

TUGAS AKHIR

ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TITI KUNING

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh :

M RISKI SYAHRIAL

NPM : 1307220001



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

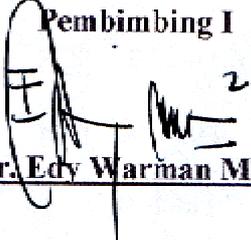
**ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA GENERATOR
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TITI KUNING**

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

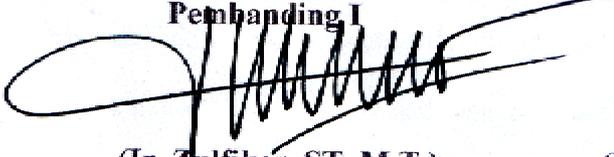
M RISKI SYAHRIAL
1307220001

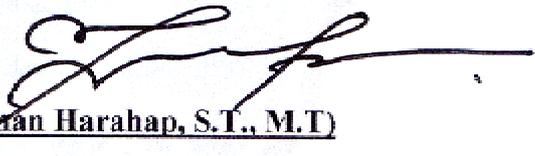
Telah Diuji dan Disahkan pada tanggal
20 maret 2018

Pembimbing I

(Ir. Edy Warman MT)

Pembimbing II

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T., MT)

Pembanding I

(Ir. Zulfikar, ST., M.T)

Pembanding II

(Pertaoran Harahap, S.T., M.T)

Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T)

PROGRAM STUDY TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : M RISKI SYAHRIAL
NPM : 1307220001
Tempat/Tgl : Medan, 30 April 1995
Fakultas : TEKNIK
Program : TEKNIK ELEKTRO

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian dan keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul :

“ ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TITI KUNING “

Bukan merupakan plagiarisme ataupun pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan tidak ada tekanan atau paksaan dari pihak manapun.



Medan, 25 juli 2018


M RISKI SYAHRIAL

ABSTRAK

Pada dasarnya pembangkit listrik tenaga diesel ialah pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula prime mover yang berfungsi untuk menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar generator. Maka dilakukan penelitian mengenai analisis daya listrik pada generator pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) titi kuning, untuk mengetahui efisiensi daya pada generator pembangkit listrik tenaga diesel pada phase R,S,T. Dengan menganalisis pembangkit listrik pada generator Enterprise SAB_9, buatan USA maka dapat diperoleh daya yang dihasilkan oleh generator dan daya yang didistribusikan kepada masyarakat.

Kata Kunci: *efisiensi daya , generator, mesin diesel*

KATA PENGHANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan anugrah untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat beriring salam kita panjatkan kepada nabi besar junjungan kita Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, Amin

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana (SI) pada jurusan teknik elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Ada pun judul tugas akhir ini “ANALISIS EFISIENSI DAYA LISTRIK GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL TITI KUNING”.

Saya juga menyadari bahwa tugas akhir ini tidak terlepas dari keterlibatan dari berbagai pihak yang telah membantu dan memotivasi. Maka dari itu dengan segala kerendahan hati saya menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Munawar Alfansury SRG. ST.,MT. Selaku dekan fakultas teknik
2. Faisal irsan pasaribu ST.,MT. Selaku prodi fakultas teknik elektro
3. Pertaonan harahap ST.,MT. Selaku sekretaris prodi teknik elektro
4. IR.Edy warman.MT. Selaku pembimbing I saya.
5. Faisal irsan pasaribu ST.,MT. Selaku pembimbing II saya.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar program sarjana S1 fakultas teknik elektro yang telah memberikan bimbingan serta ilmu pengetahuan kepada saya selama menjalani masa pendidikan di jurusan teknik elektro universitas muhammadiyah sumatera utara.

7. Kedua orang tua saya Sawaluddin dan Ummi Hani yang selalu mendoakan serta memberikan semangat serta masukan-masukan selama penyelesaian tugas akhir ini dengan baik .
8. Kepala manajer unit”PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL “yang telah memberikan ilmu serta moril dan materil kepada saya selama melakukan penelitian di lapangan.
9. Seluruh staff “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL”yang telah membantu saya selama melakukan penelitian.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan yang akan bersama sama menyelesaikan tugas akhir di tahun ini .
11. Kepada adik tercinta intan amelia,ilham fahrizal ,fadli fadhilah yang selalu mendoakan saya.
12. Aris nasution yang telah membantu mengumpulkan bahan bahan untuk menyelesaikan skripsi saya.
13. Fadilah fitriyana yang telah menemani saya selama menyelesaikan skripsi
14. Riana ayu anggreani yang telah membantu saya mengumpulkan bahan bahan untuk menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktunya.
15. Kepada kakak-kakak senior yang telah membantu saya dalam memberikan masukan dan saran
16. Seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih atas bantuan doa serta masukan kepada penulis.

Semoga ALLAH SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritikan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Akhir kata hanya kepada ALLAH SWT penulis serahkan mudah-mudahan dapat bermamfaat khususnya bagi penulis, dan umumnya bagi kita semua.

Medan, juni 2017

Penulis

M RISKI SYAHRIAL

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan pustaka relevan	6
2.2 Proses pembangkit tenaga listrik.....	8
2.2.1 Jenis-jenis pusat pembangkit listrik	9
2.2.2 Instalasi listrik pusat pembangkit generator	10
2.2.3 Masalah utama dalam pembangkit listrik	12

2.2.4	Daya listrik	14
2.3	Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga diesel	16
2.3.1	Kelebihan dan kekurangan PLTD	21
2.3.2	Masalah utama dalam pembangkit tenaga listrik	21
2.3.3	Mutu tenaga listrik	24
2.3.4	Transmisi dan distribusi	24
2.3.5	Mesin diesel	25
2.3.5.1	Pemilihan mesin diesel	26
2.3.5.2	Prinsip kerja mesin diesel	27
2.4	Generator	28
2.4.1	Kecepatan putar generator	28
2.4.2	Tegangan induksi generator sinkron.....	29
2.4.3	Pengaruh jumlah putaran mesin diesel.....	31
2.4.4	Operasi pemeliharaan mesin diesel.....	32
2.4.5	Sistem start manual.....	32
2.4.6	Sistem start elektrik.....	33
2.4.7	Sistem start kompresi	33
2.4.8	Sistem pengaman genset	34
2.4.9	Baterai (Battery dan Accu)	34
2.4.10	Battery charger	35
2.4.10.1	Pentanahan (grounding).....	35
2.4.10.2	Relay pengaman pada genset	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Lokasi Dan Waktu Penelitian	37
3.2	Alat dan Bahan	37
3.3	jadwal dan Jalannya Penelitian	37
3.4	Pengukuran pada pembangkit listrik tenaga diesel	39
3.5	Study literature	39
3.6	Diagram alir sistem	41

BAB IV HASIL DATA PENELITIAN

4.1	Menentukan persentase daya generator	42
4.1.1	Menentukan daya generator PLTD titi kuning secara teori	42
4.1.2	Menentukan daya generator setelah melakukan pengukuran pada Generator pembangkit PLTD titi kuning medan	42
4.1.2.1	Menentukan daya pada masing-masing fasa RST Pada bulan juli 2017	42
4.1.2.1.1	Daya pada generator fasa R	42
4.1.2.1.2	Daya pada generator fasa S	43
4.1.2.1.3	Daya pada generator fasa T	43
4.2	Analisi daya pada generator	44
4.2.1	Analisis Daya generator setelah melakukan pengukuran.....	44
4.2.1.1	Menentukan daya pada masing-masing fasa (R,S,T) Pada pengukuran bulan September 2017.....	46
4.2.1.1.1	Daya pada generator fasa R	46
4.2.1.1.2	Daya pada generator fasa S	46

4.2.1.1.3 Daya pada generator fasa T	47
4.3 Perhitungan rata-rata daya yang dihasilkan generator 3 fasa Dan persentase efisiensi daya PLTD titi kuning.....	47
4.4 Analisis suplay daya titi kuning	49
4.4.1 Analisis suplay daya PLTD titi kuning pada bulan juli 2017 ...	49
4.4.2 Analisis suplay daya PLTD titi kuning pada bulan September 2017	49
4.5 Analisis daya terhadap frekuensi	50

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian generator sinkron -----	10
Gambar 2.2 Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga diesel -----	16
Gambar 2.3 Turbo charger menaikkan tekanan dan temperature -----	17
Gambar 2.4 Ruang bakar (combustion charger)-----	18
Gambar 2.5 Ruang bakar (combustion charger) -----	18
Gambar 2.6 Torak atau piston -----	19
Gambar 2.7 Poros engkol mesin diesel-----	19
Gambar 2.8 Trafo step down -----	20
Gambar 2.9 Mesin diesel-----	25
Gambar 3.1 Rangkaian pengukuran dengan menggunakan Power Quality Analizer fluke 435 -----	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2 Jalannya Penelitian-----	38
Tabel 4.1 Daya pada generator fasa R-----	43
Tabel 4.2 Daya pada generator fasa S-----	43
Tabel 4.3 Daya pada generator fasa T-----	43
Tabel 4.4 Setelah melakukan pengukuran fasa R S T-----	44
Tabel 4.5 Daya pada generator fasa R-----	46
Tabel 4.6 Daya pada generator fasa S-----	46
Tabel 4.7 Daya pada generator fasa T-----	47
Table 4.8 Perhitungan rata-rata daya yang dihasilkan generator 3 fasa Dan persentase efisiensi daya listrik PLTD titi kuning-----	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Listrik adalah bentuk energi sekunder yang paling praktis digunakan pada manusia, pada dasarnya listrik dihasilkan dari proses konversi dari bahan baku seperti batu bara , minyak, gas, panas bumi, angin dan air. Mesin diesel atau baling baling. Dalam pengoperasian generator, sering terjadi fluktuasi akibat jumlah beban yang berbeda, sehingga umumnya disediakan dua atau lebih generator untuk dioperasikan secara terus menerus.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. pembangkit berbahan bakar minyak pada umumnya diidentikkan dengan pembangkit listrik tenaga disel (PLTD). Walau pada kenyataannya bahan bakar minyak juga terkadang digunakan pada PLTG. Prinsip kerja PLTD dengan menggunakan mesin diesel yang berbahan bakar *High Speed Diesel Oil* (HSDO). Mesin disel bekerja sesuai dengan siklus diesel yang mulanya dikompresi kedalam piston yang kemudian diinjeksikan dengan bahan bakar dalam tempat yang sama. Kemudian pada tekanan tertentu campuran bahan bakar dan udara akan terbakar sendirinya. Proses pembangkitan seperti ini pada kenyataannya terkadang tidak menghasilkan pembakaran yang sempurna. Hal ini yang menyebabkan efisiensi pembangkit jenis ini rendah, lebih kecil 50%. Namun apabila dibandingkan dengan mesin bensin (otto), mesin diesel pada kapasitas daya yang besar masih memiliki efisiensi yang sangat besar .

Kebutuhan listrik yang semakin lama semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi yang semakin pesat dikalangan masyarakat. Maka dari itu kualitas variable listrik harus sangat diperhatikan, terutama keefisiensian dan frekuensi. Terjadinya fluktuasi frekuensi akan berdampak buruk bagi konsumen. Frekuensi juga akan mengalami fluktuasi seiring dengan naik turunnya beban yang terpasang, efek penambahan beban pada sebuah generator yaitu terjadinya penurunan putaran generator dari keadaan sebelumnya. Dan juga sebaliknya, turunnya putaran ini mengakibatkan turunnya frekuensi, begitu juga halnya dengan penurunan beban akan terjadi kenaikan frekuensi. Pada teoritis perancangan, generator yang bekerja pada frekuensi 50 hz sudah dapat menghasilkan tegangan sebesar 220 volt, namun akibat adanya penambahan beban akan mengakibatkan penurunan tegangan yang cukup besar. Sasarannya adalah bagaimana mengatur arus kuat medan pada generator krna arus penguat medan langsung berpengaruh pada pengurangan dan penambahan tegangan tanpa mengganggu besar frekuensi yang ada, karena frekuensi hanya dipengaruhi oleh putaran sedangkan arus penguat medan dipengaruhi oleh aliran arus listrik searah.

1.2. rumusan masalah

1. Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka sistem yang akan dikaji adalah sistem daya yang dihasilkan oleh sebuah generator pembangkit listrik tenaga diesel pada phase R, S, T.
2. Untuk mengetahui efisiensi daya generator pada pengukuran phase R, S, T dengan menjumlahkan daya pada ketiga phasanya.

1.3. Tujuan penelitian

1. Menganalisis efisiensi daya listrik yang dihasilkan pada generator pembangkit listrik tenaga diesel Titi Kuning

1.4. Batasan masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel 3 fasa
2. menganalisa berdasarkan efisiensi daya generator pada masing masing fasa rangkaian saluran (R-S-T) pembangkit PLTD Titi Kuning pada pengukuran bulan Juli 2017 dan bulan September 2017.
3. Analisis daya generator setelah melakukan pengukuran pada 3 fasa.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut ;

1. Memberikan informasi pemahaman kepada masyarakat tentang efisiensi daya generator tiga fasa pada pembangkit listrik tenaga diesel Titi Kuning.
2. Memberikan informasi kepada penulis & pembacanya tentang daya generator yang dihasilkan PLTD titi kuning

1.6. Metodologi penelitian

Ada pun metodologi yang dipakai untuk. melengkapi penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Study literatur

studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan bagi penulis dan referensi bahan dengan membaca literature maupun bahan-bahan teori atau buku, data, dan internet mengenai pembangkit listrik tenaga diesel

2. Study konsultasi

Melakukan diskusi tentang topik/judul penelitian dengan dosen pembimbing dan pihak-pihak berkompeten yang mengetahui tentang pembangkit listrik tenaga diesel tersebut.

3. Study pengukuran

Melakukan penelitian dan pengukuran dilapangan dan pengambilan data pada generator Enterprise SAB_9 pada phase R,S,T dengan menggunakan alat ukur Analizer fluke 435 pada pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning pada bulan juli 2017 dan September 2017, dengan menganalisis daya pada ketiga phasanya untuk mengetahui daya generator dan efisiensi daya pada generator PLTD dengan cara menjumlahkan ketiga phasanya.

1.7. Sistematika penyusunan

Adapun sistematika penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang tinjauan pustaka relevan, proses pembangkitan energi listrik, pusat pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), generator dan mesin diesel.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, alat dan bahan melakukan pengukuran, jadwal jalannya penelitian, pengukuran pada pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning pada generator Enterprise SAB_9 pada pengukuran phase R,S,T dengan menggunakan alat ukur Analyzer fluke 435, study literature, digram alir/flowcart.

BAB IV : ANALISA DATA

Bab ini menguraikan pengolahan data yaitu menentukan persentase daya generator tiga phase pada masing-masing phase R,S,T pada bulan juli dan September 2017, analisis daya pada generator setelah melakukan pengukuran dan efisiensi daya setelah melakukan pengukuran.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dalam penyusunan tugas akhir skripsi

LAMPIRAN

Lampiran ini berisi tentang data yang diperoleh saat melakukan penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan pustaka relevan

Pembangkitan energi listrik semakin besar dengan cara memutar generator sinkron sehingga didapat tenaga listrik dengan tegangan bola-balik tiga fasa. Energi mekanik yang diperlukan untuk memutar generator sinkron didapat dimesin penggerak atau yang disebut mesin penggerak prime mover. Mesin penggerak generator yang banyak digunakan yaitu mesin diesel, turbin air, turbin uap dan turbin gas. Mesin-mesin penggerak ini mendapatkan energi dari :

- Proses pembakaran bahan bakar
- Air terjun (turbin air)

Mesin diesel adalah jenis dari mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran dalam adalah mesin panas yang ada didalamnya, energi kimia dari pembakaran dilepaskan didalam silinder mesin. Karakteristik utama dalam mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar lain adalah metoda penyalaan bahan bakar. Dalam mesin diesel bahan bakar diinjeksikan kedalam silinder, yang berisi udara yang bertekanan tinggi selama kompresi udara dalam silinder mesin maka suhu udara akan meningkat sehingga bahan bakar dalam kabut halus bersinggungan dengan udara panas ini akan menyala, dan tidak dibutuhkan penyalaan lain dari luar. Karena alasan ini mesin diesel disebut juga mesin penyalaan kompresi

Karakteristik mesin diesel lain yang penting adalah bahwa mesinnya menghasilkan puntiran yang kurang lebih tidak tergantung pada kecepatan, karenanya banyaknya udara yang diambil kedalam silinder dalam tiap langkah hisap dari torak hanya sedikit dipengaruhi oleh kecepatan mesin. Banyaknya

bahan bakar yang dapat dibakar dalam silinder dengan tiap langkah hisap dan usaha berguna yang ditimbulkan oleh aksi torak, dengan demikian hampir konstan. Sama pentingnya mesin diesel memiliki efisiensi panas lebih tinggi dari pada mesin panas lain. Menggunakan sedikit bahan bakar untuk penyediaan daya yang sama, serta menggunakan bahan bakar yang lebih murah dibandingkan bensin. (MALEEV.,DR.AM).

(AGUS SIAGIAN) Pada dasarnya listrik dihasilkan dari proses konversi dari bahan baku seperti batu bara, minyak bumi, gas, panas bumi. Sistem pembangkit listrik umumnya digunakan mesin generator AC yang digerakkan pada mesin-mesin utama. Dalam pengoperasian generator sering terjadi fluktuasi akibat jumlah beban yang berbeda, sehingga disediakan dua atau lebih generator yang dioperasikan secara terus menerus.

Melakukan penelitian pada generator pembangkit listrik tenaga gas paya pasir, pengukuran dilakukan pada saat pemeliharaan generator pembangkit listrik tersebut dengan melakukan pengukuran pada saat pengoperasiannya, dengan mengukur besar nilai dari tegangan setiap phase generator, besar arus pada setiap phase, frekuensi, factor daya, daya reaktif, daya aktif, tegangan dan arus exitasi.

Untuk mengetahui efisiensi pada daya generator maka harus dilakukan dengan menentukan daya pada masing masing fasa R,S,T nya dengan menggunakan persamaan daya pada masing-masing fasa generator dengan rumus : $(P = V \cdot I)$, setelah mengetahui daya pada setiap phase generator maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan $(P = P_s + P_t + P_r)$. Maka dari persamaan perhitungan tersebut, maka dapat dicari rata-rata daya yang dihasilkan generator tiga phase dengan persamaan $P = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{N}$

Dimana N adalah jumlah berapa kali dilakukannya pengukuran. Maka dapat di diketahui efisiensi daya pada generator pembangkit listrik PLTG paya pasir dengan rumus : $P = \frac{(P - P_{\text{teknis}})}{P} \times 100\%$.

$$P_{\text{teknis}}$$

2.2. Proses energi listrik

Proses pembangkit listrik merupakan sebuah proses pengubahan energi. Pembangkit tenaga listrik semakin besar dilakukan dengan cara memutar generator sinkron sehingga di dapat tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik tiga fasa. Energi mekanik yang di perlukan untuk memutar generator sinkron di dapat dari mesin penggerak generator atau sering disebut penggerak mula (*prim mover*). Mesin-mesin penggerak generator ini mendapat energi dari proses pembakaran bahan bakar (mesin-mesin thermal), air terjun (turbin air). Jadi sesungguhnya mesin penggerak generator melakukan konversi energi primer menjadi energi generator proses konversi energi primer menjadi energi mekanik menimbulkan sampingan berupa limbah dan kebisingan yang perlu dikendalikan agar tidak menimbulkan masalah di lingkungan.

Proses pembangkitan tenaga listrik merupakan proses konversi energi primer (bahan-bahan atau potensi air) menjadi energi mekanik penggerak generator, yang selanjutnya akan diubah menjadi energi listrik oleh generator, maka dalam pusat listrik umumnya terdapat:

1. Instalasi energi primer, yaitu instalasi bahan-bahan atau instalasi tenaga air .

2. Instalasi mesin penggerak pada generator, yaitu instalasi yang berfungsi sebagai pengubah energi primer menjadi energi mekanik penggerak generator.
3. Instalasi pendingin, yaitu yang berfungsi untuk mendinginkan mesin penggerak yang menggunakan bahan bakar .
4. Instalasi listrik, yang secara garis besar terdiri dari ;
 - i. Instalasi tenaga tinggi, yaitu instalasi yang menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan generator.
 - ii. Instalasi tegangan rendah, yaitu instalasi alat-alat bantu dan instalasi penerangan.
 - iii. Instalasi arus searah, yaitu yang terdiri dari baterai beserta pengisinya dan arus searah yang terutama digunakan untuk proteksi, kontrol dan telekomunikasi.

2.2.1. Jenis-jenis Pusat Pembangkit Listrik

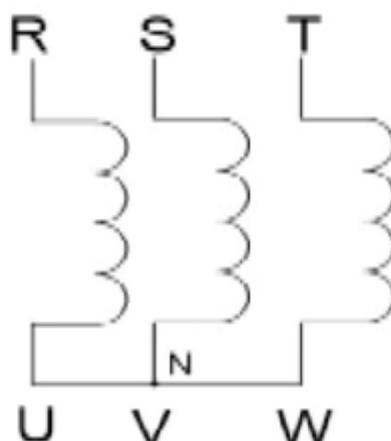
Berdasarkan jenis pusat pembangkit listrik sebagai berikut:

1. Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) pusat pembangkit yang menggunakan bahan bakar minyak.
2. Pusat pembangkit listrik Tenaga Air (PLTA) pusat pembangkit yang menggunakan tenaga air sebagai sumber energi primer.
3. Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pusat pembangkit yang menggunakan bahan bakar batu bara , minyak atau gas sebagai sumber energi primer.

4. Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTD) pusat pembangkit yang menggunakan bahan bakar gas atau minyak sebagai sumber energi primer.
5. Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) pusat pembangkit ini kombinasi PLTD dan PLTU. Gas buat dari PLTD dimanfaatkan untuk menghasilkan uap dalam ketel uap penggerak turbin uap.
6. Pusat Pembangkit Panas Bumi (PLTP) PLTP merupakan PLTU yang tidak mempunyai ketel uap karena uap penggerak turbin uapnya dari bumi.
7. Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) PLTN merupakan PLTU yang menggunakan uranium sebagai bahan bakar yang menjadi sumber primernya.

2.2.2. Instalasi Listrik dari Pusat Pembangkit Listrik

Pada umumnya listrik membangkitkan arus bolak-balik tiga fasa. Ujung-ujung statornya dari generator sinkron dihubungkan dari jepitan generator sehingga ada enam jepitan seperti gambar berikut :



Gambar 2.1 Rangkaian Generator Sinkron

Jepitan R dan U merupakan ujung-ujung kumparan pertama, S dan V dari kumparan kedua, sedangkan pada kumparan ketiga adalah T dan W, karena umumnya generator sinkron dihubungkan dengan hubunya y, maka ketiga jepitan U V W dihubungkan menjadi satu menjadi netral, seperti pada gambar di atas .

Tegangan generator maksimum saat ini adalah 2,3 kv. Tegangan generator yang tinggi masih dalam taraf uji coba. Generator-generator dengan daya di atas 10 MVA umumnya mempunyai transformator penaik tegangan yang merupakan satu kesatuan dengan generatornya. Tegangan umumnya mempunyai hubungan segitiga-bintang. Energi yang dibangkitkan generator setelah tegangan dinaiknya transformator penaik tegangan disalurkan melalui pemutus tegangan (PMT). Pemutus tegangan adalah sakelar tegangan tinggi yang mampu memutuskan arus gangguan. Arus gangguan besarnya mencapai beberapa ribu kali besarnya arus nominal.

Di depan dan di belakang setiap pemutus harus ada pemisah (PMS), yaitu saklar yang hanya boleh dioperasikan (ditutup dan dibuka) dalam keadaan tidak ada arus melaluinya, tetapi posisi pisau sakelar harus jelas terlihat. Hal ini berkaitan dengan masalah keselamatan kerja pada saat instalasi tegangan tinggi akan dibebaskan dari terganggan karena akan disentuh orang misalnya untuk pemeliharaan atau perbaikan.

Semua generator sebagai penghasil energi dihubungkan dengan rel (busbar). Begitu juga semula saluran keluar dari rel pusat pembangkit listrik yang berfungsi mengirim tenaga listrik dalam jumlah besar kelokasi lain dan ada yang berfungsi untuk menyediakan tenaga listrik dilokasi listrik pusat tersebut berada,

bahkan ada saluran (freeder atau penyulang) yang berfungsi menyediakan tenaga listrik bagi keperluan pusat listrik itu sendiri. Dalam pusat pembangkit ini juga ada instalasi listrik arus searah. Arus searah diperlukan untuk menggerakkan mekanisme pemutus tegangan (PMT) dan untuk lampu penerangan darurat. Sebagai sumber arus searah digunakan baterai aki yang diisi oleh penyearah.

2.2.3. Masalah utama dalam pembangkit listrik

Masalah utama yang dihadapi dalam pembangkitan energi listrik adalah :

1. Penyediaan energi primer

Energi primer untuk pusat thermal adalah bahan bakar, penyediaan bahan bakar meliputi pengadaan, transportasi dan penyimpanannya, terutama yang memerlukan perhatian terhadap resiko kebakaran.

2. Penyediaan air pendingin

masalah penyediaan air dingin pada pusat thermal seperti PLTU dan PLTD. PLTU dengan daya terpasang lebih dari 25 MW banyak dibangun di daerah pantai karena membutuhkan air pendingin dalam jumlah yang besar sehingga bias menggunakan air laut sebagai pendingin.

3. Masalah limbah

PLTU batu bara menghasilkan limbah berupa batu bara dan asap yang mengandung gas SO₂ dan CO₂. PLTD dan PLTD mempunyai limbah minyak pelumas. PLTN mempunyai limbah uranium.

4. Masalah kebisingan

Pusat listrik thermal mempunyai tingkat kebisingan yang tinggi berupa suara keras bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya.

5. Operasi

Operasi pusat tenaga listrik sebagian besar 24 jam sehari. Biaya penyediaan tenaga listrik sebagian besar ($\pm 60\%$) untuk operasi pusat tenaga listrik, khususnya untuk membeli bahan bakar.

6. Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan pusat tenaga listrik diperlukan untuk:

- ü Mempertahankan efisiensi.
- ü Mempertahankan keandalan.
- ü Mempertahankan umur ekonomis.

Bagian-bagian peralatan yang memerlukan pemeliharaan terutama adalah:

1. Bagian yang bergeser (bantalan, piston, ring dan lain-lain).
2. Bagian yang mempertemukan zat-zat dengan suhu yang berbeda (penukaran panas/exhanfer) dan ketel uap.
3. Kontak-kontak listrik dalam sakelar serta klem penyambung kabel listrik.

7. Gangguan

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan pemutus membuka (trip) diluar kehendak operator. Gangguan bias berupa hubung singkat dan sebagainya.

8. Pengembangan pembangkitan

Pada umumnya, pusat listrik yang berdiri sendiri maupun yang ada dalam sistem interkoneksi memerlukan pengembangan. Hal ini disebabkan karena beban yang dihadapi terus bertambah sedangkan dipihak

pembangkit yang ada menjadi semakin tua dan perlu dikeluarkan dari operasi.

9. Perkembangan teknologi pembangkit

Perkembangan teknologi pembangkit umumnya mengarah keperbaikan efisiensi dan penemuan konversi energi baru dan penemuan bahan bakar baru. Perkembangan ini meliputi perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) seperti pengembangan model matematika untuk optimasi.

2.2.4. Daya listrik

Daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu dimana pekerjaan sedang berlangsung atau kerja yang dilakukan persatuan waktu. Dari definisi ini, maka daya listrik (p) dapat dirumuskan:

Daya = energi/waktu

$$P = W/t$$

$$P = V.i.t/t$$

$$= V.i$$

$$P = I^2.R$$

$$P = V^2/R \text{ (dalam satuan volt, VA)}$$

Satuan daya listrik ;

- a. Watt (W) = joule/detik
- b. Kilowatt (KW) : 1 KW = 1000 W

Dari satuan daya maka muncullah satuan energi lainnya, maka satuan energi 1KWH= 36 x 10⁵ joule. Dalam satuan internasional (SI), satuan daya watt (W) atau setara joule per detik (J/sec). daya listrik juga diekspresikan dalam watt (W) atau kilowatt (KW). Konversi antara satuan HP dan watt, dinyatakan dengan formula sebagai berikut:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ KW}$$

$$1 \text{ KW} = 1,34 \text{ HP}$$

Perhitungan daya instalasi listrik satu phase dapat dihitung sebagai berikut;

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

Dimana :

P = power atau daya

V = voltage atau tegangan

I = intensitas atau arus

Cos phi = cosphi atau listrik satu phase

Karena cosphi pada instalasi listrik satu fasa adalah satu, maka rumus yang digunakan untuk menghitung daya listrik pada instalasi listrik 1 phase , menjadi :

$$P = V \times I$$

Perhitungan daya instalasi listrik tiga phase dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3}$$

Dimana :

P = power atau daya

V = voltage atau tegangan

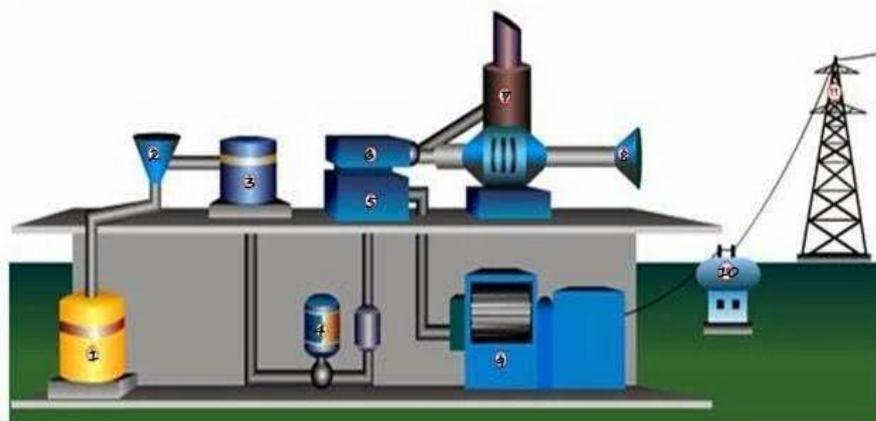
I = intensitas atau arus

Cos phi = cosphi atau listrik satu phase

$\sqrt{3} = 1,73$ (yang telah ditetapkan)

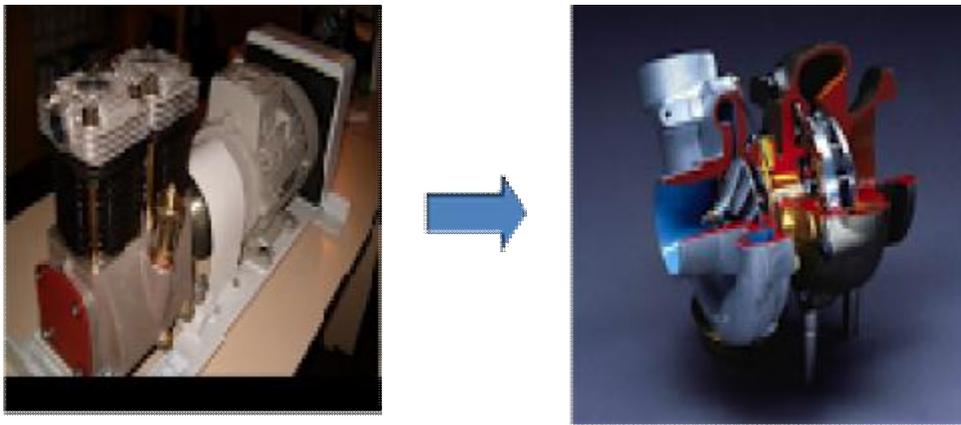
Nilai cosphi yang paling baik adalah 1 (tidak memiliki kerugian daya) untuk instalasi listrik 1 phase biasanya memiliki cosphi yang baik dengan nilai 1. Sedangkan untuk instalasi listrik 3 phase memiliki cosphi yang bervariasi tergantung seberapa banyak beban dengan daya harmonic yang ditanggung instalasi tersebut. Namun sebaiknya dalam suatu instalasi listrik 3 phase memiliki nilai cosphi yang berkisaran 0,85-0,95.

2.3. Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga diesel



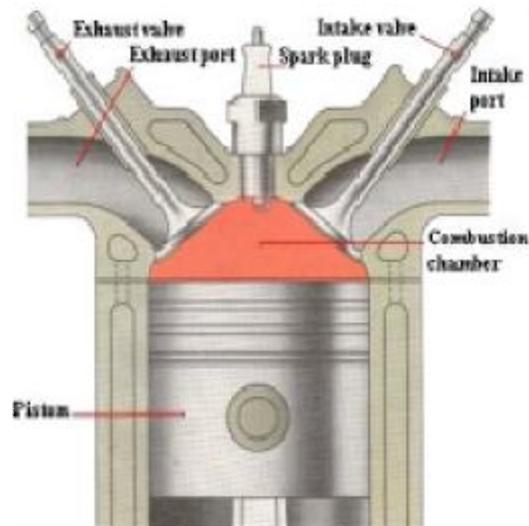
Gambar 2.2. prinsip kerja pembangkit listrik diesel

1. Bahan bakar di dalam tangki penyimpanan bahan bakar dipompakan ke dalam tangki penyimpanan sementara namun sebelumnya disaring terlebih dahulu. Kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan sementara. Jika bahan bakar adalah bahan bakar minyak (BBM) maka bahan bakar dari daily tangki dipompakan ke Pengabut (nozzel), disini bahan bakar dinaikkan temperaturnya hingga menjadi kabut. Sedangkan jika bahan bakar adalah bahan bakar gas (BBG) maka dari daily tangki dipompakan ke conversion kit (pengatur tekanan gas) untuk diatur tekanannya.
2. Menggunakan kompresor udara bersih dimasukkan ke dalam tangki udara start melalui saluran masuk (intake manifold) kemudian dialirkan ke turbocharger. Didalam turbocharger tekanan dan temperatur udara dinaikkan terlebih dahulu. Udara yang dialirkan pada umumnya sebesar 500 psi dengan suhu mencapai $\pm 600^{\circ}\text{C}$.



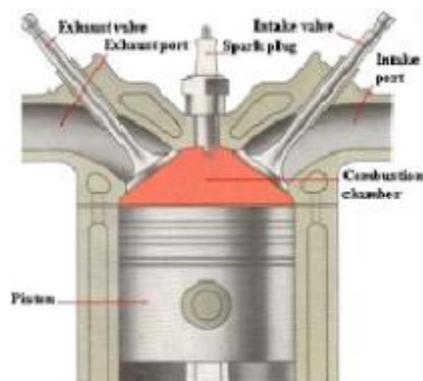
Gambar 2.3 Turbocharger untuk menaikkan tekanan dan temperature

3. Udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dimasukkan ke dalam ruang bakar (combustion chamber).



Gambar 2.4 Ruang Bakar (Combustion chamber)

4. Bahan bakar dari conversion kit (untuk BBG) atau nozzel (untuk BBM) kemudian diinjeksikan ke dalam ruang bakar (combustion chamber).



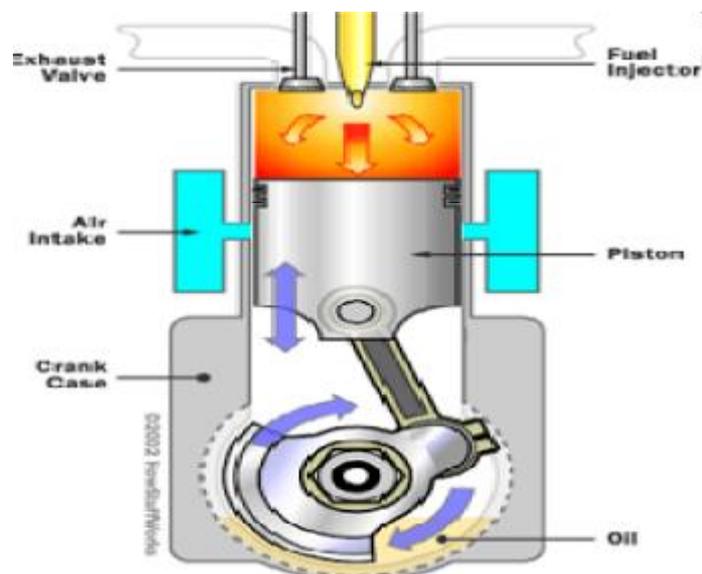
Gambar 2.5 Ruang bakar (combustion chamber)

5. Di dalam mesin diesel terjadi penyalan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimanfaatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi (35-50 atm), sehingga temperatur di dalam silinder naik. Dan pada saat itu bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar sehingga akan menyala secara otomatis yang menimbulkan ledakan bahan bakar.



Gambar 2.6 Torak atau piston

6. Ledakan pada ruang bakar tersebut menggerak torak/piston yang kemudian pada poros engkol dirubah menjadi energi mekanis. Tekanan gas hasil pembakaran bahan bakar dan udara akan mendorong torak yang dihubungkan dengan poros engkol menggunakan batang torak, sehingga torak dapat bergerak bolak balik (reciprecating). Gerak bolak balik torak akan diubah menjadi gerak rotasi oleh poros engkol (crank shaft). Dan sebaliknya gerak bolak balik torak pada langkah kompresi.



Gambar 2.7 Poros engkol mesin diesel

7. Poros engkol mesin diesel digunakan untuk menggerakkan poros rotor generator. Oleh generator energi mekanis ini dirubah menjadi energi listrik sehingga terjadi gaya gerak listrik (ggl). Ggl terbentuk berdasarkan hukum Faraday meyakini bahwa jika suatu penghantar berada dalam suatu medan magnet yang berubah-ubah dan penghantar tersebut memotong garis-garis magnet yang dihasilkan maka pada penghantar tersebut akan diinduksikan gaya gerak listrik.
8. Tegangan yang dihasilkan generator dinaikkan tegangannya menggunakan trafo step up agar energi listrik yang dihasilkan sampai ke beban. Prinsip kerja trafo berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday yaitu arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu sisi kumparan pada trafo dialiri arus bolak-balik maka timbul garis gaya magnet berubah-ubah pada kumparan terjadi induksi. Kumparan sekunder satu inti dengan kumparan primer akan menerima garis gaya magnet dari primer yang besarnya berubah-ubah pula, maka di sisi sekunder juga timbul induksi akibatnya antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan.



Gambar 2.8 Trafo step down

9. Menggunakan saluran transmisi energi listrik dihasilkan/dikirim ke beban. Di sisi beban tagangan listrik diturunkan kembali menggunakan trafo step down (jumlah lilitan sisi primer lebih banyak dari jumlah lilitan sekunder).

2.3.1. Kelebihan PLTD

1. kelebihan PLTD

Adapun kelebihan pembangkit listrik tenaga diesel sebagai berikut;

- a) Infestasi awal relatif lebih rendah.
- b) Efisiensi pada setiap tingkat beban.
- c) Membutuhkan operetor yang sedikit.
- d) Bahan bakar lebih mudah diperoleh

2. kekurangan PLTD

Adapun kekurangan pembangkit listrik tenaga diesel sebagai berikut;

- a) Kapasitas mesin diesel terbatas.
- b) Pemeliharaan harus lebih diperhatikan.
- c) Menimbulkan suara bising.
- d) Membutuhkan waktu pemanasan yang lebih lama pada saat start dalam kondisi dingin.
- e) Menimbulkan polusi yang lebih tinggi.
- f) Biaya operasional lebih tinggi.

2.3.2. Masalah utama dalam pembangkit tenaga listrik

Proses pembangkitan tenaga listrik dalam prinsipnya merupakan konversi energi primer menjadi energi mekanik penggerak generator yang selanjutnya

energi mekanik ini dikonversi oleh generator menjadi tenaga listrik. Proses demikian menimbulkan masalah-masalah berikut:

1. Penyediaan energi primer

Energi primer untuk pusat listrik termal adalah bahan bakar. Penyediaan bahan bakar meliputi : penggandaan , transportasi dan penyimpanan, terutama yang memerlukan perhatian terhadap resiko kebakaran.

2. Penyediaan air pendingin

Masalah penyediaan air pendingin timbul pada pusat termal seperti PLTU dan PLTD . PLTU dan PLTD dengan daya terpasang diatas 25 MW banyak yang dibangun di daerah pantai karena membutuhkan air pendingin dengan jumlah yang besar sehingga pusat listrik ini dapat menggunakan air laut sebagai pendingin. Untuk unit-unit PLTD yang kecil, dibawah 3 MW, pendinginnya dapat menggunakan udara dengan menggunakan radiator.

3. Masalah limbah

PLTU batubara menghasilkan limbah berupa abu batu bara dengan asap yang mengandung gas SO₂, CO₂, dan Nox. Semua PLTU mempunyai limbah bahan kimia dari air ketel (*blow down*). PLTD dan PLTD mempunyai limbah berupa minyakpelumas. PLTA tidak menghasilkan limbah, malah limbah dari masyarakat yang masuk ke sungai penggerak PLTA sering menimbulkan gangguan PLTA.

4. Masalah kebisingan pemeliharaan peralatan diperlukan untuk:

- a. Mempertahankan efisiensi.
- b. Mempertahankan keandalan.

c. Mempertahankan umur ekonomis.

5. Bagian-bagian peralatan yang memerlukan pemeliharaan

Pemeliharaan yang terutama adalah:

- i Bagian-bagian yang bergeser, seperti: bantalan, cincin pengisap (piston ring) dan engsel-engsel.
- ii Bagian-bagian yang mempertemukan zat-zat dengan suhu yang berbeda seperti: penukar panas (heat exchanger) dan ketel uap.
- iii Kontak-kontak listrik dalam sakelar serta klem klem penyambung listrik.

6. Gangguan dan kerusakan

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan Pemutusan Tenaga (PMT) membuka (trip) di luar kehendak operator sehingga terjadi pemutusan pasokan tenaga listrik. Gangguan sesungguhnya adalah peristiwa hubung singkat yang penyebabnya kebanyakan petir, dan tanaman. Gangguan dapat juga disebabkan karena kerusakan alat, sebaliknya gangguan (misalnya yang disebabkan petir) yang terjadi berkali-kali akhirnya mengakibatkan alat (misalnya transformator) menjadi rusak.

7. Pengembangan pembangkit

Pada umumnya, pusat listrik yang berdiri sendiri maupun yang ada dalam sistem interkoneksi memerlukan pengembangan. Hal ini disebabkan karena beban yang dihadapi terus bertambah sedangkan di pihak lain pihak unit pembangkit yang ada menjadi semakin tua dan perlu dikeluarkan dari operasi.

8. Perkembangan teknologi pembangkit

Perkembangan teknologi pembangkit umumnya mengarah pada perbaikan efisiensi dan penemuan teknik konversi energi yang baru dan penemuan bahan bakar baru. Perkembangan ini meliputi segi perangkat keras (hardware) seperti komputerisasi dan juga meliputi segi perangkat lunak (software) seperti pengembangan model matematika untuk optimasi

2.3.3. Mutu tenaga listrik

Dengan makin pentingnya peranan tenaga listrik dalam kehidupan sehari-hari, khususnya bagi keperluan industri, maka mutu tenaga listrik juga menjadi tuntutan yang makin besar dari pihak pemakai tenaga listrik. Mutu tenaga listrik ini meliputi:

- a) Kontinuitas penyediaan; apakah tersedia 24 jam sehari sepanjang tahun.
- b) Nilai tegangan; apakah selalu ada dalam batas-batas yang diijinkan.
- c) Nilai frekuensi; apakah selalu ada dalam batas-batas yang diijinkan.
- d) Kedip tegangan; apakah besarnya dan lamanya masih dapat diterima oleh pemakai tenaga listrik.

2.3.4. Transmisi dan Distribusi

Apabila saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke pusat-pusat beban dalam jumlah besar, maka saluran distribusi berfungsi membagikan tenaga listrik tersebut kepada pihak pemakai melalui saluran tegangan rendah. Generator sinkron dipusat pembangkit biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6-20 kV yang kemudian, dengan bantuan transformator tegangan tersebut dinaikkan menjadi 150-500 kV. Saluran tegangan tinggi (STT) menyalurkan tegangan listrik menuju pusat pada gardu induk (GI),

tenaga listrik yang diterima kemudian dilepaskan menuju trafo distribusi (TD) dalam bentuk tegangan menengah 20 kV. Melalui trafo distribusi yang tersebar di berbagai pusat pusat beban, tegangan distribusi primer ini diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380V yang akhirnya diterima pihak pemakai.

2.3.5. Mesin diesel



Gambar 2.9 Mesin Diesel

Mesin Diesel adalah penggerak utama untuk mendapatkan energi listrik dan dikeluarkan oleh Generator. Pada mesin diesel energi bahan bakar diubah menjadi energi mekanik dengan proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Kemudian pada proses engkol dirubah menjadi energi putar. Energi putar ini digunakan untuk memutar generator yang merubahnya menjadi energi listrik. Mesin diesel adalah sejenis motor bakar yang penyalannya dengan cara bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder, yang berisi tekanan udara dalam silinder maka suhu udara akan meningkat, sehingga bahan bakar dalam bentuk kabut halus bersinggungan dan bercampur dengan udara

panas, maka proses pembakaran akan terjadi dengan sendirinya. Mesin diesel terdiri dari 2 susunan silinder pada mesin yaitu:

- a. Mesin diesel 4-Langkah
- b. Mesin diesel 2-Langkah

Karakteristik utama dari mesin diesel yang membedakannya dari motor bakar yang lain adalah metode penyalaan bahan bakar. Dalam mesin diesel bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder, yang berisi udara bertekanan tinggi. Selama kompresi udara dalam silinder mesin maka suhu udara meningkat, sehingga ketika bahan bakar dalam bentuk kabut halus, bersinggungan dengan udara panas akan menyala dan tidak dibutuhkan alat penyalaan lain dari luar. Karena alasan ini mesin diesel disebut juga mesin penyalaan kompresi.

Karakteristik yang penting dari mesin diesel adalah bahwa mesinnya menghasilkan puntiran yang kurang lebih tidak tergantung pada kecepatan, karena banyaknya udara yang diambil ke dalam silinder dalam tiap langkah hisap dari torak hanya sedikit dipengaruhi oleh kecepatan mesin. Banyaknya bahan bakar yang dapat dibakar di dalam silinder dengan tiap langkah hisap dan usaha berguna yang ditimbulkan oleh aksi torak. Dengan demikian hampir konstan.

2.3.5.1. Pemilihan Mesin Diesel

Untuk suatu pembangkit listrik tenaga diesel pemilihan mesin diesel sebagai penggerak mula didasarkan atas faktor kecepatan. Meski sering kali dibagi menjadi beberapa kelas yaitu mesin kecepatan rendah, mesin kecepatan sedang, dan mesin kecepatan tinggi.

Menurut VL.Maleev.ME.DR.AM dalam operasi dan pemeliharaan mesin diesel bahwa kecepatan berbagai mesin diesel yang ada dibagi menjadi 4 kelas yaitu:

1. Mesin kecepatan rendah dengan faktor kecepatan 3 atau dengan kecepatan 500-1000 rpm.
2. Mesin kecepatan sedang dengan faktor kecepatan 3 sampai 9 atau kecepatan 1000 – 1500 rpm.
3. Mesin dengan kecepatan tinggi dengan faktor kecepatan 9 sampai 27 atau kecepatan 1500 rpm.
4. Mesin dengan kecepatan sangat tinggi dengan faktor kecepatan 27 sampai 81 atau lebih kecepatan 1500 rpm.

Jika mesin dipasang untuk operasikan secara terus menerus dan kalau diinginkan umur panjang biaya perawatan murah, maka digunakan mesin dengan kecepatan rendah atau kecepatan sedang.

2.3.5.2.Prinsip Kerja Mesin Diesel

Secara teoritis, mesin diesel 2-langkah dengan dimensi dan jumlah putaran per detik yang sama dibandingkan dengan mesin diesel 4- langkah, dapat menghasilkan daya 2 x lebih besar. Hal ini disebabkan karena pada mesin diesel 2-langkah untuk menghasilkan 1 kali langkah tenaga diperlukan 2-langkah atau setiap 1 putaran, sedangkan pada mesin diesel 4-langkah tenaga terjadi pada setiap 4-langkah atau setiap 2 putaran. Namun dalam praktek angka 2 kali lebih besar untuk daya yang didapat pada mesin diesel 2-langkah tidak tercapai (hanya sekitar 1,8 kali). Hal ini disebabkan karena proses pembilasan ruang silinder mesin diesel 2-langkah tidak sebersih pada mesin diesel 4-langkah, karena proses pembakaran ini, maka efisiensi mesin diesel 2-langkah tidak bisa sebaik efisiensi mesin diesel 4-langkah. Pemakaian bahan bakarnya jauh lebih boros.

2.4. Generator

Generator adalah alat yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik diperoleh dari suatu peralatan penggerak mula yaitu mesin diesel dan kemudian energi mekanik diteruskan pada poros generator sehingga memutar rotor generator dan menghasilkan daya listrik.

Ada dua jenis generator berdasarkan komponen utama di stator yaitu:

- a) Generator dengan kutub menonjol.
- b) Generator dengan kutub tidak menonjol atau rotor silindris.

Generator dengan kutub menonjol biasanya lebih ekonomis dari kutub silindris. Untuk mesin putaran rendah yaitu 1500 rpm ke bawah digunakan generator dengan kutub menonjol, sedangkan generator dengan kutub tidak menonjol yang mempunyai kumparan yang terdistribusi secara merata sehingga untuk putaran tinggi rotor ini mempunyai kekuatan mekanis yang tinggi dibandingkan dengan kutub menonjol. Biasanya generator dengan kutub silindris dipakai untuk putaran tinggi yaitu 3000 rpm ke atas.

2.4.1. Kecepatan Putar Generator

Putaran medan magnetik mesin berhubungan dengan frekuensi listrik stator dengan persamaan:

$$n_s = \frac{20 \cdot F}{P}$$

Dimana:

n_s = kecepatan sinkron motor (rpm)

F = frekuensi (Hz)

P= Jumlah kutub motor

Jadi untuk membangkitkan tegangan listrik dengan frekuensi 50 atau 60 hz, generator harus berputar dengan kecepatan tetap bergantung pada jumlah kutub mesin. Pada unit PLTD PT. PLN (persero) Pembangkitan Sumatera bagian Utara sektor unit Medan, generator yang digunakan adalah generator kutub menonjol dengan jumlah kutub (P) sebanyak 14 kutub dan frekuensi (f) 50 Hz sehingga diperoleh kecepatan putar generator (Ns) dengan menggunakan rumus di atas yaitu:

$$\begin{aligned} n_s &= \frac{120}{P} \cdot f \\ &= \frac{120}{14} \cdot 50 \\ &= 428,57 \text{ rpm.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, diperoleh kecepatan putar setiap generator tersebut dibulatkan sebanyak 429 rpm.

2.4.2. Tegangan Induksi Generator Sinkron

Tegangan jala jala dan generator adalah sumber catu daya. Tegangan jala jala adalah sumber catu daya primer dan generator sebagai sumber catu daya cadangan. ACOS (automatic change over switch) adalah sebuah panel saklar pindah dari catu daya utama ke catu daya cadangan. Bila terjadi gangguan pada catu daya utama maka beban yang tersambung akan putus sesaat dan kemudian diambil alih oleh generator. Bila catu daya utama masuk lagi maka beban langsung

diambil oleh catu daya utama sesuai pengesetan ACOS., kemudian generator akan mati dalam beberapa menit sesuai setting.

Operational Generator biasanya dilengkapi dengan panel ACOS yaitu panel saklar pindah dari catu daya utama ke catu daya sekunder atau sebaliknya yang dikontrol oleh sebuah unit control automatic, bila terjadi gangguan pada catudaya primer maka beban yang tersambung akan putus sesaat untuk kemudian diambil alih oleh generator dan bila catu daya utama masuk lagi maka beban langsung diambil alih oleh beban utama, kemudian generator akan mati dalam beberapa menit sesuai dengan setting ACOS. Untuk catu daya dengan Tegangan Menengah (TM) digunakan tegangan step-up untuk menaikkan tegangan dari output generator agar sesuai/sama dengan tegangan jaringan distribusi tegangan menengah (TM) dan selanjutnya tegangan listrik didistribusikan lewat gardu gardu trafo distribusi (*transformator step-down*) sampai ke beban. Selain ACOS pengontrolan genset juga menggunakan AMF dan AT. Automatic Main Failure (AMF) dapat mengendalikan transfer suatu alat dari suplai utama ke suplai cadangan atau dari suplai cadangan ke suplai utama.

Catu daya utama (tegangan jala jala) tidak selalu menyalurkan energi listriknya, kadang mengalami gangguan. AMF akan beroperasi saat catu daya utama (PLN) dengan mengatur catu daya cadangan (genset) untuk start. Sumber listrik dari PLN saat beroperasi tegangannya naik turun di atas batas yang telah ditentukan. Proses genset akan diberikan beban maka akan ada proses starting yang berfungsi untuk membuat genset terlebih dahulu panas dan untuk menarik daya yang akan diberikan beban sehingga prosesnya lebih optimal (proses starting ini berdurasi 15 detik terhitung setelah sumber dari PLN padam).

2.4.3. Pengaruh jumlah putaran Mesin Diesel

Mesin diesel yang digunakan PLTD Titi Kuning mesin diesel 4-langkah karena masalah ruangan tidak menjadi soal dan yang lebih penting adalah pemakaian bahan bakarnya lebih hemat. Karena frekuensi yang harus dihasilkan generator harus konstan 50 Hz atau 60 Hz, maka putaran mesin diesel harus konstan. Di pasaran, terdapat unit pembangkit diesel dengan putaran (untuk frekuensi 50 Hz) dari 300 putaran per menit sampai dengan 1500 putaran per menit (rpm). Untuk daya yang semakin tinggi nilai rpmnya, makin kecil dimensi unit pembangkitnya dan harga per KW terpasang juga lebih murah. Tetapi karena banyaknya bagian yang bergerak pada mesin diesel, makin tinggi nilai mesin rpm diesel, makin tinggi nilai rpm mesin diesel makin sering mesin diesel mengalami gangguan. Oleh karena itu untuk unit pembangkit diesel yang harus beroperasi kontinu, lebih baik digunakan pembangkit yang mempunyai nilai rpm rendah. Sedangkan untuk unit pembangkit cadangan, dapat digunakan unit dengan nilai rpm yang tinggi. BBM untuk mesin diesel yang tersedia di Indonesia disediakan oleh Pertamina, yaitu:

1. Kualitas No. 1 high speed Diesel Oil, biasa disebut HSD.
2. Kualitas No. 2 Intermediate Diesel Oil, biasa disebut IDO.
3. Kualitas No. 3 Marine Fuel Oil, biasa disingkat MFO.

Dengan memperhitungkan efisiensi generator yang diputar oleh mesin Dieseldan mengingat 1 daya kuda = 736 watt, maka apabila daya mesin diesel keluar diketahui, selanjutnya dapat dihitung daya keluar dari generator yang diputar di mesin diesel. Dalam pembangkitan tenaga listrik yang menggunakan

mesin diesel, putaran mesin diesel harus konstant 50 Hz atau 60 Hz sehingga untuk pengaturan daya keluar dari generator, yang diatur hanya nilai BMEP. Pengaturan nilai BMEP ini dilakukan dengan mengatur pemberian bahan bakar yang harus diikuti oleh pengaturan pemberian udara. Hal ini disebabkan bahan bakar memerlukan udara untuk pembakaran. Terlalu banyak udara atau terlalu sedikit untuk pembakaran menyebabkan pembakaran bahan bakar dalam silinder mesin diesel yang putarannya konstan. Perubahan pemberian udara pembakaran secara seimbang sehingga nilai efisiensi maupun nilai BMEP tidak konstan sebagai fungsi beban. Oleh karena itu, unit pembangkit diesel sebaiknya dioperasikan dengan beban konstan yang menghasilkan efisiensi maksimum, yaitu pada kira-kira beban 80%.

2.4.4. Operasi Pemeliharaan Mesin Diesel

Umumnya semua pembangkit diesel dapat distart tanpa memerlukan tenaga listrik dari luar (dapat melakukan black start). Men-start mesin diesel dengan daya di bawah 50 KW dapat dilakukan dengan tangan melalui engkol. Untuk daya di atas 50 KW sampai kira-kira 100 KW, umumnya distart dengan menggunakan baterai aki.

2.4.5. Sistem Start Manual

Sistem start ini dipakai untuk mesin diesel dengan daya mesin yang relatif kecil yaitu <30 PK. Cara untuk menghidupkan mesin diesel pada sistem ini adalah dengan menggunakan penggerak engkol start pada poros engkol atau poros hubung yang akan digerakkan oleh tenaga manusia. Jadi sistem start ini sangat bergantung pada faktor manusia sebagai operatornya.

2.4.6. Sistem Start Elektrik

Sistem ini dipakai oleh mesin diesel yang memiliki daya sedang yaitu < 500 PK. Sistem ini menggunakan motor DC dengan suplai listrik dari baterai/accu 12 atau 24 volt untuk menstart diesel/ Saat start, motor DC mendapat suplai listrik dari baterai atau accu dan menghasilkan torsi yang dipakai untuk menggerakkan diesel sampai mencapai putaran tertentu. Baterai atau accu yang dipakai dapat dipakai untuk menstart sebanyak 6 kali tanpa diisi kembali. Karena arus start yang dibutuhkan motor DC cukup besar maka dipakai dinamo yang berfungsi sebagai generator DC. Pengisian ulang baterai atau accu digunakan alat bantu berupa battery charger mendapat suplai listrik dari PLN, sedangkan pada saat diesel bekerja maka suplai dari battery charger didapat oleh generator. Fungsi dari pengaman tegangan adalah untuk memonitor tegangan baterai atau accu, sehingga apabila tegangan dari baterai atau accu sudah mencapai 12/24 volt, yang merupakan tegangan standarnya, maka hubungan antara battery charger dengan baterai atau accu akan diputus oleh pengaman tegangan.

2.4.7. Sistem Start Kompresi

Sistem start ini dipakai oleh diesel yang memiliki daya besar yaitu > 500 PK. Sistem ini memakai motor dengan udara bertekanan tinggi untuk start dari mesin diesel. Cara kerjanya yaitu dengan menyimpan udara ke dalam suatu botol udara. Kemudian udara tersebut dikompresi sehingga menjadi udara panas dan bahan bakar solar dimasukkan ke dalam *fuel Injection Pump* serta disemprotkan lewat nozzle dengan tekanan tinggi. Akibatnya akan terjadi pengkabutan dan pembakaran di ruang bakar. Pada saat tekanan di dalam tabung turun sampai

batas minimum yang ditentukan, maka kompresor akan secara otomatis menaikkan tekanan udara di dalam tabung hingga tekanan dalam tabung mencukupi dan siap untuk melakukan starting mesin diesel. Sistem start yang dipakai di Pusat listrik PLTD Titi Kuning adalah sistem kompresi.

2.4.8. Sistem Pengaman Genset

Sistem pengaman genset harus dapat bekerja cepat dan tepat dalam mengisolir gangguan agar tidak terjadi kerusakan fatal. Proteksi pada mesin generator ada 2 macam yaitu:

1. Pengamanan alarm bertujuan memberitahukan kepada operator bahwa ada sesuatu yang tidak normal dalam operasi mesin generator dan agar operator segera bertindak.
2. Pengamanan trip berfungsi untuk menghindarkan mesin generator dari kemungkinan kerusakan karena ada sistem yang berfungsi tidak normal maka mesin akan stop secara otomatis. Jenis proteksi antara lain:
 - a. Putaran lebih (*over speed*).
 - b. Temperature air pendingin tinggi
 - c. Tekanan minyak pelumas rendah & reverse power.

2.4.9. Baterai (Battery dan Accu)

Battery merupakan suatu proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik yang berupa sel listrik. Pada dasarnya sel listrik terdiri dari dua buah logam/konduktor yang berbeda yang dicelupkan ke dalam larutan maka akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan gaya gerak listrik antara ke dua konduktor tersebut. Proses pengisian battery dengan cara mengalirkan arus

melalui sel sel dengan arah yang berlawanan dengan aliran arus dalam proses pengosongan sehingga sel akan dikembalikan dalam keadaan semula. Battery yang digunakan pada sistem otomatis genset berfungsi sebagai sumber arus DC pada starting diesel.

2.4.10. Battery Charger

Alat ini berfungsi untuk proses pengisian battery dengan mengubah tegangan PLN 220 V atau dari generator itu sendiri menjadi 12/24 V menggunakan rangkaian penyearah. Battery Charger ini biasanya dilengkapi dengan pengaman hubung singkat (short Circuit) berupa sekering/fuse.

2.4.10.1. Pentanahan (*groundin*)

- a. Pentanahan sistem, pentanahan untuk suatu titik pada penghantar arus dari sistem. Pada umumnya titik tersebut adalah titik netral dari suatu mesin, transformator atau untuk rangkaian listrik tertentu.
- b. Pentanahan peralatan sistem. Pentanahan untuk suatu bagian yang tidak membawa arus dari sistem, misalnya semua logam seperti saluran tempat kabel, kerangka mesin, batang pemegang saklar dan penutup kontak saklar.

2.4.10.2. Relay Pengaman Pada Genset

- a. Relay arus lebih *Thermal Over Load Relay*(TLOR) digunakan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor dari kerusakan akibat beban lebih atau terjadinya hubungan singkat antara hantaran yang menuju jaring atau antara fasa.

- b. Relay tegangan lebih bekerja bila tegangan yang dihasilkan generator melebihi batas nominalnya.
- c. Relay diferensial bekerja atas dasar perbandingan tegangan atau perbandingan arus yang mengalir pada hantaran yang menuju jaringan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di PT PLN titi kuning Rayon paya pasir, jalan brigjen katamso km 5,5 , Medan Johor, Sumatera Utara, pada pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning dengan pengukuran daya pada generator tiga phase pada phase R, phase S, phase T .

3.2. Peralatan dan bahan

Adapun alat dan bahan yang di butuhkan pada saat melakukan pengukuran sebagai berikut:

- GENERATOR bertujuan sebagai mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik yang diperoleh oleh suatu penggerak mula yaitu mesin diesel dan kemudian energi mekanik diteruskan keporos generator sehingga memutar rotor generator yang menghasilkan energi listrik.
- Mesin Diesel berfungsi sebagai penggerak mula untuk mendapatkan energi listrik yang dikeluarkan generator.
- Analizer fluke berfungsi sebagai alat uji analisis untuk mengevaluasi kinerja elektrik dan mekanis elektrik.

3.3. Jadwal jalannya penelitian

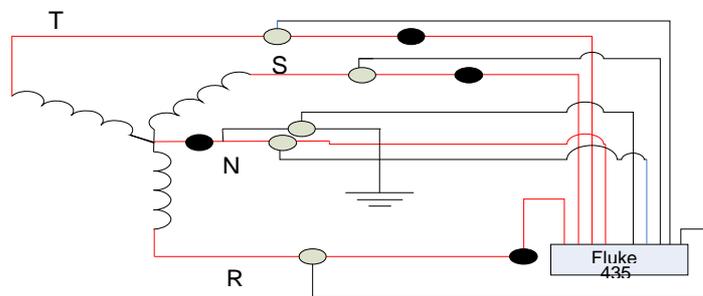
Berikut dijelaskan jadwal kegiatan penulisan Tugas Akhir dengan judul “ Analisis Efisiensi Daya Listrik pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga

3.4. Pengukuran pada pembangkit listrik tenaga diesel pada phase R, S, T

Dalam melakukan penelitian pada Generator Pembangkitan Listrik Tenaga Diesel Titi Kuning Medan, pengukuran dilakukan pada saat dilaksanakannya pemeliharaan Generator pembangkitan listrik tersebut. Dalam pemeliharaan ini dilakukan pengukuran pada generator dengan menggunakan Power Quality Analyzer Fluke 435.

Pengukuran pada generator ini dilakukan saat pengoperasiannya, dengan mengukur besar nilai dari tegangan pada setiap fasa generator, besar arus pada setiap fasa, frekuensi, faktor daya, daya reaktif, daya aktif.

Adapun gambar rangkaian pengukuran dengan menggunakan Power Quality Analyzer Fluke 435 seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



—
—

BNC Input (arus) : Banana

Input (Tegangan)

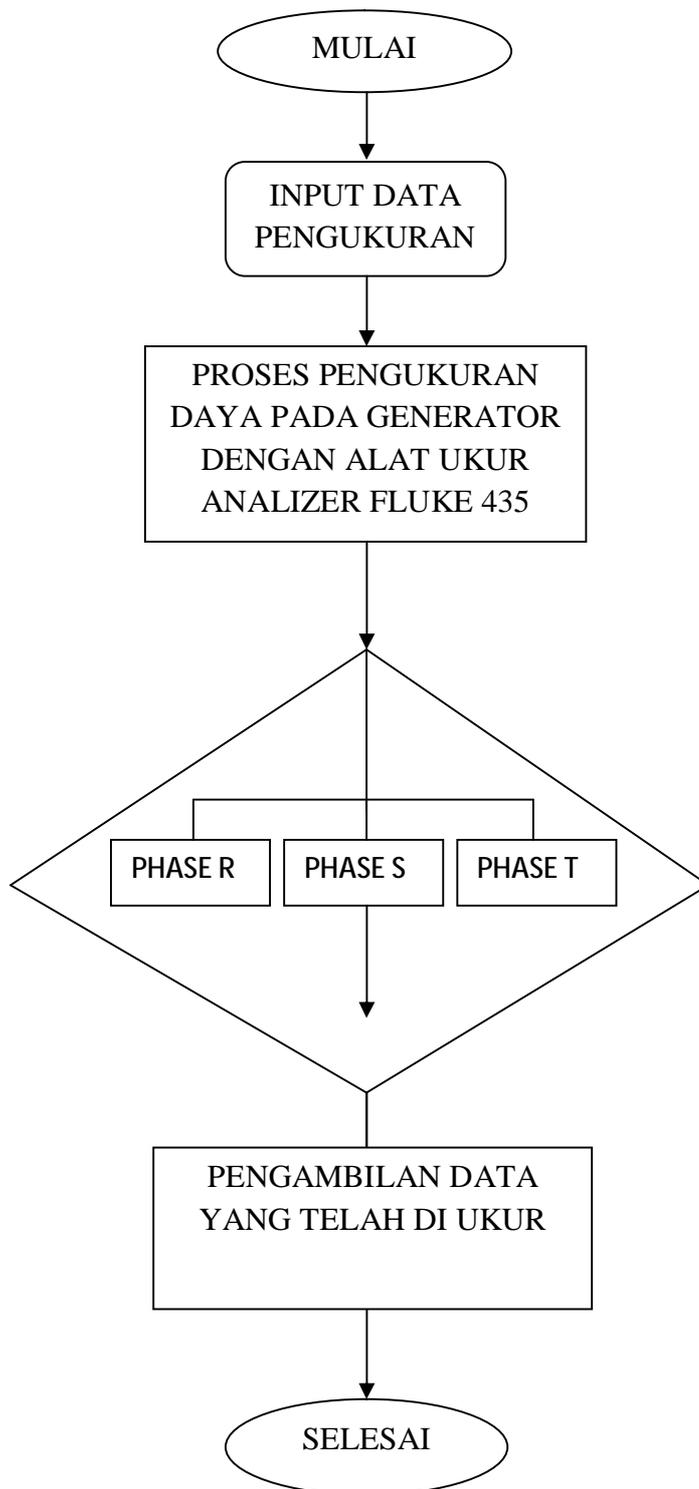
Gambar 3.1 Rangkaian Pengukuran dengan menggunakan Power Quality Analyzer Fluke 435

Setelah dilakukan pengukuran pada generator, maka penulis menyusun hasil yang diperoleh kedalam bentuk data yang terdapat dalam lampiran tugas akhir ini.

3.5. Study literatur

Dalam melakukan penelitian tidak cukup hanya melakukan pengukuran pada generator. Langkah yang dilakukan penulis yaitu melakukan study literatur, yaitu berupa pemahaman teori dari berbagai buku-buku dan dari orang-orang yang ahli dibidang Diesel terutama ahli yang bekerja di PT PLN PLTDTiti Kuning Medan tersebut. Adapun hasil yang diperoleh penulis melalui study literatur ini, terdapat pada tinjauan pustaka.

3.6. Diagram alir sistem



BAB IV

HASIL DATA PENELITIAN

4.1. Menentukan Persentase Daya Generator tiga phase

4.1.1. Menentukan Daya Generator Pembangkit PLTD Titi Kuning Secara Teori

Dari data yang diperoleh pada generator jenis ENTERPRISE SAB_9 buatan USA dengan daya 13 MW (35) MVA artinya bahwa secara teknisnya generator pembangkit tersebut hanya mampu menghasilkan daya sampai sebesar 35 MVA.

4.1.2. Menentukan Daya Generator Setelah Melakukan Pengukuran Pada Generator Pembangkit PLTD Titi Kuning Medan

4.1.2.1. Menentukan Daya Pada Masing-Masing Fasa (R-S-T) Pada Pengukuran bulan Juli 2017

Dengan Menggunakan Persamaan daya pada masing-masing fasa generator dapat dihitung.

$$P = V.I \cdot \cos \emptyset \cdot \sqrt{3}$$

4.1.2.1.1. Daya Pada Generator Fasa R

$$P_R = V_R \cdot I_R \cos \emptyset \cdot \sqrt{3}$$

4.2. Analisis Daya Pada Generator

Ketika generator listrik beroperasi, secara umum memiliki frekuensi sebesar 49,5 Hz sampai 50 Hz dengan tegangan sebesar 7 KV. Selama pengoperasian generator sebelum frekuensinya mencapai nilai sebesar 49,5 Hz sampai 50 Hz maka generator belum dapat menghasilkan daya listrik yang dapat didistribusikan kepada masyarakat. Daya pada generator setelah frekuensi mencapai 49,5 Hz sampai 50 Hz dapat dianalisis sebagai berikut:

4.2.1. Analisis Daya Generator Setelah Melakukan Pengukuran

Total daya yang diberikan oleh sebuah generator tiga fasa atau yang diserap oleh suatu beban tiga fasa dapat diperoleh dengan menjumlahkan daya pada ketiga fasanya. Maka dapat dilakukan penghitungan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = (P_R + P_S + P_T)$$

N

Maka pada saat tiap jam pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai daya sebesar:

4.4 Tabel setelah melakukan pengukuran fasa R S T

P	P _R	P _S	P _T	P = P _R +P _S +P _T
1	2,7814	3,8482	3,8482	10,4778
2	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
3	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
4	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
5	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
6	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446

Maka dari penghitungan diatas, maka dapat dicari rata-rata daya yang dihasilkan oleh generator tiga fasa dengan persamaan :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N}$$

Dimana N adalah jumlah berapa kali dilakukan pengukuran.

$$\begin{aligned} \text{Maka } P &= \frac{10,4778 + 11,5446 + 11,5446 + 11,5446 + 11,5446 + 11,5446}{6} \\ &= 11,3660 \text{ MW} \end{aligned}$$

Jadi daya yang dihasilkan oleh generator pembangkit listrik PLTD TitiKuning setiap saatnya adalah sebesar 11,3660 MW. Sesuai dengan data teknis generator dapat kita analisis bahwa generator ENTERPRISE SAB_9 kita dapatkan efisiensinya :

$$\%n = \frac{(P_i - P_r)}{P_i} \times 100\%$$

$$\%P = \frac{(13 \text{ MW} - 11,3660)}{13} \times 100 \%$$

$$\%P = 1,634 / 13$$

$$= 0,1256 \times 100 = 12,56 \%$$

Jadi efisiensi daya pada generator pembangkit listrik tenaga diesel (Buatan pabrik ENTERPRISE SAB-9, USA) sebesar 12,56% artinya bahwa generator pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning masih dapat bekerja optimal dan dapat menghasilkan daya sebesar 2,708 MW setiap saatnya.

4.2.1.1. Menentukan Daya Pada Masing-Masing Fasa (R-S-T) Pada Pengukuran Bulan September 2017.

Dengan Menggunakan Persamaan daya pada masing-masing fasa generator dapat dihitung.

4.2.1.1.1. Daya Pada Generator Fasa R

$$P_R = V_R \cdot I_R \cos \phi \cdot \sqrt{3}$$

4.5 Tabel pengukuran fasa R

V_R	I_R	$\cos \phi$	$\sqrt{3}$	$P_R = V_R \cdot I_R \cos \phi \cdot \sqrt{3}$
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482

4.2.1.1.2. Daya Pada Generator Fasa S

Formula yang digunakan:

$$P_S = V_S \cdot I_S \cos \phi \cdot \sqrt{3}$$

4.6 Tabel pengukuran fasa S

V_R	I_R	$\cos \phi$	$\sqrt{3}$	$P_R = V_R \cdot I_R \cos \phi \cdot \sqrt{3}$
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482

4.2.1.1.3. Daya Pada Generator Fasa T

$$P_T = V_T \cdot I_T \cos \emptyset \cdot \sqrt{3}$$

4.7 Tabel pengukuran fasa T

V_R	I_R	$\cos \emptyset$	$\sqrt{3}$	$P_R = V_R \cdot I_R \cos \emptyset \cdot \sqrt{3}$
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,3	0,8	1,73	2,7814
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482
6,7	0,4	0,83	1,73	3,8482

4.3. Perhitungan rata-rata Daya yang dihasilkan Generator 3 Fasa dan persentase efisiensi Daya PLTD Titi Kuning.

Total daya yang diberikan oleh sebuah generator tiga fasa atau yang diserap oleh suatu beban tiga fasa dapat diperoleh dengan menjumlahkan daya pada ketiga fasanya. Maka dapat dilakukan penghitungan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = (P_R + P_S + P_T)$$

N

Maka pada saat tiap jam pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai daya sebesar:

4.8 Tabel setelah melakukan pengukuran fasa R S T

P	P_R	P_S	P_T	$P = P_R + P_S + P_T$
1	2,7814	2,7814	2,7814	8,3442
2	2,7814	2,7814	2,7814	8,3442
3	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
4	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
5	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446
6	3,8482	3,8482	3,8482	11,5446

Maka dari penghitungan diatas, maka dapat dicari rata-rata daya yang dihasilkan oleh generator tiga fasa dengan persamaan :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N}$$

Dimana N adalah jumlah berapa kali dilakukan pengukuran.

$$\begin{aligned} \text{Maka } P &= \frac{8,3442+8,3442+11,5446+11,5446+11,5446+11,5446}{6} \\ &= 10,4778 \text{ MW} \end{aligned}$$

Jadi daya yang dihasilkan oleh generator pembangkit listrik PLTD TitiKuning setiap saatnya adalah sebesar 10,4778 MW. Sesuai dengan data teknis generator dapat kita analisis bahwa generator ENTERPRISE SAB_9 kita dapatkan efisiensinya :

$$\%P = \frac{(P_i - P_r)}{P_i} \times 100\%$$

$$\%P = \frac{(13 \text{ MW} - 10,4778)}{13} \times 100 \%$$

$$\%P = 2,5222 / 13$$

$$= 0,1940 \times 100 = 19,4 \%$$

Jadi efisiensi daya pada generator pembangkit listrik tenaga diesel (Buatan pabrik ENTERPRISE SAB-9, USA) sebesar 19,4% artinya bahwa generator pembangkit listrik tenaga diesel titi kuning masih dapat bekerja optimal dan dapat menghasilkan daya sebesar 2,807 MW setiap saatnya.

4.4. Analisis Suplay Daya PLTDTiti Kuning

4.4.1. Analisis Suplay Daya PLTD Kuning Titi Kuning Pada Bulan Juli 2017.

Dalam tugasnya menghasilkan energi listrik dibawah naungan PLN pembangkitan Sumbagut, PLTDTiti Kuning ditargetkan memproduksi daya sebesar 13 MW. Sesuai dengan perhitungan daya hasil dari generator pembangkit PLTDTiti Kuning diatas kita peroleh dayanya sebesar 11,3660 MW.

Dengan menganalisis daya tersebut maka PT PLN Titi Kuning Medan masih dapat mensuplay daya listrik kepada PT PLN lain yang membutuhkan sebesar $13\text{MW} - 11,3660 = 1,63\text{ MW}$.

Dari analisis daya diatas dapat dilihat bahwa adanya daya yang masih tersimpan di PT PLN Titi Kuning yang masih dapat disalurkan ke PT PLN pembangkit lain yang masih kekurangan daya untuk disalurkan ke masyarakat, dan dapat dilihat juga adanya penurunan jumlah daya yang tersisa pada bulan Juli 2017 dibandingkan dengan bulan September 2017.

4.4.2. Analisis Suplay Daya PLTDTiti Kuning Pada bulan September 2017

Dalam tugasnya menghasilkan energi listrik dibawah naungan PLN pembangkitan Sumbagut, PLTD Titi Kuning ditargetkan memproduksi daya sebesar 13 MW. Sesuai dengan perhitungan daya hasil dari generator pembangkit PLTDTiti Kuning diatas kita peroleh dayanya sebesar 10,4778 MW.

Dengan menganalisis daya tersebut maka PT PLN Titi Kuning Medan masih dapat mensuplay daya listrik kepada PT PLN lain yang membutuhkan sebesar $13\text{ MW} - 10,4778\text{ MW} = 2,522\text{ MW}$.

Dari analisis daya diatas dapat dilihat bahwa adanya daya yang masih tersimpan di PT PLN Titi Kuning yang masih dapat disalurkan ke PT PLN pembangkit lain yang masih kekurangan daya untuk disalurkan ke masyarakat, dan dapat dilihat juga adanya penurunan jumlah daya yang tersisa pada bulan Juli 2017 dibandingkan dengan bulan September 2017.

4.5. Analisis Daya Terhadap Frekuensi

Jika terdapat gangguan dalam sistem yang menyebabkan daya tersedia tidak dapat melayani beban, misalnya karena ada unit pembangkit yang besar jatuh (trip), maka untuk menghindarkan sistem menjadi collapsed perlu dilakukan pelepasan beban. Keadaan yang kritis dalam sistem karena jatuhnya unit pembangkit dapat dideteksi melalui frekuensi sistem yang menurun dengan cepat. Makin besar unit pembangkit yang jatuh (makin besar daya tersedia yang hilang) makin cepat frekuensi menurun.

Dari data yang diperoleh penulis pada bulan Juli 2017 dari perhitungan daya maka dapat dilihat adanya frekuensi yang menurun dengan cepat yaitu dari frekuensi 50 hertz (pukul 18.00WIB) sampai ke frekuensi 49,5 hertz (pukul 23.00 WIB) Untuk mengatasi kekurangan daya maka dilakukan pelepasan beban sehingga diperoleh daya yang dihasilkan oleh generator tetap stabil yaitu :

Pada saat frekuensi tertinggi yaitu 50 Hertz diperoleh daya sebesar 3,8482 MW dan pada saat frekuensi terendah yaitu 49,5 hertz diperoleh daya sebesar 3,8482 MW.

Dari data yang diperoleh penulis pada bulan September 2017 terjadi penurunan frekuensi dengan cepat yaitu dari 50 hertz hingga 49,5 hertz.

Pada frekuensi tertinggi yaitu 50 hertz diperoleh daya sebesar 2,7814 MW dan pada frekuensi terendah yaitu 49,5 hertz diperoleh daya sebesar 3,8482 MW.

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa pada saat terjadi trip, generator yang bekerja dapat menghasilkan daya yang stabil pada bulan Juli 2017.

Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa pada saat terjadi trip, generator yang bekerja dapat menghasilkan daya yang stabil pada bulan Juli 2017 maupun pada bulan September 2017.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dengan menganalisis daya listrik PLTDTiti Kuning Medan maka Pada bulan Juli 2017 tersebut maka PT PLN Titi Kuning Medan masih dapat mensuplay daya listrik kepada PT PLN lain yang membutuhkan daya listrik sebesar $13\text{MW} - 11,3660\text{ MW} = 1,634\text{ MW}$

Dengan menganalisis daya listrik PLTDTiti Kuning Medan maka pada bulan September 2017, PT PLN Titi Kuning Medan masih dapat mensuplay daya listrik kepada PT PLN lain yang membutuhkan daya listrik sebesar $13\text{ MW} - 10,4778\text{ MW} = 2,522\text{ MW}$

Dari analisis tersebut maka PLTDTiti Kuning Medan masih dapat menyimpan daya listrik yang dapat disuply ataupun masih dapat menyalurkan daya listrik ke PT PLN pembangkit lain yang masih kekurangan daya untuk disalurkan ke masyarakat, dan dapat dilihat juga adanya penurunan jumlah daya yang tersisa pada bulan Juli 2017 dibandingkan dengan September 2017.

Dari hasil analisis daya terhadap frekuensi dapat dilihat bahwa pada saat terjadi trip, generator yang bekerja dapat menghasilkan daya yang stabil pada bulan Juli 2017 maupun pada bulan September 2017.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk dilakukan penelitian selanjutnya lebih lanjut, yaitu:

- a. Sebaiknya penelitian selanjutnya, dapat membuktikan kemana daya listrik yang hilang dari generator pembangkit PLTD Titi Kuning .
- b. Untuk penelitian selanjutnya, penulis mengharapkan agar dapat membuktikan sasaran daya listrik yang menyimpang dari target penyaluran oleh pembangkit listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Maalev, (2005). *“Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel”*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Sianipar Pangihutan, (2008). *“Sistem Pemeliharaan Preventive Maintenance pada Pembangkit Tenaga Diesel”*, Penerbit Universitas Sumatera Utara, Medan..

Siagian Agus, (2010). *“Analisis Efisiensi Daya Listrik pada Generator Pembangkit PLN PERSERO PAYA PASIR”*, MEDAN.

Putra Reza Syah, *“Analisis Daya Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi PLTP”*, Sibayak.

Sumanto, (1999). *“Motor Listrik Arus Bolak-balik Motor Sinkron Motor Induksi”*, Penerbit Andy Offset, Yogyakarta.

Marsudi Djuteng , (2005). *“Pembangkit Energi Listrik”*, Penerbit Erlangga, Jakarta.