

Tugas Akhir

EVALUASI KINERJA GENERATOR DI PLTU BTG PT SEMEN

TONASA



**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program
Diploma III Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Oleh:

Iqbal Lubis
342 07 047

Prawangsyah Iqbal
342 07 050

**JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

2010

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **Evaluasi Kinerja Generator di PLTU BTG PT. Semen Tonasa** oleh Iqbal Lubis stambuk: (342 07 047) / Prawangsyah Iqbal stambuk: (342 07 050) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma 3 pada Program Studi Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 5 November 2010

Mengesahkan,

Pembimbing I,



Ir. Tasrif, A.S.
Nip. 195707241989031001

Pembimbing II,



Ir. Lewi, M.T.
Nip. 196509131991031006

Mengetahui,
atas nama Direktur
Ketua Jurusan Teknik Mesin




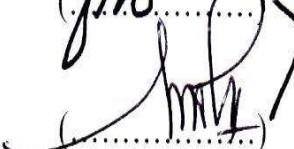

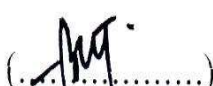

Muh. Tekad, S.T, M.T.
Nip. 196508241990031003

PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari rabu tanggal 5 November 2010, Panitia ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil tugas Akhir oleh mahasiswa Iqbal Lubis / Prawangsyah Iqbal dengan stambuk : 342 07 047 / 342 07 050 dengan judul *Evaluasi Kinerja Generator di PLTU BTG PT. Semen Tonasa*

Makassar, 05 November 2010

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- | | | |
|------------------------------|-------------------|---|
| 1. Dr. Jumadi Tangko, M.pd | (Ketua) |  |
| 2. Ir.Andareas Pangkung, M.T | (Sekretaris) |  |
| 3. Ir. Herman, M.T | (Anggota I) |  |
| 4. Ir. Tasrif. AS | (Pembimbing I) |  |
| 5. Ir. Lewi, M.T | (Pembimbing II) |  |

ABSTRAK

(Iqbal Lubis, Prawangsyah Iqbal), **Evaluasi Kinerja Generator di PLTU BTG PT. Semen Tonasa, Pangkep**, (Tasrif AS, Ir, Lewi, Ir. ,M.T)

Proyek akhir ini bertujuan untuk mengetahui kinerja generator yang digunakan di PLTU BTG PT Semen Tonasa 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah overhoul dilakukan. Untuk keperluan tersebut, diadakan penelitian terhadap hal-hal yang bersifat perawatan dan perbaikan selama dilakukan generator yaitu rugi-rugi daya mekanis dan tembaga pada generator serta tingkat efisiensi kerjanya .

Dari penelitian pada generator II PLTU BTG PT. Semen Tonasa, Pangkep, serta melakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diperoleh (data operasional generator unit II bulan September 2009 – Maret 2010 dan hasil laporan pekerjaan major overhoul generator dan turbin utama PLTU PT. Semen Tonasa, Pangkep) serta menganalisa hasil perhitungan dan grafik efisiensi (%), rugi-rugi mekanis (MW) dan rugi-rugi tembaga (MW). Kemudian membandingkan data tersebut sebelum dan setelah di lakukan perbaikan. Tujuan dilaksnakan pekerjaan mayor overhaul pada generator dan turbin utama adalah melaksanakan pemeliharaan berkala terhadap turbin dan generator dan valve dalam rangka mengetahui kondisi semua komponen turbin dan generator. Melakukan pemeriksaan, pengukuran dan perbaikan penggantian (jika diperlukan) sesuai dengan syarat-syarat batasan-batasan yang di tetapkan oleh pabrikan. Adapun beberapa komponen yang dilakukan perbaikan dan perawatan. Setelah dilakukan overhaul pada generator II oleh PJB service pada bulan 12 efisiensi mengalami peningkatan sebesar 3,3% untuk bulan januari, 4,3% pada bulan februari dan 4,4% untuk bulan maret.

Dari hasil analisa dan Grafik. kita dapat melihat serta menyimpulkan perbandingan rugi-rugi tembaga selama jam operasi generator sebelum dan setelah di lakukan perbaikan dan perawatan, dimana terlihat ada penurunan untuk rugi-rugi tembaga setelah dilakukan Overhoul atau perbaikan pada generator II, sebesar 0,42287 MW.

KATA PANGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah S.W.T atas berkat rahmat dan karunianya kami dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini sebagaimana yang telah direncanakan. Tugas akhir yang berjudul : **“Evaluasi Kinerja Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa”** merupakan salah satu syarat kelulusan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Rampungnya penulisan ini yang merupakan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan dan dukungan serta kebaikan hati dari berbagai pihak. Oleh karena itu kiranya pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan penghargaan serta ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada pembimbing I Bapak **Ir. Tasrif. AS** dan Pembimbing II Bapak **Ir. Lewi, M.T** yang rela meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk membimbing kami sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Melalui kesempatan ini pula penulis bermaksud menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

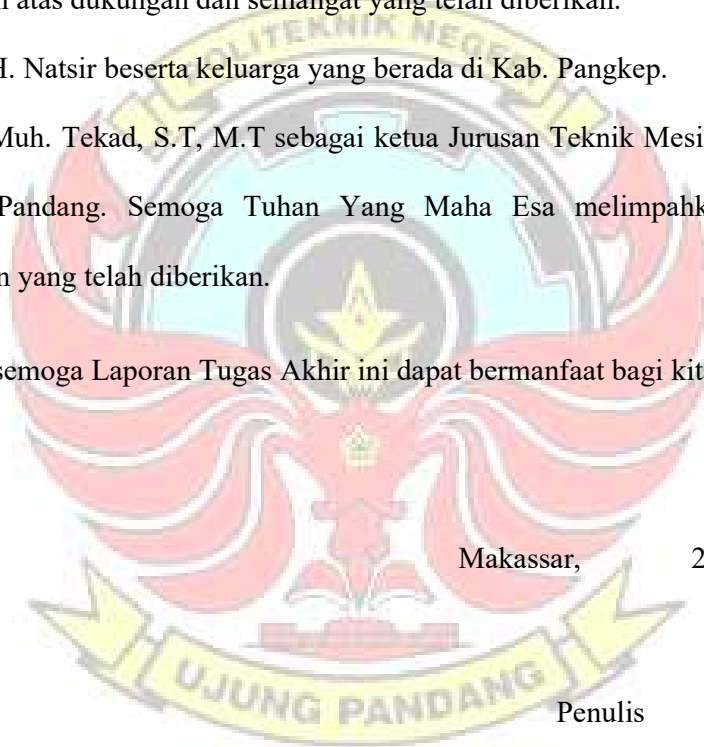
1. Kedua orang tua kami yang tanpa pamrih telah membesarkan mendidik dan membimbing kami dalam menjalani setiap langkah kehidupan kami. Tanpa kalian kami takkan menjadi apa-apa.
2. Bapak Jamal, S.T,M.T sebagai ketua Program Studi Teknik Konversi Energi.
3. Bapak Ir. Tasrif AS dan Ir. Lewi, M.T sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, dan nasehat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Pimpinan dan staf diklat PT. Semen Tonasa, Pangkep Sulawesi Selatan atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan penelitian.
5. Bapak Zainal Arifin dan Henry sebagai pembimbing lapangan atas sumbangan pemikirannya dalam tugas akhir ini.
6. Rekan-rekan angkatan 2007 Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi antara lain Yulinda Sapan, Ayu Astari, Leo Kurniawan, Rachmat Randa, Etrianto B.P, (IIIB energi dan IIIA energi) serta rekan-rekan yang lain yang tidak sempat kami sebutkan atas dukungan dan semangat yang telah diberikan.
7. Bapak H. Natsir beserta keluarga yang berada di Kab. Pangkep.
8. Bapak Muh. Tekad, S.T, M.T sebagai ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkatnya atas kebaikan yang telah diberikan.

Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 2010

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAM PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Stasiun Pembangkit Tenaga Listrik.....	5
2.2 Pengertian Generator sinkron.....	6
2.3 Konstruksi Generator Sinkron.....	6
2.3.1 Stator.....	7
2.3.2 Rotor.....	9
2.3.3 Rangka Generator.....	10
2.4 Prinsip Kerja Generator Sinkron.....	11
2.5 Pengertian Generator Sinkron Pada Pusat Pembangkit...	12.

2.6 Kerja Pararel pada Generator.....	13
2.7 Hubungan Kerja Turbin dan Generator Pada Pusat Pembangkit	14
2.8 Hubungan Kerja Generator dan Trafo Daya Pada Pusat Pembangkit.....	15
2.9 Sistem Proteksi.....	17
2.10 Gambaran Umum generator di PLTU PT Semen Tonasa	17
2.10.1 Sejarah Tentang Generator di PLTU BTG PT Semen Tonasa.....	17
2.10.2 Rangkaian Generator.....	18
2.10.3 Pembebanan Generator.....	25
2.10.4 Pengujian Generaor.....	26

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	28
3.2 Prosedur Penelitian.....	28
3.3 Metode Analisa Data	29

**BAB IV EVALUASI KINERJA GENERATOR PEMBANGKIT PLTU
BTG PT SEMEN TONASA**

4.1 Analisa.....	30
4.2 Pembahasan.....	34

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan..... 42

5.2 Saran-saran..... 44

DAFTAR PUSTAKA..... 46

LAMPIRAN-LAMPIRAN



DAFTAR NOTASI

E = Tegangan induksi yang terbangkit

E_o = Tegangan tanpa beban

E_r = Tegangan resultante

f = Frekuensi

I_a = Arus Jangkar

I_f = Arus medan

I_{hs} = Arus hubung singkat

I_{sy} = Arus sinkronisasi

$K_c=K_p$ = Faktor kisar

K_d = Faktor distribusi

m = banyak alur/fasa/kutub

$N=n$ = kecepatan putar poros

P = Jumlah kutub

P_{in} = Daya input

P_{out} = Daya output

P_{sy} = Daya sinkronisasi

R_a = Resistansi jangkar

R_f = Resistansi medan



T = jumlah lilitan perfasa

T_{sy} = Torsi sinkronisasi

V = Tegangan Terminal

V_a = Tegangan jangkar

V_f = Tegangan medan

X_a = Reaktans pemagnet

X_L = Reaktans fluks bocor

X_s = Reaktans sinkron

η_G = Efisiensi Generator

ϕ = Kepadatan fluks / besar sudut

$\cos \phi$ = Faktor daya atau faktor kerja



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Konstruksi generator sinkron.
- Gambar 2.2 Kerangka dan inti stator generator sinkron.
- Gambar 2.3 Bentuk alur (slot) jangkar pada stator generator sinkron.
- Gambar 2.4 Penampang rotor untuk jenis rotor mononfol
- Gambar 2.5 Penampang rotor untuk jenis rotor silinder.
- Gambar 2.6 Konstruksi untuk generator sinkron 3fasa.
- Gambar 2.7 Simulasi antara hubungan antara generator dengan turbin.
- Gambar 2.8 Simulasi antara hubungan kerja generator dengan trafo.
- Gambar 3.1 Rangkaian penyearah tiga fasa dari exciter kekumparan medan generator.
- Gambar 3.2 Susunan generator yang digunakan di PLTU BTG PT Semen Tonasa.
- Gambar 4.1 Grafik berdasarkan Efisiensi dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.
- Gambar 4.2 Grafik berdasarkan Efisiensi dengan waktu 4 bulan berturut-turut sesudah dilakukan perbaikan.
- Gambar 4.3 Grafik berdasarkan rugi-rugi mekanis dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.

Gambar 4.4 Grafik berdasarkan rugi-rugi mekanis dengan waktu 4 bulan berturut-turut sesudah dilakukan perbaikan.

Gambar 4.5 Grafik berdasarkan rugi-rugi tembaga dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.

Gambar 4.6 Grafik berdasarkan rugi-rugi tembaga dengan waktu 4 bulan berturut-turut sesudah dilakukan perbaikan.



DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A Data laporan harian pengoperasian generator.
- LAMPIRAN B Data pengujian beban nol dan hubung singkat pada generator.
- LAMPIRAN C Data pengukuran tahanan isolasi dan resistansi kumparan jangkar dan kumparan medan pada generator.
- LAMPIRAN D Data hasil analisa pada generator.
- LAMPIRAN E Grafik karakteristik generator.
- LAMPIRAN F Gambar-gambar.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, kebutuhan masyarakat akan energi listrik sangat besar. Ini disebabkan karena energi listrik merupakan bentuk energi sekunder yang paling praktis penggunaannya oleh manusia. Energi listrik juga merupakan kunci perkembangan dan kemajuan suatu negara, bahkan salah satu tolak ukur berkembang dan majunya suatu negara adalah jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh negara itu.

Energi listrik juga merupakan kunci keberhasilan dan perkembangan industri pada saat ini, dan secara tidak langsung telah memberikan hasil bagi kemajuan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat itu sendiri. Berawal dari masalah itu, maka diperlukan penyediaan tenaga listrik baik yang berskala kecil hingga yang berskala besar. Dalam hal ini ialah penyediaan sistem pembangkit listrik.

Kesinambungan kerja pembangkit listrik sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya ialah tenaga yang profesional. Oleh sebab itu diperlukan tenaga yang handal dan professional dibidangnya. Sebagai calon alumni Politeknik yang profesional khususnya dalam bidang konversi energi perlu pendalaman yang spesifik mengenai sistem kerja suatu pusat pembangkit tenaga listrik baik masalah turbin, generator, trafo daya bahkan sampai pada sistem pemeliharaan, perbaikan dan sistem proteksi.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian pada pusat pembangkit listrik PLTU BTG PT Semen Tonasa guna mengetahui bagaimana kerja generator setelah dan sebelum dilakukan overhou, yang digunakan dalam meyuplai tenaga listrik.

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui bagaimana menganalisa generator yang digunakan di pembangkit yang sebelumnya optimal bekerja dan untuk mengetahui tingkat efisiensi generator II setelah dan sebelum perbaikan dilakukan selain itu, perlu dianalisis masih layak atau tidak generator tersebut digunakan sebagai pembangkit listrik di perusahaan tersebut. Selain alasan tersebut di atas, tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3), Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk dapat menyelesaikan permasalahan yang diuraikan di atas, secara sistematis dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Sejauh mana perbaikan dan perawatan yang telah dilaksanakan pada saat overhaul pada generator Unit II ?
2. Berapa besar efisiensi generator unit II 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah dilakukan overhaul ?
3. Berapa besar perbandingan rugi-rugi mekanis dan rugi-rugi tembaga 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah di lakukan overhaul ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui perbaikan dan perawatan apa saja yang dilakukan pada saat overhaul pada generator Unit II.
2. Untuk menghitung besar efisiensi generator unit II 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah dilakukan overhaul.

3. Untuk menghitung besar perbandingan rugi-rugi mekanis dan rugi-rugi tembaga 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah di lakukan overhaul.

1.4. Manfaat Penelitian

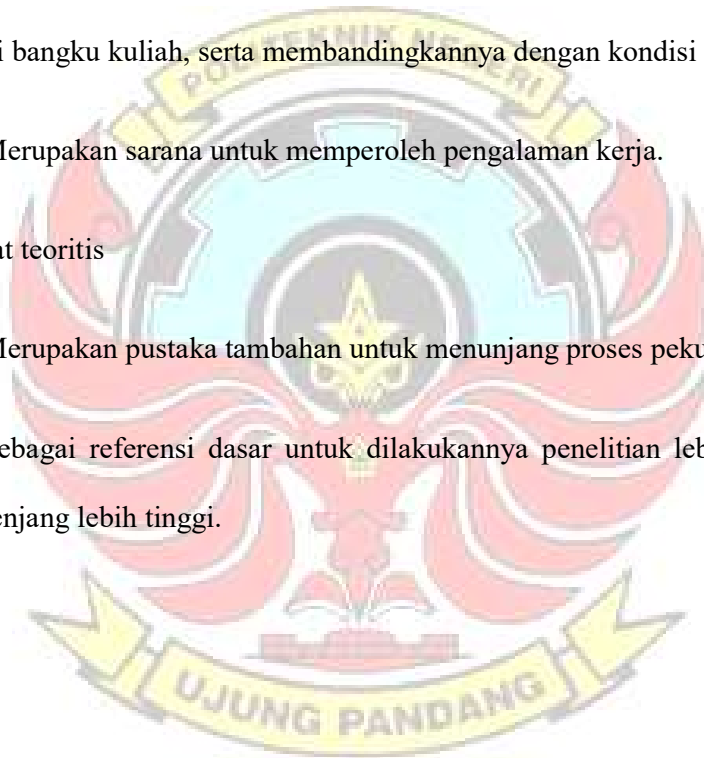
Adapun manfaat penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Manfaat praktis

- a. Merupakan wadah untuk menerapkan pengetahuan teori yang telah didapatkan di bangku kuliah, serta membandingkannya dengan kondisi di lapangan.
- b. Merupakan sarana untuk memperoleh pengalaman kerja.

2. Manfaat teoritis

- a. Merupakan pustaka tambahan untuk menunjang proses perkuliahan.
- b. Sebagai referensi dasar untuk dilakukannya penelitian lebih mendalam pada jenjang lebih tinggi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Stasiun Pembangkit Tenaga Listrik

Pusat pembangkit yang outputnya adalah daya listrik yang terdiri dari berbagai macam nama pembangkit yang dibedakan berdasarkan penggerak mula yang dipakai sebagai penggerak mula, misalnya Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) dalam pusat pembangkit yang menggunakan penggerak mula turbin air. Contoh lain misalnya Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) juga merupakan penggerak mula tenaga uap (Turbin Uap), begitu pula untuk jenis pembangkit yang lain.

Pusat pembangkit tenaga listrik terdiri dari 3 komponen utama yaitu : turbin sebagai penggerak mulanya, generator sebagai penghasil energi listrik dan trafo daya sebagai pembangkit tegangan (dari puluhan Kv menjadi ratusan Kv bahkan sampai ribuan Kv). Kinerja dari 3 komponen utama ini sangat ditentukan oleh kecocokan dan atau keserasian spesifikasi masing-masing dan juga tidak terlepas peranan sistem kontrolnya (Sistem proteksi) yang dapat menjamin kelangsungan beroprasinya suatu pembangkit tenaga listrik. Serta ditunjang peranan dari pada komponen-komponen tambahan, misalnya pemanfaatan motor-motor DC, power suplay DC (accu), dll

2.2. Pengertian Generator Sinkron

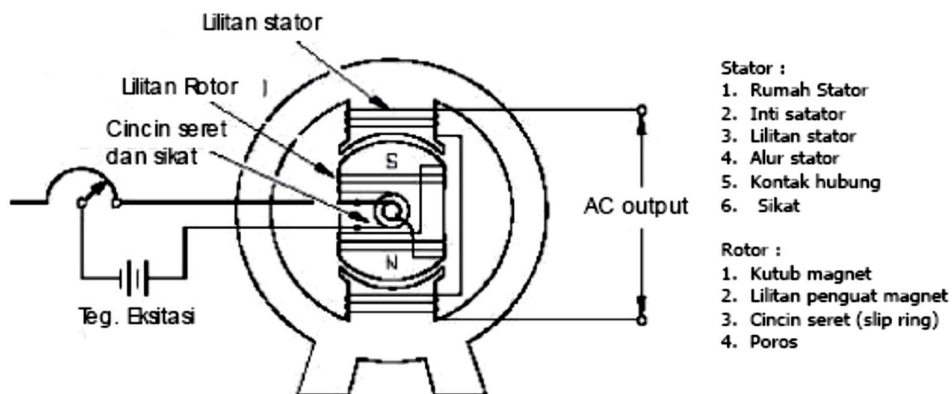
Generator adalah suatu alat pembangkit listrik, dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang diberikan ke beban dengan prinsip induksi. Generator berdasarkan jenis tegangan keluarannya terbagi atas generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC). Namun jenis generator yang biasa digunakan pada perusahaan-perusahaan besar adalah generator arus bolak-balik (AC) atau generator sinkron yang biasa disebut alternator

dan untuk selanjutnya kita akan membahas lebih lanjut tentang jenis generator tersebut.

Alasan utama dipilihnya generator sinkron pada perusahaan-perusahaan besar, karena generator jenis ini dapat menghasilkan daya yang lebih besar serta mudah dalam mengubah besaran tegangannya. Alasan lain dipilihnya generator sinkron adalah tegangan keluarannya tidak perlu mengalami jatuh tegangan pada sikat-sikatnya, karena kumparan jangkarnya berada pada bagian diamnya (stator) dan kumparan medannya berada pada bagian berputar (rotor). Hal tersebut juga menjadikan kumparan jangkar lebih mudah dalam pendinginan karena inti stator yang dibuat cukup besar.

2.3. Konstruksi Generator sinkron

Secara konstruksi, generator sinkron berbeda dengan generator searah. Jika pada generator searah, jangkar berada pada rotor dan medan berada pada stator, maka pada generator sinkron justru sebaliknya. Berikut ini adalah komponen-komponen daripada generator sinkron.

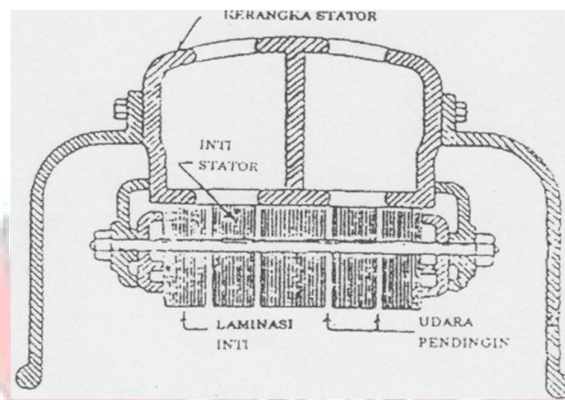


Gambar 2.1 Kontruksi generator sinkron

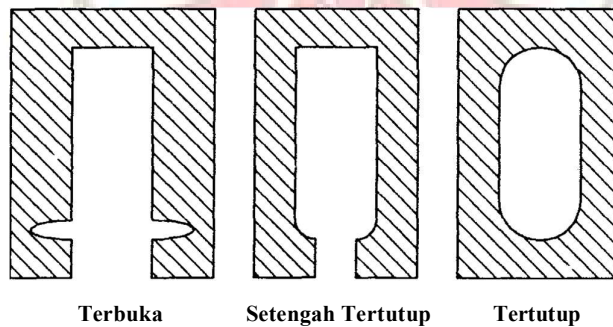
2.3.1 Stator

Stator merupakan bagian dari generator yang diam, dimana konstruksi stator terdiri atas :

- Kerangka atau gandar dari besi tuang untuk menyangga inti jangkar.
- Inti jangkar dari besi lunak atau baja silikon.
- Alur atau parit atau slot dan gigi tempat meletakkan belitan atau kumparan.
Bentuk alur ada yang terbuka, setengah tertutup dan tertutup.
- Belitan atau kumparan jangkar yang terbuat dari tembaga.



Gambar 2.2 Kerangka dan inti stator generator sinkron



Gambar 2.3 Bentuk alur (Slot) jangkar pada stator generator sinkron

Kumparan jangkar yang ada pada stator dirangkai untuk hubungan 3 pasa dengan dua metode, yaitu kumparan satu lapis (single layer winding) dan kumparan dua lapis (double

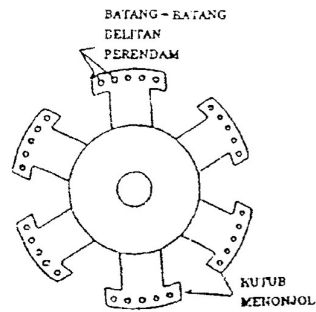
layer winding). Kumparan satu lapis bentuknya dua macam yaitu mata rantai (concentric winding) dan gelombang (wave).

2.3.2 Rotor

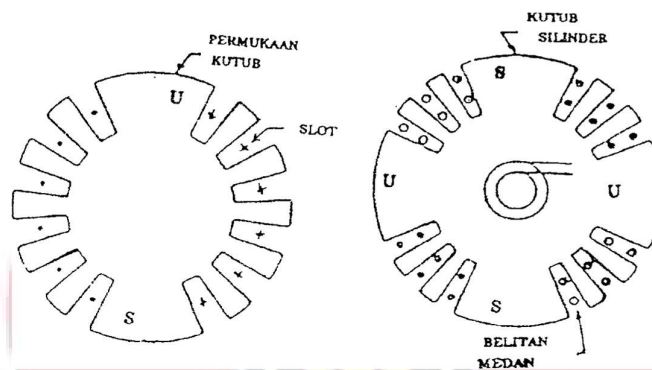
Rotor merupakan bagian generator yang berputar. Pada rotor ditempatkan kumparan medan yang nantinya disuplai tegangan dari sumber tegangan DC terpisah. Rotor terbagi atas dua jenis, yaitu :

- Rotor dengan kutub menonjol atau kutub sepatu yang beroperasi pada putaran rendah. Kutub menonjol terdiri dari inti kutub, badan kutub dan sepatu kutub. Kumparan medan dililitkan pada badan kutub dan pada sepatu kutub dipasang kumparan peredam (dumper winding). Kumparan kutub dari tembaga sedangkan badan kutub dan sepatu kutub dari besi lunak.
- Rotor dengan kutub silinder yang beroperasi pada putaran tinggi, Jenis rotor ini terdiri atas alur-alur dimana kumparan medan terpasang juga ada gigi-gigi. Alur dan gigi-gigi tersebut terbagi atas pasangan-pasangan kutub.

Kumparan kutub dari kedua macam kutub tersebut dihubungkan dengan cincin geser untuk memberikan tegangan arus searah sebagai penguat medan. Tegangan tersebut dari sumbernya melalui sikat lalu ke cincin geser.



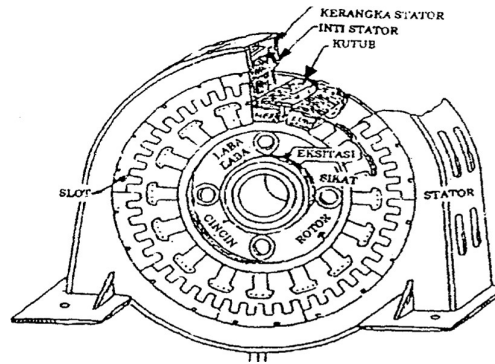
Gambar 2.4 Penampang rotor untuk jenis kutub menonjol.



Gambar 2.5 Penampang rotor untuk jenis kutub silinder

2.3.3 Rangka Generator

Rangka generator sangat mempengaruhi kinerja dari sebuah generator. Pada bagian inilah tempat bersandarnya stator yang merupakan salah satu komponen utama dari generator. Bila terjadi keretakan pada rangka akan mempengaruhi lewatnya fluks, yang secara langsung akan menyebabkan turunnya atau mengecilnya gaya gerak listrik yang bisa dibangkitkan pada jangkar di stator. Berikut adalah gambar konstruksi generator sinkron 3 pisa.



Gambar 2.6 Konstruksi generator sinkron 3 pasa.

2.4 Prinsip Kerja Generator Sinkron

Seperti halnya mesin-mesin listrik pada umumnya, generator sinkron juga sangat tergantung oleh pengaruh medan magnet. Berdasarkan Hukum imbas dari Faraday, yakni apabila lilitan penghantar atau konduktor diputar memotong garis-garis gaya medan magnet yang diam, atau lilitan penghantar yang diam dipotong oleh garis-garis medan magnet yang berputar, maka pada penghantar tersebut timbul EMF (Electro Motoris Force) atau GGL (Gaya Gerak Listrik) atau tegangan induksi.

Generator sinkron sekarang ini biasanya medannya dieksitasi dengan catu DC. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (prime mover), dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus DC, maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, dimana kecepatannya sama dengan putaran kutub. Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar yang berada pada stator, sehingga pada kumparan jangkar tersebut timbul EMF atau GGL atau tegangan induksi. Frekuensi dari tegangan induksi yang timbul akan mengikuti persamaan :

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} \dots \dots \dots (2 - 1)$$

Oleh karena frekuensi dari tegangan induksi di Indonesia ditentukan yaitu 50 Hz dan jumlah kutub selalu genap, maka putaran kutub atau putaran rotor sudah tertentu.

Besarnya EMF atau GGL atau tegangan induksi yang timbul pada kumparan jangkar pada stator akan mengikuti persamaan :

$$E = 4,44 \cdot k_c \cdot k_d \cdot f \cdot \Phi \cdot T \quad \text{Volt/fase} \dots\dots\dots(2-2)$$

2.5 Pengertian Generator Sinkron Pada Pusat Pembangkit

Generator AC adalah golongan mesin arus bolak-balik (AC) yang mengubah energi tenaga mekanis menjadi energi tenaga listrik. Generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (alternating current), atau generator sinkron. Maka generator AC mempunyai kumparan jangkar distator dan kumparan medan di rotor. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba untuk mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Generator arus bolak-balik 1 fasa
- b. Generator arus bolak-balik 3 fasa

2.6. Kerja Pararel Generator

Untuk melayani beban berkembang, ada kalanya kita harus memparalerkan dua atau lebih generator dengan maksud memperbesar kapasitas daya yang dibangkitkan.

Selain tujuan diatas, kerja paralel juga sering dibutuhkan untuk menjaga kontinuitas pelayanan apabila ada mesin (generator) yang harus dihentikan, misalnya untuk istirahat atau reparasi.

Untuk maksud mempararel ini, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Harga sesaat ggl kedua generator harus sama besar, dan bertentangan dan bertentangan arah dengan harga efektif tegangan jala-jala.
2. Frekuensi kedua generator atau frekuensi generator dengan jala-jala harus sama.
3. Fasa kedua alternator harus sama dan bertentangan setiap saat.
4. Urutan fasa kedua generator harus sama.

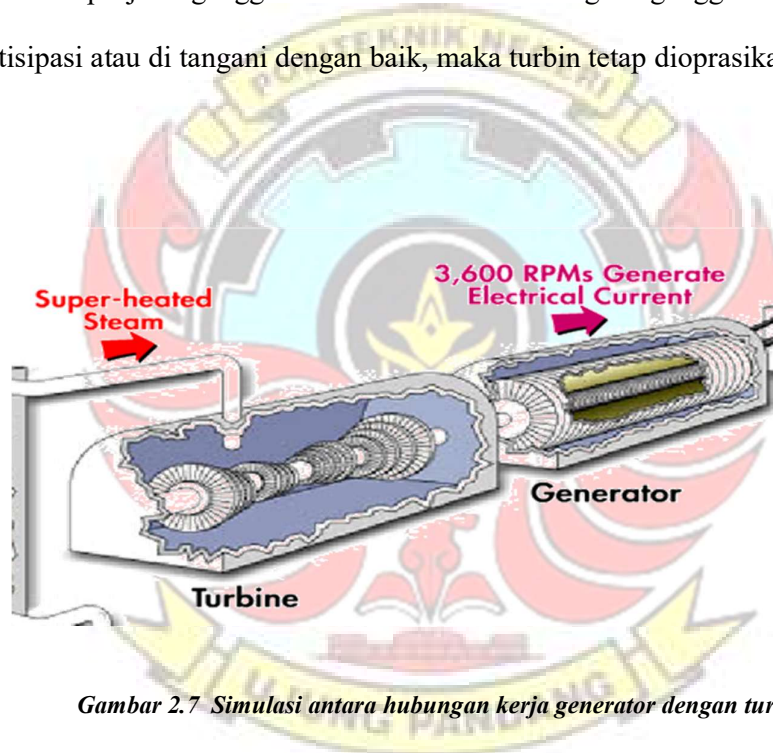
Misalkan suatu generator G akan dipararelkan dengan jala-jala. Mula-mula G diputar oleh penggerak mula mendekati putaran sinkronnya, lalu penguatan I_f diatur hingga tegangan terminal generator tersebut sama dengan tegangan jala-jala.

2.7. Hubungan Kerja Turbin Dan Generator Pada Pusat Pembangkit

- a. Untuk mengoperasikan generator sebaiknya harus diperhatikan kerja turbin, agar sesuai dengan kemampuan generator untuk beroperasi. Misalnya turbin air harus diatur laju aliran air agar putaran yang dihasilkan turbin sesuai dengan kemampuan generator menerima momen putar atau gerak mekanis dari turbin.
- b. Semua komponen dan parameter-parameter yang ada pada turbin harus dioperasikan secara baik sebelum generator dihubungkan ke trafo daya. Karena jika lalai memperhatikan dari salah satu parameter-parameter penting dari turbin (tidak diperiksa dengan baik, sekalipun putaran turbin mencapai putaran nominal yang diikuti putaran generator yang bekerja pada putaran nominalnya pula) untuk waktu-waktu tertentu turbin akan mengalami putaran yang tidak normal, akibat dari kelalaian

terhadap parameter – parameter yang ada maka akan mempengaruhi pengoprasian generator.

- c. Komponen-komponen (Governor, Sudu – sudu turbin, posisi pintu air dan pengaman turbin) dalam keadaan normal atau tidak, jika salah satunya atau sebagian tidak normal maka akan terjadi gangguan pada generator.
- d. Jika terjadi putaran lebih (over speed) maka pengoprasian turbin harus dihentikan, akan tetapi jika gangguan tersebut masuk kategori gangguan kecil dan bisa diantisipasi atau di tangani dengan baik, maka turbin tetap dioprasikan seperti biasanya.

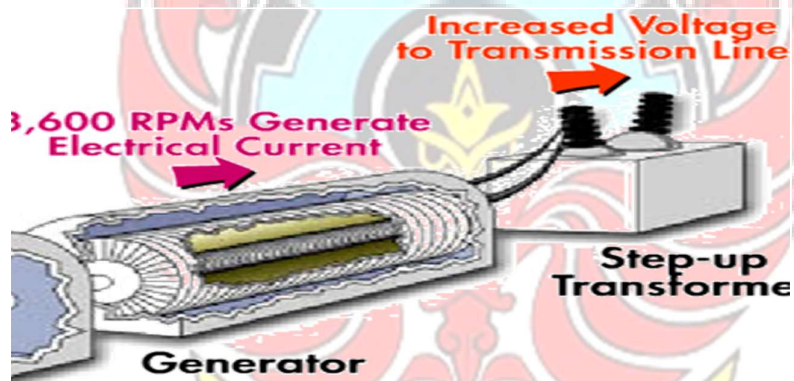


Gambar 2.7 Simulasi antara hubungan kerja generator dengan turbin.

2.8 Hubungan Kerja Generator Dan Trafo Daya Pada Pusat Pembangkit

- a. Jika kedua trafo tidak memenuhi syarat yang di tentukan (misalnya : phasanya, frekuensinya, tegangannya, dll), maka trafo tersebut tidak boleh dihubung paralel antara trafo yang satu dengan trafo yang lain, akan mengakibatkan timbulnya gangguan pada generator.

- b. Sebelum generator dihubungkan ke trafo sebaiknya komponen – komponen trafo harus diperhatikan dengan baik apakah dalam kondisi normal atau abnormal.
- c. Jika terjadi gangguan pada trafo daya dan gangguan itu dinilai tidak permanen (tidak tetap) atau sesaat, maka generator tidak perlu dihentikan (dioperasikan lebih lanjut) selama parameter-parameter yang ada pada generator dalam kondisi nominal atau normal.
- d. Dan jika terjadi gangguan pada generator dan gangguan itu dinilai tidak permanen atau sesaat, maka pengoperasian trafo tidak perlu dihentikan (tetap beroperasi) selama parameter-parameter yang ada pada trafo tetap dalam keadaan nominal atau normal.



Gambar 2.8 Simulasi antara hubungan kerja generator dengan trafo

2.9. Sistem Proteksi

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan. Dari hasil analisa gangguan, dapat ditentukan sistem proteksi yang akan digunakan, seperti: spesifikasi switchgear, rating circuit breaker (CB) serta penetapan besaran-besaran yang menentukan bekerjanya suatu relay (setting-

relay) untuk keperluan proteksi. Filosofi dasar dari sistem proteksi adalah bagaimana melindungi sistem tenaga listrik dari eksese gangguan yang terjadi pada sistem dengan cara memisahkan gangguan tersebut dari sistem lainnya dengan cepat dan tepat.

2.10. Gambaran Umum Generator di PLTU BTG PT Semen Tonasa

2.10.1 Sejarah Tentang Generator di PLTU BTG PT SEMEN TONASA

Generator yang digunakan di PLTU PT SEMEN TONASA merupakan generator produksi dari negara Republik Rakyat Cina (RRC) yang dioperasikan sejak tahun 1996, dimana jenis generator tersebut adalah generator sinkron. Generator tersebut terdiri dari dua unit yang masing-masing porosnya digerakkan oleh turbin uap yang juga berasal dari negara yang sama. Berdasarkan manual book dan name plate dari dua unit generator tersebut, bahwa pada kondisi kerja optimum dapat menghasilkan daya sebesar 25 MW untuk tiap unit generator.

2.10.2. Rangkaian Generator

Dalam pembangkitan tegangan di PLTU BTG PT SEMEN TONASA, menggunakan tiga buah generator yang terpasang pada poros yang sama. Susunan generator tersebut sebagai berikut :

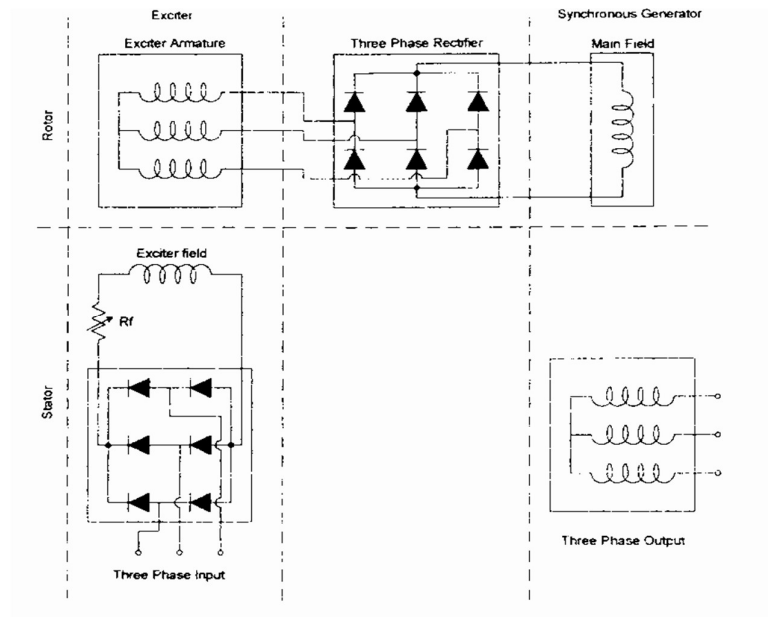
- PMG (Permanent Magnet Generator)

Generator ini menggunakan magnet permanent, sehingga pada putaran 3000 rpm pada porosnya, maka akan terbangkit tegangan sekitar 150 VAC yang nantinya akan menyuplai tegangan ke MAVR (Modular Automatic Voltage Regulator). Dengan suplai tegangan tersebut, akan menyebabkan MAVR bekerja. Selain dari PMG ini, MAVR juga mendapat suplai daya dari baterai untuk menfungsikan relay-relaynya.

Saat MAVR mendapat suplai daya dari PMG, maka akan bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu mengatur tegangan keluaran yang digunakan untuk mensuplai kumparan medan ke generator eksitasi (exciter).

- Generator Eksitasi (Exciter)

Generator ini akan mendapat suplai tegangan untuk eksitasinya dari MAVR, sehingga terbangkit tegangan pada kumparan jangkarnya. Besar kecilnya tegangan yang diberikan MAVR ke kumparan medan dari generator exciter adalah tergantung dari kebutuhan. Dalam artian tegangan keluaran MAVR secara otomatis bisa diatur oleh MAVR itu sendiri untuk mempertahankan keadaan sesuai setting yang telah ditentukan. Exciter memiliki konstruksi yang agak berbeda dengan generator utama, karena kumparan jangkarnya justru berada pada rotornya. Hal ini ini dimaksudkan untuk memudahkan penyuplaian tegangan ke kumparan medan generator utama yang berada pada rotornya. Tegangan yang terbangkit pada kumparan jangkar exciter akan disearahkan dengan enam buah dioda (penyearah tiga fasa) sehingga menjadi tegangan searah dan dihubungkan dengan kumparan medan generator utama. Keuntungan penggunaan dioda sebagai penyearah adalah kecilnya kemungkinan kerusakan akibat pengaruh mekanis serta mudah dalam perawatan dan perbaikan.



Gambar 3.1 Rangkaian penyearah tiga fasa dari exciter kekumparan medan generator

- Generator utama (main generator)

Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa generator sinkron dengan kapasitas besar kumparan jangkarnya diletakkan pada statornya dan kumparan medannya diletakkan pada rotornya.

Generator ini akan membangkitkan tegangan sekitar 6,3 kV setelah kumparan medannya mendapat suplai tegangan dari generator eksitasi untuk mempertahankan tegangan 6,3 kV inilah MAVR diadakan pengontrolan,

dilakukan dengan mengatur tegangan eksitasi daripada generator eksitasi

(exciter) sehingga tegangan yang dihasilkan untuk menyuplai kumparan

medan generator utama konstan. Pendeteksian terhadap kurang atau lebihnya

tegangan dari generator utama adalah dengan adanya umpan balik ke MAVR.

Berikut adalah data-data tentang generator yang digunakan di PLTU BTG PT. SEMEN

TONASA :

Spesifikasi Generator

No item	JO301
Type	QF – 25 – 2W
Kecepatan putar	3000 rpm/min
Kapasitas kerja	25 MW
Arus	2860 A
Arus Eksitasi	372 A
Tegangan	6300 V
Tegangan eksitasi	180 V
Frekuensi	50 Hz
Berat	70000 kg
Faktor power	0,8
Hubungan	Y
Phasa	3 Phase
Insulation Class	F
Standard	GB 7064 – 86
No Seri	9401001
Data	4 – 1995

B.Exciter

No item	U0302 a,b
No model	JWL 112-3000
Faktor DC power	112 KW
Mode rectifer	3 phase dan type bridge



Voltase DC	274 v
Phase	3 phase
Arus DC	405 A
Exciting voltage	36,37 v
Exciting current	7,16 A
Exciting Mode	Ekstitasi terpisah (separate Excitation)

PMG (Permanent Magnet Generator)

• Type	2YF – 1,35
• Capacity	1,35 kVA
• Current	1,5 A
• Speed	3000 rpm
• PF	0,95
• Excitation Method	PM
• Protection Class	FP 21
• Voltage	9 V
• Freq	200 Hz
• Instalation Class	
• Weight	70 Kg

Spesifikasi Turbin Uap

No.item	J0201 a,b
No.model	N25-3.43-2
Type	Middle pressure,single Cylander,impaction Condensing

Power kerja	25 MW
Power maksimum	26 MW
Kecepatan putar	3000 rpm
Arah putaran	searah jarum jam
Tekanan fresh steam	3,43 Mpa G normal
	3,63 Mpa G maks
	3,14 Mpa G min

Temperatur fresh steam	435 °C normal
	445 °C maks
	420 °C min

Tekanan uap discharger	10,170 Kpa
------------------------	------------

Temperatur air pendingin	32 °C
--------------------------	-------

Stages	Satu stage kontrol plus stage
--------	-------------------------------

Tekanan

Temperatur feed water	172 °C kebutuhan uap
	1160 kj/kg berdasarkan angka Perhitungan

Kecepatan putar krisis	1947 rpm pada priode awal
	6870 rpm pada priodee kedua

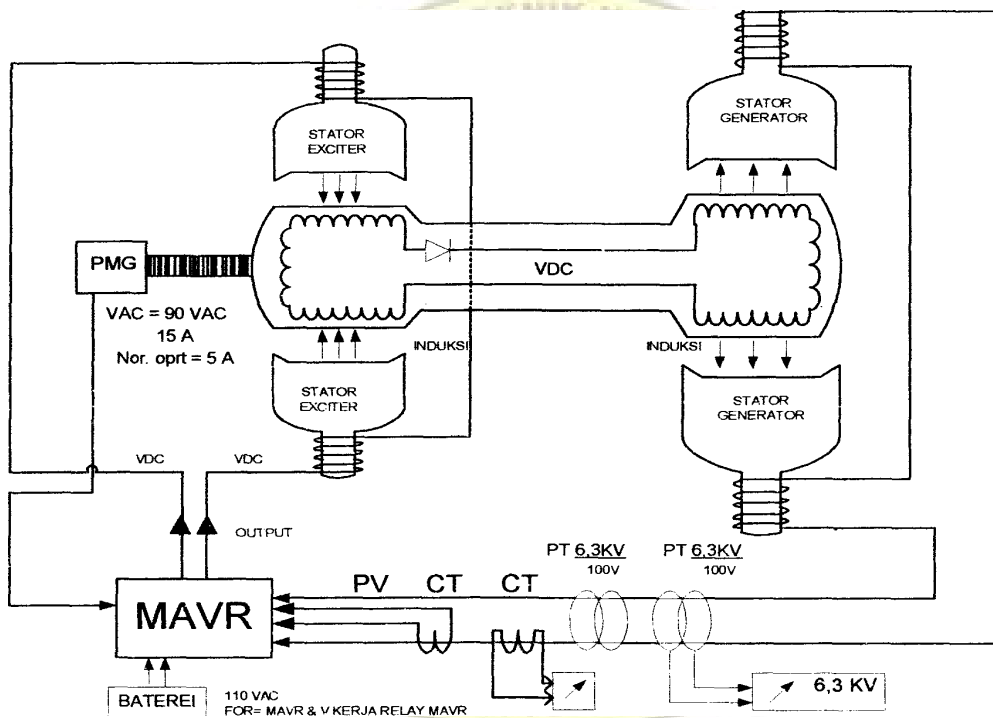
Batas gerak	0,03 mm secara umum
	0,15 mm secara melewati
	kecepatan putar krisis

Berat

- silinder atas dan plat 18,8 MT
- silinder bawah tanpa plat 20,0 MT
- rotor 10,53 MT
- berat total turbin uap 73,6 MT

dimensi L×W×H 6617×48900×3685 mm

sistem recovery panas 2 stage LPH + 2 stage HPH



Gambar 3.2 Susunan generator yang digunakan di PLTU BTG PT SEMEN TONASA

2.10.3. Pembebanan Generator

PT Semen Tonasa dalam memproduksi semen didukung oleh peralatan-peralatan mekanis yang umumnya terdiri dari motor-motor yang dioperasikan dengan tenaga listrik. Khusus untuk PLTU BTG (Boiler Turbin Generator) PT Semen Tonasa memberikan suplai

daya listrik ke PT Semen Tonasa Unit IV, ke pelabuhan Biringkassi dan untuk keperluan di dalam kompleks PLTU itu sendiri. Berdasarkan laporan harian pengoperasian generator di PLTU BTG PT Semen Tonasa bahwa,

secara keseluruhan daya yang dihasilkan sekitar 30 MW. Dengan pembebanan sebagai berikut :

- Sekitar 25 MW disuplai ke PT Semen Tonasa Unit IV.
- Sekitar 3 MW digunakan untuk kebutuhan di dalam kompleks PLTU itu sendiri.
- Selebihnya digunakan untuk keperluan di pelabuhan Biringkassi.

Karena generator yang digunakan di PLTU tersebut terdiri dari dua unit yang bekerja paralel, maka secara kasar dapat dihitung daya dari tiap generator adalah sekitar 15 MW.

Seperti yang telah dijelaskan bahwa beban yang dilayani oleh generator pada PLTU tersebut umumnya adalah motor-motor, maka bisa dipastikan bahwa bebannya adalah jenis induktif yang berarti power faktor yang dihasilkan adalah lagging.

2.10.4. Pengujian Generator

Untuk mengecek baik tidaknya fungsi generator dalam membangkitkan tegangan, maka perlu diadakan beberapa pengujian. Jenis pengujian yang dimaksud adalah pengujian beban nol dan pengujian hubung singkat. Maksud dan tujuan secara mendetail dari kedua jenis pengujian tersebut telah dijelaskan pada bab terdahulu.

Adapun langkah-langkah pengujian generator yang dilakukan di PLTU BTG PT Semen Tonasa secara ringkas adalah sebagai berikut :

a. Pengujian beban nol

- Menjalankan turbin dan mempertahankan putaran pada 3000 rpm.
- Dalam keadaan poros berputar dengan kecepatan 3000 rpm, maka generator magnet permanent akan membangkitkan tegangan sebesar ± 150 VAC. Tegangan tersebut akan menyuplai MAVR (Modular Automatic Voltage Regulator) sehingga MAVR akan bekerja.
- Dengan bekerjanya MAVR, maka komponen tersebut akan menyuplai tegangan ke medan generator exciter yang terletak di statornya dan menyebabkan terbangkitnya tegangan pada jangkarnya yang berada pada rotornya. Tegangan tersebut disearahkan dengan dioda dan menyuplai tegangan ke medan generator utama dan menyebabkan terbangkitnya tegangan pada jangkar generator utama. Sesuai dengan nama pengujian ini, maka terminal keluaran generator utama dibiarkan terbuka (tanpa beban).
- Variasi tegangan keluaran generator utama didapatkan dengan mengatur tegangan keluaran MAVR yang menuju ke medan generator exciter.
- Tegangan keluaran MAVR diatur mulai dari 1,75 V sampai batas tegangan yang dibutuhkan.
- Data-data yang diperlukan adalah tegangan keluaran generator utama dan arus eksitasi dari MAVR.

b. Pengujian hubung-singkat

- Langkah-langkah pengujian ini sama dengan pengujian beban nol, tetapi pada pengujian ini tegangan ujung terminal dari generator utama dihubung-singkat.
- Data-data yang diperlukan dalam pengujian ini adalah arus yang mengalir pada jangkar generator utama dan arus eksitasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Oktober-November di Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep yang berlokasi di PLTU BTG PT Semen Tonasa

3.2 Prosedur Penelitian

Untuk memahami serta mengetahui lebih jauh tentang objek penelitian itu sendiri, digunakan metode-metode atau cara-cara tertentu untuk mendapatkan data-data tentang generator. Metode atau cara tersebut adalah:

3.2.1. Observasi langsung, yaitu suatu cara yang dilakukan untuk mendapatkan data- data tentang generator. Data tersebut diperoleh dengan pengamatan langsung di lapangan melalui :

a. laporan pengoperasian generator pada BTG PT. SEMEN TONASA, dimana data yang diambil adalah :

- Daya turbin atau daya input generator (P_{in})
- Daya output generator (P_{out})
- Daya reaktif (Q)
- Kecepatan putar poros (N)
- Tegangan rata-rata antar fasa (V_a)
- Arus beban (I_a)
- Tegangan eksitasi (V_f)
- Arus eksitasi (I_i)
- Data-data dan gambar pendukung lainnya.

b. Wawancara dengan staf-staf BTG PT. SEMEN TONASA terutama pada bagian generator.

c. Dokumen

3.2.2. Studi literatur, yaitu suatu cara yang dilakukan untuk memperoleh referensi tentang generator dengan cara membaca referensi yang relevan dengan generator di perpustakaan.

3.3. Metode Analisis Data

Data yang diperoleh akan diolah sehingga dapat ditentukan nilai dari rugi-rugi dan efisiensi dan generator yang sedang diteliti di PLTU BTG PT Semen Tonasa.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sehubungan dengan hasil wawancara kami dengan pihak PT. SEMEN TONASA dengan berbagai data-data tentang kinerja Generator unit I terlihat bahwa generator tersebut masih dalam kondisi normal. Sekalipun demikian, kami selaku penulis tetap menganalisa sejauhmana tingkat kemampuan / kinerja Generator I. Setelah kami menganalisisnya, ternyata dari hasil yang kami dapat generator unit I efisiensi rata-rata dari bulan September hingga Maret adalah sebesar 89,1 % (dapat dilihat pada lampiran tabel pengoprasian Generator Unit I). Dengan demikian analisa kami lebih lanjut, kami hanya fokuskan pada pengoprasian generator unit II, 3 bulan sebelum dan 3 bulan setelah overhaul, bahkan kami menghitung sampai tingkat rugi daya akibat mekanis dan tembaga.

4.1 Analisa

Sebagai contoh perhitungan analisa data pada generator unit II, digunakan data no. 1 pada tabel laporan pengoperasian harian generator PLTU BTG PT. Semen Tonasa bulan September 2009 sebagai berikut :

Diketahui :

N	=	3000 Rpm
I_a	=	1,4 kA (arus jangkar rata-rata)
V_L	=	6,25 kV (tegangan rata-rata antar fasa)
f	=	50 Hz
P_G	=	13,3 MW (daya keluaran generator)
Q	=	9 MVar (daya reaktif)
P_{in}	=	15,5 MW (daya dari turbin)
I_f	=	3,2 A (arus medan)

$$V_f = 22 \text{ V (tegangan medan)}$$

$$\text{Resistansi jangkar pada fasa U} = 0,002846 \Omega$$

$$\text{Resistansi jangkar pada fasa V} = 0,002863 \Omega$$

$$\text{Resistansi jangkar pada fasa W} = 0,002869 \Omega$$

$$\text{Resistansi kumparan medan RF} = 0,3987 \Omega$$

Berdasarkan data-data tersebut didapat :

a. $\cos \theta$

$$\begin{aligned} \text{Dari persamaan } \cos \theta &= \frac{P_{out}}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_a} \\ &= \frac{13300000}{\sqrt{3} \cdot 6250 \cdot 1400} \\ &= 0,878 \end{aligned}$$

b. Rugi-rugi tembaga

Rugi-rugi tembaga pada jangkar (P_{cu} jangkar)

$$\begin{aligned} R_a \text{ rata-rata} &= \frac{R_{afasaU} + R_{afasaV} + R_{afasaW}}{3} \\ &= \frac{0,002846 + 0,002863 + 0,002869}{3} \\ &= 0,002859 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cu} \text{ jangkar} &= 3 \cdot I_a^2 \cdot R_a \\ &= 3 \cdot 1400^2 \cdot 0,002859 \\ &= 16811 \text{ W} \\ &= 0,0168 \text{ MW} \end{aligned}$$

Rugi-rugi tembaga pada medan (P_{cu} medan)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{cu medan}} &= I_f^2 \cdot R_f \\
 &= 3,2^2 \cdot 0,3987 = 4,083 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Rugi-rugi tembaga total ($P_{\text{cu tot}}$)

$$\begin{aligned}
 (P_{\text{cu tot}}) &= P_{\text{cu jangkar}} + P_{\text{cu medan}} \\
 &= 16811 + 4,083 \\
 &= 193000 \text{ W} \\
 &= 0,193 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

c. Rugi-rugi mekanis (P_{mek})

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mek}} &= P_{\text{in}} - P_{\text{out}} - P_{\text{cu tot}} \\
 &= 15,5 - 13,3 - 0,0193 \\
 &= 2,007 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

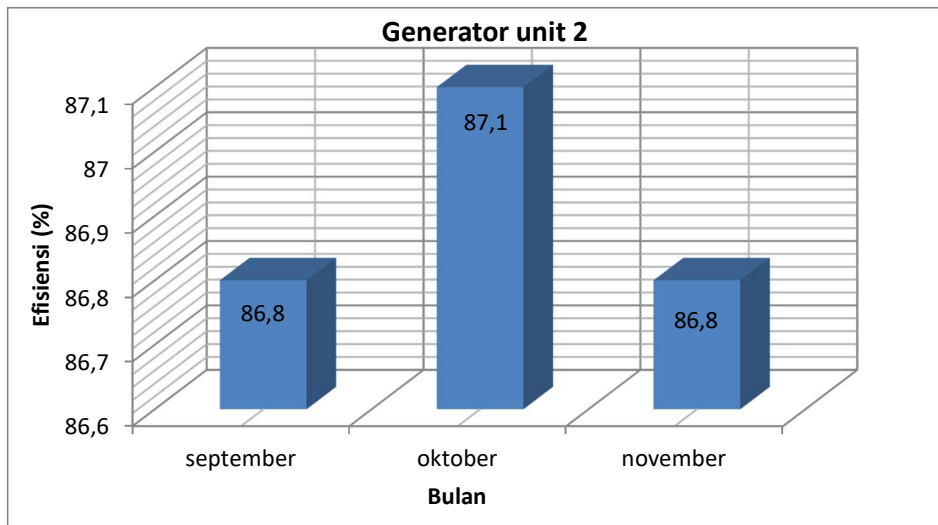
(catatan: nilai tersebut adalah akumulatif dari rugi-rugi pada inti besi dan rugi-rugi gesekan).

d. Efisiensi generator (ηG)

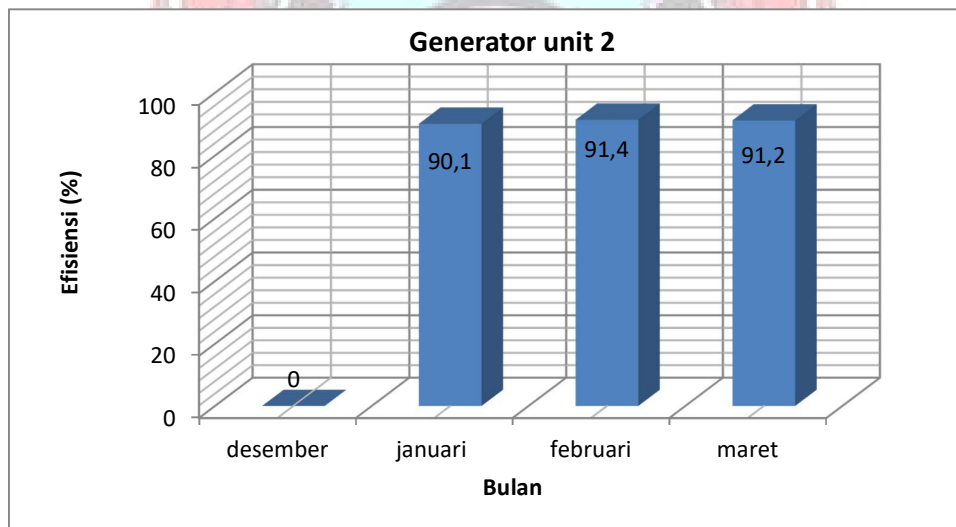
$$\begin{aligned}
 \eta G &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\
 &= \frac{15,5}{13,3} \times 100\% \\
 &= 85,8 \%
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel laporan harian pengoperasian generator II PLTU BTG PT. Semen Tonasa

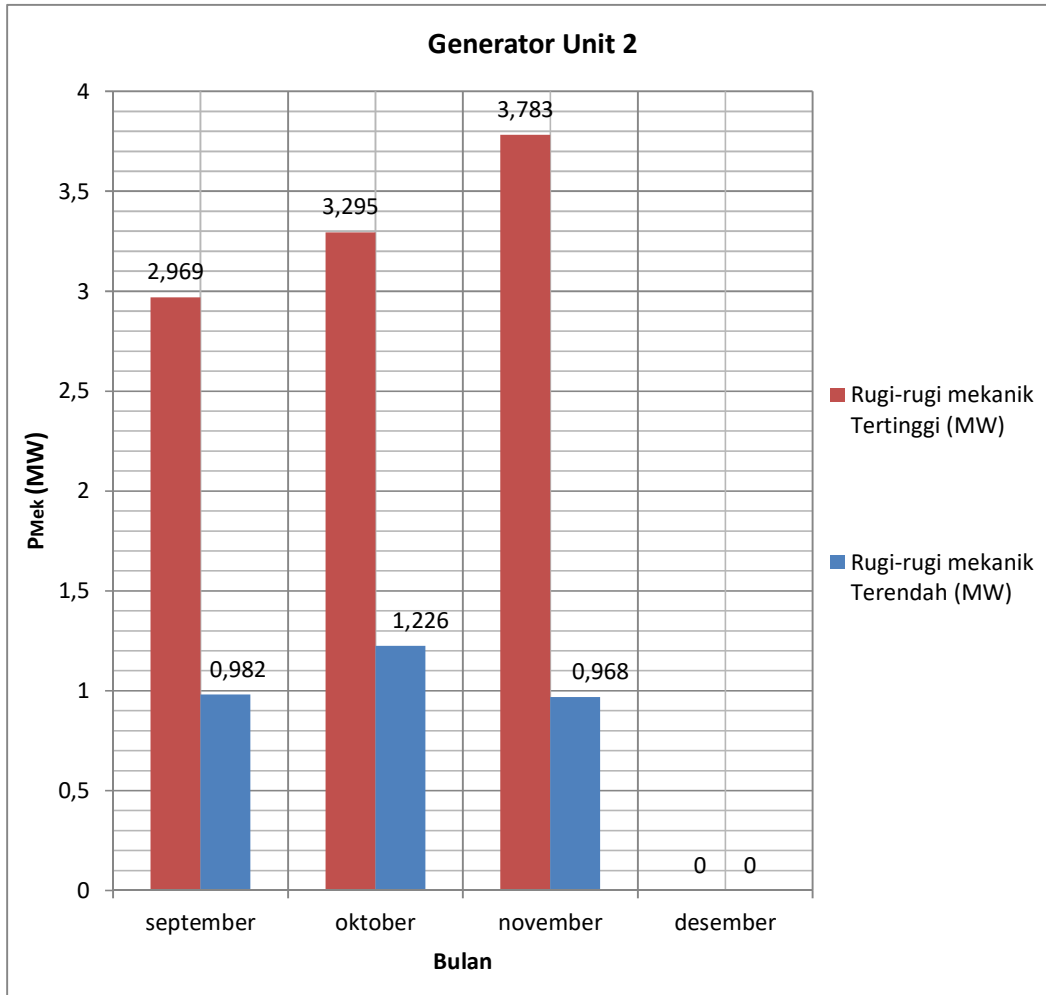
4.2 Grafik



Gambar 4.1. Grafik berdasarkan Efisiensi dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.

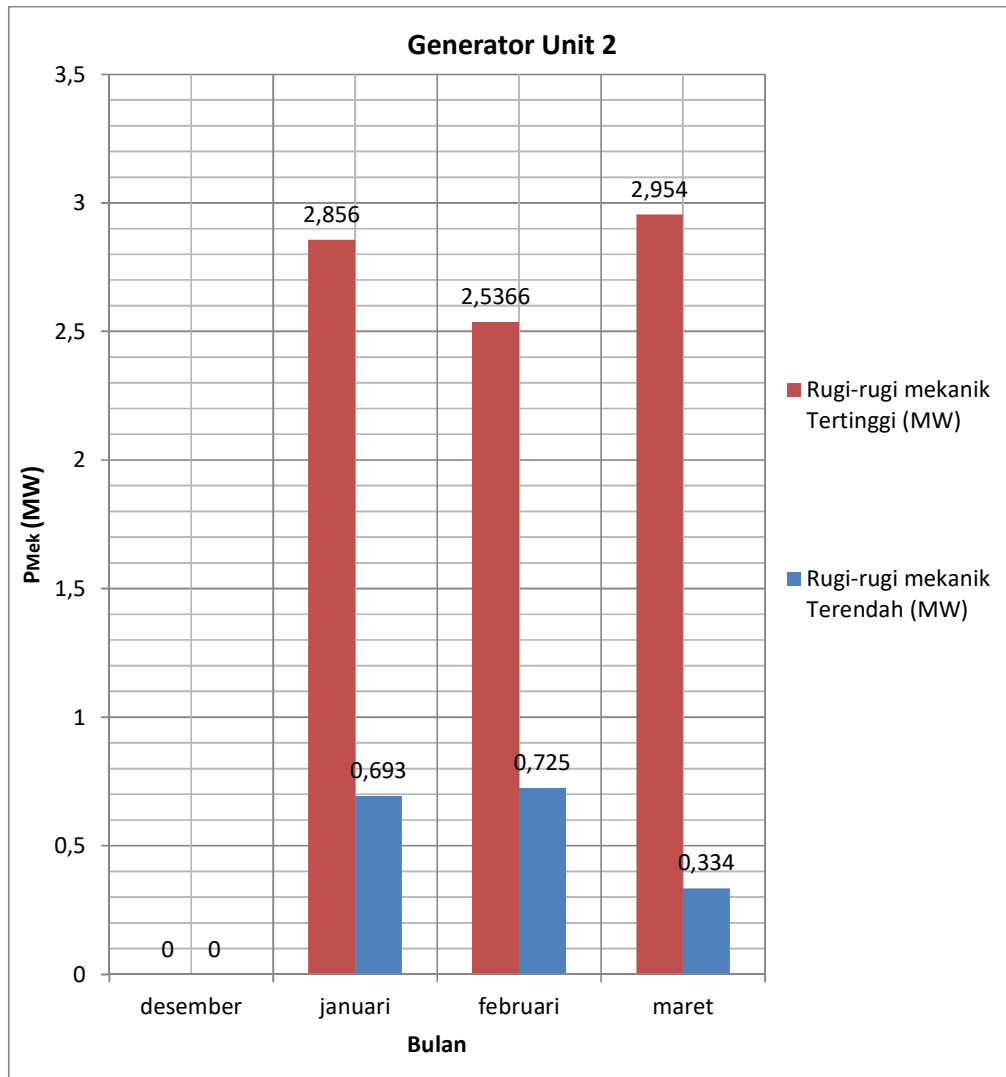


Gambar 4.2. Grafik berdasarkan Efisiensi dengan waktu 4 bulan berturut-turut setelah dilakukan perbaikan.

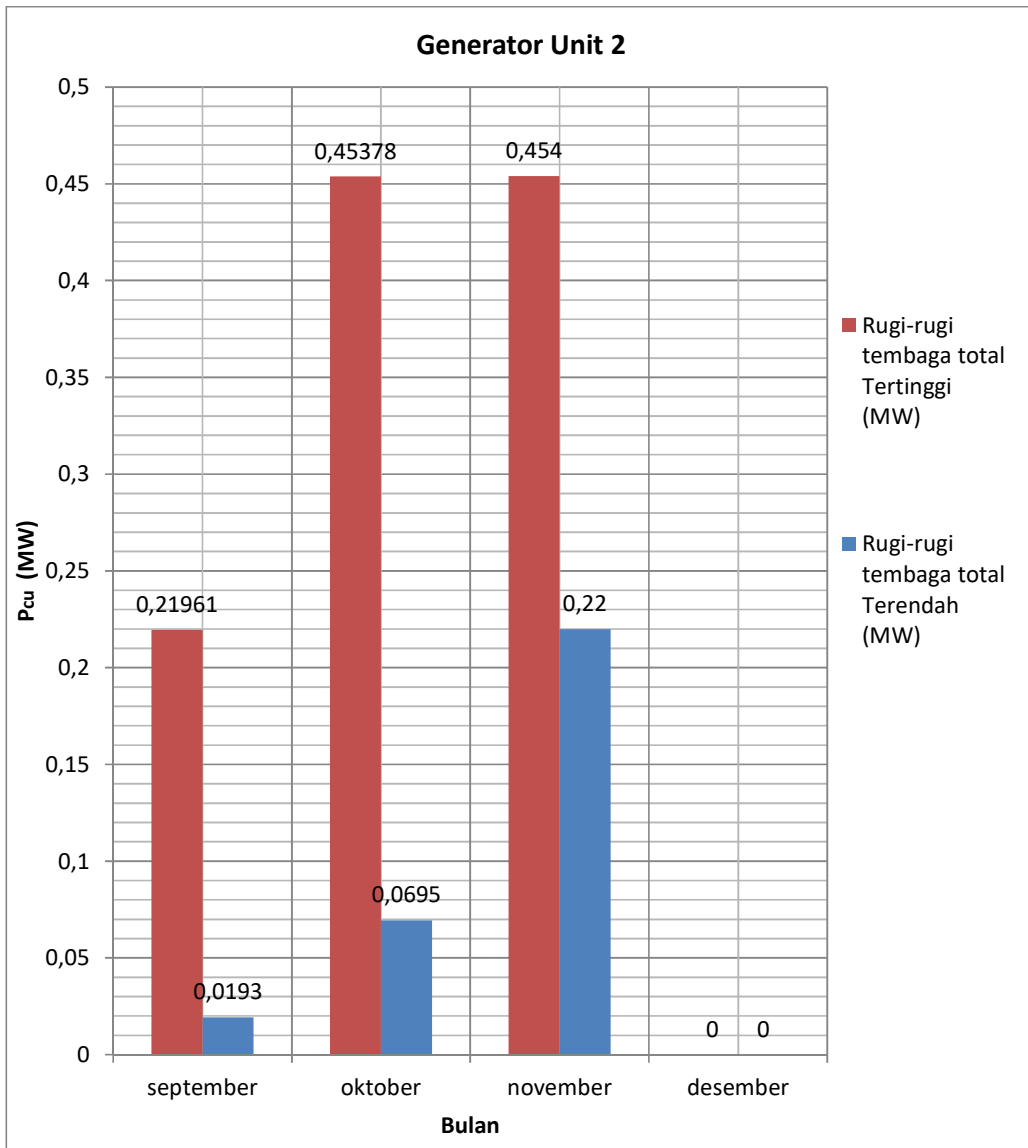


Gambar 4.3. Grafik berdasarkan rugi-rugi mekanis dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.

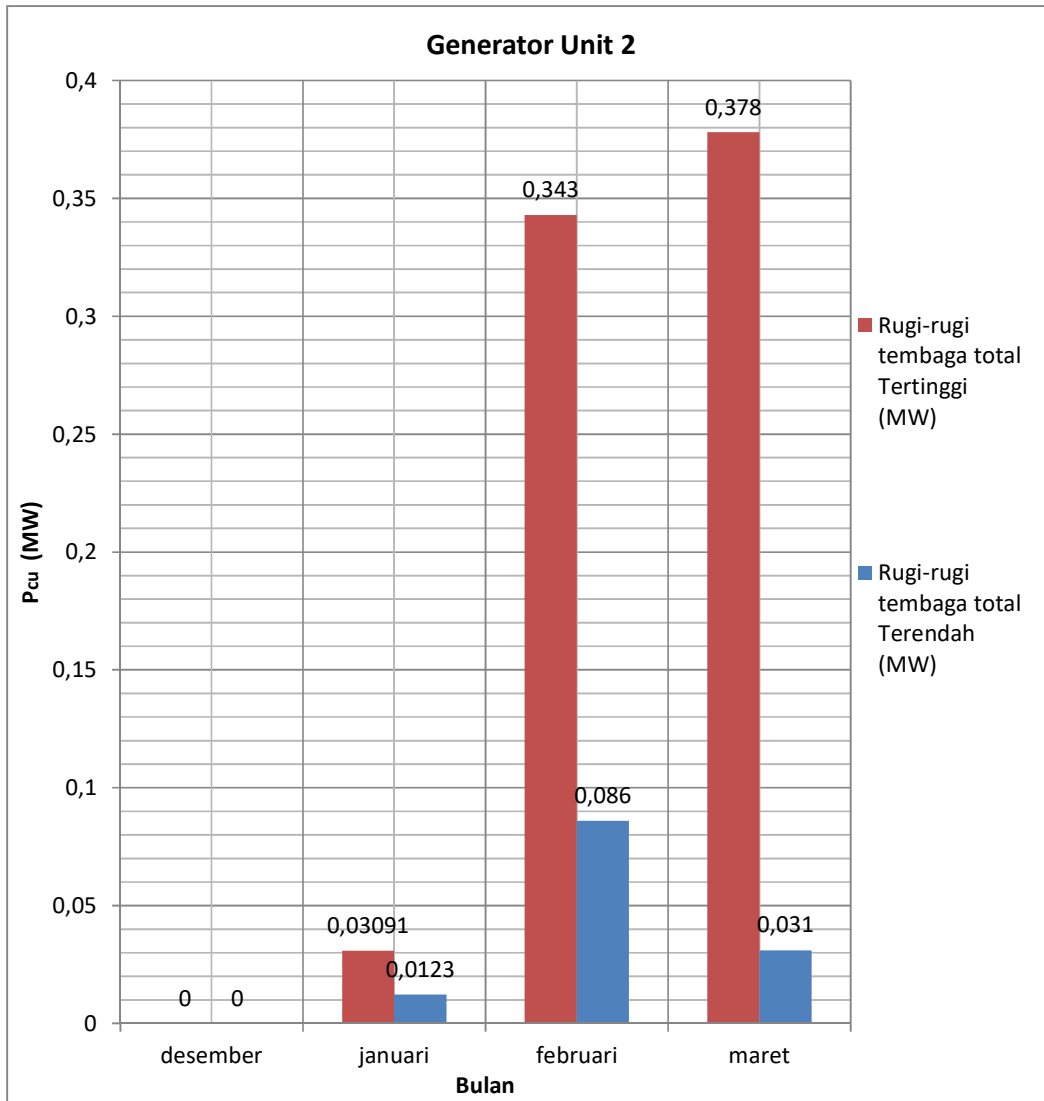




Gambar 4.4. Grafik berdasarkan rugi-rugi mekanis dengan waktu 4 bulan berturut-turut setelah dilakukan perbaikan.



Gambar 4.5. Grafik berdasarkan rugi-rugi tembaga dengan waktu 3 bulan berturut-turut sebelum dilakukan perbaikan.



Gambar 4.6. Grafik berdasarkan rugi-rugi tembaga dengan waktu 4 bulan berturut-turut setelah dilakukan perbaikan.

4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa dan grafik yang didapat, maka dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. (Gambar 4.1 dan gambar4.2). pada gambar tersebut diperlihatkan Grafik berdasarkan efisiensi dengan 3 bulan berturut-turut (September,oktonber,november) untuk generator 2, sebelum dilakukan overhaul . Kita dapat melihat bagaimana nilai efisiensi yang di tunjukkan pada bulan September mencapai tingkat efisiensi sebesar 86.8 %, untuk bulan oktober didapatkan tingkat efisiensi 87,1% sementara untuk bulan November diketahui tingkat efisiensi sebesar 86,8% hal ini yang menjadikan acuan sebagai nilai efisiensi sesuai waktu oprasi yaitu 3 bulan sebelum dilakukannya ovehoul. Dan setelah dilakuakan overhaul terlihat pada gambar 4.2 menunjukkan adanya peningkatan tingkat efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan sebelum dilakukan overhaul. Gambar 4.2 menunjukkan tingkat efisiensi pada bulan januari mencapai 90,1% untuk bulan februari menunjukkan tingkat efisiensi 91,4% sementara untuk bulan maret menunjukkan nilai sebesar 91,2 %. Ini artinya setelah dilakukan overhaul pada generator II oleh PJB service pada bulan 12 efisiensi mengalami peningkatan sebesar 3,3% untuk bulan januari, 4,3% pada bulan februari dan 4,4% untuk bulan maret.
- b. (Gambar 4.3 dan 4.4). pada kedua gambar tersebut diperlihatkan grafik berdasarkan rugi-rugi mekanis Selama waktu operasi sebelum dan setelah dilakukan overhaul. Pada gambar 4.3 didapatkan rugi-rugi mekanis selama 3 bulan sebelum overhaul terbesar adalah 3,783 MW rugi mekanis terkecil sebesar 0,968 MW pada bulan November, kemudian 3,295 MW terkecil sebesar 1,226 MW pada bulan oktober dan pada bulan September didapatkan rugi-rugi mekanis terbesar, sebesar 2,969 MW dan yang terkecil 0,982. Pada gambar 4.4 didapatkan rugi-rugi mekanis terbesar pada

bulan maret 2,954 MW terkecil sebesar 0,334, pada bulan februari rugi-rugi terbesar 2,536 MW terkecil sebesar 0,725 MW dan untuk bulan januari didapatkan rugi-rugi mekanis sebesar 2,856 MW terkecil sebesar 0,693. Dari kedua gambar tersebut kita dapat melihat perbandingan dan perbaikan sebelum dan setelah overhaul terlihat dari tiga bulan sebelum overhaul didapatkan rugi-rugi mekanis terbesar sebesar 3,789 MW dan terkecil sebesar 0,968 pada bulan November 2009. Sementara dari 3 bulan setelah overhaul terlihat rugi-rugi mekanis terbesar sebesar 2,954 dan terkecil 0,334 pada bulan maret 2010. Ini artinya ada penurunan rugi-rugi mekanis yang diakibatkan oleh pada bagian-bagian mekanis, setelah dilakukan perbaikan mayor overhaul pada bulan desember sebesar 0,829 MW.

- c. (Gambar 4.5) dan (Gambar 4.6). Pada kedua gambar tersebut terlihat Grafik berdasarkan rugi-rugi tembaga total dengan waktu operasi sebelum dan setelah overhaul. Pada gambar 4.5 terlihat pada bulan September rugi-rugi tembaga tertinggi sebesar 0,21961 MW dan terkecil 0,193 MW, untuk bulan oktober didapatkan rugi-rugi tembaga sebesar 0,45378 MW dan terkecil sebesar 0,0695 MW dan pada bulan November di dapatkan rugi-rugi tembaga sebesar 0,454 dan terkecil 0,22. Pada gambar 4.6 didapatkan rugi-rugi tembaga lebih kecil, bulan januari rugi-rugi tembaga tertinggi sebesar 0,03091 MW dan terkecil 0,0123 MW, untuk bulan Februari didapatkan rugi-rugi tembaga sebesar 0,343 MW dan terkecil sebesar 0,086 MW dan pada bulan maret di dapatkan rugi-rugi tembaga sebesar 0,378 MW dan terkecil 0,031 MW. Dari kedua gambar tersebut kita dapat melihat perbandingan rugi-rugi tembaga selama jam operasi generator sebelum dan setelah di lakukan overhaul dimana terlihat ada penurunan untuk rugi-rugi tembaga setelah dilakukan Overhaul atau perbaikan pada generator II, sebesar 0,42287 MW.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melaksanakan penelitian pada generator II PLTU BTG PT. Semen Tonasa, Pangkep, serta melakukan perhitungan berdasarkan data-data yang diperoleh (data operasional generator unit II bulan September 2009 – Maret 2010 dan hasil laporan pekerjaan major overhaul generator dan turbin utama PLTU PT. Semen Tonasa, Pangkep) serta menganalisa hasil perhitungan dan grafik efisiensi(%), rugi-rugi mekanis (MW) dan rugi-rugi tembaga(MW). Kemudian membandingkan data tersebut sebelum dan setelah dilakukan perbaikan. Maka dapat ditarik kesimpulan yaitu.

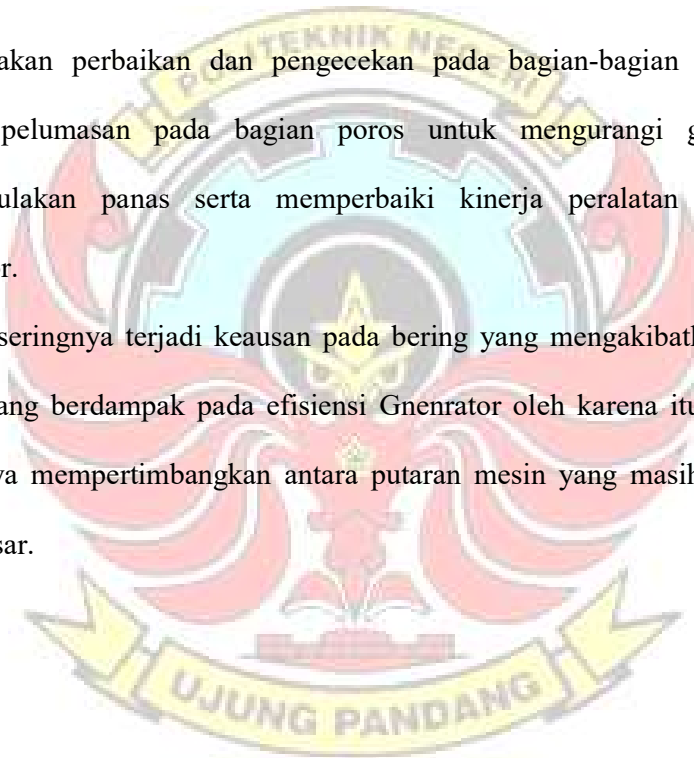
1. Tujuan dilaksnakan pekerjaan mayor overhaul pada generator dan turbin utama adalah melaksanakan pemeliharaan berkala terhadap turbin dan generator dan valve dalam rangka mengetahui kondisi semua komponen turbin dan generator. Melakukan pemeriksaan, pengukuran dan perbaikan penggantian (jika diperlukan) sesuai dengan syarat-syarat batasan-batasan yang di tetapkan oleh pabrikan. Adapun beberapa komponen yang dilakukan perbaikan dan perawatan sebagai berikut :
 - a. Kemudian Pada bantalan/Bearing generator bagian *oil defleclator* ditemukan celah oil, sehingga mengakibatkan kekurangan pelumasan pada bearing dan meningkatkan gesekan pada shaft ke bearing. Untuk itu PJB service telah melakukan penggantian dengan seal strip baru pada 3 set (upper dan lowert) oil deflactor bearing generator di workhshop. Dan setelah itu Baut dan mur pengikat kopling dipasang kembali.
 - b. Journal bearing 1,2,3 dan 4 diganti dengan yang baru karena berdasar hasil UT ditemukan pengikisan antara babbit dengan base metalnya dan saat inspeksi juga ditemukan terjadi pengelupasan babbit pada journal bearing terutama pada bearing 3

- dan 4. Dudukan pada sepatu bearing juga di setting ulang untuk menyesuaikan alignment rotor turbin dengan generator.
2. setelah dilakukan overhaul terlihat pada gambar 5.2 menunjukkan adanya peningkatan tingkat efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan sebelum dilakukan overhaul. Gambar 5.2 menunjukkan tingkat efisiensi pada bulan januari mencapai 90,1% untuk bulan february menunjukkan tingkat efisiensi 91,4% sementara untuk bulan maret menunjukkan nilai sebesar 91,2 %. Ini artinya setelah dilakukan overhaul pada generator II oleh PJB service pada bulan 12 efisiensi mengalami peningkatan sebesar 3,3% untuk bulan januari, 4,3% pada bulan february dan 4,4% untuk bulan maret.
 3. Dari hasil analisa dan grafik kita dapat melihat perbandingan dan perbaikan sebelum dan setelah overhaul terlihat dari tiga bulan sebelum overhaul didapatkan rugi-rugi mekanis terbesar sebesar 3,789 MW dan terkecil sebesar 0,968 pada bulan November 2009. Sementara dari 3 bulan setelah overhaul terlihat rugi-rugi mekanis terbesar sebesar 2,954 dan terkecil 0,334 pada bulan maret 2010. Ini artinya ada penurunan rugi-rugi daya mekanis yang diakibatkan oleh pada bagian-bagian mekanis, setelah dilakukan perbaikan mayor overhaul pada bulan desember sebesar 0,829 MW.
 4. Dari hasil analisa dan Grafik. kita dapat melihat serta menyimpulkan perbandingan rugi-rugi daya tembaga selama jam operasi generator sebelum dan setelah di lakukan perbaikan dan perawatan, dimana terlihat ada penurunan untuk rugi-rugi tembaga setelah dilakukan Overhaul atau perbaikan pada generator II, sebesar 0,42287 MW.

5.2 Saran-saran

Dari hasil perhitungan serta analisa dan observasi langsung yang telah dilakukan diketahui bahwa setelah dilakukan overhaul pada bulan 12 untuk generator Unit II di PLTU BTG PT.SEMEN TONASA, didapatkan penurunan rugi-rugi daya mekanis dan tembaga. Oleh karena itu pihak perusahaan seharusnya tidak hanya melakukan perawatan berkala saja tetapi perlu dilakukan langkah-langkah teknis untuk menghindari kerusakan secara tiba-tiba pada unit generator. langkah langkah teknis yang dimaksud adalah :

1. Mengadakan perbaikan dan pengecekan pada bagian-bagian mekanis generator, seperti pelumasan pada bagian poros untuk mengurangi gesekan yang bisa menimbulkan panas serta memperbaiki kinerja peralatan pendingin rangka generator.
2. Karena seringnya terjadi keausan pada bering yang mengakibatkan tingkat gesekan tinggi yang berdampak pada efisiensi Gnenrator oleh karena itu PT.Semen Tonasa sebaiknya mempertimbangkan antara putaran mesin yang masih rendah dan beban yang besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Awal Saiful. B dkk. 2010. *Makalah Lengkap Generator*. Makassar: Laporan Mata Kuliah Transmisi dan Distribusi.
- Dalle Ambo. Dan Herianto Irwan. 2003. *Kinerja Generator di PLTU BTG PT Semen Tonasa*. Makassar: Laporan Tugas Akhir Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Randa, Muh. Rachmat dkk. 2010. *Pembangkit Listrik Tenaga Uap BTG Power Plant PT. Semen Tonasa*. Makassar: Laporan Kerja Praktek Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Suhal. 1982. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.
- Supari Muslimin. H. 2008. *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik, Jilid II untuk SMK*, Jakarta: Buku Sekolah Elektronika.
- Service PJB. 2010. *Laporan Pekerjaan Major Overhoul Generator dan Turbin Utama PLTU BTG PT Semen Tonasa*. Pangkep: PLTU BTG PT Semen Tonasa.



LAMPIRAN LAMPIRAN



LAMPIRAN A

Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan September 2009

Generator II							Trans	Exciter	
Pin	RPM	kA	Hz	Mvar	kV	Pout	A	V	A
(MW)						(MW)			
15.5	3000	1.4	50	9	6.25	13.3	100	22	3,2
15.4	3000	1.6	50	9	6.25	13	120	20	3,3
14.5	3000	1.5	50	8	6.3	11.8	110	24	3,4
16.2	3000	1.7	50	10	6.3	13.9	130	23	3,1
17.3	3000	1.9	50	10	6.25	15	140	21	3,1
17	3000	2	50	11	6.25	14.83	145	22	3,2
17.4	3000	1.7	50	9	6.3	15.19	130	21	3,1
18.6	3000	1.9	50	11	6.25	16.48	140	22	3,2
17.02	3000	1.9	50	12	6.3	14.83	140	24	3,3
18.23	3000	1.85	50	10	6.3	16.13	145	26	3,8
17.98	3000	1.9	50	11	6.3	15.6	150	24	3,4
19.92	3000	1.6	50	10	6.3	17.63	130	22	3,2
19.42	3000	1.8	50	11	6.3	16.96	100	22	3,2
15.63	3000	1.6	50	11	6.25	14.4	90	18	2,8
13.13	3000	1.3	50	8	6.25	10.77	90	18	2,8
16.6	3000	1.6	50	9	6.25	14.6	120	20	3
17.5	3000	1.7	50	10	6.3	15.39	120	21	3,1
20.33	3000	1.9	50	11	6.3	18.29	140	23	3,7
17.77	3000	1.5	50	9	6.3	15.52	115	20	3
17.37	3000	1.7	50	5	6.3	14.71	65	16	2,4
16.92	3000	1.5	50	8	6.25	14.37	105	16	2,9
16.9	3000	1.5	50	8,5	6.25	14.14	120	20	3
16.12	3000	1.5	50	8,5	6.25	13.77	120	20	3
16.6	3000	1.7	50	9	6.3	14.25	125	21	3,1
19.96	3000	1.8	50	10	6.3	17.71	140	22	3,5
19.87	3000	2	50	11	6.3	17.73	150	24	3,5
19.48	3000	1.9	50	11	6.3	16.48	140	23	3,4
15.33	3000	1.3	50	7	6.25	12.96	95	18	2,9
18.54	3000	1.9	50	10,5	6.3	16.5	140	22	3,3
20.67	3000	2	50	11	6.3	18.62	160	24	3,8

**Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa
Selama Bulan Oktober 2009**

Generator II							Trans	Exciter	
Pin (MW)	Rpm	kA	Hz	Mvar	kV	Pout (MW)	A	V	A
13.69	3000	0.9	50	6	6.2	11.54	65	16	2.4
15.89	3000	0.7	50	4.5	6.25	13.96	45	15	2.3
19.08	3000	2.3	50	12	6.3	17.36	170	26	3.8
18.12	3000	2.3	50	12	6.3	16.34	170	25	3.8
20.12	3000	2	50	11	6.3	17.81	145	23	3.7
16.32	3000	1.6	50	8	6.3	13.06	125	21	3
17.79	3000	1.45	50	10	6.3	15.11	110	20	2.5
17.75	3000	1.8	50	10	6.25	15.62	140	22	3.5
16.52	3000	1.8	50	10	6.25	14.37	135	22	3.2
15.52	3000	1.5	50	9	6.25	13.25	105	20	3
17	3000	1.25	50	7	6.3	14.12	95	20	2.9
19.95	3000	2.3	50	10	6.3	16.97	130	22	3.4
10.23	3000	2.1	50	11	6.3	8.34	155	24	3.9
19.43	3000	2.3	50	11	6.3	17.43	160	24	3.9
17.52	3000	2	50	10.5	6.3	15.27	140	22	2.7
10.89	3000	0.7	50	5.5	6.25	8.95	55	15	2.2
20.35	3000	1.9	50	11	6.3	18.06	140	23	3.2
19.23	3000	2.2	50	13	6.3	17.14	170	25	4
21.02	3000	1.9	50	10	6.3	18.87	145	21	3.2
17.4	3000	1.15	50	6	6.3	15.48	80	16	2.5
17.2	3000	1.2	50	7	6.3	15.79	90	23	2.7
17.96	3000	1.7	50	10	6.3	15.24	140	22	3.5
18.39	3000	2	50	11	6.25	16.1	155	24	3.8
20.87	3000	2.3	50	12	6.3	18.85	170	24	3.9
19.92	3000	1.9	50	10.5	6.3	17.67	140	22	2.7
18.33	3000	1.8	50	11	6.3	16.29	135	22	3.6
18.54	3000	1.4	50	7	6.3	15.08	100	20	3
19.85	3000	2	50	11	6.3	17.25	140	22	3.5
21.16	3000	2	50	11	6.3	18.8	145	23	3.6
19.4	3000	1.9	50	11	6.3	17.44	140	24	3.5

**Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa
Selama Bulan November 2009**

Generator II							Trans	Exciter	
Pin (MW)	RPM	kA	Hz	Mvar	kV	Pout (MW)	A	V	A
17.71	3000	1.8	50	10	6.3	15.31	130	22	3,2
18.87	3000	1.17	50	10	6.3	16.96	120	20	3
18.25	3000	1.55	50	11	6.25	16	120	20	3
20.79	3000	2.3	50	14	6.3	18.62	175	25	4
16.33	3000	1.6	50	9	6.3	13.81	120	20	3
19.33	3000	1.9	50	12	6.3	16.16	140	24	3,8
18.71	3000	1.8	50	11	6.3	16.66	135	22	3,4
19.29	3000	2	50	11	6.3	18.04	135	23	3,8
17.25	3000	1.8	50	10	6.3	15.81	130	22	3,2
12.44	3000	1.2	50	7,5	6.3	10.64	80	17	2,7
8.73	3000	0.75	50	5	6.25	7	55	15	2,2
8.31	3000	0.85	50	7	6.2	6.33	80	17	2,5
11.46	3000	0.7	50	4	6.2	9.42	50	15	2,2
20.04	3000	2.1	50	13	6.3	17.81	150	25	4
18.96	3000	1.85	50	11	6.3	17.48	140	23	2,2
15.59	3000	0.4	50	3	6.3	13.74	15	14	2,2
21.83	3000	1.15	50	8	6.2	18.14	80	18	2,8
20.23	3000	2.1	50	12	6.3	18.1	150	24	3,9
20.12	3000	2.25	50	13	6.3	18.97	170	25	4
20.96	3000	2.1	50	12	6.3	18.6	155	24	3,9
19.96	3000	1.9	50	11	6.3	17.79	140	22	3,5
16.5	3000	1.6	50	10,5	6.3	14.2	120	21	3,1
21.4	3000	2.2	50	12	6.3	17.7	160	25	4
16.7	3000	1.6	50	9	6.25	14.5	120	20	3
12.8	3000	1	50	4	6.25	10.5	65	17	2,2
13.29	3000	0.9	50	4	6.25	9.5	60	16	2,4
12.6	3000	1.4	50	7	6.25	10.34	105	18	2,8
18.02	3000	1.1	50	7	6.3	16.3	75	18	2,7
19.17	3000	1.8	50	10	6.3	17.83	175	21	3,2
18.06	3000	2.2	50	13	6.3	17.05	165	25	4

**Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa
Selama Bulan Januari 2010**

Generator II							Trans	Exciter	
Pin	RPM	kA	Hz	Mvar	kV	Pout	A	V	A
(MW)						(MW)			
18.25	3000	1.75	50	11	6,3	17.25	125	21	3.2
19.11	3000	2	50	11	6.3	18.21	155	24	3
11.5	3000	1.2	50	7	6.3	10.25	90	17	2.7
11.5	3000	1.2	50	7	6.3	10.78	85	18	2.5
14.32	3000	1.7	50	10	6.3	12.86	140	23	3
20.5	3000	2.3	50	14	6.3	18.79	165	27	4
17.25	3000	1.9	50	12	6.3	15.78	145	24	3.5
20.66	3000	2.3	50	14	6.3	18.53	165	27	4.1
17.5	3000	2	50	12	6.3	15.5	145	23	3.6
12.48	3000	1.4	50	10	6.3	10.93	100	20	3
11.58	3000	1.25	50	9	6.3	9.58	95	18	2.8
12.5	3000	1.4	50	10	6.3	11.34	105	20	3
18.34	3000	1.7	50	5	6.25	16.89	145	15	2.5
17.5	3000	2	50	11	6.25	16.33	140	23	3.1
18.34	3000	1.8	50	10	6.3	16.96	145	23	3.6
16.78	3000	1.75	50	10.5	6.25	14.58	140	21	3.2
17.88	3000	1.9	50	11.5	6.25	15.67	140	22	3.9
17.48	3000	1.55	50	12	6.25	15.78	140	22	3.8
18.43	3000	2	50	12	6.3	16.82	155	24	4
16.73	3000	1.75	50	11	6.3	14.45	130	22	3.8
18.3	3000	2	50	12	6.3	16.66	145	24	4
18.5	3000	1.95	50	8	6.3	16.5	120	20	3.3
13.5	3000	1.7	50	12	6.3	12.54	125	22	3.8
14.37	3000	1.65	50	9	6.25	11.5	110	20	3.8
18.34	3000	1.85	50	6.5	6.25	16.27	60	16	2.8
15.45	3000	1.2	50	8	6.3	14.67	90	18	3
13.58	3000	1.4	50	10	6.25	11.67	115	22	3
17.97	3000	1.9	50	10	6.3	15.46	140	23	3.7
18.48	3000	1.8	50	9	6.25	17.25	140	24	3.8
17.37	3000	1.7	50	9	6.25	15.87	135	23	3.7
17.65	3000	1.7	50	9	6.25	16.79	135	23	3.9

**Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa
Selama Bulan Februari 2010**

Generator II							Trans	Exciter	
Pin	RPM	kA	Hz	Mvar	kV	Pout	A	V	A
(MW)						(MW)			
16.24	3000	1.25	50	8	6.3	15.38	90	18	2.8
18.11	3000	1.9	50	11	6.25	16.56	145	21	3.3
17.5	3000	1.85	50	10	6.3	15.89	140	21	3.9
19.5	3000	2	50	13	6.25	18.67	180	22	3.5
21.36	3000	2.25	50	11.5	6.3	18.78	175	24	4
20.14	3000	1.95	50	12	6.3	18.69	140	24	4.2
21.5	3000	2.3	50	12.5	6.3	19.37	175	25	4.1
21.25	3000	2.35	50	13.5	6.3	19.55	180	26.5	4.75
21.38	3000	2.4	50	14	6.3	19.7	185	27	4.7
17.45	3000	2	50	10.5	6.3	15.38	140	24	3.8
20.5	3000	2.3	50	13	6.3	19.42	180	26	4.4
20.5	3000	2.25	50	12	6.3	19.11	175	25	4.2
21.38	3000	2.35	50	13	6.3	19.15	180	26	4.5
17.34	3000	1.85	50	12	6.3	16.23	150	24	3.5
15.49	3000	1.7	50	10	6.3	13.48	130	22	3.6
21.18	3000	2.4	50	14	6.3	19.25	180	27	4.7
21.22	3000	2.4	50	13	6.3	19.78	180	26	4.5
18.5	3000	2.1	50	11	6.3	16.77	145	24	3.8
19.5	3000	2	50	11	6.3	17.8	150	24	4
19.5	3000	2.1	50	12	6.3	17.5	175	24	4.1
20.5	3000	2.3	50	13	6.3	18.27	175	25	4.2
21.39	3000	2.4	50	14	6.3	19.327	170	26	4.2
17.5	3000	1.9	50	13	6.3	16.5	170	24	4.2
10.28	3000	1	50	7	6.3	8.31	80	16	2.6
7.5	3000	0.9	50	6	6.3	6.37	65	17	2.8
21.34	3000	2.3	50	14	6.3	19.47	150	27	4.7
21.37	3000	2.4	50	11	6.3	19.22	180	29	4.5
18.5	3000	2	50	12	6.3	16.5	150	24	4

**Data Laporan harian Pengoperasian Generator 2 Pada PLTU BTG PT Semen Tonasa
Selama Bulan Maret 2010**

Generator II							Trans	Exciter	
Pin	RPM	kA	Hz	Mvar	kV	Pout	A	V	A
(MW)						(MW)			
19.27	3000	2.25	50	13	6.3	18.33	170	25	4
21.26	3000	2.4	50	14	6.3	19.76	180	25	4.5
18.39	3000	2	50	12	6.3	16.45	150	24	4
18.87	3000	1.9	50	11	6.3	16.46	145	24	3.9
18.27	3000	2.3	50	12	6.3	17.89	155	24	4.1
20.53	3000	2.35	50	13	6.3	19.11	170	25	4.2
20.36	3000	2.1	50	12	6.3	18.38	170	26	4.2
18.34	3000	2	50	11	6.3	16.28	145	24	4
20.5	3000	2.3	50	14	6.3	17.5	160	27	4.5
21.16	3000	2.4	50	14	6.3	19.78	180	26	4.5
15.31	3000	1.6	50	11	6.3	14.28	150	20	4
18.76	3000	2	50	11	6.3	17.46	145	25	4.3
18.68	3000	2.1	50	11	6.3	17.65	155	24	4
20.5	3000	2.3	50	13	6.3	18.98	170	26	4.4
21.68	3000	2.3	50	13	6.3	19.36	170	26	4.5
20.5	3000	2.5	50	12	6.3	18.5	170	25	4
18.44	3000	1.9	50	12	6.3	15.5	150	24	4
14.34	3000	1.7	50	11	6.3	13.76	120	23	3.5
20.53	3000	2.35	50	13	6.3	18.23	175	25	4.2
18.36	3000	2	50	12	6.3	16.96	150	25	4
19.67	3000	2.25	50	13.5	6.3	17.48	160	25	4
20.5	3000	2.3	50	15	6.3	18.56	180	27	4.8
20.56	3000	2.3	50	14	6.3	18.5	170	27	2.7
20.5	3000	2.3	50	13	6.3	19.39	180	25	4.1
19.28	3000	2	50	11	6.3	17.78	145	24	3.9
20.43	3000	2.2	50	11.5	6.3	17.5	165	24	4
18.21	3000	1.9	50	11	6.3	17.89	150	24	3.8
18.98	3000	2	50	12	6.3	16.33	145	24	4
18.67	3000	1.95	50	11	6.3	16.69	145	24	3.9
19.4	3000	2.3	50	13	18	18.36	165	25	4.2
18.35	3000	2	50	11	6.3	16.86	145	23	4

LAMPIRAN B

Data Percobaan Tanpa Beban Pada Generator Sinkron di PLTU BTG PT Semen Tonasa.

NO	Stator	Rotor		Exciter	
	(A)	(A)	(V)	(A)	(V)
1	1950	13	37	1.75	0.35
2	2250	16	48	2	0.46
3	2750	19	54	2.87	0.61
4	3250	23	64	3.62	0.77
5	3750	27	75	4.25	0.91
6	4250	30.5	84	5	1.07
7	4500	33	87	5.37	1.13
8	5000	37	100	6	1.3
9	5500	41.5	106	7	1.46
10	6000	47	121	7.75	1.65
11	6300	50	129	8.37	1.75
12	6750	55.5	144	9.25	1.95
13	7250	65	170	10.75	2.3
14	8200	93	225	15.37	3.27

Data Pengujian Hubung Singkat Pada Generator Sinkron di PLTU BTG PT Semen Tonasa.

NO	Stator	Rotor		Exciter	
	(A)	(A)	(V)	(A)	(V)
1	3800	291	115	4.01	19
2	3400	262	104	3.55	16.87
3	2860	220	87.5	3.05	14.5
4	2600	200	80	2.72	13.12
5	2400	184	74	2.47	11.75
6	2000	152	60	2.02	9.62
7	1600	120	48	1.55	7.37
8	1200	90	36	1.12	5.37
9	800	62	24	0.7	3.37

**Data Pengujian Tanpa Beban Pada Generator Magnet Permanent di PLTU BTG
PT Semen.**

NO	Rpm	VAC
1	500	25
2	1000	50
3	1500	75
4	2000	100
5	2400	120
6	2700	135
7	3000	150



LAMPIRAN C

Data Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Stator dan Rotor Generator Sinkron di PLTU BTG PT Semen Tonasa.

NO	Terminal	Resistansi (M Ω)
1	U - W	2000
2	V - U	2000
3	W - V	2000
4	Stator - Bodi	300
5	Rotor - Bodi	500

Data Pengukuran Tahanan Isolasi Pada Stator dan Rotor Generator Sinkron di PLTU BTG PT Semen Tonasa.

NO	Terminal	Resistansi (Ω)
1	Stator fasa U	0.002846
2	Stator fasa U	0.002863
3	Stator fasa W	0.002869
4	Rotor	0.3987

LAMPIRAN D

Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
September 2009

NO	Tgl	Cos θ	Pcu Jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	0.878	16810.92	4.083	2.007	85.8	0.193021
2	2	0.751	21957.12	4.342	2.180	84.4	0.21961
3	3	0.721	19298.25	4.609	2.532	81.4	0.168145
4	4	0.749	24787.53	3.832	2.022	85.8	0.277944
5	5	0.729	30962.97	3.832	2.022	86.7	0.277931
6	6	0.685	34308	4.083	1.892	87.2	0.277944
7	7	0.819	24787.53	3.832	1.932	87.3	0.277955
8	8	0.801	30962.97	4.083	1.842	88.6	0.277944
9	9	0.715	30962.97	4.342	1.912	87.1	0.277949
10	10	0.799	29354.78	5.757	1.852	88.5	0.247927
11	11	0.752	30962.97	4.609	2.070	86.8	0.309684
12	12	1.010	21957.12	4.083	2.042	88.5	0.247933
13	13	0.863	27789.48	4.083	2.212	87.3	0.247916
14	14	0.831	21957.12	3.126	0.982	92.1	0.247914
15	15	0.765	14495.13	3.126	2.215	82.0	0.144987
16	16	0.843	21957.12	3.588	1.978	88.0	0.021961
17	17	0.830	24787.53	3.832	2.085	87.9	0.024791
18	18	0.882	30962.97	5.458	2.009	90.0	0.030968
19	19	0.948	19298.25	3.588	2.231	87.3	0.019302
20	20	1.498	6947.37	2.297	2.653	84.7	0.00695
21	21	0.885	19298.25	3.353	2.531	84.9	0.019302
22	22	0.871	19298.25	3.588	2.741	83.7	0.019302
23	23	0.848	19298.25	3.588	2.331	85.4	0.019302
24	24	0.768	24787.53	3.832	2.325	85.8	0.024791
25	25	0.902	27789.48	4.884	2.222	88.7	0.027794
26	26	0.812	34308	4.884	2.106	89.2	0.034313
27	27	0.795	30962.97	4.609	2.969	84.6	0.030968
28	28	0.921	14495.13	3.353	2.356	84.5	0.014498
29	29	0.796	30962.97	4.342	2.009	89.0	0.030967
30	30	0.853	34308	5.757	2.016	90.1	0.034314

**Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
Oktober 2009**

NO	Tgl	Cos θ	Pcu jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	1.19	6947.37	2.297	2.150	84.3	0.069497
2	2	1.84	4202.73	2.109	1.888	87.9	0.042048
3	3	0.69	45372.33	5.757	1.266	91.0	0.453781
4	4	0.65	45372.33	5.757	1.326	90.2	0.453781
5	5	0.82	34308	5.458	1.967	88.5	0.343135
6	6	0.75	21957.12	3.588	3.040	80.0	0.219607
7	7	0.95	18033.14	2.492	2.500	84.9	0.180356
8	8	0.80	27789.48	4.884	1.852	88.0	0.277944
9	9	0.74	27789.48	4.083	1.872	87.0	0.277936
10	10	0.82	19298.25	3.588	2.077	85.4	0.193018
11	11	1.04	13401.56	3.353	2.746	83.1	0.134049
12	12	0.68	45372.33	4.609	2.526	85.1	0.453769
13	13	0.36	37824.57	6.064	1.512	81.5	0.378306
14	14	0.69	45372.33	6.064	1.546	89.7	0.453784
15	15	0.70	34308	2.907	1.907	87.2	0.343109
16	16	1.18	4202.73	1.930	1.898	82.2	0.042047
17	17	0.87	30962.97	4.083	1.980	88.7	0.309671
18	18	0.71	41512.68	6.379	1.675	89.1	0.415191
19	19	0.91	30962.97	4.083	1.840	89.8	0.309671
20	20	1.23	11343.08	2.492	1.807	89.0	0.113456
21	21	1.21	12350.88	2.907	1.286	91.8	0.123538
22	22	0.82	24787.53	4.884	2.472	84.9	0.247924
23	23	0.74	34308	5.757	1.947	87.5	0.343138
24	24	0.75	45372.33	6.064	1.566	90.3	0.453784
25	25	0.85	30962.97	2.907	1.940	88.7	0.309659
26	26	0.83	27789.48	5.167	1.762	88.9	0.277946
27	27	0.99	16810.92	3.588	3.292	81.3	0.168145
28	28	0.79	34308	4.884	2.257	86.9	0.343129
29	29	0.86	34308	5.167	2.017	88.8	0.343132
30	30	0.84	30962.97	4.884	1.650	89.9	0.309679

**Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
November 2009**

NO	Tgl	Cos θ	Pcu jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	0.779474	27789.48	4.082688	2.372206	86.4	0.027794
2	2	1.32843	11741.06	3.5883	1.898255	89.9	0.011745
3	3	0.953559	20606.24	3.5883	2.22939	87.7	0.02061
4	4	0.741909	45372.33	6.3792	2.124621	89.6	0.045379
5	5	0.790993	21957.12	3.5883	2.498039	84.6	0.021961
6	6	0.779447	30962.97	5.757228	3.139031	83.6	0.030969
7	7	0.848206	27789.48	4.608972	2.022206	89.0	0.027794
8	8	0.826619	34308	5.757228	1.215686	93.5	0.034314
9	9	0.80493	27789.48	4.082688	1.412206	91.7	0.027794
10	10	0.812567	12350.88	2.906523	1.787646	85.5	0.012354
11	11	0.862176	4824.563	1.929708	1.725174	80.2	0.004826
12	12	0.693478	6196.883	2.491875	1.973801	76.2	0.006199
13	13	1.253143	4202.73	1.929708	2.035795	82.2	0.004205
14	14	0.777219	37824.57	6.3792	2.192169	88.9	0.037831
15	15	0.865902	29354.78	1.929708	1.450643	92.2	0.029357
16	16	3.147934	1372.32	1.929708	1.848626	88.1	0.001374
17	17	1.468883	11343.08	3.125808	3.678654	83.1	0.011346
18	18	0.789875	37824.57	6.064227	2.092169	89.5	0.037831
19	19	0.772651	43421.06	6.3792	1.106573	94.3	0.043427
20	20	0.811694	37824.57	6.064227	2.322169	88.7	0.037831
21	21	0.858067	30962.97	4.884075	2.139032	89.1	0.030968
22	22	0.813331	21957.12	3.831507	2.278039	86.1	0.021961
23	23	0.737309	41512.68	6.3792	3.658481	82.7	0.041519
24	24	0.837158	21957.12	3.5883	2.178039	86.8	0.021961
25	25	0.969948	8577	1.929708	2.291421	82.0	0.008579
26	26	0.97508	6947.37	2.296512	3.78305	71.5	0.00695
27	27	0.682263	16810.92	3.125808	2.243186	82.1	0.016814
28	28	1.357981	10378.17	2.906523	1.709619	90.5	0.010381
29	29	0.907774	27789.48	4.082688	1.312206	93.0	0.027794
30	30	0.710232	41512.68	6.3792	0.968481	94.4	0.041519

**Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
Januari 2010**

NO	Tgl	Cos θ	Pcu jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	0.90	26267.06	4.08	0.97	94.52	0.026271
2	2	0.83	34308.00	3.59	0.87	95.29	0.034312
3	3	0.78	12350.88	2.91	1.24	89.13	0.012354
4	4	0.82	12350.88	2.49	0.71	93.74	0.012353
5	5	0.69	24787.53	3.59	1.44	89.80	0.024791
6	6	0.75	45372.33	6.38	1.66	91.66	0.045379
7	7	0.76	30962.97	4.88	1.44	91.48	0.030968
8	8	0.74	45372.33	6.70	2.08	89.69	0.045379
9	9	0.71	34308.00	5.17	1.97	88.57	0.034313
10	10	0.72	16810.92	3.59	1.53	87.58	0.016815
11	11	0.70	13401.56	3.13	1.99	82.73	0.013405
12	12	0.74	16810.92	3.59	1.14	90.72	0.016815
13	13	0.92	24787.53	2.49	1.43	92.09	0.02479
14	14	0.75	34308.00	3.83	1.14	93.31	0.034312
15	15	0.86	27789.48	5.17	1.35	92.48	0.027795
16	16	0.77	26267.06	4.08	1.42	86.89	0.026271
17	17	0.76	30962.97	6.06	1.14	87.64	0.030969
18	18	0.94	20606.24	5.76	1.36	90.27	0.020612
19	19	0.77	34308.00	6.38	2.17	91.26	0.034314
20	20	0.76	26267.06	5.76	2.18	86.37	0.026273
21	21	0.76	34308.00	6.38	1.67	91.04	0.034314
22	22	0.78	32614.04	4.34	1.58	89.19	0.032618
23	23	0.68	24787.53	5.76	2.26	92.89	0.024793
24	24	0.64	23350.88	5.76	1.62	80.03	0.023357
25	25	0.81	29354.78	3.13	1.97	88.71	0.029358
26	26	1.12	12350.88	3.59	0.95	94.95	0.012354
27	27	0.77	16810.92	3.59	2.85	85.94	0.016815
28	28	0.75	30962.97	5.46	2.04	86.03	0.030968
29	29	0.89	27789.48	5.76	0.75	93.34	0.027795
30	30	0.86	24787.53	5.46	1.89	91.36	0.024793
31	31	0.91	24787.53	6.06	2.49	95.13	0.024794

**Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
Februari 2010**

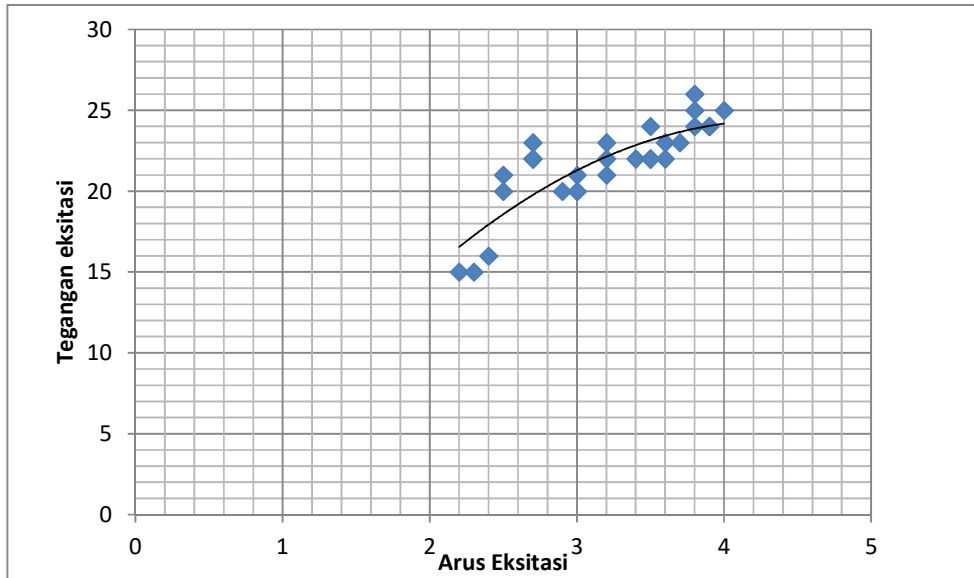
NO	Tgl	Cos θ	Pcu jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	1.127574	13401.56	3.125808	0.846595	94.7	0.013405
2	2	0.80513	30962.97	4.341843	1.519033	91.4	0.030967
3	3	0.787138	29354.78	6.064227	1.580639	90.8	0.029361
4	4	0.86233	34308	4.884075	0.795687	95.7	0.034313
5	5	0.764913	43421.06	6.3792	2.536573	87.9	0.043427
6	6	0.878362	32614.04	7.033068	1.417379	92.8	0.032621
7	7	0.771793	45372.33	6.702147	2.084621	90.1	0.045379
8	8	0.762391	47366.48	8.995669	1.652625	92.0	0.047375
9	9	0.752235	49403.52	8.807283	1.630588	92.1	0.049412
10	10	0.704734	34308	5.757228	2.035686	88.1	0.034314
11	11	0.773785	45372.33	7.718832	1.03462	94.7	0.04538
12	12	0.778354	43421.06	7.033068	1.346572	93.2	0.043428
13	13	0.746792	47366.48	8.073675	2.182625	89.6	0.047375
14	14	0.803981	29354.78	4.884075	1.08064	93.6	0.02936
15	15	0.726674	24787.53	5.167152	1.985207	87.	0.024793
16	16	0.735052	49403.52	8.807283	1.880588	90.9	0.049412
17	17	0.75529	49403.52	8.073675	1.390588	93.2	0.049412
18	18	0.731834	37824.57	5.757228	1.69217	90.6	0.03783
19	19	0.815622	34308	6.3792	1.665686	91.3	0.034314
20	20	0.763691	37824.57	6.702147	1.962169	89.7	0.037831
21	21	0.727963	45372.33	7.033068	2.184621	89.1	0.045379
22	22	0.699808	49403.52	7.033068	2.020689	85.7	0.049411
23	23	0.795846	30962.97	7.033068	0.96903	94.3	0.03097
24	24	0.761552	8577	2.695212	1.96142	80.8	0.00858
25	25	0.648628	6947.37	3.125808	1.12305	84	0.00695
26	26	0.775777	45372.33	8.807283	1.824619	91.2	0.045381
27	27	0.733907	49403.52	8.073675	2.100588	89.9	0.049412
28	28	0.756054	34308	6.3792	1.965686	89.2	0.034314

**Hasil Analisa Pada Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa Selama Bulan
Maret 2010**

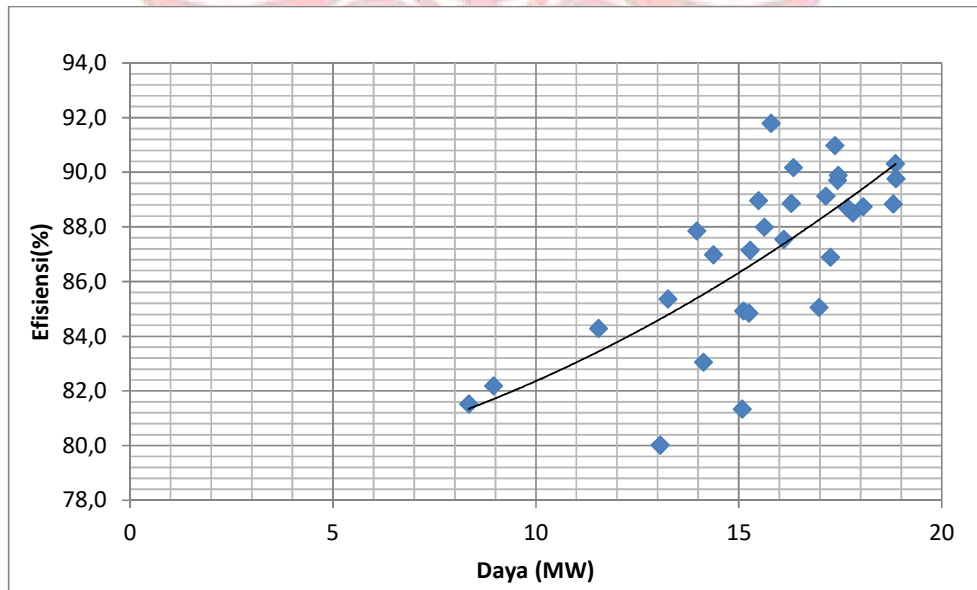
NO	Tgl	Cos θ	Pcu jangkar (W)	Pcu medan (W)	Pmek (MW)	η G (%)	Pcu tot (MW)
1	1	0.746584	43421.06	6.3792	0.896573	95.1	0.043427
2	2	0.754527	49403.52	8.073675	1.450588	92.9	0.049412
3	3	0.753763	34308	6.3792	1.905686	89.5	0.034314
4	4	0.793917	30962.97	6.064227	2.379031	87.2	0.030969
5	5	0.712822	45372.33	6.702147	0.334621	97.9	0.045379
6	6	0.745232	47366.48	7.033068	1.372626	93.08	0.047374
7	7	0.802094	37824.57	7.033068	1.942168	90.27	0.037832
8	8	0.745973	34308	6.3792	2.025686	88.8	0.034314
9	9	0.697283	45372.33	8.073675	2.95462	85.4	0.04538
10	10	0.75529	49403.52	8.073675	1.330588	93.5	0.049412
11	11	0.817913	21957.12	6.3792	1.008037	93.3	0.021963
12	12	0.800043	34308	7.371963	1.265685	93.1	0.034315
13	13	0.770237	37824.57	6.3792	0.992169	94.5	0.037831
14	14	0.756253	45372.33	7.718832	1.47462	92.6	0.04538
15	15	0.771394	45372.33	8.073675	2.27462	89.3	0.04538
16	16	0.678157	53606.25	6.3792	1.946387	90.2	0.053613
17	17	0.747613	30962.97	6.3792	2.909031	84.1	0.030969
18	18	0.741768	24787.53	4.884075	0.555208	96.0	0.024792
19	19	0.710915	47366.48	7.033068	2.252626	88.79	0.047374
20	20	0.777132	34308	6.3792	1.365686	92.4	0.034314
21	21	0.711964	43421.06	6.3792	2.146573	88.9	0.043427
22	22	0.739518	45372.33	9.186048	1.894618	90.5	0.045382
23	23	0.737128	45372.33	2.906523	2.014625	90.0	0.045375
24	24	0.772589	45372.33	6.702147	1.064621	94.6	0.045379
25	25	0.814705	34308	6.064227	1.465686	92.2	0.034314
26	26	0.728978	41512.68	6.3792	2.888481	85.6	0.041519
27	27	0.86289	30962.97	5.757228	0.289031	98.2	0.030969
28	28	0.748264	34308	6.3792	2.615686	86.0	0.034314
29	29	0.784369	32614.04	6.064227	1.94738	89.4	0.03262
30	30	0.256042	45372.33	7.033068	0.994621	94.6	0.045379
31	31	0.77255	34308	6.3792	1.455686	91.9	0.034314

Lampiran E

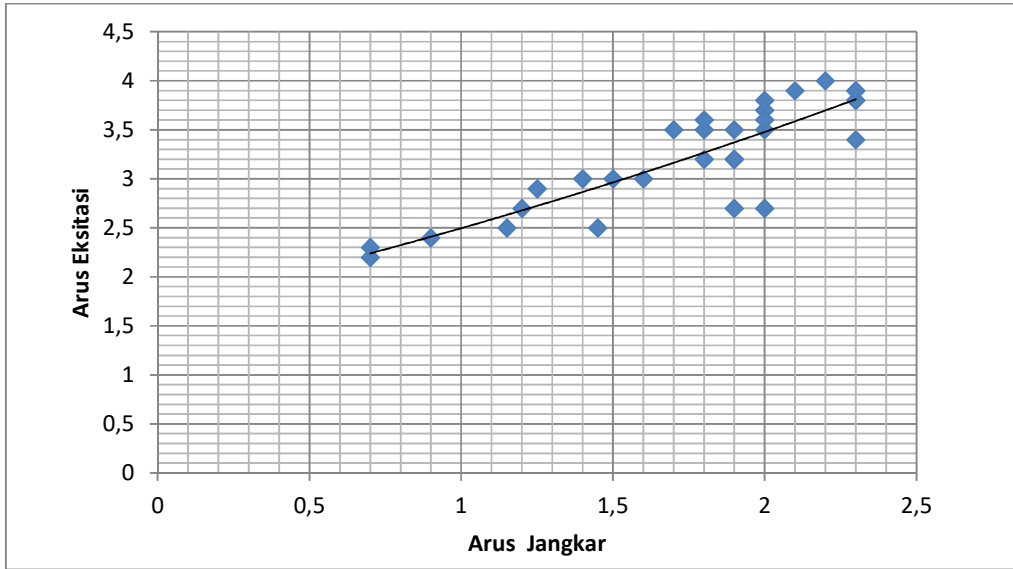
Grafik Karakteristik Generator



Grafik Karakteristik hubungan antara Arus eksitasi dengan tegangan eksitasi pada bulan September 2009

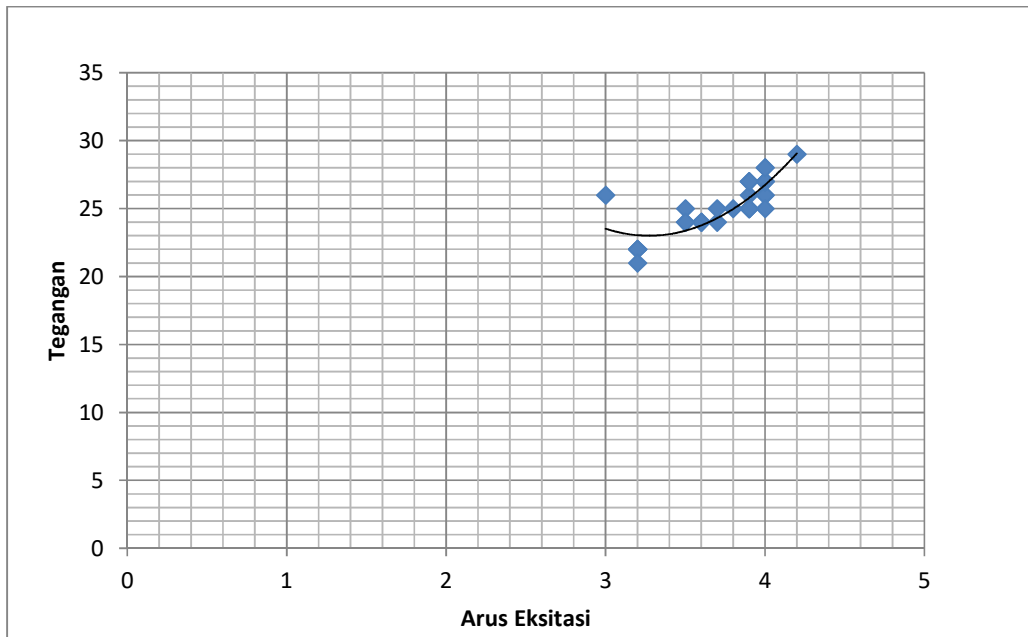


Grafik Karakteristik hubungan antara Daya output dengan Efisiensi (%) generator pada bulan September 2009

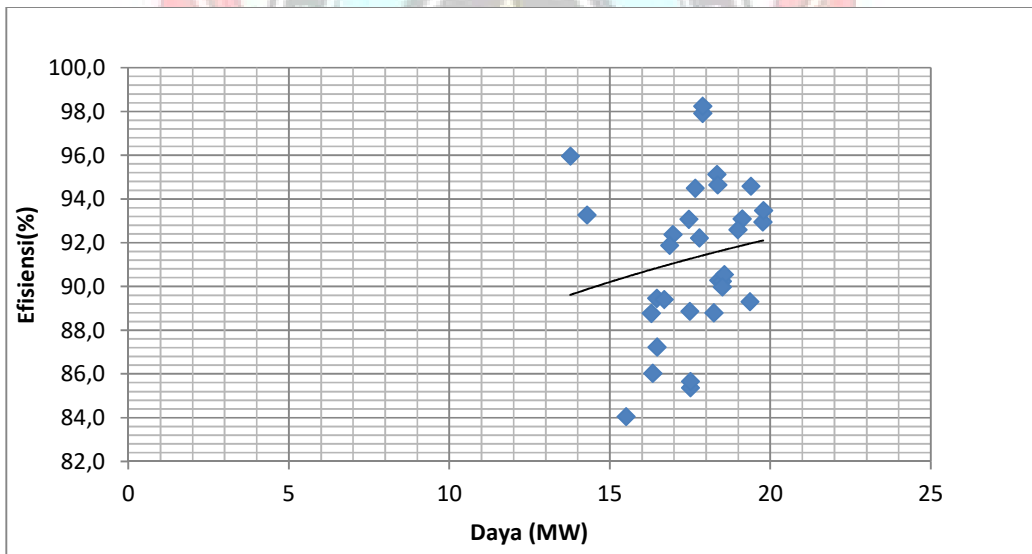


Grafik Karakteristik hubungan antara Arus Jangkar dengan Arus eksitasi generator pada bulan September 2009

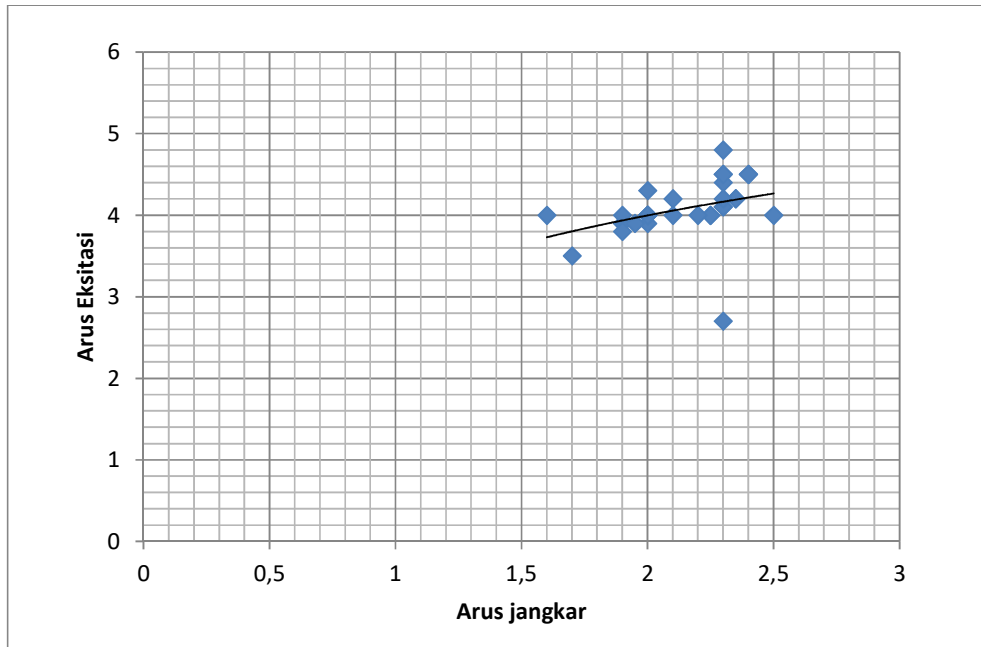




Grafik Karakteristik hubungan antara Arus eksitasi dengan tegangan eksitasi pada bulan Maret 2010



Grafik Karakteristik hubungan antara Daya output dengan Efisiensi (%) generator pada bulan Maret 2010



Grafik Karakteristik hubungan antara Arus Jangkar dengan Arus eksitasi generator pada bulan Maret 2010



LAMPIRAN F

GAMBAR-GAMBAR



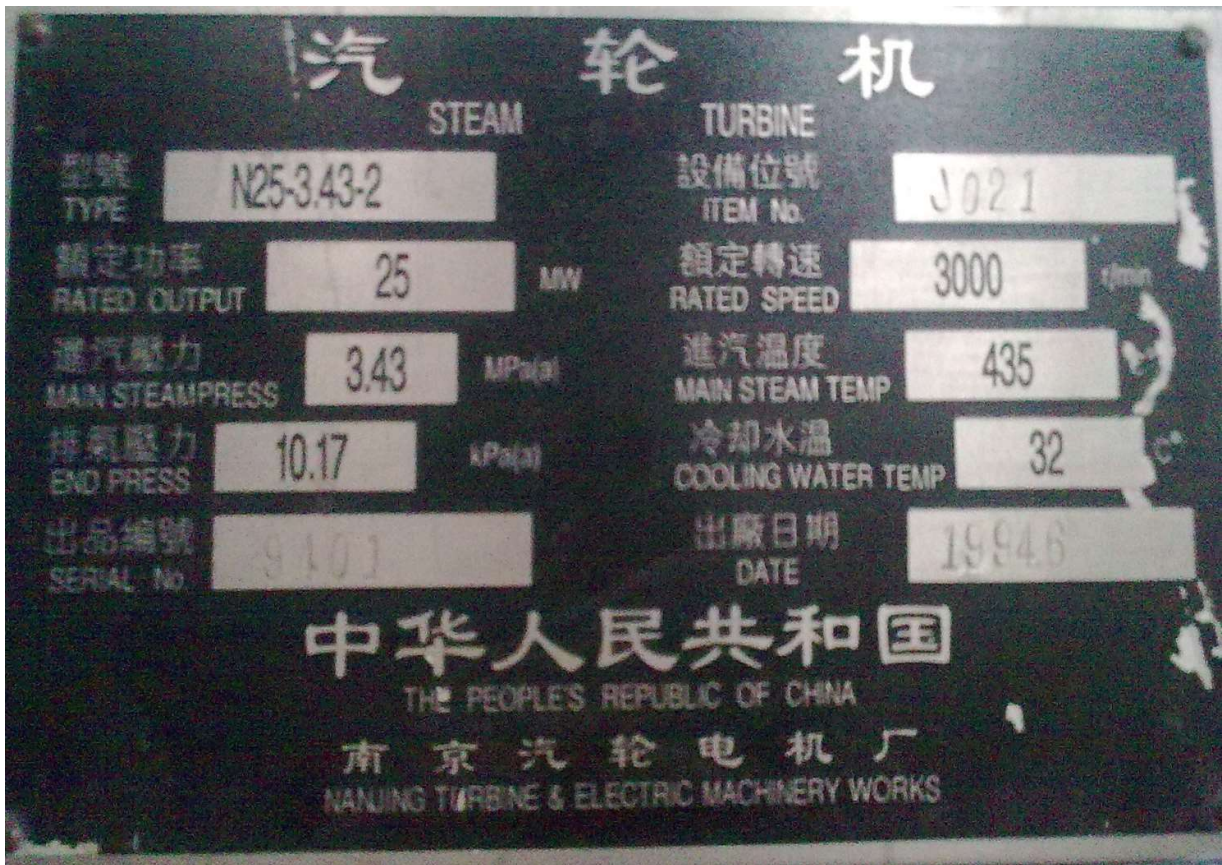
Generator Sinkron Buatan China PLTU BTG PT. Semen Tonasa





Name plate Generator PLTU BTG PT Semen Tonasa





Name Plate Turbin PLTU BTG PT Semen Tonasa





MAVR Analog Merek China



MAVR Digital Merek ABB

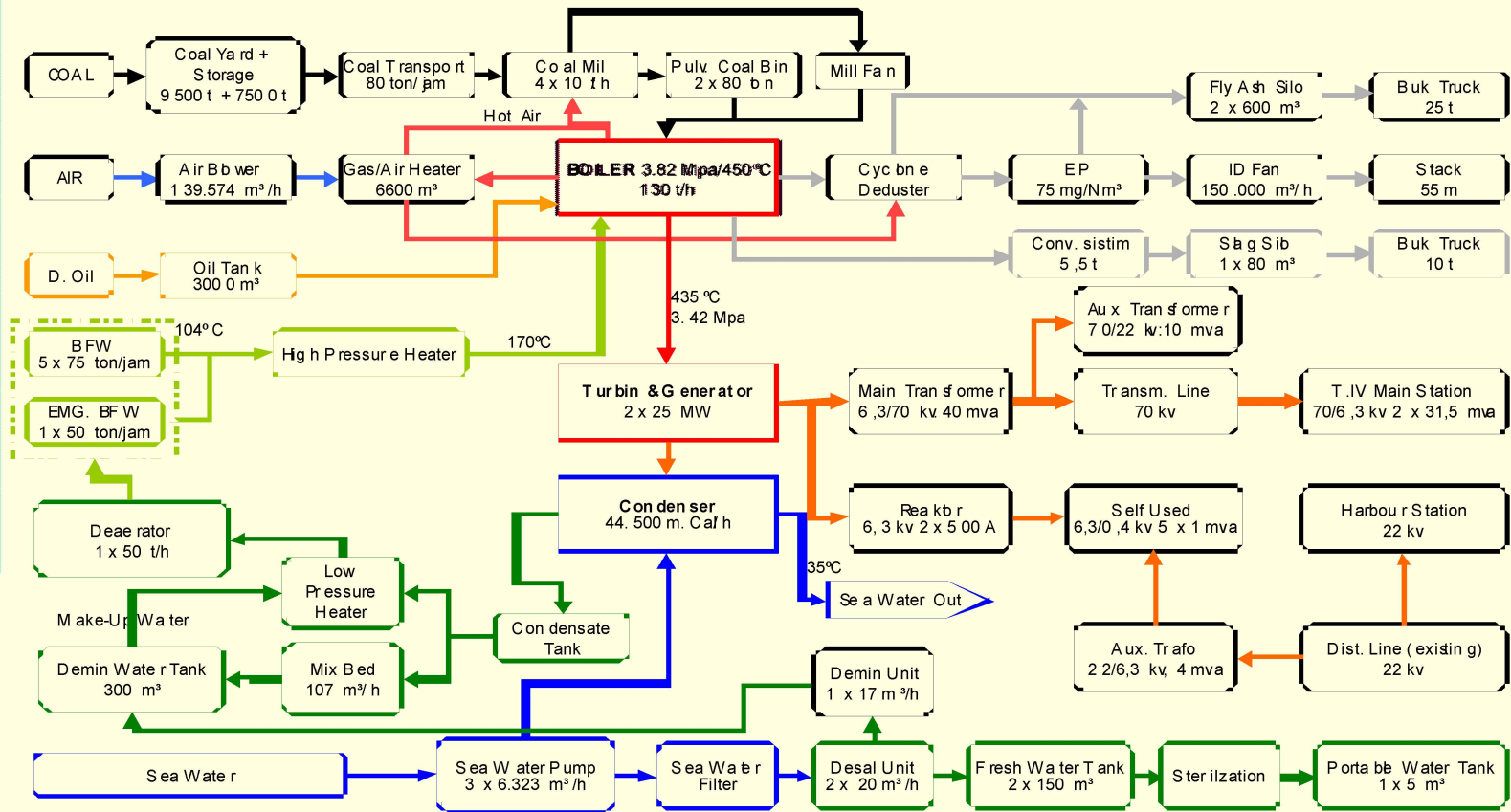


Electric Control Room
Pusat Pengendali Beban

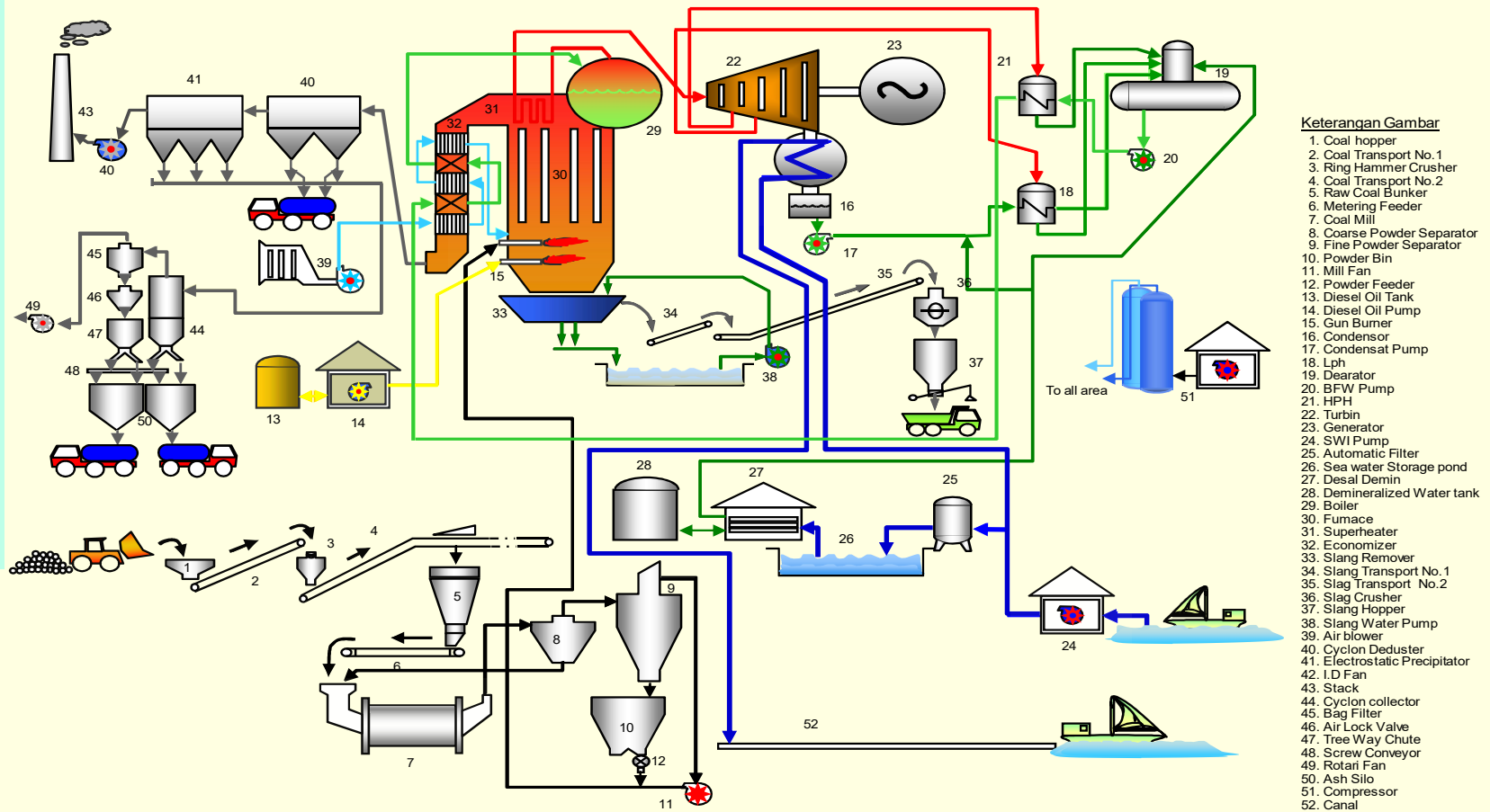
Ruangan Kontrol Listrik dan Pusat Pengendali Beban



BLOK DIAGRAM BTG POWER PLANT SEMEN TONASA



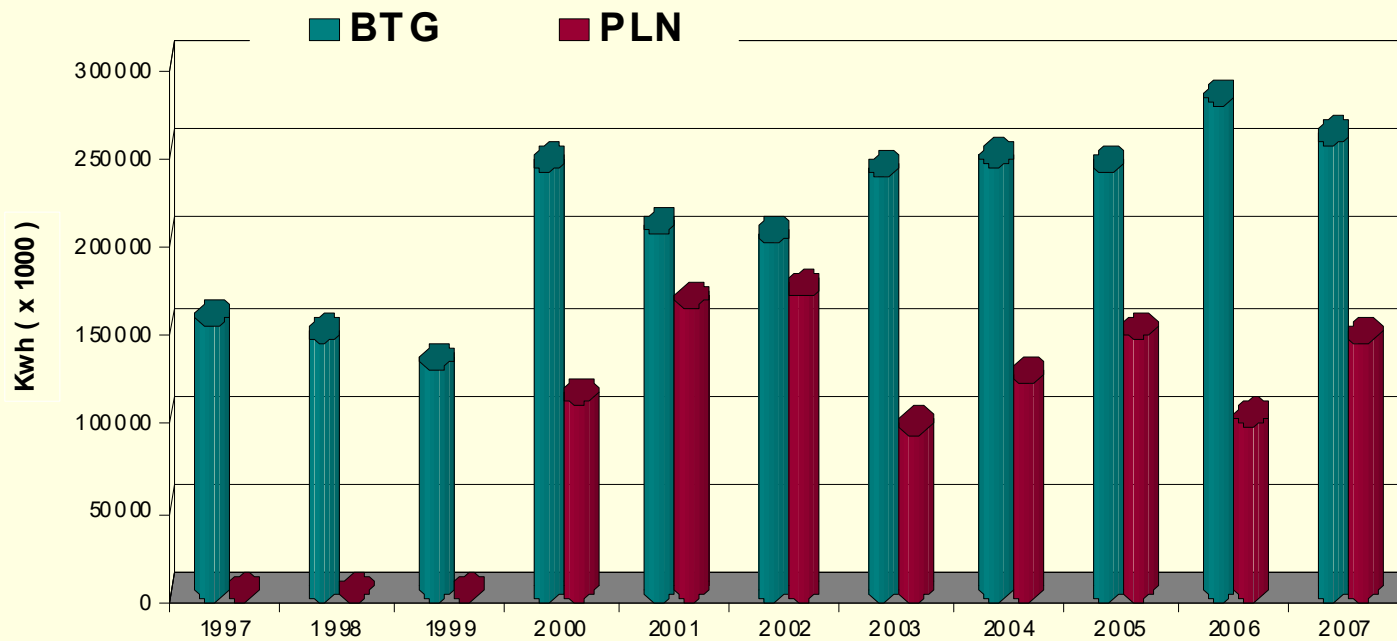
LAY OUT BTG POWER PLANT SEMEN TONASA



PRODUKSI LISTRIK BTG POWER PLANT & PEMAKAIAN LISTRIK PLN

TAHUN	PRODUKSI LISTRIK BTG POWER PLANT (kwh)	PEMAKAIAN LISTRIK PLN (kwh)	SOLAR (ltr)	BUNKER COURT OIL (ltr)	BATU BARA (ton)	HARI OPERASI	
						UNIT I	UNIT II
1997	154.193.589	-	6.920.370	-	75.414	227.25	190.21
1998	146.093.280	-	3.287.875	-	101.200	198.23	142.10
1999	130.009.920	-	4.615.742	-	86.343	253.92	110.12
2000	242.721.120	110.703.421	4.546.816	-	158.465	280.17	306.68
2001	206.613.120	164.825.590	3.505.579	-	127.567	180.29	306.65
2002	201.442.080	170.993.592	3.428.083	-	132.954	226.00	324.57
2003	239.343.360	94.416.012	2.785.081	-	149.988	319.50	310.14
2004	244.624.800	121.743.132	2.836.168	-	150.879	311.82	312.78
2005	241.594.560	147.759.084	1.862.606	-	154.459	349.76	258.36
2006	273.561.440	98.283.600	1.038.756	-	152.595	305.14	332.15
2007	258.074.880	144.405.414	931.057	38.770	167.450	339.71	335.69
Total	2.338.894.079	1.053.129.845	35.758.133	38.770	1.457.314	2991.79	2959.45

PRODUKSI BTG POWER PLANT & PEMAKAIAN PLN TH 1997 s/d 2007



BTG	154193.6	146093.3	130009.9	242721.1	206613.1	20142.1	239343.4	244624.8	24594.6	279414.2	258074.8
PLN	-	-	-	110703.4	164825.6	170998.6	94416.12	121743.1	147759.1	98288.6	144405.4



PEMELIHARAAN

SYSTEM PEMELIHARAAN BTG POWER PLANT :

- **PREVENTIF MAINTANANCE**
- **PREDECTIVE MAINTANANCE**
- **SHUT DOWN MAINTANANCE**

SISTEM PEMELIHARAAN

JADWAL PEMELIHARAAN TURBIN & GENERATOR TERDIRI DARI MINOR & MAYOR INSPECTION

TAHUN UNIT	2005	2006	2007	2008	2009	2010
TURBIN I	MINOR	-	MAYOR	-	MINOR	-
TURBIN II	-	MAYOR	-	MINOR	-	MAYOR



POWER DISTRIBUTION TONASA II/III/IV

