator.

**e) Rugi-Rugi Beban *Stray* (*Stray Load*)**

Rugi beban *stray* yaitu rugi-rugi yang terjadi karena arus pusar pada tembaga dan rugi-rugi tambahan didalam besi, yang ditimbulkan karena torsi fluks maknetik arus beban dan rugi-rugi hubung singkat komutasi. Nilai besarnya rugi-rugi yaitu  $\pm 1\%$  dari beban puncaknya.

**2.9 Efisiensi Pada Generator Sinkron 3 Fasa**

Efisiensi merupakan perbandingan antara nilai output generator dan nilai input,dapat dilihat pada rumus di bawah ini:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \qquad 2.16$$

Dimana

$$P_{out} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \text{ (watt) (daya output generator)}$$

$$P_{in} = 9.8 \cdot \rho \cdot Q \cdot h \cdot \eta t \text{ (daya total yang di terima mesin)}$$

**Tabel 2.2 Klasifikasi PLTA**

| <b>Klasifikasi pembangkit</b> | <b>Daya</b>       |
|-------------------------------|-------------------|
| Large hydro                   | 100 MW            |
| Medium Hydro                  | 15-100 MW         |
| Small Hydro                   | 1-15 MW           |
| Mini Hydro                    | 100 KW < x < 1 MW |
| Pico Hydro                    | < 5 KW            |

Sumber: Syaikhurrohman, 2016

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat Penelitian

Dalam pengambilan data penulis melakukan penelitian di Desa Parsingkaman, Kecamatan Adiankoting, Kabupaten Tapanuli Utara. Adapun lokasinya dapat dilihat pada gambar di bawah.



**Gambar 3.1 Lokasi PLTMH AEK RAISAN I**  
*Sumber: google.com, 2020*

### 3.2 Peralatan Yang Di Amati

#### 1) Generator

Generator yang digunakan ialah generator yang berada pada ruangan PLTMH Aek Raisan I

Dengan spesifikasi generator sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Spesifikasi Generator Pada PLTMH AEK RAISAN I**

|   |           |                                   |
|---|-----------|-----------------------------------|
| 1 | Merek     | Reliance Electric Krefeld Germany |
| 2 | Type      | SDGB 8063 -16                     |
| 3 | No        | 174727 VL                         |
| 4 | Kw        | 940                               |
| 5 | Rpm       | 375                               |
| 6 | Frekuensi | 50                                |
| 7 | Cos       | 0,8                               |
| 8 | Arus      | 1358                              |
| 9 | Tegangan  | 400                               |

*Dokumentasi Penulis,2020*



**Gambar 3.2 Generator PLTMH AEK RAISAN I**

*Sumber: Dokumentasi Penulis,2020*

## 2) Control Panel

Control panel yang akan di gunakan dalam penelitian adalah yang terdapat pada kamar mesin PLTMH AEK RAISAN I. Control panel pada PLTMH AEK RAISAN terdiri dari berbagai alat ukur seperti Amper Meter, Volt Meter, Tekanan, Temperature, Putaran, Frekuensi, yang akan mengukur dan mengetahui parameter dari generator selama beroperasi.



**Gambar 3.3 Control Panel PLTMH AEK RAISAN**

*Sumber: Dokumentasi Penulis,2020*

### 3.3 Bendungan (*Intake*) Dan Pintu Air PLTMH AEK RAISAN

Bendungan (*intake*) yaitu dam pengalih yang berfungsi untuk mengalirkan air melalui sebuah pembuka pada bagian sisi sungai kedalam sebuah bak pengendap. Bak pengendap (*settling basin*) digunakan untuk memindahkan partikel partikel pasir yang terdapat pada air. Berfungsi untuk melindungi komponen komponen pembangkit dari pasir.



**Gambar 3.4 Pintu Air PLTMH AEK RAISAN I**  
*Sumber: Dokumentasi Penulis,2020*



**Gambar 3.5 Bendungan PLTMH AEK RAISAN**  
*Sumber: Dokumentasi Penulis,2020*

### **3.4 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini ialah:

- 1) Data operasional harian kamar mesin (Karyawan);
- 2) Data Realisasi dari peneliti.

### **3.5 Metode Penelitian**

#### **3.5.1 Pengumpulan Data**

##### **1) Observasi (Pengamatan)**

Data yang di kumpulkan dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan, meliputi kondisi ruangan kamar mesin PLTMH AEK RAISAN I. total jam kerja Generator Turbin, kecepatan putaran turbin, daya yang dihasilkan generator, arus yang dihasilkan, tegangan yang dihasilkan serta rugi rugi yang dihasilkan.

##### **2) Data Sekunder**

Data yang di kumpulkan berdasarkan literatur dan refrensi, meliputi peta lokasi PLTMH AEK RAISAN I serta spesifikasi generator dan wawancara secara langsung kepada staff yang bertugas mengenai keadaan dan kondisi generator tersebut.

#### **3.5.2 Pengolahan Data**

##### **1) Pengolahan Kualitatif**

Data yang di dapat berupa sajian kinerja generator melalui wawancara dengan pihak operator yang ada di PLTMH AEK RAISAN I.

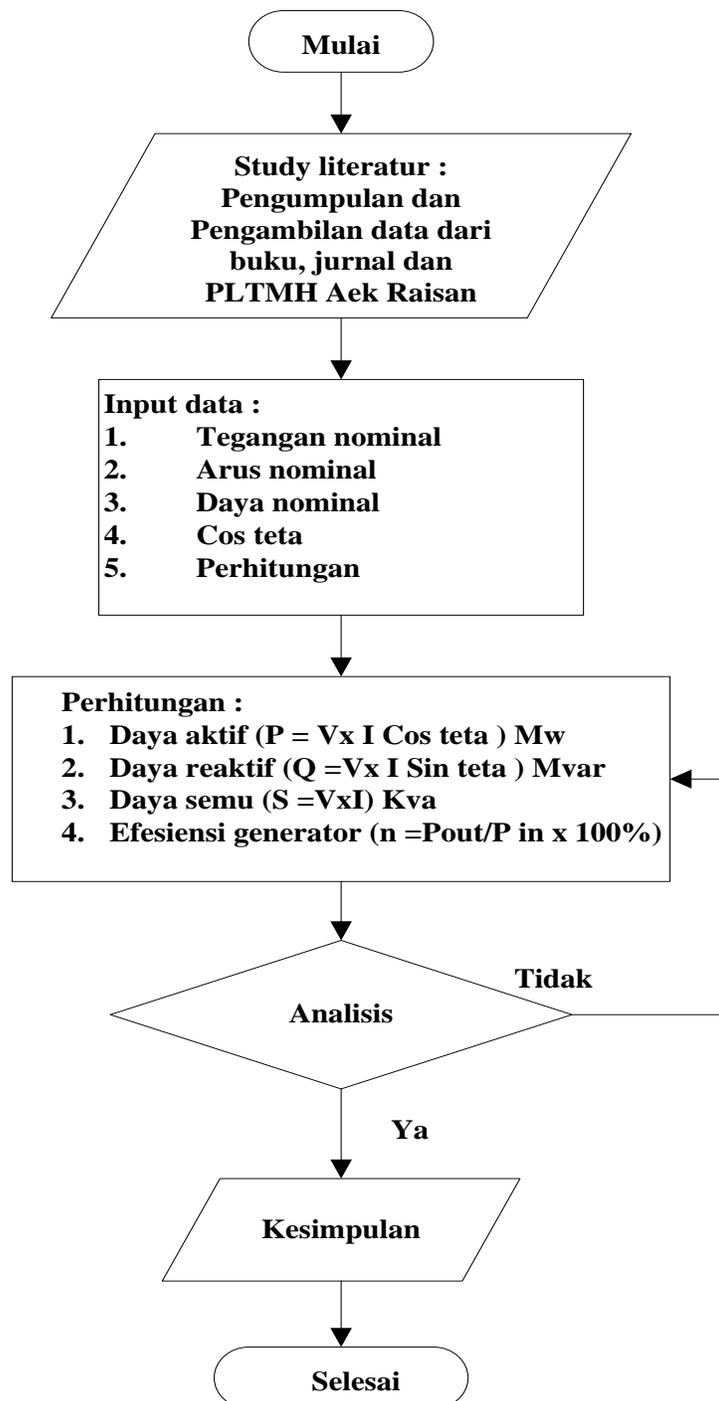
##### **2) Pengolahan Kuantitatif**

Data yang didapat dari data sekunder operasional harian operator mengenai kinerja generator sinkron yang akan dilanjutkan dengan melakukan analisa perhitungan. Tahapan pengolahan kuantitatif data ialah :

- a. Perhitungan daya semu generator;

- b. Perhitungan daya aktif generator;
- c. Perhitungan daya reaktif generator;
- d. Perhitungan efisiensi generator;

### 3.6 Flowchart



**Gambar 3.6** *Flowchart*

*Sumber: Penulis, 2020*

### **3.7 Deskripsi flowchart**

#### **1) Studi Literature**

Pada study literature penulis mencari berbagai sumber yang berkaitan dengan tugas ahir mulai dari buku mengenai generator, jurnal-jurnal, artikel laporan penelitian dan situs situs di internet.

#### **2) Input data**

Pada bagian ini penulis melakukan penelitian langsung ke lapangan dengan mengunjungi pembangkit listrik aek raisan. Penulis langsung berinteraksi dengan karyawan atau operator yang ada pada pembangkit dengan cara bertanya mengenai keadaan dari pembangkit dan meminta data operasional harian PLTMH AEK RAISAN I.

#### **3) Perhitungan**

Setelah mendapat data mengenai keadaan dari pembangkit serta data operasional harian pembangkit, penulis melakukan perhitungan dengan mencari besar dari daya aktif, daya semu, daya reaktif dan efisiensi dari generator.

#### **4) Analisis**

Dari data perhitungan di dapat hasil dari daya aktif, semu, reaktif dan juga efisiensi generator. Penulis membuat perbandingan kinerja dari spesifikasi yang terdapat pada generator pabrikan dengan kinerja yang terdapat di lapangan. Menghitung efisiensi dari generator pabrikan, serta menganalisis apakah generator pada PLTMH AEK RAISAN masih efisien digunakan di

lihat dari daya yang di salurkan dilapangan. Untuk mengetahui dari hasil efisiensi yang terdapat di lapangan maka penulis konsultasi kepada pembimbing skripsi dengan menyertakan rujukan yang menyatakan efisiensi generator yang masih efisien di gunakan. Dengan menyertakan berupa penelitian tentang jurnal yang membahas tentang besar dari efisiensi generator sinkron yang di anjurkan, sebagai bukti atau perbandingan bahwa generator pada PLTMH AEK RAISAN I masih efisien di gunakan.

#### **5) Kesimpulan**

Membuat kesimpulan dari hasil perhitungan dan analisis data yang telah di kumpulkan dari pembangkit.

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1 DATA PLTMH AEK RAISAN I

**Tabel 4.1 Data PLTMH AEK RAISAN I**

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Daya mampu pembangkit       | 650 KW                    |
| Pola operasi                | Isolated 20 kv            |
| Type PLTMH                  | Run of river              |
| Letak rumah pembangkit      | Semi bawah tanah          |
| Head                        | 14.5 meter                |
| Debit                       | 6.2 m <sup>3</sup> /detik |
| Panjang diameter/pipa pesat | 12 meter/ 1,95 meter      |
| Mulai operasi               | 1987                      |
| Type turbin                 | Francis                   |
| Output turbin               | 790 KW                    |
| Speed turbin                | 375 rpm                   |
| Head turbin                 | 15 meter                  |

*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020*

#### 4.2 Data Generator Berdasarkan Data Operasional Harian

Data operasional harian pada PLTMH AEK RAISAN I di ambil pada hari senin tanggal 9 Maret 2020. Adapun data operasional harian dapat di lihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.2 Data Operasional Harian dari Generator**

| PUKUL | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos   |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|-------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |       |
| 08.00 | 372,6   | 647,1 | 405,9    | 929,3  | 49,8      | 0,999 |
| 09.00 | 374,6   | 649,1 | 402,4    | 943,3  | 50,1      | 0,996 |
| 10.00 | 372,4   | 641,0 | 398,7    | 935,9  | 49,8      | 0,999 |
| 11.00 | 372,8   | 647,2 | 400,6    | 942,4  | 49,9      | 0,999 |
| 12.00 | 374,5   | 647,9 | 396,2    | 929,6  | 50,0      | 1,000 |
| 13.00 | 371,9   | 610,6 | 397,1    | 879,4  | 49,7      | 0,997 |
| 14.00 | 374,7   | 642,8 | 394,0    | 926,7  | 50,0      | 0,999 |
| 15.00 | 372,9   | 644,6 | 392,0    | 935,7  | 49,9      | 0,999 |
| 16.00 | 373,4   | 643,4 | 394,5    | 935,5  | 49,9      | 0,998 |
| 17.00 | 374,7   | 641,4 | 394,8    | 929,4  | 50,1      | 0,999 |
| 18.00 | 374,7   | 637,5 | 396,4    | 917,8  | 50,0      | 1,000 |

*Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020*

### 4.3 Data Operasional Harian Generator Dalam Kondisi Beban Kecil

Data operasional harian pada PLTMH AEK RAISAN I diambil pada hari senin tanggal 9 Maret 2020. Adapun data operasional harian dapat di lihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.3 Data Operasional Harian Dalam Kondisi Beban Kecil**

| PUKUL | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | frekuensi | Cos   |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|-------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |       |
| 13.00 | 371,9   | 610,6 | 397,1    | 879,4  | 49,7      | 0,997 |

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

#### 4.3.1 Analisis Data Generator Pukul 13.00 WIB dalam kondisi Beban Kecil

##### Diketahui :

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 397,1 Volt              |
| Arus (I)          | : 879,0 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 610,6 Kw = 610.600 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 49,7 Hz                 |
| Cos $\phi$        | : 0,997                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 4,439                   |
| Sin (4,439)       | : 0,077                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

##### Daya semu (S)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\
 &= \sqrt{3} \times 397,1 \times 879,0 \\
 &= 605.487,376 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

**Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 397,1 \times 879,0 \times \cos (0,997) \\
 &= 604.482,365 \text{ W}
 \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 397,1 \times 879,0 \times \sin 0,077 \\
 &= 812,488 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 13.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 605.487,376 VA, Daya Aktif sebesar 604.482,365 W, Daya Reaktif sebesar 812,488 VAR

**4.4 Data Harian Operasional Kondisi Beban Puncak**

Data operasional harian pada PLTMH AEK RAISAN I diambil padahari senin tanggal 9 Maret 2020. Adapun data operasional harian dapat di lihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.4 Data Harian Operasional Kondisi Beban Puncak**

| PUKUL | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | frekuensi | Cos   |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|-------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |       |
| 08.00 | 372,6   | 647,1 | 405,9    | 929,3  | 49,8      | 0,999 |
| 09.00 | 374,6   | 649,1 | 402,4    | 943,3  | 50,1      | 0,996 |
| 10.00 | 372,4   | 641,0 | 398,7    | 935,9  | 49,8      | 0,999 |
| 11.00 | 372,8   | 647,2 | 400,6    | 942,4  | 49,9      | 0,999 |
| 12.00 | 374,5   | 647,9 | 396,2    | 929,6  | 50,0      | 1,000 |
| 14.00 | 374,7   | 642,8 | 394,0    | 926,7  | 50,0      | 0,999 |
| 15.00 | 372,9   | 644,6 | 392,0    | 935,7  | 49,9      | 0,999 |

|       |       |       |       |       |      |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 16.00 | 373,4 | 643,4 | 394,5 | 935,5 | 49,9 | 0,998 |
| 17.00 | 374,7 | 641,4 | 394,8 | 929,4 | 50,1 | 0,999 |
| 18.00 | 374,7 | 637,5 | 396,4 | 917,8 | 50,0 | 1,000 |

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

#### 4.4.1 Analisis Data Generator Pada Pukul 08.00 WIB

##### Diketahui :

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| Tegangan(Volt)    | : 405,9 Volt   |
| Arus (I)          | : 929,3 Ampere |
| DayaAktif         | : 647,1 Kw     |
| Frekuensi (Hz)    | : 49,8Hz       |
| Cos $\phi$        | : 0,999        |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562        |
| Sin(2,562)        | : 0.044        |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

##### Daya semu (S)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\
 &= \sqrt{3} \times 405,9 \times 929,3 \\
 &= 653.334,535 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

##### Daya Aktif (P)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 405,9 \times 929,3 \times \text{Cos} (0,999) \\
 &= 653.235,228 \text{ W}
 \end{aligned}$$

##### Daya Reaktif (Q)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 405,9 \times 929,3 \times \sin 0,044 \\
 &= 501,724 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN 1 Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 08.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 653.334,535 VA, Daya Aktif sebesar 653.235,228 W, Daya Reaktif sebesar 501,724 VAR

#### 4.4.2 Analisis Data Generator Pada Pukul 09.00 WIB

##### Diketahui :

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 402,4 Volt              |
| Arus (I)          | : 943,3 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 649,1 KW = 649.100 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50,1 Hz                 |
| Cos $\varphi$     | : 0,996                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 5,126                   |
| Sin (5,126)       | : 0,089                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

##### Daya Semu(S)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\
 &= \sqrt{3} \times 402,4 \times 943,3 \\
 &= 657.458,635 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

**Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 402,4 \times 943,3 \times \cos 0,996 \\
 &= 657.359,3 \text{ W}
 \end{aligned}$$

**Daya Reaktif (Q)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 402,4 \times 943,3 \times \sin 0,089 \\
 &= 1.021,258 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 09.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I adalah Daya Semu sebesar 657.458,635 VA, Daya Aktif sebesar 657.359,3 KW, Data Reaktif sebesar 1.021,258VAR

**4.4.3 Analisis Data Generator Pada Pukul 10.00 WIB****Diketahui :**

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 398,7Volt               |
| Arus (I)          | :935,9Ampere              |
| DayaAktif         | : 641,0 Kw = 641 000 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 49,8Hz                  |
| Cos $\varphi$     | : 0,999                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562                   |
| Sin (2,562)       | : 0.044                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

**Daya semu (S)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 398,7 \times 935,9 \\ &= 646.303,206 \text{ V} \end{aligned}$$

**Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 398,7 \times 935,9 \times \cos (0,999) \\ &= 646.204,967 \text{ W} \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 398,7 \times 935,9 \times \sin 0,044 \\ &= 496,325 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 10.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 646.303,206 VA, Daya Aktif sebesar 646.204,967 W, Daya Reaktif sebesar 496,325 VAR

**4.4.4 Analisis Data Generator Pada Pukul 11.00 WIB**

**Diketahui :**

Tegangan (Volt) : 400,6 Volt

Arus (I) : 942,4 Ampere

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Daya Aktif        | : 647,2 Kw = 647.200 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 49,9 Hz                 |
| Cos $\phi$        | : 0,999                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562                   |
| Sin (2,562)       | : 0.044                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

#### **Daya semu (S)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\
 &= \sqrt{3} \times 400,6 \times 942,4 \\
 &= 653.893,243 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

#### **Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 400,6 \times 942,4 \times \text{Cos} (0,999) \\
 &= 653.793,851 \text{ W}
 \end{aligned}$$

#### **Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Sin } \phi \\
 &= \sqrt{3} \times 400,6 \times 942,4 \times \text{Sin} 0.044 \\
 &= 502,153 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I  
 Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 11.00 WIB Di PLTMH AEK

RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 653.893,243 VA, Daya Aktif sebesar 653.793,851 W, Data Reaktif sebesar 502,153 VAR

#### 4.4.5 Analisis Data Generator Pada Pukul 12.00 WIB

##### Diketahui :

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 396,2 Volt              |
| Arus (I)          | : 929,6 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 647,9 Kw = 647.900 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50 Hz                   |
| Cos $\phi$        | : 1,000                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 0                       |
| Sin (0)           | : 0                       |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

##### Daya semu (S)

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 396,2 \times 929,6 \\ &= 637.927,337 \text{ VA} \end{aligned}$$

##### Daya Aktif (P)

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 396,2 \times 929,6 \times \text{Cos} (1,000) \\ &= 637.830,178 \text{ W} \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 396,2 \times 929,6 \times \sin 0 \\ &= 0 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 12.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 637.927,337 VA, Daya Aktif sebesar 637.830,178 W, Daya Reaktif sebesar 0 VAR

**4.4.6 Analisis Data Generator Pada Pukul 14.00 WIB****Diketahui :**

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 394 Volt                |
| Arus (I)          | : 926,7 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 610,6 Kw = 610.600 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50 Hz                   |
| Cos $\varphi$     | : 0,999                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562                   |
| Sin (2,562)       | : 0,044                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

**Daya semu (S)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 394 \times 926,7 \end{aligned}$$

$$=632.406,044 \text{ VA}$$

### **Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 394 \times 926,7 \times \cos (0,999) \\ &= 632.309,918 \text{ W} \end{aligned}$$

### **Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{DayaReaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 394 \times 926,7 \times \sin 0,044 \\ &= 485,652 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 14.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 632.406,044 VA, Daya Aktif sebesar 632.309,918 W, Daya Reaktif sebesar 485,652 VAR

#### **4.4.7 Analisis Data Generator Pada Pukul 15.00 WIB**

##### **Diketahui :**

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 392 Volt                |
| Arus (I)          | : 935,7 Ampere            |
| DayaAktif         | : 644,6 Kw = 644.600 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 49,9Hz                  |
| Cos $\varphi$     | : 0,999                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562                   |
| Sin (2,562)       | : 0,044                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

**Daya semu (S)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 392 \times 935,7 \\ &= 635.306,536 \text{ VA} \end{aligned}$$

**Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 392 \times 935,7 \times \cos (0,999) \\ &= 635.209,969 \text{ W} \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 392 \times 935,7 \times \sin 0,044 \\ &= 487,880 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 15.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 635.306,536 VA, Daya Aktif sebesar 635.209,969 W, Daya Reaktif sebesar 487,880 VAR

**4.4.8 Analisis Data Generator Pada Pukul 16.00 WIB**

**Diketahui :**

Tegangan (Volt) : 394,5 Volt

Arus (I) : 935,5 Ampere

Daya Aktif : 643,4 Kw = 643.400 Watt

Frekuensi (Hz) : 49,9 Hz

Cos  $\phi$  : 0,998

Cos<sup>-1</sup> : 3,624

Sin (3,624) : 0,063

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

#### **Daya semu (S)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 394,5 \times 935,5 \\ &= 639.221,577 \text{ VA} \end{aligned}$$

#### **Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 394,5 \times 935,5 \times \text{Cos} (0,998) \\ &= 639.124,610 \text{ W} \end{aligned}$$

#### **Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Sin } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 394,5 \times 935,5 \times \text{Sin} 0,063 \\ &= 702,860 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I

Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 16.00 WIB Di PLTMH AEK

RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 639.221,577 VA, Daya Aktif sebesar 639.124,610 W, Daya Reaktif sebesar 702,860 VAR

#### 4.4.9 Analisis Data Generator Pada Pukul 17.00 WIB

##### Diketahui :

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 394,8 Volt              |
| Arus (I)          | : 929,4 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 641,4 Kw = 641.400 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50,1 Hz                 |
| Cos $\phi$        | : 0,999                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 2,562                   |
| Sin (2,562)       | : 0,044                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

##### Daya semu (S)

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 394,8 \times 929,4 \\ &= 635.536,414 \text{ V} \end{aligned}$$

##### Daya Aktif (P)

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \phi \\ &= \sqrt{3} \times 394,8 \times 929,4 \times \text{Cos} (0,999) \\ &= 635.439,812 \text{ W} \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\
 &= \sqrt{3} \times 394,8 \times 929,4 \times \sin 0,044 \\
 &= 488,056 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 17.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 635.536,414 VA, Daya Aktif sebesar 635.439,812 W, Daya Reaktif sebesar 488,056 VAR

**4.4.10 Analisis Data Generator Pada Pukul 18.00 WIB****Diketahui :**

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 396,4 Volt              |
| Arus (I)          | : 917,8 Ampere            |
| Daya Aktif        | : 637,5 Kw = 637.500 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50 Hz                   |
| Cos $\varphi$     | : 1,000                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 0                       |
| Sin (2,562)       | : 0                       |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada tabel data harian)

**Daya semu (S)**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\
 &= \sqrt{3} \times 396,4 \times 917,8
 \end{aligned}$$

$$= 630.147,658 \text{ VA}$$

### **Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 396,4 \times 917,8 \times \cos (1,000) \\ &= 630.051,683 \text{ W} \end{aligned}$$

### **Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 396,4 \times 917,8 \times \sin (0) \\ &= 0 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 18.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 635.536,414 VA, Daya Aktif sebesar 635.439,812 W, Daya Reaktif sebesar 488,056 VAR

#### **4.4.11 Analisis Data Generator Berdasarkan Spesifikasi Generator**

##### **Diketahui :**

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Tegangan (Volt)   | : 400 Volt              |
| Arus (I)          | : 1358 Ampere           |
| Daya Aktif        | : 940 Kw = 940.758 Watt |
| Frekuensi (Hz)    | : 50 Hz                 |
| Cos $\varphi$     | : 0,8                   |
| Cos <sup>-1</sup> | : 36,86°                |
| Sin (36,86)       | : 0,6                   |

**Analisa:** (Berdasarkan data tegangan dan arus yang tercatat pada spesifikasi generator)

**Daya semu (S)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Semu} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \\ &= \sqrt{3} \times 400 \times 1358 \\ &= 940.849,998 \text{ VA} \end{aligned}$$

**Daya Aktif (P)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Aktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 400 \times 1358 \times \cos (0,8) \\ &= 940.758,288 \text{ W} \end{aligned}$$

**Daya reaktif (Q)**

$$\begin{aligned} \text{Daya Reaktif} &= \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \\ &= \sqrt{3} \times 400 \times 1358 \times \sin (0,6) \\ &= 9.852,378 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Jadi Menurut Data Daya Keluaran Generator PLTMH AEK RAISAN I Pada Hari Senin 09 Maret 2020 Pukul 18.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 940.849,998 VA, Daya Aktif sebesar 940.758,288 W, Daya Reaktif sebesar 9.852,378 VAR

#### **4.5 Perbandingan Kinerja Generator Sinkron Antara Kinerja Dilapangan Dan Kinerja Generator Sesuai Spesifikasi Pabrik**

Adapun perbandingan generator sinkron antara kinerja di lapangan dan kinerja sesuai spesifikasi pada PLTMH AEK RAISAN I dapat di lihat pada tabel berikut

**Tabel 4.5 Perbandingan Kinerja Generator Kondisi Di Lapangan Dan Kinerja Sesuai Spesifikasi**

| Kinerja Generator | Kondisi Beban Kecil | Kondisi Beban Puncak | Sesuai Spesifikasi |
|-------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| Daya (KW)         | 610,6               | 649,1                | 940                |
| Tegangan (Volt)   | 397,1               | 402,4                | 400                |
| Arus (ampere)     | 879,4               | 943,3                | 1358               |
| Cos $\phi$        | 0,997               | 0,996                | 0,8                |
| Frekuensi (Hz)    | 49,7                | 50,1                 | 50                 |

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020

#### 4.6 Analisis Efisiensi Generator

##### 4.6.1 Analisis Data Menurut Kinerja Generator sesuai spesifikasi

Diketahui :

$$P_{in} : 990.272 \text{ W}$$

$$P_{out} : 940.758 \text{ W}$$

Sehingga efisiensi generator adalah

$$\begin{aligned} \eta \text{ Generator} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{940.758}{990.272} \times 100\% \\ &= 0,949 \times 100 \% \\ &= 94,9\% \end{aligned}$$

Jadi, besarnya efisiensi generator di PLTMH AEK RAISAN I menurut data spesifikasi adalah 95 %

##### 4.6.2 Analisis Data Menurut Kinerja Generator Pada Saat Beban Puncak

Diketahui :

$$P_{in} : 757.677$$

$$P_{out} : 649.100$$

Sehingga efisiensi generator adalah

$$\begin{aligned}\eta \text{ Generator} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{649.100}{757.677} \times 100\% \\ &= 0,856 \times 100\% \\ &= 85,6\%\end{aligned}$$

Jadi, besarnya efisiensi generator di PLTMH AEK RAISAN I menurut data operasional adalah 85,6%. Dari hasil tersebut generator masih dalam keadaan baik digunakan.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa generator sinkron di PLTMH AEK RAISAN I, di dapatkan hasil berupa kesimpulan sebagai berikut

1. Daya keluaran generator sinkron pada keadaan beban puncak berdasarkan data operasional harian pada tanggal 9 Maret 2020 pukul 09.00 adalah sebagai berikut Daya Semu sebesar 657.458,635 VA, Daya Aktif sebesar 657.359,3 W, Daya Reaktif sebesar 1.021,258 VAR
2. Daya keluaran generator sinkron pada keadaan beban kecil berdasarkan data operasional harian pada pada hari senin tanggal 09 Maret 2020 Pukul 13.00 WIB Di PLTMH AEK RAISAN I Adalah Daya Semu sebesar 605.487,376 VA, Daya Aktif sebesar 604.482,365 W, Daya Reaktif sebesar 812,488 VAR
3. Efisiensi generator sinkron PLTMH AEK RAISAN I menurut spesifikasi adalah sebesar adalah 95% sedangkan efisiensi dari data operasional harian data operasional beban puncak adalah 85,6%. Dari analisis data maka dapat di simpulkan bahwa generator yang terdapat pada PLTMH AEK RAISAN I masih efisien digunakan

## 5.2 Saran

Dari hasil analisis generator sinkron yang terdapat pada PLTMH AEK RAISAN I adapun saran yang akan diberikan untuk kebaikan di waktu yang akan datang adalah sebagai berikut

1. Perawatan sangat diperlukan dan juga pemeliharaan peralatan yang terdapat pada PLTMH AEK RAISAN I, sehingga dengan dilakukannya perawatan maka dapat dipertahankan efisiensi dari generator sinkron seperti saat ini.
2. Selalu memperhatikan pintu air yang akan menuju ke pipa penstok yang menyalurkan air ke turbin dimana pada aliran sungai terdapat banyak sampah terbawa oleh sungai aek raisan yang bisa sewaktu waktu dapat mengurangi debit air akan mempengaruhi kinerja dari turbin dan juga generator sinkron

## DAFTAR PUSTAKA

- Rompas, Parabelem, T. D. (2011) Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Penelitian Saintek*. (hal.160-171). Manado: Universitas Negeri Manado.
- Sepannur, Bandri. (2013). Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang). *Jurnal Teknik Elektro* (hal.42-48). Padang: Institut Teknologi Padang
- Supena, Deden, dkk. (2014). Analisis Sistem Kerja Generator Ac (Sinkron) Di PLTA Parakan Kondang Sumedang. Majalengka: universitas majalengka
- Sukamta, Tri, Kusmantoro, Adhi (2013) Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal teknik elektro* Vol.5 No.2. (hal.58-63). Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Priyahningsih, Nuraini, Yuniarti, Nurbening. (2017). Analisis Efisiensi Generator Pada Wind Turbine. *Jurnal Edukasi Elektro* (hal 157-168). Yogyakarta: universitas negeri yogyakarta
- Prasetyo moh, toni, dkk. (2018) Singkronisasi Generator 3 Fasa Dengan Kapasitas Daya 511 Kva Dan 820 Kva Yang Berbeban Di PT. Ungaran Sari Garments. *Jurnal Prosiding SNST ke 9*. (hal 37-41) Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.

- Sugiono, Agus (2016). Outlook Energy Indonesia 2015-2035: Prospek Energy Baru Terbarukan. *Jurnal Energy Dan Lingkungan*. (hal.87-96). Tangerang Selatan: Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi (BPPT).
- Syalkhuhrohman. (2016). Study Perencanaan Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Microhidro (PLTMH) Pada Sungai Kalimaja Dusun Kedondong Rame Desa Ruguk Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Teknik Mesin UBL, VOL.4 NO.1*. (hal 13-20). Lampung: Universitas Bandar Lampung
- Pranomo, Budi Wahyudi, dkk (2015). Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energy Angin Kecepatan Rendah. *Prosiding SNATIF ke -2 ISBN: 978-602-1180-21-1*. (hal.421-428). Yokyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Mantiri, hendra E, dkk (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Minihidro Sungai Moayat Desa Kobo Kecil Kota Kotamobagu. *Jurnal Teknik Elektro Dan Computer* (hal 227-238). Manado: Universitas Samratulangi Manado.
- Zuhri, sepudin. (2018, 30 januari) Inilah Kondisi Kelistrikan Di Indonesia diambil kembali dari arsip <http://google.com/m.bisnis.com>
- Kusmantoro, Adhi, Nuwolo, Agus (2015). Pengendali Start Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan PLC ZELIO SR3B261FU. *Media elektrika*, vol. 8, No.2. ISSN:1979-7451. Semarang: Universitas PGRI Semarang
- Badawi, A. (2018). Evaluasi Pengaruh Modifikasi Three Pass Protocol Terhadap Transmisi Kunci Enkripsi.
- Batubara, Supina. "Analisis perbandingan metode fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno untuk penentuan kualitas cor beton instan." *IT Journal Research and Development* 2.1 (2017): 1-11.

- Bahri, S. (2018). *Metodologi Penelitian Bisnis Lengkap Dengan Teknik Pengolahan Data SPSS*. Penerbit Andi (Anggota Ikapi). Percetakan Andi Offset. Yogyakarta.
- Erika, Winda, Heni Rachmawati, and Ibnu Surya. "Enkripsi Teks Surat Elektronik (E-Mail) Berbasis Algoritma Rivest Shamir Adleman (RSA)." *Jurnal Aksara Komputer Terapan* 1.2 (2012).
- Fitriani, W., Rahim, R., Oktaviana, B., & Siahaan, A. P. U. (2017). Vernam Encrypted Text in End of File Hiding Steganography Technique. *Int. J. Recent Trends Eng. Res*, 3(7), 214-219.
- Hardinata, R. S. (2019). Audit Tata Kelola Teknologi Informasi menggunakan Cobit 5 (Studi Kasus: Universitas Pembangunan Panca Budi Medan). *Jurnal Teknik dan Informatika*, 6(1), 42-45.
- Hariyanto, E., Lubis, S. A., & Sitorus, Z. (2017). Perancangan prototipe helm pengukur kualitas udara. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 1(1).
- Hariyanto, E., & Rahim, R. (2016). Arnold's cat map algorithm in digital image encryption. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(10), 1363-1365.
- Harumy, T. H. F., & Sulistianingsih, I. (2016). Sistem penunjang keputusan penentuan jabatan manager menggunakan metode mfep pada cv. Sapo durin. In *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia* (pp. 6-7).
- Iqbal, M., Siahaan, A. P. U., Purba, N. E., & Purwanto, D. (2017). Prim's Algorithm for Optimizing Fiber Optic Trajectory Planning. *Int. J. Sci. Res. Sci. Technol*, 3(6), 504-509.

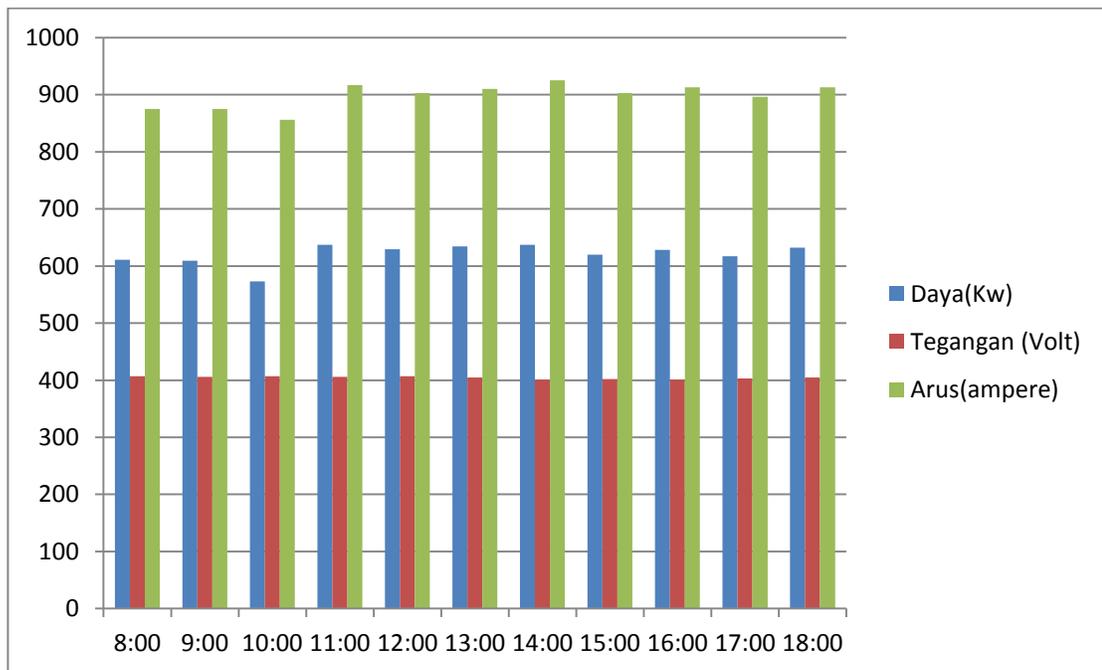
- Marlina, L., Muslim, M., Siahaan, A. U., & Utama, P. (2016). Data Mining Classification Comparison (Naïve Bayes and C4. 5 Algorithms). *Int. J. Eng. Trends Technol*, 38(7), 380-383.
- Muttaqin, Muhammad. "ANALISA PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI E-OFFICE PADA UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE UTAUT." *Jurnal Teknik dan Informatika* 5.1 (2018): 40-43.
- Ramadhan, Z., Zarlis, M., Efendi, S., & Siahaan, A. P. U. (2018). Perbandingan Algoritma Prim dengan Algoritma Floyd-Warshall dalam Menentukan Rute Terpendek (Shortest Path Problem). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 5(2), 135-139.
- Rahim, R., Aryza, S., Wibowo, P., Harahap, A. K. Z., Suleman, A. R., Sihombing, E. E., ... & Agustina, I. (2018). Prototype file transfer protocol application for LAN and Wi-Fi communication. *Int. J. Eng. Technol.*, 7(2.13), 345-347.
- Wahyuni, Sri. "Implementasi Rapidminer Dalam Menganalisa Data Mahasiswa Drop Out." *Jurnal Abdi Ilmu* 10.2 (2018): 1899-1902.

## LAMPIRAN

Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 Pada Tanggal 07  
Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 373,4   | 611,2 | 406,9    | 874,6  | 49,9      | 1,000   |
| 09:00 | 374,6   | 609,0 | 405,5    | 874,8  | 50,0      | 0,999   |
| 10:00 | 372,8   | 573,4 | 407,1    | 856,1  | 49,8      | 0,989   |
| 11:00 | 374,7   | 637,6 | 405,5    | 916,7  | 50,1      | 0,998   |
| 12:00 | 374,7   | 629,6 | 406,6    | 902,7  | 50,1      | 0,999   |
| 13:00 | 374,8   | 633,9 | 405,2    | 910,0  | 50,2      | 0,999   |
| 14:00 | 373,6   | 636,7 | 400,5    | 925,0  | 49,9      | 1,000   |
| 15:00 | 374,8   | 620,4 | 402,2    | 903,5  | 50,1      | 0,999   |
| 16:00 | 372,9   | 628,0 | 401,4    | 913,3  | 49,9      | 0,998   |
| 17:00 | 374,5   | 617,6 | 403,1    | 896,1  | 50,0      | 0,998   |
| 18:00 | 374,8   | 632,2 | 404,9    | 913,0  | 50,1      | 0,998   |

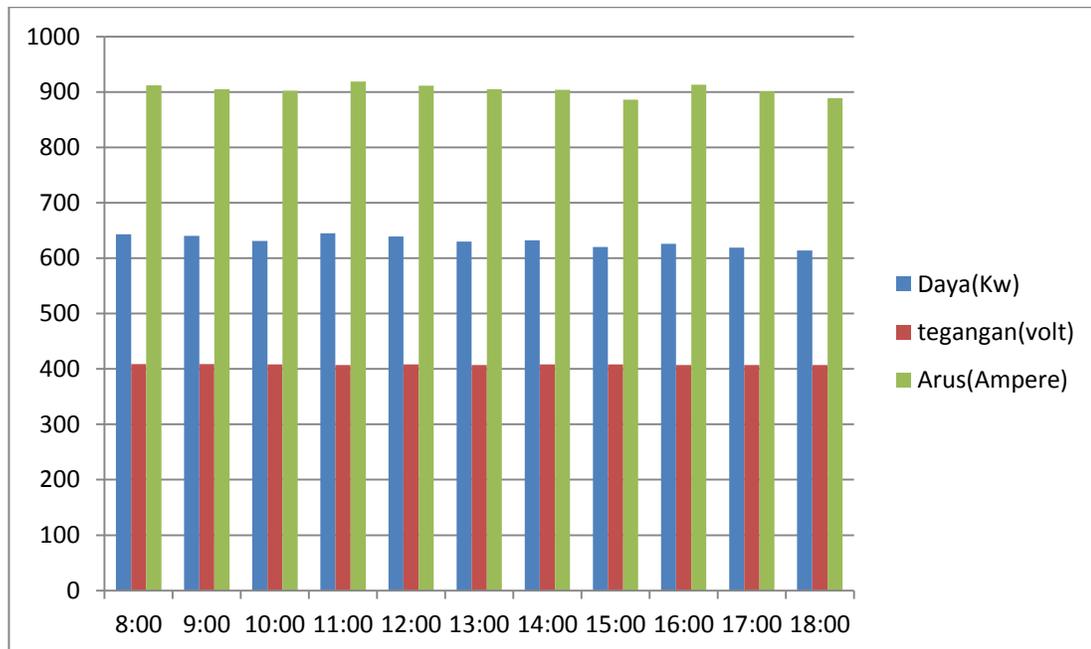
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 07  
Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 08 Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 373,8   | 643,2 | 409,2    | 912,0  | 50,0      | 1,000   |
| 09:00 | 371,9   | 639,7 | 409,3    | 905,0  | 49,8      | 1,000   |
| 10:00 | 372,4   | 630,5 | 407,8    | 901,7  | 49,8      | 0,999   |
| 11:00 | 372,8   | 644,6 | 407,4    | 919,0  | 49,8      | 1,000   |
| 12:00 | 372,8   | 639,3 | 407,8    | 911,2  | 49,9      | 1,000   |
| 13:00 | 372,7   | 630,4 | 407,0    | 905,1  | 49,8      | 0,999   |
| 14:00 | 373,8   | 632,0 | 408,1    | 903,5  | 50,1      | 0,999   |
| 15:00 | 372,9   | 620,4 | 408,2    | 886,4  | 49,8      | 0,998   |
| 16:00 | 372,7   | 626,7 | 407,0    | 913,3  | 49,8      | 0,998   |
| 17:00 | 372,8   | 619,3 | 406,5    | 900,7  | 49,8      | 0,999   |
| 18:00 | 373,8   | 613,8 | 407,4    | 889,4  | 50,0      | 0,999   |

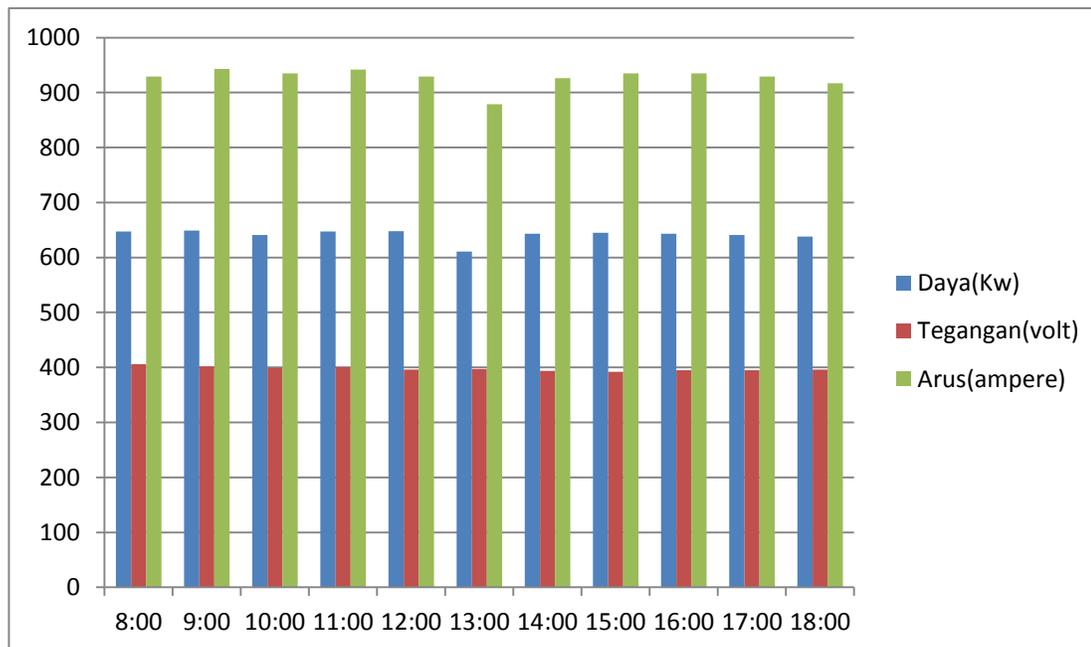
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 08 Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 09  
Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos<br>Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|------------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |            |
| 08:00 | 372,6   | 647,1 | 405,9    | 929,3  | 49,8      | 0,999      |
| 09:00 | 374,6   | 649,1 | 402,4    | 943,3  | 50,1      | 0,996      |
| 10:00 | 372,4   | 641,0 | 398,7    | 935,9  | 49,8      | 0,999      |
| 11:00 | 374,5   | 647,2 | 400,6    | 942,4  | 49,9      | 0,999      |
| 12:00 | 371,9   | 647,9 | 396,2    | 929,6  | 49,9      | 1,000      |
| 13:00 | 371,9   | 610,6 | 397,1    | 879,4  | 50,0      | 0,997      |
| 14:00 | 373,8   | 642,8 | 394,0    | 926,7  | 49,7      | 0,999      |
| 15:00 | 372,9   | 644,6 | 392,0    | 935,7  | 49,9      | 0,999      |
| 16:00 | 373,4   | 643,4 | 394,5    | 935,5  | 49,9      | 0,998      |
| 17:00 | 374,5   | 641,4 | 394,8    | 929,4  | 50,1      | 0,999      |
| 18:00 | 374,7   | 637,5 | 396,4    | 917,8  | 50,0      | 1,000      |

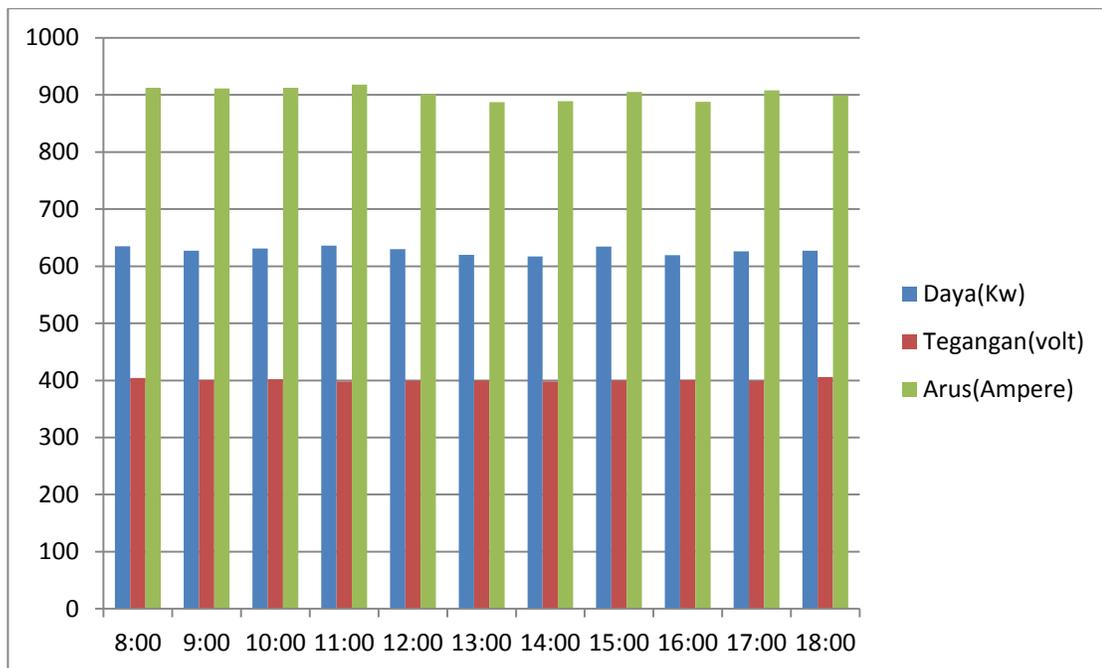
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 09  
Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 Pada Tanggal 10  
Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 372,9   | 634,7 | 403,9    | 912,0  | 49,8      | 0,999   |
| 09:00 | 374,6   | 627,2 | 400,9    | 910,5  | 49,9      | 0,996   |
| 10:00 | 374,7   | 630,9 | 401,9    | 911,5  | 50,0      | 1,000   |
| 11:00 | 371,9   | 636,4 | 398,3    | 918,1  | 49,7      | 0,997   |
| 12:00 | 371,9   | 629,9 | 398,7    | 901,2  | 50,0      | 1,000   |
| 13:00 | 371,8   | 619,7 | 400,3    | 887,2  | 49,8      | 0,998   |
| 14:00 | 373,8   | 617,0 | 398,1    | 889,1  | 50,0      | 0,998   |
| 15:00 | 373,2   | 633,8 | 400,1    | 905,3  | 50,2      | 0,999   |
| 16:00 | 373,4   | 618,8 | 400,7    | 888,4  | 50,0      | 0,999   |
| 17:00 | 374,5   | 626,4 | 398,5    | 907,6  | 50,2      | 1,000   |
| 18:00 | 375,7   | 627,3 | 405,5    | 899,3  | 50,1      | 1,000   |

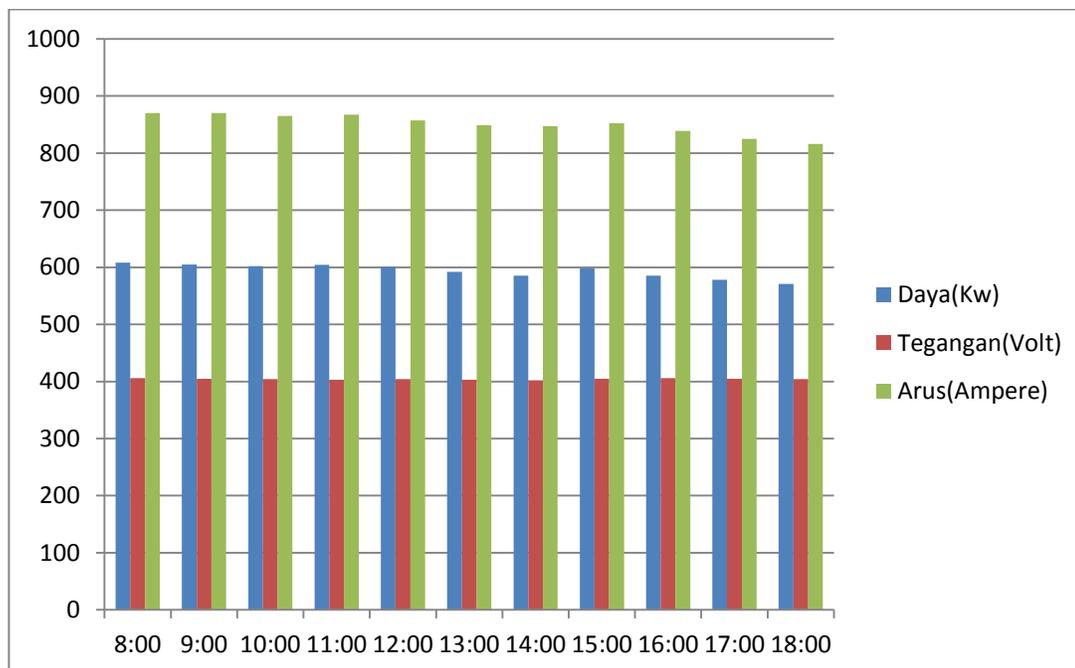
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 10  
Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 11  
Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos<br>Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|------------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |            |
| 08:00 | 372,9   | 608,4 | 405,9    | 869,8  | 50,0      | 0,998      |
| 09:00 | 374,6   | 604,9 | 404,8    | 869,7  | 49,9      | 0,997      |
| 10:00 | 374,7   | 601,9 | 404,2    | 864,9  | 49,8      | 0,998      |
| 11:00 | 371,9   | 603,6 | 402,8    | 867,4  | 49,8      | 0,999      |
| 12:00 | 371,9   | 600,7 | 404,7    | 856,9  | 50,2      | 1,000      |
| 13:00 | 371,8   | 592,3 | 403,2    | 848,9  | 49,7      | 1,000      |
| 14:00 | 373,8   | 585,1 | 401,6    | 847,1  | 50,2      | 0,997      |
| 15:00 | 373,2   | 597,5 | 404,8    | 852,3  | 50,3      | 0,999      |
| 16:00 | 373,4   | 585,1 | 405,5    | 838,5  | 49,9      | 0,997      |
| 17:00 | 374,5   | 578,2 | 404,5    | 825,3  | 50,1      | 0,999      |
| 18:00 | 375,7   | 570,8 | 403,5    | 815,6  | 50,2      | 0,997      |

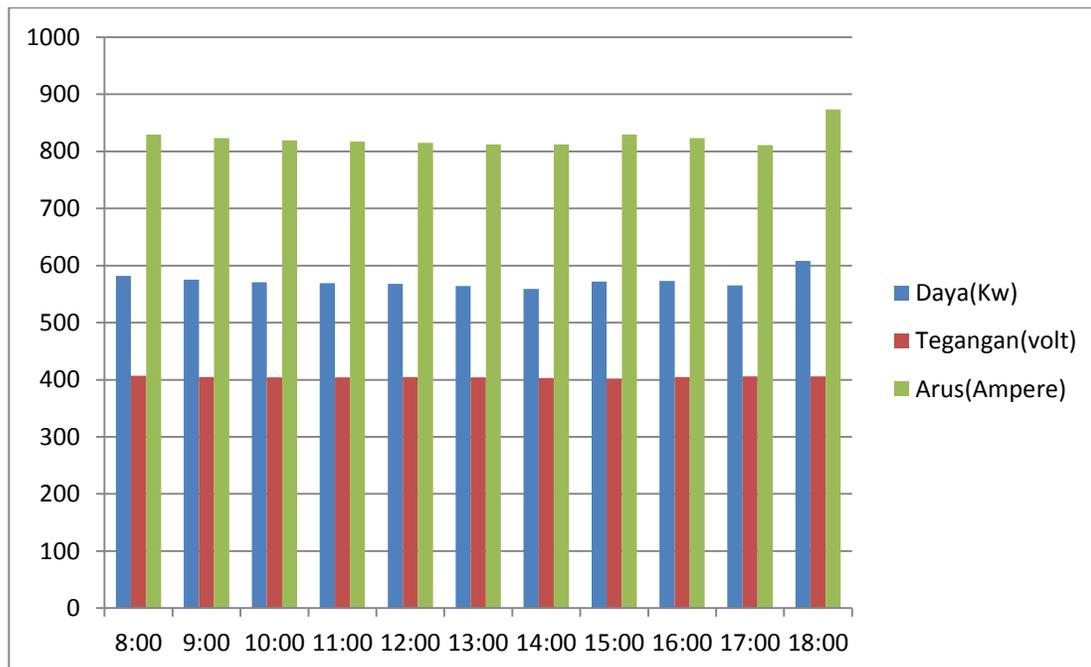
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 11  
Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 12 Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 374,7   | 582,3 | 406,6    | 829,4  | 50,1      | 0,998   |
| 09:00 | 372,8   | 575,0 | 405,0    | 823,0  | 49,9      | 0,997   |
| 10:00 | 372,8   | 571,3 | 404,3    | 819,2  | 49,8      | 0,998   |
| 11:00 | 372,8   | 568,9 | 404,0    | 816,9  | 49,8      | 0,999   |
| 12:00 | 373,8   | 568,4 | 405,0    | 815,3  | 50,2      | 1,000   |
| 13:00 | 373,8   | 564,3 | 403,9    | 812,0  | 49,7      | 1,000   |
| 14:00 | 374,8   | 559,4 | 402,9    | 812,4  | 50,2      | 0,997   |
| 15:00 | 373,8   | 572,4 | 402,4    | 829,4  | 50,3      | 0,999   |
| 16:00 | 374,7   | 573,4 | 405,1    | 823,3  | 49,9      | 0,997   |
| 17:00 | 376,6   | 564,8 | 406,3    | 811,4  | 50,1      | 0,999   |
| 18:00 | 375,4   | 608,1 | 405,5    | 872,8  | 50,2      | 0,997   |

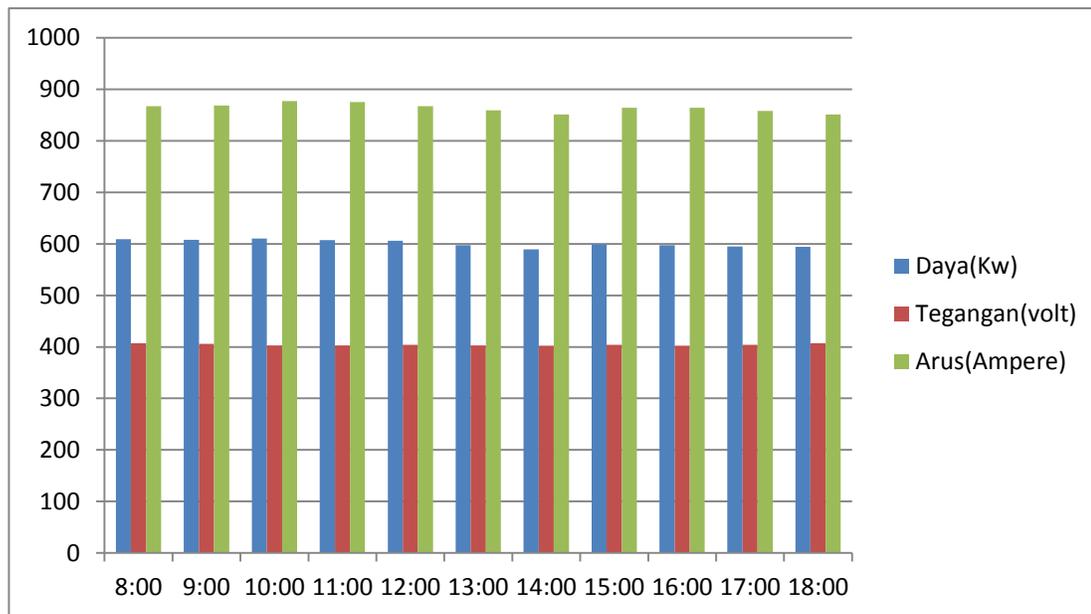
Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 12 Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 13 Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 374,6   | 609,0 | 407,3    | 866,6  | 50,0      | 1,000   |
| 09:00 | 374,7   | 607,8 | 405,5    | 867,7  | 50,0      | 0,998   |
| 10:00 | 373,3   | 609,8 | 403,2    | 877,0  | 49,9      | 1,000   |
| 11:00 | 372,8   | 606,8 | 402,8    | 875,1  | 49,9      | 1,000   |
| 12:00 | 375,6   | 605,5 | 403,5    | 867,1  | 50,2      | 1,000   |
| 13:00 | 374,6   | 596,5 | 403,2    | 859,1  | 50,0      | 1,000   |
| 14:00 | 373,0   | 589,4 | 402,3    | 850,7  | 49,9      | 0,999   |
| 15:00 | 373,7   | 598,9 | 404,7    | 863,6  | 49,9      | 0,998   |
| 16:00 | 372,9   | 598,6 | 402,9    | 864,3  | 49,9      | 1,000   |
| 17:00 | 373,4   | 594,8 | 403,9    | 857,6  | 49,9      | 0,999   |
| 18:00 | 374,4   | 594,4 | 406,6    | 851,3  | 50,0      | 1,000   |

Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 13 Maret 2020



Tabel Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 14 Maret 2020

| Pukul | Putaran | Daya  | Tegangan | Arus   | Frekuensi | Cos Phi |
|-------|---------|-------|----------|--------|-----------|---------|
|       | Rpm     | Kw    | Volt     | Ampere | Hz        |         |
| 08:00 | 373,8   | 581,0 | 407,6    | 832,1  | 50,0      | 1,000   |
| 09:00 | 373,5   | 601,8 | 403,9    | 864,4  | 49,9      | 0,999   |
| 10:00 | 373,8   | 604,3 | 402,5    | 871,2  | 49,9      | 0,999   |
| 11:00 | 372,5   | 605,3 | 403,7    | 871,9  | 49,8      | 1,000   |
| 12:00 | 374,7   | 604,1 | 404,7    | 866,7  | 50,1      | 0,999   |
| 13:00 | 375,6   | 603,7 | 404,5    | 871,9  | 50,2      | 1,000   |
| 14:00 | 372,8   | 604,6 | 403,6    | 860,4  | 49,9      | 1,000   |
| 15:00 | 373,8   | 595,9 | 403,5    | 868,2  | 50,0      | 1,000   |
| 16:00 | 373,7   | 601,9 | 404,0    | 855,6  | 49,9      | 0,999   |
| 17:00 | 373,7   | 592,5 | 403,2    | 836,2  | 49,9      | 0,999   |
| 18:00 | 376,5   | 584,5 | 406,6    | 863,7  | 50,3      | 0,999   |

Grafik Laporan Harian Pembangkitan PLTMH AEK RAISAN 1 pada Tanggal 14 Maret 2020

