

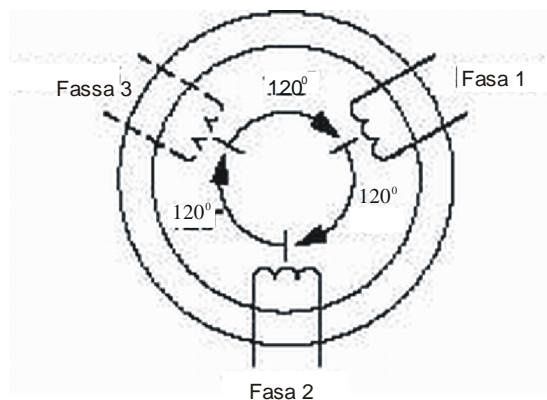
KODE MODUL

TU.014



SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
BIDANG KEAHLIAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Teknik Dasar Generator



BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

2003

KATA PENGANTAR

Modul TEKNIK DASAR GENERATOR digunakan sebagai panduan kegiatan belajar untuk membentuk salah satu kompetensi, yaitu : Mengoperasikan Peralatan Pendukung. Modul ini dapat digunakan untuk peserta diklat Program Keahlian Teknik Transmisi, Teknik Suitsing, dan Teknik Jaringan Akses Pelanggan.

Modul ini memberikan latihan untuk mempelajari teknik cara pengoperasian generator berkapasitas kecil (genset) untuk pembangkit cadangan . Modul ini berisi lima kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1 membahas dasar-dasar generator arus bolak-balik. Kegiatan belajar 2 membahas pengoperasian generator set manual. Kegiatan belajar 3 membahas pengoperasian generator set secara otomatis, dan kegiatan belajar 4 membahas sistem pengaman generator.

Yogyakarta, Desember 2003

Penyusun,

Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

DAFTAR ISI

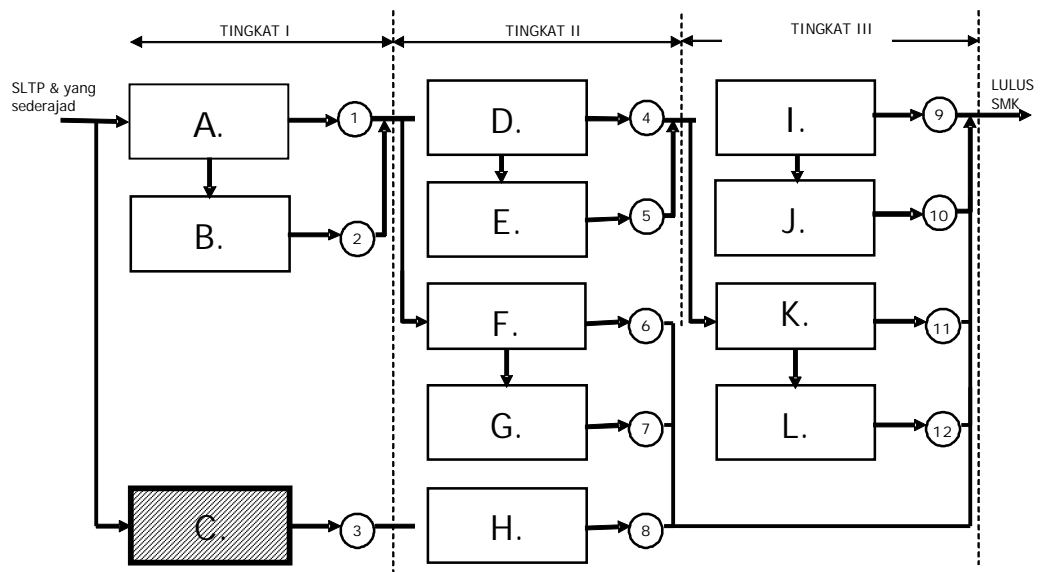
	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL	v
PERISTILAHAN / GLOSSARY	vii
I. PENDAHULUAN	
A. Deskripsi	1
B. Prasyarat.....	1
C. Petunjuk Penggunaan Modul.....	2
D. Tujuan Akhir.....	3
E. Kompetensi	4
F. Cek Kemampuan.....	5
II. PEMBELAJARAN	
A. Rencana Belajar Peserta Diklat	6
B. Kegiatan Belajar	
1. Kegiatan Belajar 1 Dasar-dasar Generator Arus Bolak-balik	
a. Tujuan kegiatan belajar 1.....	7
b. Uraian materi 1	7
c. Rangkuman 1.....	12
d. Tugas 1	13
e. Tes formatif 1	13
f . Kunci jawaban formatif 1	13
g. Lembar kerja 1.....	14
2. Kegiatan Belajar 2 Pengoperasian Gen Set Manual	
a. Tujuan kegiatan belajar 2.....	15
b. Uraian materi 2	15

c. Rangkuman 2.....	22
d. Tugas 2	22
e. Tes formatif 2	22
f . Kunci jawaban formatif 2	23
g. Lembar kerja 2.....	23
3. Kegiatan Belajar 3 Pengoperasian Gen Set Otomatis	
a. Tujuan kegiatan belajar 3.....	26
b. Uraian materi 3	26
c. Rangkuman 3.....	30
d. Tugas 3	30
e. Tes formatif 3	30
f . Kunci jawaban formatif 3	30
g. Lembar kerja 3.....	31
4. Kegiatan Belajar 4 Sistem Pengaman Gen Set	
a. Tujuan kegiatan belajar 4.....	33
b. Uraian materi 4	33
c. Rangkuman 4.....	38
d. Tugas 4	38
e. Tes formatif 4	38
f . Kunci jawaban formatif 4	38
g. Lembar kerja 4.....	39
III. LEMBAR EVALUASI	
A. Pertanyaan	40
B. Kunci Jawaban Lembar Evaluasi.....	40
C. Kriteria Kelulusan	41
IV. PENUTUP	42
DAFTAR PUSTAKA	43

PETA KEDUDUKAN MODUL

A. Diagram Pencapaian Kompetensi

Diagram ini menunjukkan tahapan urutan pencapaian kompetensi yang dilatihkan pada peserta diklat dalam kurun waktu tiga tahun. Modul Teknik Dasar Generator merupakan salah satu dari 11 modul untuk membentuk kompetensi Mengoperasikan Peralatan Pendukung Telekomunikasi (blok C).



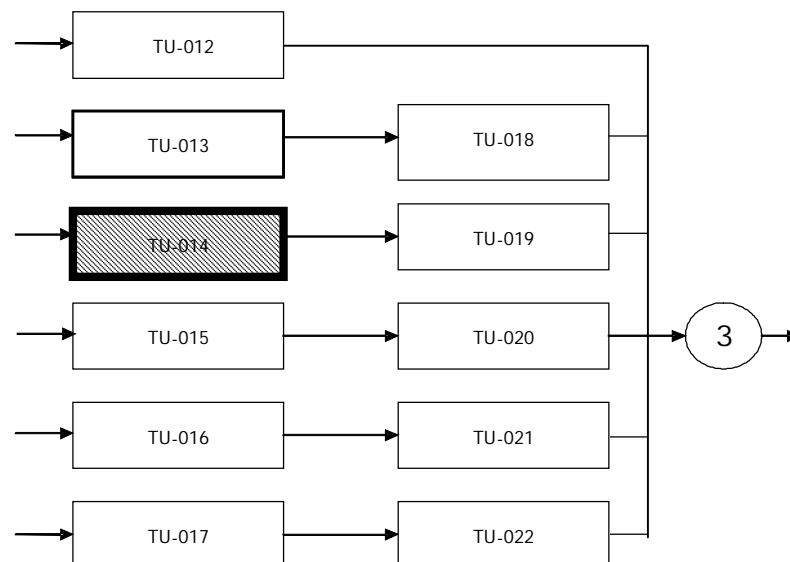
Keterangan :

- A. : Mengoperasikan peralatan: telekomunikasi konsumen/ suitsing PABX
- B. : Memelihara peralatan: telekomunikasi konsumen/ suitsing PABX
- C. : Mengoperasikan peralatan pendukung: transmisi/ jaringan akses / sentral
- D. : Mengoperasikan peralatan: transmisi radio terestrial/ jaringan lokal akses tembaga/ sentral PSTN
- E. : Memelihara peralatan: transmisi radio terestrial/ jaringan lokal akses tembaga/ sentral PSTN
- F. : Mengoperasikan peralatan: transmisi optik/ jaringan lokal akses radio/ pensinyalan pada sentral
- G. : Memelihara peralatan: transmisi optik/ jaringan lokal akses radio/ pensinyalan pada sentral

- H. : Memelihara peralatan: pendukung transmisi/ jaringan akses/ sentral
- I. : Mengoperasikan peralatan: transmisi seluler/ jaringan telekomunikasi akses fiber/ sentral ISDN
- J. : Memelihara peralatan: transmisi seluler/ jaringan lokal akses fiber/ sentral ISDN
- K. : Mengoperasikan peralatan: transmisi satelit/ jaringan lokal akses xDSL/ trafik POTS
- L. : Memelihara peralatan: transmisi satelit/ jaringan lokal akses xDSL/ trafik POTS

B. Kedudukan Modul

Modul dengan kode TU-013 ini merupakan prasyarat untuk menempuh modul TU-018.



Keterangan :

- TU-012 Teknik Pemadam Kebakaran
- TU-013 Teknik Dasar Motor Diesel
- TU-014 Teknik Dasar Generator
- TU-015 Teknik Dasar Rectifier Dan Inverter
- TU-016 Teknik Dasar Batere Dan UPS
- TU-017 Teknik Dasar AC
- TU-018 Teknik Pengoperasian Motor Diesel
- TU-019 Teknik Pengoperasian Generator
- TU-020 Teknik Pengoperasian Rectifier dan Inverter
- TU-021 Teknik Pengoperasian Batere Dan UPS
- TU-022 Teknik Pengoperasian AC

GLOSSARY/PERISTILAHAN

- Air murni : air bersih yang tidak mengandung kotoran penyebab korosi
- exciter : tegangan penguat
- Induktif : sifat tahanan kumparan
- Kapasitif : sifat tahanan kondensator
- Normally Closed (NC) : keadaan normal kontak tertutup
- Normally Open (NO): keadaan normal kontak terbuka
- Omsakelar : saklar pemilih
- Resistif : sifat tahanan murni
- Rotor : bagian mesin yang bergerak
- Stator : bagian mesin yang diam
- Supply Emergency : sumber tenaga listrik cadangan/ darurat

BAB I

PENDAHULUAN

A. Deskripsi Judul

Teknik Dasar Generator membahas cara pengoperasian generator berkapasitas kecil (genset) untuk pembangkit cadangan. Modul ini terdiri atas lima kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1 membahas dasar-dasar generator arus bolak-balik. Kegiatan belajar 2 membahas cara mengoperasikan generator set manual (GenSet). Kegiatan belajar 3 membahas cara mengoperasikan GenSet secara otomatis. Kegiatan belajar 4 membahas sistem pengamanan generator set.

Setelah menguasai modul ini peserta diklat diharapkan mampu mengoperasikan Generator berkapasitas kecil sebagai pembangkit cadangan.

B. Prasyarat

Modul ini merupakan modul awal yang tidak memerlukan prasyarat bagi peserta diklat pada Bidang Keahlian Teknik Telekomunikasi.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Petunjuk Bagi peserta Diklat

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini :

- a Bacalah dengan seksama uraian-uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar. Bila ada materi yang kurang jelas, peserta didik dapat bertanya pada guru atau instruktur yang mengampu kegiatan belajar.
- b Kerjakan setiap tugas (soal latihan) untuk mengetahui pemahaman peserta diklat tentang materi-materi yang dibahas setiap kegiatan belajar.
- c Untuk kegiatan belajar yang terdiri dari teori dan praktik, perhatikanlah hal-hal berikut ini :
 - 1) Perhatikan petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang berlaku.
 - 2) Pahami setiap langkah kerja (prosedur praktikum) dengan baik.
 - 3) Sebelum melaksanakan praktikum, tentukan peralatan dan bahan yang diperlukan dengan cermat.
 - 4) Gunakan alat sesuai prosedur pemakaian yang benar.
 - 5) Untuk melakukan kegiatan praktikum yang belum jelas, harus memberitahu guru atau instruktur terlebih dahulu.
 - 6) Setelah selesai, kembalikan alat dan bahan ke tempat semula
- d. Jika belum menguasai level materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada guru atau instruktur yang mengampu kegiatan pembelajaran yang bersangkutan.

2. Peran Guru

Setiap kegiatan belajar guru atau instruktur berperan untuk :

- a. Membantu peserta diklat dalam merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing, mengarahkan kegiatan belajar dan membantu peserta diklat untuk mencapai tujuan masing – masing kegiatan pembelajaran secara efektif.
- c. Sewaktu-waktu dapat menjadi narasumber, bila peserta diklat yang menemukan kesulitan dalam memahami materi pembelajaran.

D. Tujuan Akhir

1. Peserta diklat mampu menjelaskan prinsip kerja generator arus bolak-balik
2. Peserta diklat mampu mengoperasikan generator set (Gen Set) secara manual
3. Peserta diklat mampu mengoperasikan sistem generator set (Gen Set) secara otomatis
4. Peserta diklat mampu menjelaskan sistem pengaman yang ada pada gen set
5. Peserta diklat mampu mempararel sistem pararel dua gen set.
6. Peserta diklat mampu menjelaskan sistem generator set (Gen Set) secara otomatis.

E. Kompetensi

Modul TU-014 membentuk subkompetensi Mengoperasikan motor diesel sebagai penggerak generator yang menjadi salah satu unsur untuk membentuk kompetensi mengoperasikan peralatan pendukung telekomunikasi. Uraian subkompetensi ini dijabarkan seperti di bawah ini.

Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
C2. Mengoperasikan mesin diesel/ generator.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prinsip kerja mesin diesel/ generator dipelajari berdasarkan pada standar yang berlaku 2. Kebutuhan mesin diesel yang dipakai diidentifikasi sesuai dengan SOP yang berlaku. 3. Mesin diesel / generator dipersiapkan sesuai dengan SOP yang berlaku. 	Mesin diesel /generator untuk peralatan transmisi telekomunikasi.	Teliti, cermat, dan kritis dalam mengoperasikan mesin diesel/ generator	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cara kerja mesin disel genset 2. Sistem udara pembakaran dan sistem katup. 3. Sistem pelumas dan sistem bahan bakar. 4. Sistem pendinginan dan kelistrikan. 5. Motor listrik dan generator 	Mengoperasikan mesin diesel generator.

A. CEK KEMAMPUAN

Sebelum mempelajari modul TU-014, isilah dengan cek list (Ö) kemampuan yang telah dimiliki peserta diklat dengan sikap jujur dan dapat dipertanggung jawabkan :

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban 'Ya', kerjakan
		Ya	Tidak	
Teknik Dasar Generator	1. Menguasai dasar-dasar generator arus bolak-balik			Tes formatif 1
	2. Menguasai sistem operasi generator set secara manual			Tes formatif 2
	3. Menguasai sistem operasi generator se secara otomatis			Tes formatif 3
	4. Menguasai sistem pengaman generator			Tes formatif 4

Apabila peserta diklat menjawab Tidak, pelajari modul ini

BAB II

PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Rencanakan setiap kegiatan belajar anda dengan mengisi tabel di bawah ini dan mintalah bukti belajar kepada guru jika telah selesai mempelajari setiap kegiatan belajar.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Paraf Guru
1. Dasar-dasar generator arus bolak-balik					
2. Mengopersikan mesin genset manual					
3. Mengoperasikan mesin genset otomatis					
4. Sistem Pengaman generator					

B. KEGIATAN BELAJAR

1. KEGIATAN BELAJAR 1 : Dasar Generator Arus Bolak-balik

a. Tujuan

Peserta diklat diharapkan menguasai dasar-dasar generator arus bolak-balik dengan benar.

b. Uraian Materi

1. Pengertian Generator Arus Bolak-balik

Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator Arus Bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator, generator AC (alternating current), atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

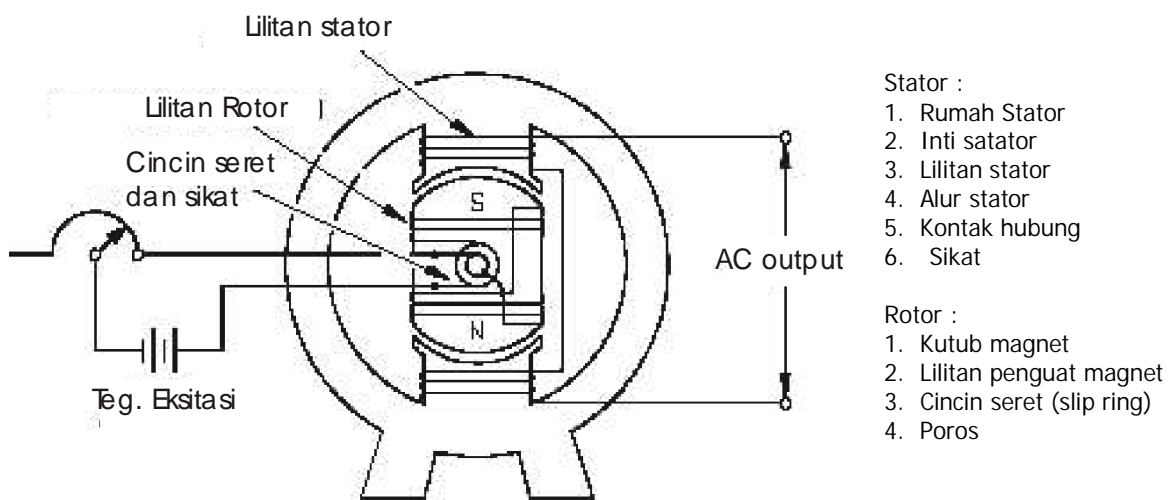
Generator arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

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

2. Konstruksi Generator Arus Bolak-balik

Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu : (1) stator, yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik, dan (2) rotor, yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Stator terdiri dari badan generator yang

terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate pada generator. Inti Stator yang terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Sedangkan, rotor berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Konstruksi dari generator sinkron ini dapat dilihat pada Gambar 1.

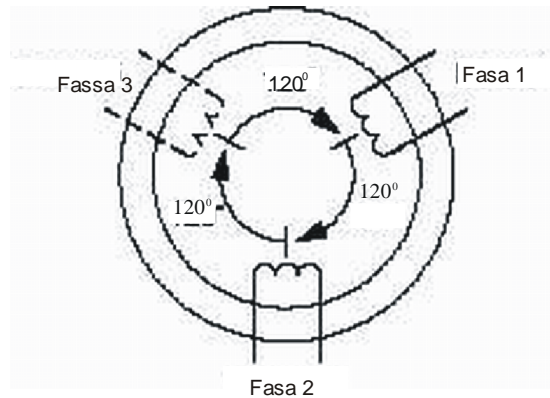


Gambar 1 Konstruksi Generator Arus Bolak-balik

3. Prinsip Kerja Generator Arus Bolak-balik

Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik.

Prinsip kerja generator arus bolak-balik tiga fasa (alternator) pada dasarnya sama dengan generator arus bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan outputnya berbeda fasa 120° pada masing-masing fasa seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema Lilitan Stator Generator Tiga Fasa

Besar tegangan generator bergantung pada :

1. Kecepatan putaran (N)
2. Jumlah kawat pada kumparan yang memotong fluk (Z)
3. Banyaknya fluk magnet yang dibangkitkan oleh medan magnet (F)

4. Jumlah Kutub

Jumlah kutub generator arus bolak-balik tergantung dari kecepatan rotor dan frekuensi dari ggl yang dibangkitkan. Hubungan tersebut dapat ditentukan dengan persamaan :

$$f = \frac{pn}{120}$$

- dimana : f = frekuensi tegangan (Hz)
 p = jumlah kutub pada rotor
 n = kecepatan rotor (rpm)

5. Generator Tanpa Beban dan Berbeban.

· Generator Tanpa Beban (Beban Nol)

Jika poros generator diputar dengan kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan I_f , maka tegangan E_0 akan terinduksi pada kumparan jangkar stator sebesar :

$$E_0 = cn\Phi$$

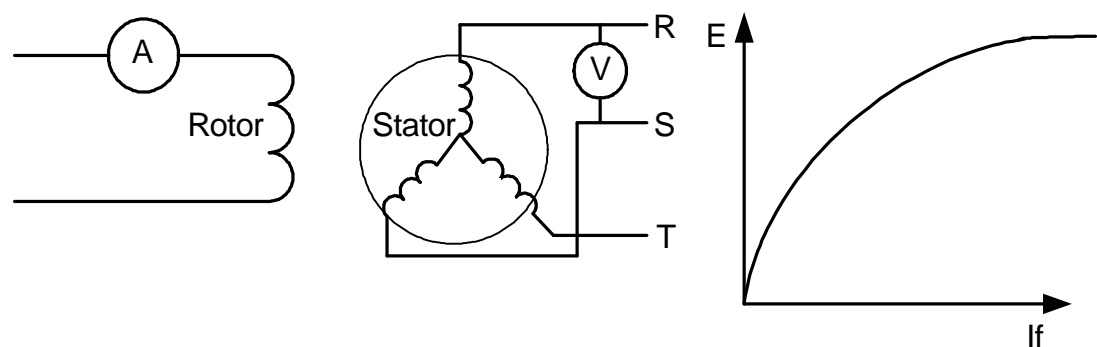
dimana :

c = konstanta mesin

n = putaran sinkron

Φ = fluks yang dihasilkan oleh I_f

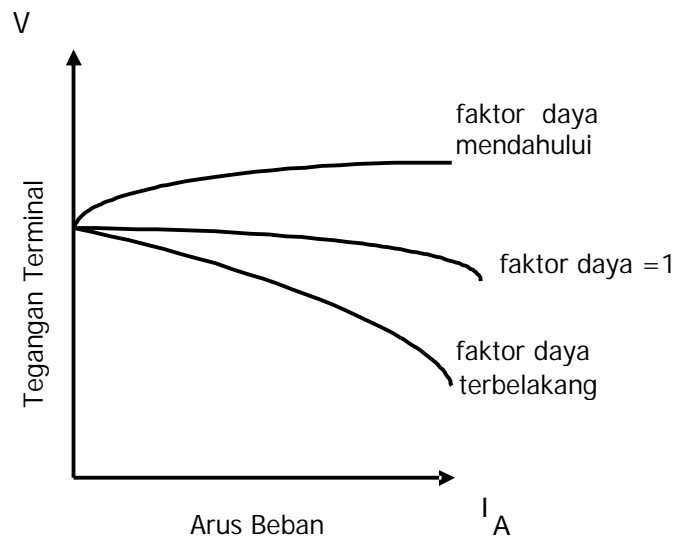
Generator arus bolak-balik yang dioperasikan tanpa beban, arus jangkarnya akan nol ($I_a = 0$) sehingga tegangan terminal $V_t = V_a = V_o$. Karena besar ggl induksi merupakan fungsi dari flux magnet, maka ggl induksi dapat dirumuskan: $E_a = f(\Phi)$, yang berarti pengaturan arus medan sampai kondisi tertentu akan mengakibatkan ggl induksi tanpa beban dalam keadaan saturasi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan dan Karakteristik Generator Tanpa Beban

· Generator Berbeban

Tiga macam sifat beban jika dihubungkan dengan generator, yaitu : beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Akibat pembeban ini akan berpengaruh terhadap tegangan beban dan faktor dayanya. Gambar 4 menunjukkan jika beban generator bersifat resistif mengakibatkan penurunan tegangan relatif kecil dengan faktor daya sama dengan satu. Jika beban generator bersifat induktif terjadi penurunan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya terbelakang (lagging). Sebaliknya, Jika beban generator bersifat kapasitif akan terjadi kenaikan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya mendahului (leading).



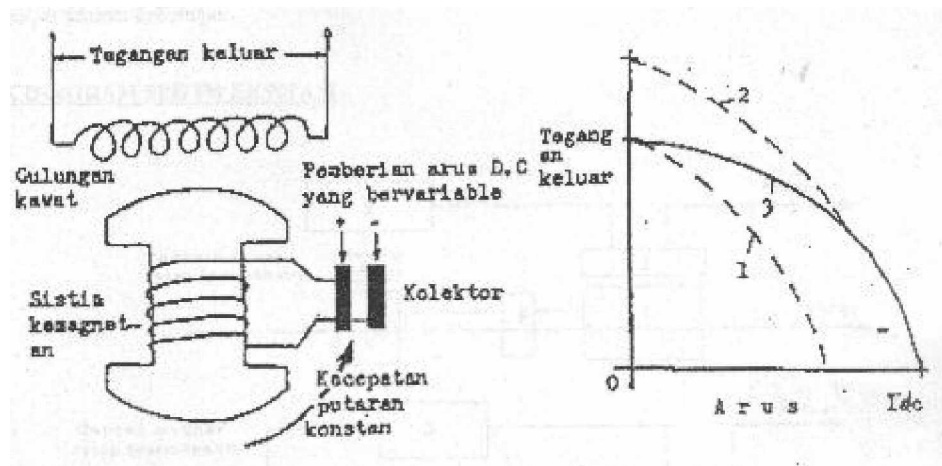
Gambar 4 Karakteristik Berbeban

Hubungan antara tegangan tanpa beban (E_o) dengan tegangan berbeban (V) disebut regulasi tegangan, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Regulasi tegangan} = \frac{E_o - V}{V} \times 100\%$$

6. Sistem Penguat (Exciter)

Saat generator dihubungkan dengan beban akan menyebabkan tegangan keluaran generator akan turun, karena medan magnet yang dihasilkan dari arus penguat relatif konstan. Agar tegangan generator konstan, maka harus ada peningkatan arus penguatan sebanding dengan kenaikan beban. Gambar 5 menunjukkan sistem arus penguatan pada generator dan karakteristik tegangan keluarannya.



Gambar 5 Prinsip Kerja Exciter Generator

Keterangan :

- Garis lengkung 1 : Karakteristik tegangan keluaran tanpa beban yang diperoleh dari medan magnet minimum.
- Garis lengkung 2 : Karakteristik tegangan dengan penambahan arus penguatan maksimum.
- Garis lengkung 3 : Karakteristik yang bervariasi dengan mengatur arus penguatan sesuai kebutuhan beban.

c. Rangkuman

Uraian di atas dapat disimpulkan :

1. Konstruksi generator arus bolak-balik terdiri dari dua bagian utama, yaitu : stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang bergerak).

2. Prinsip dasar generator arus bolak-balik menggunakan Hukum Faraday.
3. Frekuensi generator sebanding dengan jumlah kutub dengan kecepatan sinkron generator.
4. Ada 3 macam sifat beban generator, yaitu : beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif.

d. Tugas

1. Pelajarilah uraian materi tentang pengetahuan dasar-dasar generator arus bolak-balik
2. Setelah paham kerjakanlah tes formatif 1 dan lembar kerja 1
3. Apabila ada kesulitan bertanyalah kepada guru pendamping
4. Setelah menyelesaikan tes formatif maupun lembar kerja kumpulkan hasil kerja anda kepada guru
5. Diskusikan hasil kerja anda pada teman

e. Tes Formatif

1. Sebutkan bagian-bagian utama dari generator arus bolak-balik tiga fasa!
2. Terangkan prinsip dasar kerja generator arus bolak-balik!
3. Generator dengan $f = 50$ Hz, dan mempunyai jumlah pasang kutub ($P=4$), Tentukan besarnya putaran mesin!
4. Sebutkan macam-macam beban pada generator, dan sebutkan contoh-contohnya!

f. Kunci Jawaban Formatif

1. Rotor : Bagian yang diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik
Stator : Bagian yang bergerak dimana terdapat penguatan arus DC sehingga menjadi magnet dan menginduksi ke stator.
2. Prinsip dasar kerja generator arus bolak-balik adalah Hukum Faraday.

3.

$$n_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = 150 \text{ rpm}$$

4. Beban resistor, contoh dari jenis beban ini ialah lampu pijar, alat pemanas.
Beban induktor, contohnya yaitu kumparan, motor-motor listrik, lampu TL
Beban kapasitor, contohnya yaitu kondensator

g. Lembar Kerja

Alat dan Bahan

Satu unit Gen Set (SPD) manual lengkap dengan alat ukur, sakelar, generator exciter serta penggerak mula (diesel).

Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktek
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar
3. Hati-hati dalam melakukan praktek
4. Ikutilah langkah pengoperasian Gen Set dengan benar

Langkah Kerja

1. Sediakan alat dan bahan yang dibutuhkan
2. Perhatikan komponen-komponen yang ada pada generator set
3. Catat data-data yang ada pada generator set
4. Jelaskan juga spesifikasi dari data-data yang ada pada generator

2. KEGIATAN BELAJAR 2 : Mengoperasikan Generator Set Manual

a. Tujuan

Peserta diklat diharapkan dapat mengoperasikan dan mematikan generator set manual dengan benar.

b. Uraian Materi

1. Prosedur Pengoperasian Generator

Prosedur pengoperasian generator harus mengikuti SOP (standard operation procedure) yang ada sebagai petunjuk operator dalam mengoperasikan suatu unit pembangkit. Prosedur pengoperasian dalam suatu sistem pembangkit secara umum dibagi menjadi empat tahapan, yaitu :

a) Tahap persiapan

Sebelum mengoperasikan generator set perlu dilakukan prosedur pemeriksaan secara keseluruhan. Pemeriksaan sebelum pengoperasian akan menjamin kinerja generator berfungsi dengan baik. Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum mengoperasikan generator set, yaitu :

- 1) Sistem start
- 2) Sistem pelumasan
- 3) Sistem pendingin
- 4) Sistem bahan bakar
- 5) Sistem kontrol
- 6) Sistem proteksi
- 7) Sistem interlock
- 8) Sistem governor

Bila pemeriksaan sistem di atas dalam kondisi yang baik, maka generator dalam kondisi siap untuk dijalankan.

b) Tahap menjalankan generator

Tahap ini merupakan langkah menjalankan mesin generator dengan putaran rendah kemudian putaran dinaikkan sampai ke putaran nominal. Setelah kecepatan putar mesin mencapai putaran nominal, perlu dilakukan pengecekan terhadap parameter yang ada pada unit tersebut agar berada dalam keadaan normal. Setelah pengecekan unit dalam kondisi normal kemudian mesin siap untuk dilakukan pembebanan.

c) Tahap pembebanan

Setelah generator berputar pada kecepatan normal dan dalam kondisi baik, maka siap dilakukan pembebanan pada sistem operasi. Pembebanan pada generator dapat bersifat resistif, induktif maupun kapasitif tergantung dari jenis beban yang diterima oleh generator.

d) Tahap menghentikan generator

Jangan langsung mematikan mesin secara tiba-tiba. Lepaskan atau turunkan bebannya terlebih dahulu secara perlahan-lahan, kemudian biarkan mesin bekerja tanpa beban untuk memberikan kesempatan pada mesin menyesuaikan temperatur kerja seiring dengan penurunan pemakaian bahan bakar. Bila sedang diparalel generator harus dilepaskan dahulu dari hubungan paralel.

Setelah generator berhenti, lakukan pemeriksaan untuk menjamin keandalan mesin bila generator beroperasi kembali.

2. Sistem pada generator

Sebelum memulai mengoperasikan generator, perlu diketahui sistem-sistem untuk operasi generator, yaitu :

a) Sistem start (starting system)

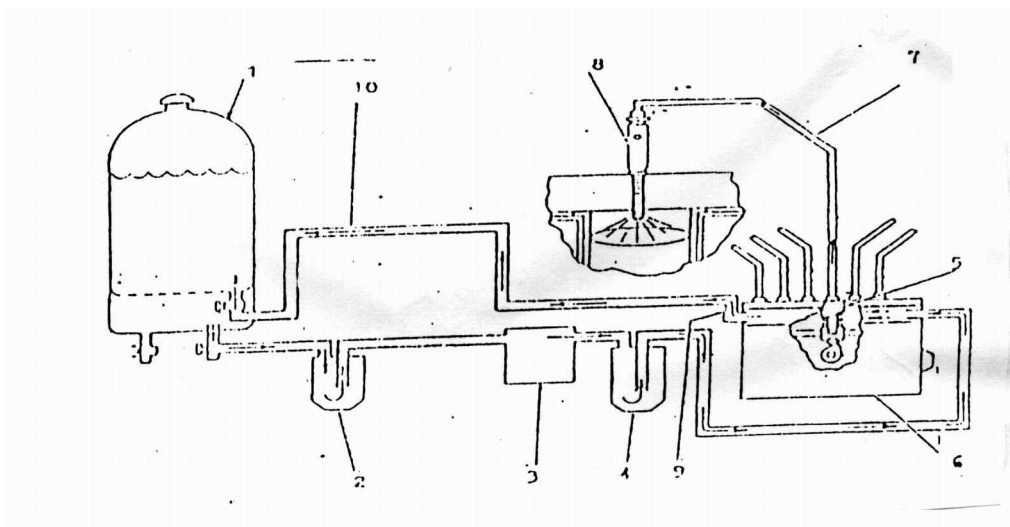
Sebelum mengoperasikan generator, perlu diperhatikan spesifikasi dari mesin generator. Data mesin generator dapat diketahui dari buku manual

yang dikeluarkan oleh pabrik. Hal-hal yang perlu dikenali dari data pada mesin generator, yaitu :

Mesin :	Generator :
Diameter silinder	Frekwensi
Langkah	Tegangan antar fasa
Jumlah dan letak silinder	Arus maximum
Letak silinder	Daya keluar
Langkah volume persilinder	Cos j
Volume total langkah	Eksitasi
Putaran normal	Kemampuan operasi
Putaran engkol	

b) Sistem bahan bakar (fuel system)

Sistem bahan bakar berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar ke ruang bakar dengan takaran yang sesuai dengan kerja mesin diesel. Umumnya, bahan bakar yang banyak dipakai pada mesin generator diesel adalah minyak solar atau minyak IDO (ignation diesel oil). Skema sistem bahan bakar pada mesin diesel ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Skema Sistem Bahan Bakar

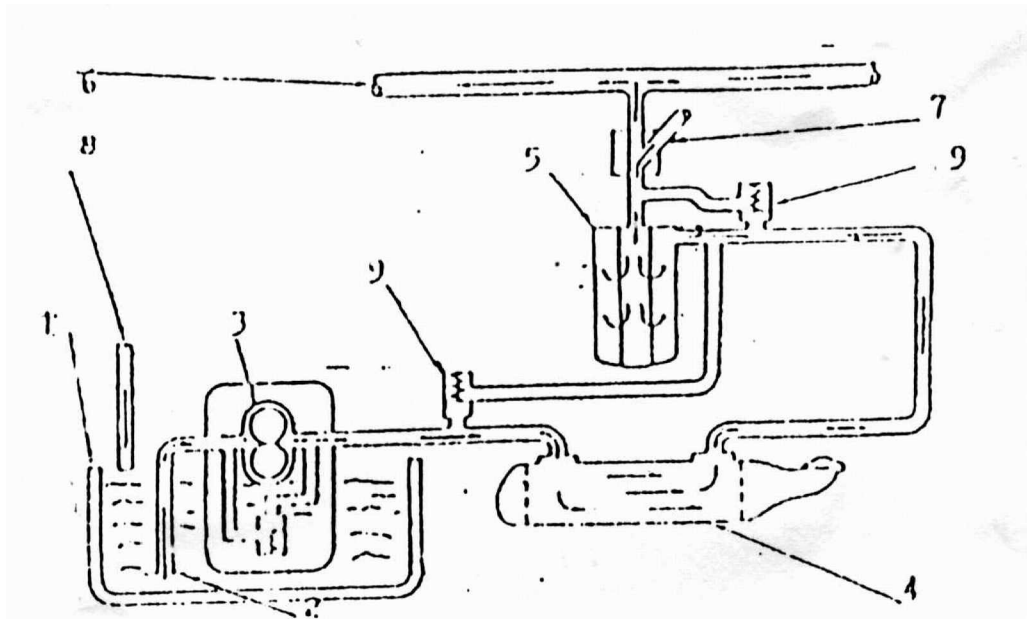
Keterangan :

- | | |
|------------------------------|--|
| 1) Tangki bahan Bakar | 7) Pipa bahan bakar bertekanan tinggi |
| 2) Filter pertama | 8) Injector |
| 3) Pompa pemindah | 9) Orifice saluran bahan bakar kembali dan perata tegangan |
| 4) Filter kedua | 10) Pipa saluran bahan bakar kembali ke tangki |
| 5) Pompa injeksi bahan bakar | |
| 6) Rumah pompa | |

Bahan bakar di dalam tangki (1) dihisap melewati filter pertama (2) oleh pompa trasper (3), kemudian bahan bakar tersebut dipompakan melewati filter ke dua (4) ke manifold (pengumpul) bahan bakar didalam rumah pompa (6). Selanjutnya pompa injeksi bahan bakar (5) akan memompakan bahan bakar tersebut dengan tekanan sangat tinggi lewat bahan bakar bertekanan tinggi (7) ke injector (10).

c) Sistem pelumasan (lubricating system)

Fungsi dari pelumasan pada mesin generator adalah untuk mengurangi gaya gesek pada mesin, untuk pendinginan, dan pencegahan karat.



Gambar 7 Skema Sistem Pelumas

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1) Panci pelumas | 7) Saluran pelumas ke turbo |
| 2) Saluran isap pompa pelumas | 8) Saluran pelumas dari turbo kembali ke panci pelumas |
| 3) Pompa pelumas | 9) By pas valve |
| 4) Pendingin pelumas filter | |
| 5) filter | |
| 6) Saluran penampung pelumas | |

Setelah mesin panas beroperasi normal, pelumas dari panci pelumas (oil pan) (1) melewati saluran isap (2) terus ke pompa pelumas (3). Pompa pelumas akan meneruskan pelumas ke cooler (pendingin pelumas) (4) dan kemudian ke filter, pelumas diteruskan ke seluruh penampung pelumas oil (oil manifold) (6) yang terletak di dalam blok silinder. Untuk selanjutnya diteruskan ke bagian-bagian yang perlu dilumasi. Sementara lewat saluran (7) pelumas akan diteruskan ke turbo. Dari turbo, pelumas masuk kembali ke panci pelumas lewat saluran (8).

d) Sistem pendinginan (coolant system)

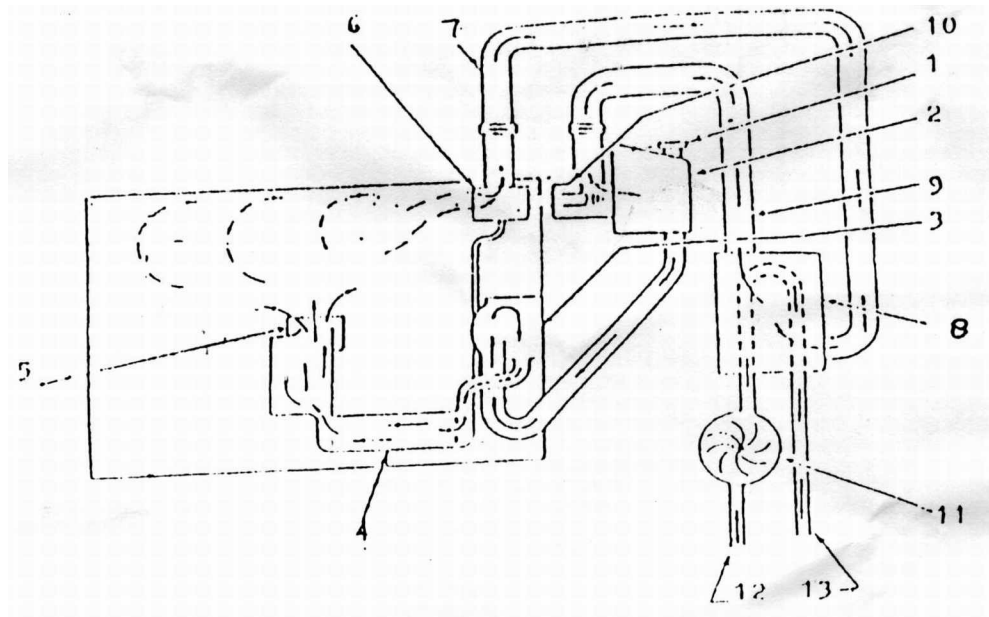
Untuk menurunkan temperatur kerja mesin diperlukan sistem pendinginan dengan menggunakan air. Sistem pendinginan menggunakan air murni (fresh water) yang tidak mengandung kadar garam atau kotoran-kotoran penyebab korosi mesin. Air murni ini berfungsi mendinginkan silinder block dan turbo charger yang merupakan bagian terpanas dari sistem dan sebagian panas gas pembakaran tersebut dipindahkan secara langsung ke fluida pendinginnya.

Saat operasi normal, air didalam tangki (2) oleh pompa (3) akan dipompakan melewati pendingin pelumas (oil cooler) (4) dan terus ke blok silinder dan silinder head lewat saluran (5). Setelah mendinginkan mesin air keluar (6) melewati pipa (7) air pendingin tersebut terus ke cooler (pendingin untuk mendinginkan air pendingin mesin) (8). Air pendingin mesin yang telah dingin tersebut melewati pipa (9) terus ke tangki (2).

Pendingin air mesin didalam cooler (8) oleh air dari cooling tower yang masuk dari saluran (12) dan keluar kembali ke cooling tower lewat saluran

(13). Sebagian air pendingin mesin masuk ke after cooler (tidak terlihat pada gambar) untuk mendinginkan air masuk.

Bila mesin masih dingin, temperature regulatir (10) akan membuat aliran air pendingin mesin langsung ke tangki air (2). Dengan demikian air mesin pendingin mesin tidak lewat cooler (8).



Gambar 8 Skema Sistem Pendingin

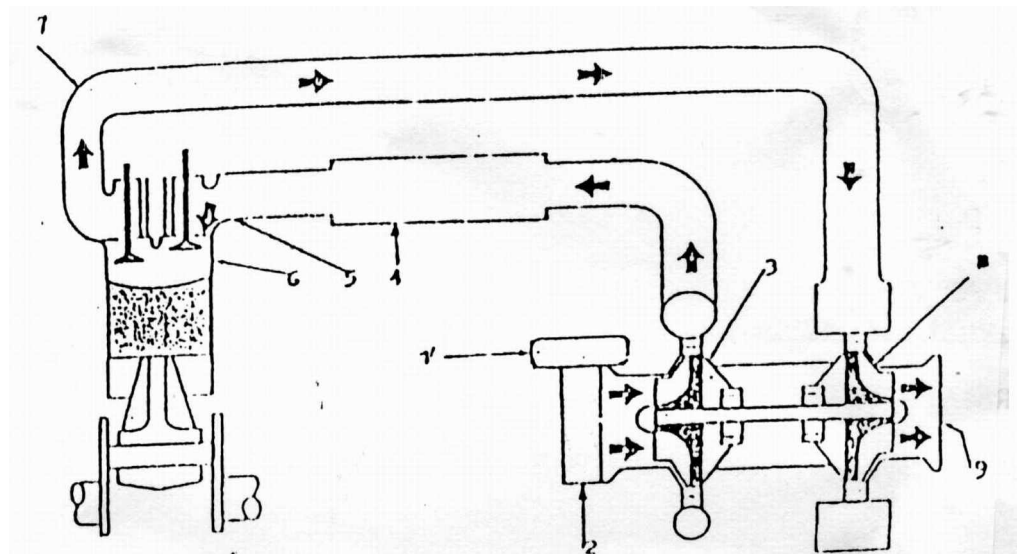
Keterangan :

- | | |
|--|--|
| 1) Tutup tangki | 8) Cooler tempat pendingin air pendingin mesin |
| 2) Tangki air pendingin | 9) Pipa air masuk ke tangki |
| 3) Pompa air pendingin | 10) Thermostart |
| 4) Oil cooler | 11) Pompa sirkulasi air cooling tower |
| 5) Air pendingin masuk blok silinder dan kes eilinder head | 12) Air pendingin dari cooling tower |
| 6) Air keluar dari mesin | 13) Air pendingin ke cooling tower |
| 7) Pipa air pendingin masuk menuju cooler | |

- e) Sistem udara masuk (intake valve) dan sistem udara keluar (exhaust valve).

Sistem pemasukan udara ini berfungsi untuk menyalurkan udara murni ke dalam ruang bakar pada saat langkah hisap. Jumlah dan kualitas udara yang akan masuk ke dalam selinder (ruang bakar) sangat penting bagi kinerja motor diesel generator.

Sistem pembuangan udara yang dikenal dengan knalpot pada mesin berfungsi untuk menyalurkan gas bekas sisa pembakaran ke udara luar dan sekaligus berfungsi sebagai peredam getaran akibat ledakan pembakaran serta tekanan gas buang. Fungsi sebagai peredam getaran ini sangat penting, mengingat getaran yang berlebihan dapat mempercepat keausan komponen-komponen motor itu sendiri.



Gambar 9 Skema Sistem Udara Masuk dan Gas Buang

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1) Penangkap pasir | 6) Silinder mesin |
| 2) Filter udara | 7) Manifold gas buang |
| 3) Blower kompresor | 8) Turbin |
| 4) After cooler | 9) Gas buang keluar |
| 5) Manifold udara masuk | |

Udara bersih setelah melewati penangkap pasir (1) dan filter (2) dipadatkan oleh blower (3) menuju after cooler (4). Dari sini aliran udara melewati manifold udara masuk (5) dan terus masuk ke dalam silinder. Setelah berlangsung pembakaran, gas bekas keluar dari silinder lewat katub buang, terus ke manifold gas buang (7) dan ke turbin (8). Karena dorongan gas asap, turbin berputar dan sekaligus memutar blower pada ujung poros yang lain. Putaran blower ini yang digunakan untuk memampatkan udara masuk ke dalam silinder. Sementara itu, gas-gas buang setelah memutar turbin (8) akan terus ke cerobong (knalpot) (9) dan dilepas ke udara luar.

c. Rangkuman

1. Prosedur pengoperasian mesin generator, yaitu : periode persiapan, periode start, periode pembebanan, dan periode penghentian.
2. Hal-hal yang perlu diketahui dan dipelajari dalam pengoperasian generator : data mesin generator, sistem start, sistem bahan baker, sistem pelumasan, sistem pendinginan, sistem udara masuk dan
3. Proses pengoperasian generator set dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu: tahap persiapan, tahap menjalankan mesin, tahap penjagaan mesin selama beroperasi, dan tahap menghentikan mesin.

d. Tugas

1. Pelajarilah uraian materi tentang pengoperasin generator Set secara manual!
2. Setelah paham kerjakanlah tes formatif 2 dan lembar kerja 2!
3. Apabila ada kesulitan bertanyalah kepada guru pendamping!
4. Setelah menyelesaikan tes formatif maupun lembar kerja kumpulkan hasil kerja anda kepada guru!
5. Diskusikan hasil kerja anda pada teman!

e. Tugas formatif

1. Sebutkan fungsi dari SOP pada mesin generator ?
2. Sebutkan empat tahap prosedur pengoperasian generator?

3. Jelaskan tujuan penurunan beban secara perlahan-lahan saat penghentian generator!
4. Sebutkan data-data mesin generator yang perlu diketahui dari buku manual yang sesuai SOP yang dikeluarkan oleh pabrik?

f. Kunci Jawaban Formatif

1. Untuk menghindarkan kesalahan saat mengoperasikan suatu SPD (sistem pembangkit diesel) sebagai petunjuk pengoperasian suatu unit pembangkit. Dengan SOP kemungkinan terjadinya kesalahan dalam mengoperasikan akan semakin kecil.
2. Proses pengoperasian generator set dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu: tahap persiapan, tahap menjalankan mesin, tahap penjagaan mesin selama beroperasi, dan tahap menghentikan mesin.
3. Tujuannya untuk memberikan kesempatan kepada unit pembangkit menyesuaikan temperatur kerja seiring dengan penurunan pemakaian bahan bakar.

4. Mesin :	Generator :
Diameter silinder	Frekuensi
Langkah	Tegangan antar fasa
Jumlah dan letak silinder	Arus maximum
Letak silinder	Daya keluar
Langkah volume persilinder	Cos j
Volume total langkah	Eksitasi
Putaran normal	Kemampuan operasi
Putaran engkol	

g. Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Satu unit Gen Set manual lengkap dengan alat ukur, sakelar, generator exciter serta penggerak mula (diesel) seperti terlihat pada Gambar 10.
2. Handel penggerak poros diesel.

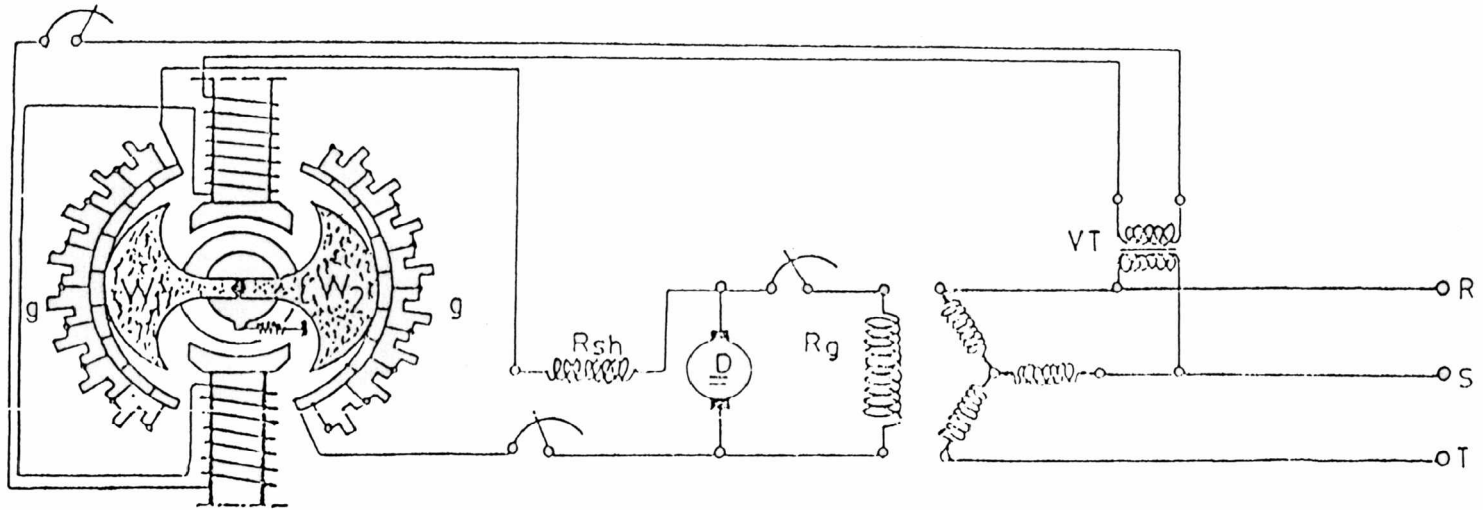
Keselamatan Kerja

1. Ikutilah langkah pengorasian Gen Set dengan benar!

2. Janganlah menutup (ON) sakelar utama sebelum generator bekerja dengan benar!
3. Ikutilah semua petunjuk yang ada dalam melakukan percobaan!

Langkah Kerja

1. Amatilah seluruh komponen Gen Set, catat nama, fungsi dan kondisi kerja komponen serta pastikan bahwa semua komponen dalam keadaan baik dan siap bekerja!
2. Bukalah kran bahan bakar solar kemudian putarlah engkol poros diesel dengan tangan sehingga diesel bekerja!
3. Aturilah arus eksitasi sedemikian rupa sehingga tegangan dan frekuensi menunjukkan angka nominal!
4. Tambahkan aliran bahan bakar sehingga daya generator mencukupi kebutuhan daya beban!
5. Aktifkan sakelar utama yang melayani beban, cek kembali kemampuan daya generator dalam memikul beban, bila masih kurang tambahkan aliran bahan bakar diesel!
6. Bila ingin mematikan Gen Set, bukalah sakelar utama yang melayani beban sehingga semua beban itu terlepas!
7. Kecilkan arus eksitasi sampai nol dan bersamaan dengan itu perkecil pula aliran bahan bakar diesel sampai nol sehingga diesel akan mati!



Gambar 10 Rangkaian Unit Generator

3. KEGIATAN BELAJAR 3 : MENGOPERASIKAN GEN SET OTOMATIS

a. Tujuan

Peserta diklat dapat mengoperasikan generator set otomatis dengan alat pengendali dengan benar

b. Uraian Materi

Untuk mempertinggi kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke beban maka diperlukan automatic Gen Set yang disingkat Auto Gen Set. Auto Gen Set merupakan suatu perangkat untuk mengoperasikan generator secara otomatis sebagai pemindah daya listrik yang disuplai dari PLN jika sumber tenaga listrik ini mengalami pemadaman. Bila hal tersebut terjadi, maka secara otomatis diesel sebagai penggerak generator akan hidup dan menggerakkan rotor generator sehingga dihasilkan tenaga listrik sehingga tidak mengalami gangguan atau pemutusan.

Automatic generator set merupakan panel pengendalian generator yang ditempatkan dalam suatu ruangan khusus, yaitu ACOS (Automatic Change Over Switch). Panel pengendalian tersebut menggunakan suatu rangkaian pengendali dari gabungan beberapa macam sistem, antara lain :

1. Sistem Magnetik

Sistem ini menggunakan relay-relay atau kontaktor yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik.

2. Sistem Elektronik

Sistem ini menggunakan perangkat elektronik baik yang bekerja secara analog maupun digital.

3. Sistem Manual

Dalam hal ini menggunakan peralatan sakelar manual key contact dan lain sebagainya.

Ketiga sistem tersebut digabungkan sehingga diperoleh keunggulan-keunggulan sebagai berikut :

1. Mudah dalam pemeliharaan
2. Dalam pengoperasiannya tidak perlu dilakukan pelatihan khusus karena sangat mudah dioperasikan.
3. Mempunyai tingkat keamanan yang sangat tinggi, hal ini sangat diperlukan karena menyangkut masalah keselamatan operator dan peralatan yang peka.
4. Mempunyai tingkat kehandalan yang sangat tinggi.

Komponen utama sistem Gen Set otomatis, antara lain :

1. Battery

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 dicelupkan ke dalam larutan maka akan bereaksi secara kimia dan menghasilkan gaya gerak listrik antara kedua konduktor tersebut.

Proses pengisian battery dilakukan 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 Gen Set berfungsi sebagai sumber arus DC pada starting diesel.

2. Battery Charger

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

Spesifikasi dari alat ini sebagai berikut :

- a. Tegangan masukan (input) : 220 V / 380 V
- b. Phase tunggal
- c. Frekuensi : 50 / 60 Hz
- d. Toleransi yang diijinkan : 50 Hz = Rating tegangan 0,9 – 1,15%
60 Hz = Rating tegangan 0,9 – 1,25%

3. Relay

Relay berfungsi sebagai penggerak pada kontak. Relay akan bekerja dengan cara memberi tegangan pada kumparannya, sehingga akan menggerakkan kontak untuk posisi membuka (normally closed - NO) maupun untuk posisi menutup (normally opened - NC).

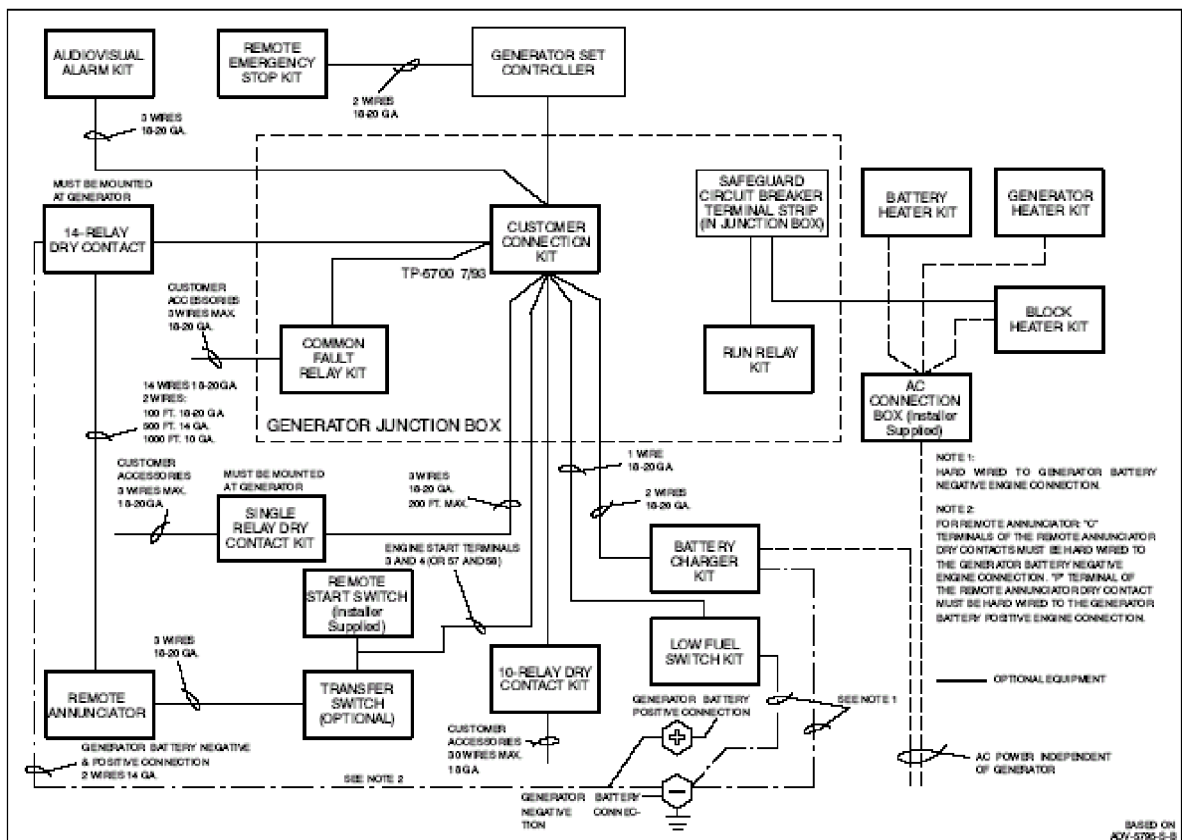
Relay ada dua macam, yaitu relay biasa dan relay dengan timer. Kedua jenis relay tersebut digunakan sesuai dengan fungsi dan keperluannya. Relay biasa digunakan untuk menghubungkan lampu-lampu indikator tanpa penundaan waktu, sedangkan relay dengan penundaan waktu digunakan pada saat start diesel. Hal ini diperlukan karena bila start pertama maka dibutuhkan selang waktu tertentu untuk start berikutnya sampai mesin diesel dapat beroperasi.

4. Panel ACOS 250

Panel-panel ACOS 250 terdapat beberapa tombol yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda. Tombol-tombol berfungsi sebagai tombol pengontrol operasi Gen Set automatic, yaitu :

- a. Off : Tombol untuk menginstruksikan operasi generator set berhenti
- b. Automatic : Tombol untuk menginstruksikan operasi bekerja secara otomatis
- c. Trial Service : Tombol untuk percobaan unit Gen Set beroperasi tanpa beban
- d. Manual Service : Tombol untuk mesin beroperasi secara manual
- e. Manual Starting : Tombol untuk start mesin secara manual
- f. Manual Stopping : Tombol untuk instruksi mesin berhenti secara manual
- g. Signal Test : Tombol untuk memeriksa lampu-lampu atau alat-alat indikator
- h. Horn Off : Tombol untuk menghentikan indikator horn/sirine apabila berbunyi
- i. Release : Tombol untuk mematikan lampu-lampu indikator yang menyala

- j. Start : Tombol untuk mengoperasikan generator set. Tombol ini bekerja jika tombol manual starting bekerja
- k. Start Fault : Tombol untuk mengetahui gangguan lewat lampu indikator
- l. Engine Running : Tombol untuk mengaktifkan indikator Gen Set
- m. Supervision On : Tombol untuk memindahkan suplai beban secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan
- n. Low Oil Pressure : Indikator minyak pendingin mesin bertekanan rendah
- o. Temperature To High : Indikator mesin diesel telah bertemperature tinggi.
- p. Generator Over Load : Indikator generator terbebani lebih



Gambar 11 Rangkaian Generator Set Otomatis

c. Rangkuman

1. Auto Gen Set merupakan suatu peralatan untuk mengoperasikan generator secara otomatis sebagai pemindah daya listrik yang disuplai dari PLN jika sumber tenaga listrik ini mengalami gangguan maupun mengalami pemadaman.
2. Panel pengendalian gen set otomatis menggunakan suatu rangkaian pengendali dari gabungan beberapa macam sistem yaitu antara lain :
 - a. Sistem Magnetik
 - b. Sistem Elektronik
 - c. Sistem Manual
3. Komponen utama sistem Gen Set otomatis yaitu : baterai, Battery Charger, relay, dan Panel ACOS 250

d. Tugas

1. Pelajarilah uraian materi tentang mengoperasikan generator set secara otomatis
2. Setelah paham kerjakanlah tes formatif 3 dan lembar kerja 3
3. Apabila ada kesulitan bertanyalah kepada guru pendamping
4. Setelah menyelesaikan tes formatif maupun lembar kerja kumpulkan hasil kerja anda kepada guru
5. Diskusikan hasil kerja anda pada teman

e. Tes Formatif

1. Sebutkan komponen utama sistem Gen Set otomatis !
2. Dalam panel ACOS 250 terdapat tombol Supervision On , Start Fault dan Trial Service. Jelaskan fungsi dari masing-masing tombol tersebut !

f. Kunci Jawaban Formatif

1. Baterai, Battery Charger, Relay, dan Panel ACOS 250
2. Supervision On : Tombol untuk memindahkan suplai beban secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan
Start Fault : Tombol untuk mengetahui gangguan lewat lampu indikator

Trial Service : Tombol untuk percobaan unit Gen Set beroperasi tanpa beban

g. Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Satu unit Gen Set otomatis lengkap dengan alat ukur dan peralatan lain yang diperlukan!
2. Unit jaringan PLN!

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan salah dalam menekan tombol pada panel ACOS tanpa tujuan yang jelas dan mengerti fungsinya!
2. Bacalah manual Gen Set otomatis sebelum mengoperasikan Gen Set otomatis!

Langkah Kerja

Percobaan Pertama : Mengoperasikan Gen Set secara Manual

1. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan!
2. Periksa kesiapan battery dan generator DC!
3. Tekanlah tombol Manual Service Manual!
4. Tekanlah tombol Manual Starting!
5. Kemudian tekanlah Trial Service sehingga Gen Set beroperasi tanpa memikul beban!
6. Tekanlah tombol-tombol signal test (Low Oil Pressure dan Engine)!
7. Jika ingin mematikan Gen Set secara manual tekan tombol manual stopping!

Percobaan Kedua: Mengoperasikan Gen Set secara Otomatis

1. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan!
2. Periksa kesiapan battery dan generator DC!
3. Pada panel ACOS tombol automatic harus pada kondisi tertekan (keadaan aktif / ON) sehingga Gen Set akan siap bekerja bila suatu saat PLN mati. Jika PLN mati maka Gen Set akan segera bekerja karena adanya perintah dari sensor, dan sensor ini bergerak karena adanya pemadaman listrik. Beroperasinya generator ini karena adanya motor DC yang dikopel dengan mesin diesel,

apabila listrik padam maka secara otomatis motor DC menggerakkan mesin diesel dan apabila telah mencapai putaran normal dengan sendirinya akan melepas kopel motor DC dari mesin diesel, sedangkan motor DC itu sendiri digerakkan oleh sumber arus DC dari alternator yang sebelumnya telah terisi secara otomatis oleh Battery Charger. Apabila listrik PLN hidup kembali maka Gen Set akan mati secara otomatis!

4. KEGIATAN BELAJAR 4 : Sistem Pengaman Generator

a. Tujuan

Peserta diklat dapat menjelaskan sistem pengaman generator dengan benar.

b. Uraian Materi

1. Sistem pengaman pada mesin generator

Keandalan suatu generator tidak saja tergantung pada konstruksi dan pembebanan yang tidak melebihi batas maksimumnya, tetapi juga pada sistem pengamannya. Pengaman generator ini melindungi terhadap gangguan eksternal tetapi juga internal sistem.

Generator membutuhkan sistem pengaman yang dapat bekerja cepat dan tepat dalam mengisolir gangguan agar tidak terjadi kerusakan fatal. Proteksi pada mesin generator ada dua macam, yaitu : pengaman alarm dan pengaman trip.

a) Pengaman alarm

Pengaman alarm bertujuan memberitahukan kepada operator bahwa ada sesuatu yang tidak normal dalam operasi mesin generator dan agar operator segera bertindak :

- 1) Menormalkan sistem yang terganggu tersebut
- 2) Menghentikan mesin bila sistem tidak dapat dinormalkan atau nilai gangguan terus berlanjut.

Jenis pengaman alarm pada mesin generator, antara lain :

- 1) Temperatur air pendingin tinggi
- 2) Temperatur air pendingin rendah
- 3) Tekanan minyak pelumas rendah
- 4) Level bahan bakar rendah
- 5) Sistem tidak dapat distart
- 6) Sistem battery voltage
- 7) Battery charger mal function
- 8) Damper udara masuk mesin tertutup.

b) Pengaman trip

Pengaman trip berfungsi untuk menghindarkan mesin generator dari kemungkinan kerusakan karena ada sistem yang berfungsi tidak normal, sedangkan gangguannya terus berlanjut dan operator tidak bisa menormalkannya, maka mesin akan stop secara otomatis.

Jenis pengaman trip pada mesin generator, antara lain :

- 1) Putaran lebih (over speed)
- 2) Temperatur air pendingin tinggi
- 3) Tekanan minyak pelumas rendah
- 4) Emergency stop
- 5) Reverse power

2) Resiko kegagalan sistem proteksi

Bila suatu pengaman pada mesin generator tidak dapat berfungsi terhadap gangguan sistem dapat mengakibatkan :

a) Over speed

Bila putaran generator naik melebihi putaran normal, sehingga menyebabkan gaya sentrifugal naik sehingga timbul gesekan dan panas berlebih pada generator.

b) Temperatur air pendingin tinggi

Temperatur air pendingin yang tinggi dapat menyebabkan mesin overheating, akibatnya :

- 1) Pelumas menjadi cepat encer dari semestinya
- 2) Menyebabkan kerusakan bantalan
- 3) Komponen-komponen mesin mengalami pemuaian akibat panas yang timbul.

c) Tekanan minyak pelumas rendah

Tekanan minyak pelumas yang rendah menyebabkan gesekan antar bantalan menjadi besar. Akibat dari kegagalan sistem ini menyebabkan kerusakan pada bantalan, kerusakan pada komponen lain yang ikut bergesek karena kekurangan pelumas.

3. Sistem pengaman listrik generator

Generator tiga fasa dilengkapi dengan beberapa relay. Pemasangan relay-relay dimaksudkan untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan serta kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh gangguan-gangguan yang terjadi dalam generator. Relay pengaman adalah suatu perangkat kerja proteksi yang mempunyai fungsi dan peranan :

- a) Memberi sinyal alarm atau melepas pemutusan tenaga (circuit breaker) dengan tujuan mengisolasi gangguan atau kondisi yang tidak normal seperti adanya : beban lebih, tegangan rendah, kenaikan suhu, beban tidak seimbang, daya kembali, frekwensi rendah, hubungan singkat dan kondisi tidak normal lainnya.
- b) Melepas atau mentrip peralatan yang berfungsi tidak normal untuk mencegah timbulnya kerusakan
- c) Melepas atau mentrip peralatan yang terganggu secara cepat dengan tujuan mengurangi kerusakan yang lebih berat
- d) Melokalisir kemungkinan dampak akibat gangguan dengan memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem
- e) Melepas peraltan atau bahagian yang terganggu secara cepat dengan maksud menjaga stabilitas sistem.

Prinsip kerja dari relay pengaman pada mesin generator:

a) Relay arus lebih

Relay arus lebih digunakan untuk melindungi kerusakan akibat terjadinya hubungan singkat antar hantaran yang menuju jaring-jaring atau antar fasa. Dalam keadaan normal relay arus lebih tidak bekerja. Tetapi bila terjadi hubung singkat antar hantaran yang menuju jaring-jaring atau antar fasa maka arus yang mengalir pada fasa yang mengalami hubung singkat tersebut melebihi batas nominalnya. Dengan demikian relay arus lebih bekerja.

b) Relay tegangan lebih

Relay tegangan lebih akan bekerja bila tegangan yang dihasilkan generator melebihi batas nominalnya. Misalnya disebabkan ketidakberesan penguat magnet atau pengaturan penguat magnet terlalu besar sehingga mengakibatkan tegangan yang dihasilkan generator melebihi batas nominalnya. Tegangan lebih dapat dimungkinkan oleh mesin putaran lebih (over speed) atau kerusakan pada pengatur tegangan otomatis (AVR).

c) Relay diferensial

Relay differensial bekerja atas dasar perbandingan tegangan atau perbandingan arus, yaitu besarnya arus sebelum lilitan stator dengan arus yang mengalir pada hantaran yang menuju jaring-jaring. Dalam keadaan normal antara keduanya mempunyai arus sama besar. Bila terjadi hubung singkat antara lilitan stator dengan rangka mengakibatkan arus antara keduanya tidak sama maka relay differensial akan bekerja. Bekerjanya relay-relay tersebut digunakan untuk membuka sakelar, misalnya sakelar utama, sakelar penguat magnet.

d) Relay daya balik

Relai daya balik berfungsi untuk mendeteksi aliran daya aktif yang masuk ke arah generator. Perubahan ini disebabkan oleh pengaruh rendahnya input dari penggerak mula generator. Bila input tidak dapat mengatasi rugi-rugi yang ada, maka kekurangan daya dapat diperoleh dengan cara menyerap daya aktif dari sistem. Selama penguatan masih tetap, maka aliran daya reaktif generator sama halnya sebelum generator bekerja sebagai motor. Dengan demikian pada generator bekerja sebagai motor, daya aktif akan masuk ke generator, sementara itu aliran daya reaktif mungkin masuk atau mungkin juga keluar.

4. Pentanahan (grounding)

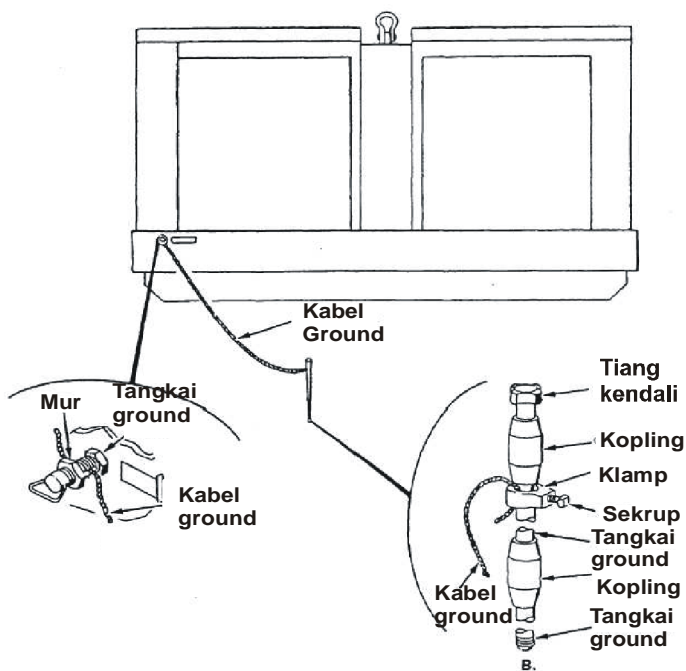
Grounding merupakan bagian penting bagi alat kelistrikan. Grounding mempunyai hubungan erat dengan perlindungan suatu sistem terhadap

arus gangguan agar mengalir masuk ke tanah sehingga tidak merusak peralatan. Pemasangan pentanahan ini pada bagian badan (body). Dalam pelaksanaannya grounding berfungsi :

- a) Pentanahan sistem, berupa pengadaan hubungan dengan tanah 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, berupa pengadaan hubungan dengan tanah untuk suatu bagian atau bagian yang tidak membawa arus dari sistem. Bagian-bagian ini misalnya : Semua logam seperti saluran tempat kabel, kerangka mesin, batang pemegang sakelar, penutup kotak sakelar.

Adapun perlengkapan pentanahan terdiri dari :

- a) Elektroda pentanahan
- b) Penghantar elektroda
- c) Baut klem elektroda
- d) Baut terminal pentanahan



Gambar 12 Grounding Sistem

c. Rangkuman

1. Proteksi pada mesin generator ada dua macam, yaitu : pengaman alarm dan pengaman trip
2. Kegagalan sistem pengaman pada mesin generator dapat menyebabkan : over speed, temperatur air pendingin tinggi, dan tekanan minyak pelumas rendah.
3. Pentanahan ini sangat penting untuk melindungi manusia dari bahaya pada saat terjadi gangguan pada sistem yang bersangkutan.

d. Tugas

1. Pelajarilah uraian materi tentang sistem pengaman generator !
2. Setelah paham kerjakanlah tes formatif 4 dan lembar kerja 4!
3. Apabila ada kesulitan bertanyalah kepada guru pendamping!
4. Setelah menyelesaikan tes formatif maupun lembar kerja kumpulkan hasil kerja anda kepada guru!
5. Diskusikan hasil kerja anda pada teman!

e. Tes Formatif

1. Sebutkan macam pengaman mesin generator arus bolak-balik?
2. Bila mesin sedang beroperasi tiba-tiba mengalami over speed, sedangkan sistem pengaman trip tidak bekerja atau berfungsi apa kemungkinan yang akan terjadi pada mesin dan operator tidak sempat menurunkan putaran?
3. Mengapa relay pengaman generator sangat perlu dipasang pada generator?
4. Sebutkan perlengkapan pentanahan pada mesin generator?

f. Kunci Jawaban Formatif

1. Pengaman sinyal alarm dan pengaman trip
2. Karena mesin mengalami putaran lebih maka pengaruh gaya sentrifugal atau sentripetal maka berat piston dan conrod kan terasa makin berat, demikian seterusnya akan terus bertambah berat bila putaran mesin bertambah terus akibatnya : merusak bagian mesin yang bergerak, baut conrod patah, merusak piston, dan pelumas menjadi encer.

3. Relay pengaman sangat perlu dipasang pada generator agar generator dan peralatan dapat diamankan dari kerusakan fatal.
4. Adapun perlengkapan pentanahan terdiri dari : elektroda pentanahan, penghantar elektroda, baut klem elektroda dan, baut terminal pentanahan.

g. Lembar Kerja

Alat dan Bahan

Satu unit Gen Set (SPD) manual lengkap dengan alat ukur, sakelar, generator exciter serta penggerak mula (diesel).

Keselamatan Kerja

1. Gunakan pakaian praktek
2. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar
3. Hati-hati dalam melakukan praktek
4. Ikutilah langkah pengoperasian Gen Set dengan benar

Langkah Kerja

1. Sediakan alat dan bahan yang dibutuhkan
2. Perhatikan komponen-komponen yang ada pada generator set
3. Catat jenis-jenis pengaman yang ada pada generator
4. Jelaskan juga spesifikasi dari data-data pengaman yang ada pada generator

BAB III

EVALUASI

A. PERTANYAAN

1. Jelaskan prinsip kerja dari Generator arus bolak-balik!
2. Lakukan langkah kerja menghidupkan dan mematikan Gen Set manual yang belum pernah saudara coba, amati seluruh penunjukan alat ukur serta kinerja peralatan lainnya !
3. Lakukan pengoperasian Gen Set otomatis, meliputi menghidupkan dan mematikan Gen Set tanpa beban yang hanya sebagai pemanasan Gen Setnya dan menghidupkan Gen Set otomatis bila sumber PLN padam dan mematikan Gen Set otomatis bila sumber PLN kembali menyala !
4. Pada saat mesin generator dioperasikan, tekanan minyak pelumas cukup rendah, tetapi sistem pengaman trip tidak berfungsi dan operator tidak mengetahuinya, apa akibatnya pada mesin diesel tersebut?

B. KUNCI JAWABAN

1. Prinsip kerja generator arus bolak-balik berdasarkan hukum Faraday. Prinsip kerja dari generator ini yaitu apabila kumparan jangkar dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa akan menimbulkan medan putar pada stator. Kutub medan rotor yang diberi penguat arus searah mendapat tarikan dari kutub medan putar stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama (sinkron).
2. Peserta diklat berhasil menghidupkan dan mematikan genset manual dengan langkah kerja, seluruh alat ukur listrik menunjukkan harga nominal, peralatan lain seperti relay-relay, sakelar magnetik dan sebagainya bekerja normal dan generator mampu melayani kebutuhan daya beban.

3. a. seluruh bagian peralatan genset otomatis diamati kinerjanya dan harus menunjukkan kinerja yang baik dan siap bekerja untuk mendukung pengoperasian genset.
- b. Peserta diklat berhasil mengoperasikan genset untuk pemanasan saja secara manual sekaligus berhasil mematkannya kembali dengan benar dan aman.
- c. Peserta diklat dapat melakukan langkah agar genset otomatis bekerja pada saat listrik PLN mati dan genset akan mati kembali jika listrik PLN hidup kembali yakni dengan mengaktifkan tombol "Automatic" pada panel ACOS.
4. Mesin generator beroperasi pada keadaan tekanan minyak pelumas cukup rendah. Hal ini berarti, tekanan minyak pelumas terhadap bantalan/bagian yang bergesek cukup rendah. Mesin akhirnya kekurangan pelumas dan gaya gesek membesar – panas gesekan tinggi – minyak pelumas encer. Akibat lanjut dapat terjadi kerusakan bantalan/bagian yang bergesekan.

C. Kriteria Kelulusan

Kriteria	Skor (1-10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Kebenaran rangkaian		2		WL (Wajib Lulus) 3 70
Kebenaran Pengukuran		3		
Kerapian Pengukuran		3		
Keselamatan Kerja		1		
Kecepatan Kerja		1		
Nilai Akhir				

BAB IV

PENUTUP

Peserta diklat yang telah mencapai syarat kelulusan minimal dapat melanjutkan ke modul TU-019: Teknik Pengoperasian Generator. Sebaliknya, apabila peserta diklat dinyatakan tidak lulus, maka peserta diklat harus mengulang modul ini dan tidak diperkenankan untuk mengambil modul selanjutnya.

Jika peserta diklat telah lulus menempuh 11 modul, maka peserta diklat berhak memperoleh sertifikat kompetensi Mengoperasikan Peralatan Pendukung Telekomunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Karyanto, E (2000). Panduan Reparasi Mesin Diesel. Penerbit Pedoman Ilmu Jaya. Jakarta.
- Motoren-Werke Mannheim AG. (1999). Diesel Generator Sets with Four-Stroke Diesel Engines. Lieferwerk munchen suddeutsche bremsen-AG. Germany
- Sumanto. (1996). Mesin Sinkron. Andi Yogyakarta. Yogyakarta
- Arismunandar, W dan Tsuda, Koichi. (1983). Motor Diesel Putaran Tinggi. Pradnya Paramitha. Jakarta
- PT PLN JASDIKLAT. (1997). Generator. PT PLN Persero. Jakarta
- PT PLN JASDIKLAT. (1997). Pengoperasian Mesin Diesel. PT PLN Persero. Jakarta.