

PERANCANGAN PANEL PERCOBAAN PARALEL GENERATOR TIGA PHASA PADA LABORATORIUM MESIN – MESIN LISTRIK UNIVERSITAS MEDAN AREA

Oleh :

Japrilman .s

N I M : 95 812 0024



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2000**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Document Accepted 20/9/23

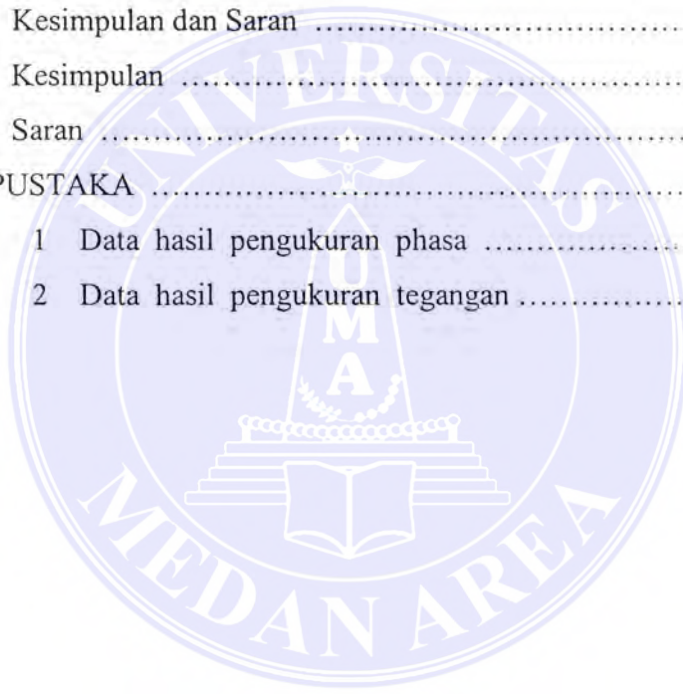
ABSTRAK

Dalam hal mengatasi kenaikan beban sistim yang disebabkan oleh meningkatnya penggunaan energi listrik oleh pelanggan, maka tiada jalan lain selain menambah kapasitas penyediaan daya listrik. Salah satu cara penambahan tersebut, tentu dengan memparalelkannya terhadap sistim yang sudah ada. Sehingga secara tidak langsung diperoleh keuntungan diantaranya ialah: Dari pihak penyedia energi listrik dapat meningkatkan keandalan mesin-mesin pembangkit listrik dengan cara melaksanakan pemeliharaan secara teratur dan berkesinambungan. Dari sisi pengguna energi listrik (pelanggan), dapat merasakan penerimaan supply energi listrik yang baik dan kontiniu.

Pada tugas akhir ini, Penulis mencoba membuat semacam simulator yang sifatnya sederhana dan menerapkan pelaksanaan paralel generator dengan menggunakan metode yang sederhana pula yaitu dengan metode lampu terang gelap yang pelaksanaannya berada pada laboratorium mesin-mesin listrik Universitas Medan Area sehingga dengan adanya penerapan ini, Penulis mengharapkan sedikit banyaknya dapat menambah pengetahuan bagi kita dan terutama khususnya bagi mahasiswa.

	hal
Abstrak	i
Kata pengantar	ii
Daftar isi	iv
BAB I Pendahuluan	1
1 . Umum	1
2 . Latar belakang permasalahan	1
3 . Permasalahan	2
4 . Batasan masalah	3
5 . Sistimatis Pembahasan	4
BAB II Landasan teori	5
1 . Prinsip Kerja Generator	5
2 . Konstruksi Generator	6
3 . Konstruksi Stator	8
4 . Konstruksi Rotor	9
4.1 Rotor Kutub Menonjol	9
4.2 Rotor Silinder	10
5 . Penempatan Kutub Generator	11
5.1 Generator Berkutub Dalam	11
5.2 Generator Berkutub Luar	12
6 . Persamaan EMF Induksi	13
7 . Prinsip Kerja Paralel	14
7.1 Lampu Indikator Terang Gelap	16
BAB III Perancangan Panel Percobaan Paralel Generator 3 Phasa Pada Laboratorium Mesin-mesin Listrik UMA	21
1. Pengambilan data-data Generator	21
2. Peralatan Alat ukur	25
3. Pengaman	28
4. Circuit Breaker	29
5. Peralatan Bantu	31
6. Diagram Pengawatan	32

BAB IV	Percobaan Memparalel Generator sinkron 3 fasa	38
1.	Tujuan Pelaksanaan	38
2.	Rangkaian Percobaan	39
3.	Analisa paralel generator 1 fasa	43
4.	Operasi Permulaan	45
5.	Percobaan Operasi paralel	45
6.	Percobaan Distribusi Beban	46
7.	Menentukan tahanan kabel	48
8.	Rugi – rugi tegangan	49
BAB V	Kesimpulan dan Saran	50
1.	Kesimpulan	50
2.	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
Lampiran	1 Data hasil pengukuran fasa	53
Lampiran	2 Data hasil pengukuran tegangan	54



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Umum

Pada perkembangan teknologi sekarang ini , kebutuhan akan energi listrik akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tarap hidup masyarakat .Perkembangan ini merupakan suatu tantangan yang dihadapi oleh pengusaha bidang penyediaan energi listrik dimana faktor reabilitas adalah salah satu untuk mengatasinya. Seiring dengan kemajuan zaman dan perkembangan teknologi setiap pembangkit haruslah memiliki kesensitivitasan yang tinggi baik dalam mengantisipasi kondisi pembebanan maupun mendeteksi adanya gangguan sehingga kontinuitas pelayanan yang akan diberikan kepada konsumen pemakai energi listrik dapat lebih dipertahankan dan dengan demikian konsumen akan merasa puas .

I.2 Latar belakang permasalahan.

Perkembangan pengetahuan teknologi terutama dalam bidang teori , seharusnya diimbangi dengan pengetahuan praktek tentang peralatan serta cara bekerjanya , oleh sebab itu sangatlah baik bila peralatan yang berbentuk simulator tentang paralel generator terdapat disuatu perguruan tinggi khususnya pada laboratorium Mesin – mesin listrik Universitas Medan Area guna menunjang teori yang sudah dimiliki . Dengan demikian sebelum terjun untuk bekerja , seseorang itu telah dibekali

UNIVERSITAS MEDAN AREA

1.3 Permasalahan

Untuk pengoperasian peralatan listrik, dibutuhkan suatu tegangan yang konstan. Sementara tegangan yang dihasilkan generator akan mengalami perubahan sesuai dengan berubahnya kondisi pembebanan yang dilayani oleh generator itu sendiri. Untuk menjaga kestabilan tegangan generator, biasanya diatur oleh suatu perangkat pengatur tegangan yang disebut dengan Automatic Voltage Regulator disingkat dengan AVR yang mana fungsinya mengatur tegangan output generator agar tetap konstan walaupun beban yang dilayani berubah-ubah. Bila kondisi beban generator telah mendekati beban nominal, dan kemampuan AVR telah maksimum, maka tegangan output generator menjadi turun dan hal ini jelas tidak diinginkan terutama pada sisi konsumen. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan menambah cadangan sumber energi listrik dan memparalelkannya dengan sistem yang sudah ada sehingga dengan demikian akan diperoleh:

- Sistem menjadi lebih andal
- Kontinuitas pelayanan menjadi lebih baik
- Pemeliharaan berkala

Pada dasarnya kerusakan dapat saja terjadi pada sebuah peralatan bisa dikarenakan oleh umur peralatan itu sendiri dan dapat pula dikarenakan kelalaian pemeliharaan bila peralatan tersebut merupakan peralatan yang bergerak (moving), kerusakan dapat terjadi karena kesalahan prosedur pengoperasian.

Salah satu peralatan yang dapat rusak oleh kesalahan prosedur pengoperasian adalah generator maupun peralatan bantuannya bila saat akan paralel persyaratan untuk itu tidak terpenuhi. Jelas bahwa dua dari ketiga contoh penyebab kesalahan tersebut diatas adalah bersumber dari manusia yang tentunya berhubungan erat dengan kemampuan seseorang. Adapun persyaratan – persyaratan yang harus dipenuhi untuk memparalelkan sebuah generator adalah :

- Urutan fasa sama
- Frekuensi sama
- Tegangan generator sama

Satu dari beberapa metode yang akan kita laksanakan dalam memparalel generator adalah dengan menggunakan metode lampu terang gelap karena disamping sederhana dan ekonomis juga sangat mudah untuk dimengerti.

I.4 Batasan masalah

Mengingat keterbatasan pengetahuan, maupun kemampuan penulis untuk menuangkan kedalam bentuk tulisan, perlu kiranya penulis memberi batasan permasalahan. Untuk itu penulis hanya memfokuskan pembahasan terutama pada prinsip kerja paralel generator serta persyaratan – persyaratannya, dan juga penggunaan metode indikasi lampu terang gelap sebagai penuntun keserempakan. Sedangkan bagian – bagian dari generator seperti rotor, stator, medan penguat tidak dibahas secara mendetail.

1.5 Sistimatis pembahasan

Dalam hal sistimatis pembahasan permasalahan, disini penulis hanya menggunakan dua metode pembahasan yaitu :

1. Mengumpulkan data – data dari obyek yang akan digunakan maupun difungsikan baik data pengukuran maupun data pabriknya.
2. Pembacaan buku – buku sebagai referensi yang mendukung permasalahan, serta teori yang diperoleh sewaktu aktif dibangku kuliah pada Universitas Medan Area.

Dari ke dua metode ini, pembahasan permasalahan satu demi satu diterangkan melalui bab demi bab antara lain :

BAB I . Tentang pendahuluan yang mencakup pandangan umum, latar belakang permasalahan, permasalahan, batasan masalah serta sistimatis pembahasan.

BAB II . Landasan teori yang mencakup prinsip kerja generator serta konstruksi dan bagian – bagiannya, pengaman maupun alat bantu paralel.

BAB III . Langkah penyelesaian permasalahan yang mencakup perancangan panel paralel Generator dengan persyaratannya.

BAB IV . Pembahasan yang mencakup prinsip kerja paralel diagram pengawatan serta prosedur percobaan.

BAB V . Kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil pembahasan

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Prinsip kerja Generator

Generator adalah suatu peralatan listrik yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik . Energi mekanik ini ada yang berasal dari tenaga diesel , tenaga uap , tenaga air , tenaga panas bumi yang kesemuanya itu di distribusikan ke bagian rotor generator . Prinsip kerja generator adalah berdasarkan adanya induksi elektro magnetic dan untuk memahami hal tersebut , kita harus mengetahui prinsip dasarnya . Adapun hukum yang mendasari timbulnya tegangan adalah hukum Faraday dimana :

$$e = d\phi / dt \dots\dots\dots(II.1)$$

Adanya perubahan fluks (ϕ) terjadi apabila sebuah konduktor digerakkan tegak lurus sejauh ds memotong suatu medan magnet dengan kerapatan fluks B , maka perubahan fluks pada konduktor dengan panjang l adalah :

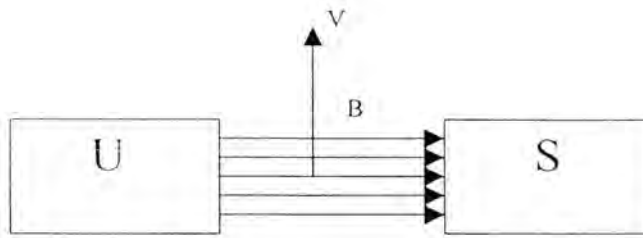
$$d\phi = B l ds \dots\dots\dots(II.2)$$

Bila kedua persamaan diatas kita gabungkan maka :

$$e = B l ds / dt \dots\dots\dots (II.3)$$

dimana $ds / dt = v =$ kecepatan maka diperoleh :

$$e = B l v \dots\dots\dots(II.4)$$



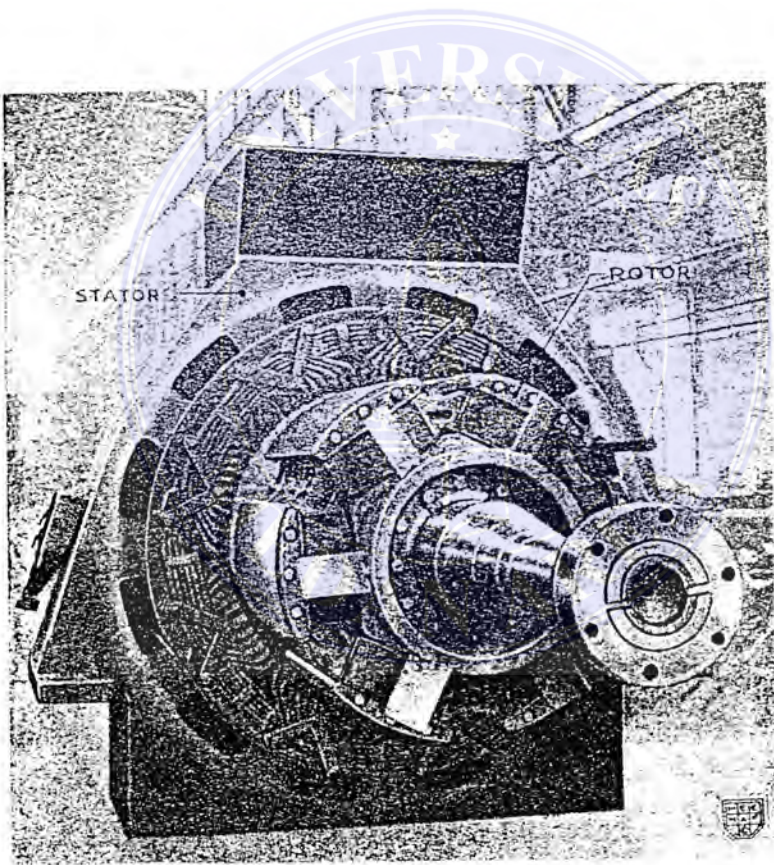
Gambar 2 - 1 : Arah Gaya Gerak Listrik.

Arah gaya gerak listrik ditentukan oleh aturan tangan kanan dengan ibu jari, telunjuk dari jari tengah yang saling tegak lurus dan masing – masing jari tersebut menunjuk V , B dan e . Apabila konduktor tersebut dihubungkan dengan beban, seperti misalnya dengan sebuah tahanan, maka pada konduktor akan mengalir arus dimana arus yang menjauhi kita digambarkan dengan dengan ujung depan anak panah (\times) dan arus yang mendekati kita digambarkan dengan dengan depan anak panah (\cdot). Persamaan $e = B l v$ dapat diartikan bahwa dalam medium medan magnet diberikan energi mekanik (untuk menghasilkan kecepatan v) maka akan dibangkitkan energi listrik (e) dan ini merupakan prinsip dasar dari sebuah generator.

II.2 Konstruksi Generator

Untuk memproduksi energi listrik pada sebuah Generator, terdapat dua bagian utama yang merupakan susunan ferromagnetik. Bagian yang pertama adalah bagian yang diam dan pada dasarnya adalah suatu silinder kosong yang dinamakan stator.

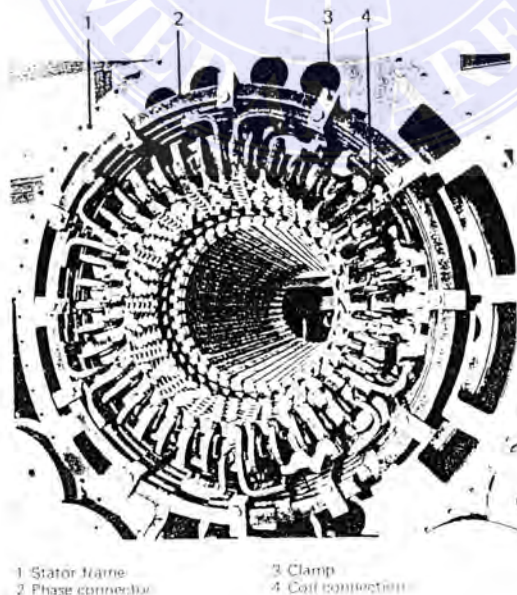
Untuk tempat kumparan maka pada inti stator dibuat alur – alur yang memanjang . Kumparan yang ditempatkan pada alur – alur tersebut membawa arus yang diberikan kepada suatu beban listrik . Bagian yang kedua adalah bagian yang berputar dan merupakan suatu poros yang dipasang dan berputar didalam stator yang kosong . Bagian yang berputar ini disebut rotor dan pada rotor ini terdapat belitan medan yang disatukan dengan sumber arus searah .



Gambar 2 – 2 : Generator

II.3 Konstruksi stator

Stator terdiri dari rumah stator, inti stator, belitan stator dan terminal stator. Rumah stator terbuat dari plat baja yang kokoh dimana pada bagian dalamnya terdapat belitan stator. Inti stator terbuat dari lempengan – lempengan logam tipis dari bahan lembaran alloy ringan (light alloy sheet) yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu inti dan di padukan dengan menggunakan baut. Belitan stator merupakan tempat terjadinya tegangan induksi dan tersusun dari tiga belitan yang terpisah (pada generator tiga fasa) yang masing – masing belitan terpisah 120 derajat listrik. Ketiga belitan dapat dapat dihubungkan bintang maupun segitiga. Hubungan bintang merupakan hubungan yang paling umum digunakan karena dengan sendirinya dapat menghasilkan tegangan antar fasa yang tinggi dan titik netral dapat disalurkan untuk pembumian.



UNIVERSITAS MEDAN AREA - 3 : Stator generator

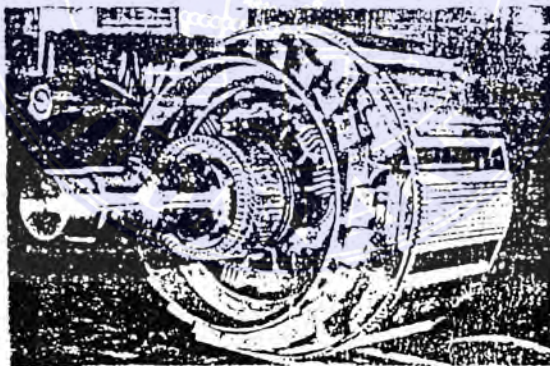
II.4 Konstruksi rotor

Berdasarkan bentuknya , rotor yang digunakan pada Generator mempunyai dua jenis yaitu :

- Rotor dengan kutub menonjol (salient pole)
- Rotor silinder (non salient pole)

Inti juga terbuat dari lempengan – lempengan baja tipis dari bahan paduan yang sama dengan bahan inti stator dengan kualitas magnet yang baik . Pada inti rotor , ditempatkan belitan medan yang digunakan untuk menghasilkan garis – garis gaya magnet (medan magnet) .

II.4.1 Rotor kutub menonjol



Gambar 2 - 4 : Konstruksi rotor kutub menonjol

Konstruksi rotor dengan kutub menonjol (salient pole) digunakan pada generator dengan putaran rendah dan memiliki banyak kutub . Keping kutub yang dilaminasi dengan belitan medannya ,

Umumnya rotor kutub menonjol mempunyai diameter yang besar. Pertimbangan pemakaian rotor jenis ini dari kekuatan mekanisnya dimana tipe salient pole kurang kuat jika dipakai sebagai rotor generator AC yang berkecepatan tinggi. Generator dengan rotor salient pole banyak digunakan pada pembangkit tenaga air. Jumlah kutub rotor tergantung kepada frekuensi dan putaran yaitu :

$$Np = 120 f \dots\dots\dots (II.5)$$

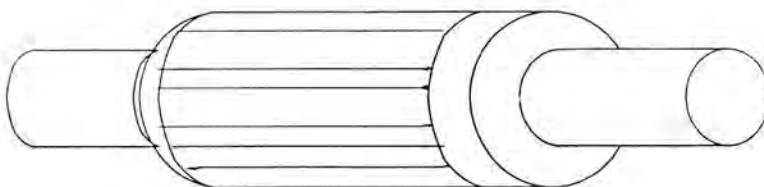
N = jumlah putaran / menit

P = Jumlah kutub

f = frekuensi dalam Hz

Bila dilihat dari persamaan diatas, dapat kita simpulkan bahwa semakin banyak jumlah “ p “ semakin kecil nilai “ N “ oleh karena itu rotor kutub menonjol (biasanya tidak kurang dari 4 kutub) digunakan pada putaran yang lambat .

II . 4 . 2 Rotor silinder



Gambar 2 – 5 Konstruksi rotor silinder

Disebut silinder karena tidak ada bagian yang menonjol pada permukaan rotornya sedangkan belitan medannya tertanam pada alur dibawah permukaannya . Penggunaan rotor silinder disesuaikan dengan konstruksinya yang kuat dimana kutub – kutub dengan inti rotor adalah satu (sebadan) . Kepala kumparan yang berada pada ujung rotor , dilindungi (ditutup) dengan alat yang disebut Retaining ring yang mana fungsinya untuk menahan kumparan rotor agar tidak terlepas sewaktu beroperasi dengan kecepatan tinggi dan biasanya penggunaannya pada turbin uap maupun turbin gas .

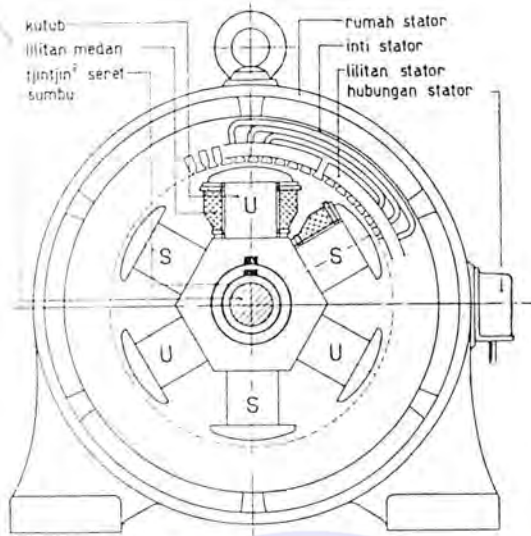
II.5 Penempatan kutub Generator

Berdasarkan penempatan kutub generator digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

- Generator berkutub dalam
- Generator berkutub luar

II.5.1 Generator berkutub dalam

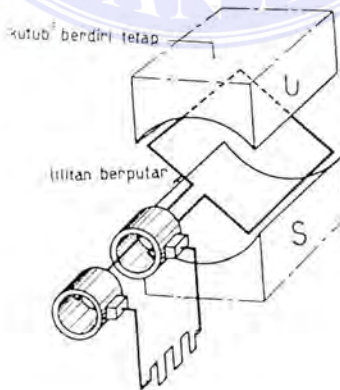
Generator berkutub dalam adalah bila kutub – kutub medannya merupakan bagian yang bergerak dan terletak pada bagian dalam sedangkan kumparan tempat terjadinya gaya gerak listrik merupakan bagian yang diam dan biasanya ditempatkan pada bagian luar . Jenis ini banyak dijumpai terutama pada stasiun – stasiun pembangkit listrik dan biasanya dengan kapasitas yang besar .



Gambar 2 - 6 : Generator berkutub dalam

II.5.2 Generator berkutub luar

Pada prinsipnya generator berkutub luar adalah generator yang kutub – kutub medannya merupakan bagian yang statis (tidak bergerak) dan terletak pada bagian luar sedangkan kumparan tempat terjadinya gaya gerak listrik terdapat pada bagian yang bergerak (dalam hal ini rotor).



Gambar 2 - 7 : Generator berkutub luar

II.6 Persamaan E M F Induksi

Besarnya gaya gerak listrik induksi yang dibangkitkan alternator dapat di analisa secara sistimatis sebagai berikut :

Z = Jumlah penghantar atau sisi kumparan dala seri / phasa yaitu $2 T$ dimana T adalah jumlah kumparan atau belitan / phasa

η = Jumlah kutub

f = frekuensi

ϕ = fluks / kutub dalam weber

k_d = faktor distribusi = $(\sin m B/2) / (m \sin B/2)$

k_p (k_c) = pitch atau faktor jarak kumparan = $\cos \alpha / 2$

k_f = faktor depan = 1,11 jika EMF dianggap sinusoidal

N = Kecepatan putar rotor dalam rpm

Dalam satu putaran rotor yaitu $60/N$ detik setiap penghantar stator dipotong adalah dipotong oleh fluks dari $p \phi$ weber . Jadi induksi EMF rata – rata / penghantar = $(\phi \text{ terpotong}) / (\text{waktu})$ yaitu $d\phi / dt$.

= $(p \phi) / (60/N)$ volt atau $Np\phi / 60$ volt. dimana $N= 120 f / P$ dengan memasukkan harga N , diperoleh EMF rata –rata / penghantar = $2\phi f$ volt.

Jika Z adalah penghantar seri / phasa , maka EMF rata –rata / phasa adalah
 = $2 f \phi Z$ volt = $4 f \phi T$ volt . Harga rms dari EMF / phasa adalah
 = $1,11 \times 4 f \phi T$ volt atau $4,44 f \phi T$ volt .

Dengan demikian maka tegangan per phasa terpakai

= $4,44 .k_p . k_d . f . \phi . T$ volt atau

= $4,44 . k_f . k_p . k_d . f . \phi . T$ volt(II.6)

II.7 Prinsip kerja paralel

Pada prinsipnya , tujuan memparalel generator atau alternator antara lain adalah :

1. Menambah kapasitas daya untuk mengimbangi kondisi beban sistim dimana beban sistim dapat bertambah sesuai dengan permintaan konsumen (pelanggan) .
2. Meningkatkan keandalan mesin pembangkit yaitu dengan melaksanakan pemeliharaan secara teratur sehingga pembangkit dapat beroperasi secara bergantian dengan beban yang maksimal serta berkemampuan tinggi .

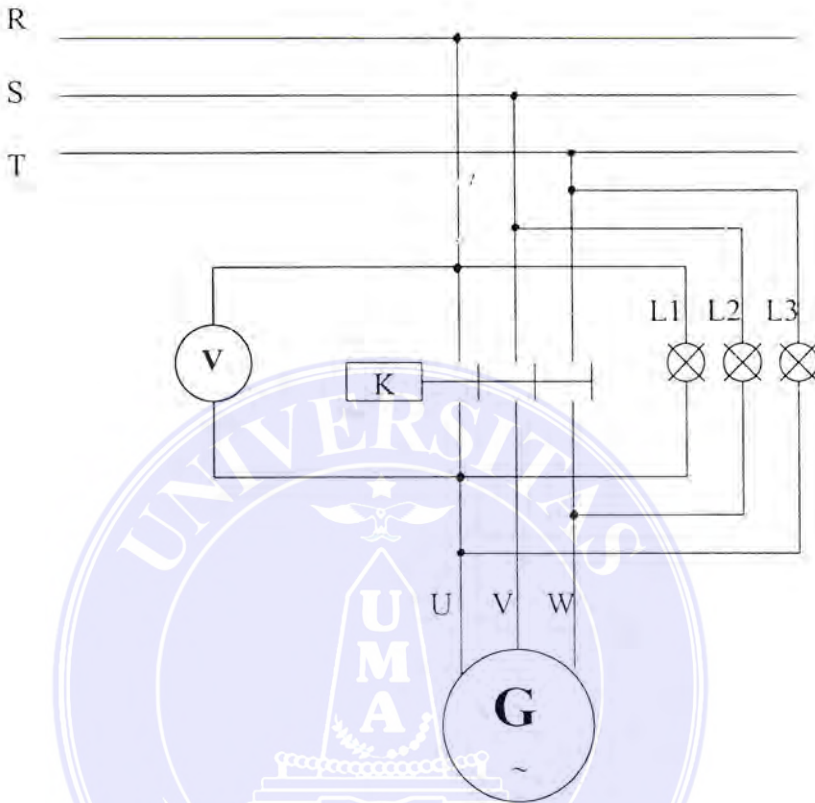
Generator yang akan diparalelkan , haruslah melalui persyaratan - persyaratan yaitu :

- Urutan fasa harus sama
- Frekuensi harus sama
- Tegangan sistim harus sama

Persyaratan tersebut diatas , adalah merupakan dasar dari proses paralel.

Untuk melayani perkembangan beban yang semakin meningkat, maka jalan yang terbaik adalah dengan menambah kapasitas daya listrik tentunya dalam hal ini generator dan diparalelkan dengan sistim yang telah ada sehingga dengan demikian , masalah perkembangan beban dapat di atasi maupun ditanggulangi . Generator yang beroperasi melayani beban , pertama – tama disalurkan ke suatu jala - jala / rel (busbar) dan hal ini dirancang selain tempat paralelnya generator , juga tempat pendistribusian energi listrik .

Rel atau jala – jala juga dalam bahasa asingnya disebut Busbar, biasanya terbuat dari lembaran tembaga yang ditopang oleh penyangga dengan kualitas isolasi yang baik .



Gambar 2 - 8 : Hubungan Generator ke jala - jala .

Bila sebuah generator akan diparalelkan dengan jala-jala atau generator yang lain , seperti dalam gambar 2 - 8 , terlebih dahulu dipenuhi syarat – syaratnya yaitu frekuensi , tegangan haruslah sama dimana fasa U,V,W Generator nantinya akan bertemu dengan fasa generator yang lain yaitu fasa R,S,T . Sewaktu generator telah mendekati putaran sinkronnya , maka lampu – lampu L1,L2,L3 akan silih berganti hidup maupun mati .

Ketika lampu L1 dalam kondisi tidak menyala (mati), dan tegangan yang diperlihatkan oleh volt meter V pada angka nol , maka saat itulah sebenarnya frekuensi dan urutan fasa ke dua generator sama tentu diharapkan circuit breaker K akan ON (close) karena dianalisa bahwa setiap fasa pada sebuah generator tiga fasa akan berbeda sudut antara satu sama lainnya sebesar 120° dan U terhadap V juga berbeda 120° maka fasa S dan V dianggap telah sama begiulah seterusnya dengan fasa T dan W. Setelah circuit breaker K masuk , maka kelihatan pada lampu L2 dan L3 dalam kondisi menyala permanen dan diperkirakan bahwa tegangan pada lampu sebesar tegangan antara fasa ke fasa generator .

II . 7.1 Lampu indikator Terang gelap .

Terdapat dua cara untuk pengoperasian paralel generator yaitu :

1. Dengan cara otomatis dan
2. Dengan cara manual .

Jika pengoperasinya menggunakan cara otomatis , maka pengambilan sebahagian beban saat paralel juga akan secara otomatis . Selanjutnya jika menggunakan cara manual operasi , maka disaat kontak K terhubung (close) , pengambilan sebahagian beban yang akan dipikul oleh generator dilakukan dengan cara manual . Cara inilah yang banyak mengalami kegagalan disaat akan paralel karena sewaktu paralel generator dibiarkan lama tanpa memikul beban , maka dapat saja

UNIVERSITAS MEDAN AREA

menjadi beban oleh generator lain atau berfungsi sebagai motor

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

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

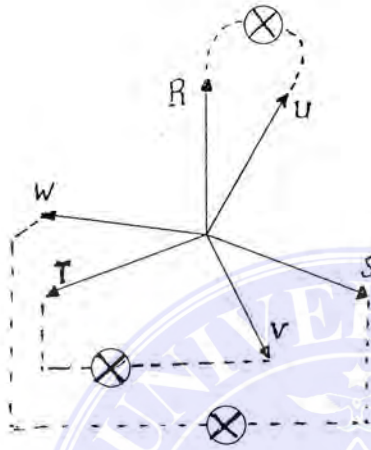
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

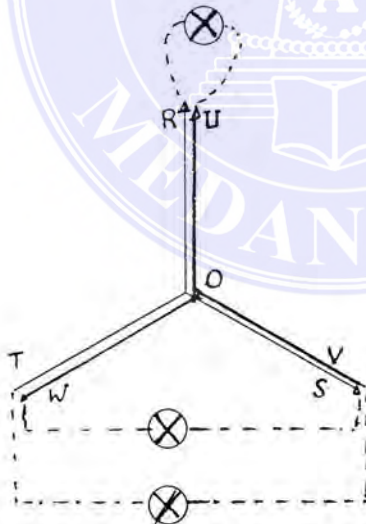
Document Accepted 20/9/23

PERPUSTAKAAN

Kalau hal ini terjadi , maka biasanya pengaman daya balik akan bekerja untuk melepas penghubung K, sehingga generator lepas paralel atau lepas sinkron.



Gambar 2-9 : Kondisi fasa yang belum sama.



Gambar 2-10 : Kondisi fasa yang telah sama.

Lampu L1 mendapat tegangan dari $V_{R-U} = 0$ volt (lampu mati) karena

R berimpit dengan U sehingga ΔV antara U dan R = 0 atau

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 $V_{R-U} = V_{or} - V_{ou} = 0$

Lampu L2 mendapat tegangan dari $V_{W-S} \neq 0$ (lampu hidup) dimana

$$V_{W-S} = V_{W-O} - V_{S-O} = \sqrt{3} V_{W-O} = \sqrt{3} V_{S-O}$$

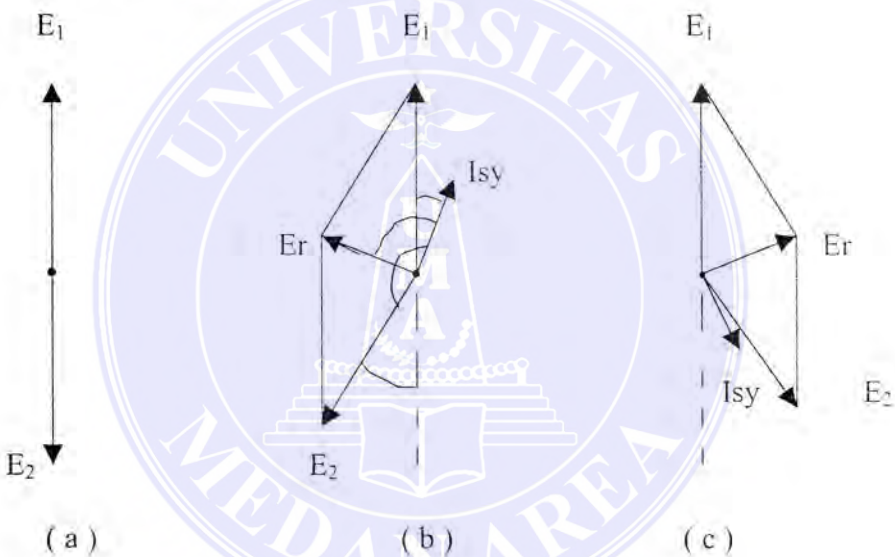
Lampu L3 mendapat tegangan dari $V_{T-V} \neq 0$ (lampu hidup) dimana

$$V_{T-V} = V_{T-O} - V_{V-O} = \sqrt{3} V_{T-O} = \sqrt{3} V_{V-O}$$

Akibat masuknya penghubung K pada saat paralel , maka akan terjadi arus sinkronisasi yaitu sebesar :

$$I_{sy} = \frac{E_r}{Z_s} \dots\dots\dots(II.7)$$

dimana Z_s adalah impedansi dari kedua mesin tersebut .



Gambar 2 - 11 : Vektor arus dan tegangan sinkronisasi

Arus I_{sy} yang tertinggal (terbelakang) terhadap E_r dengan sudut ϕ sebesar $\text{arc tg } X_s / R_a$ dimana X_s adalah jumlah reaktansi kedua mesin tersebut . Juga R_a merupakan tahanan jangkar kedua mesin tersebut. Karena harga R_a biasanya kecil dan diabaikan maka besar sudut ϕ kira-kira = 90° .

Adanya arus sinkronisasi yang terjadi akan membangkitkan kopel yang menyebabkan bergesernya vektor tegangan dari salah satu generator guna untuk mendapatkan keadaan sinkronnya . oleh karena itu bagi generator yang bergeser tegangan vektornya , akan berubah fungsi sebagai motor . Karena perubahan tersebut maka generator yang lain akan memberikan daya yang disebut dengan daya sinkronisasi . Dilihat dari gambar 2 - 11 b terlihat bahwa mesin yang mengeluarkan tegangan E_1 akan mengeluarkan daya sebesar $E_1 I_{sy} \cos \phi 1$. Dengan harga $\phi 1$ kecil , maka daya yang dikeluarkan oleh salah satu pembangkit adalah sebagai :

- a. Daya masukan bagi generator yang berfungsi sebagai motor
- b. Rugi - rugi tembaga rangkaian jangkar kedua mesin

Adapun daya yang masuk kepada generator 2 adalah $E_2 I_{sy} \cos \phi 2$ yang diperkirakan sama dengan $E_2 I_{sy}$ maka $I_{sy} E_2 = I_{sy} E_2 + \text{Rugi tembaga}$.

$E_1 = E_2$ diperkirakan . maka diperoleh

$$E_r = 2E \cos \frac{180 - \alpha}{2} = 2E \cos (90^\circ - \frac{\alpha}{2}) = 2E \sin \frac{\alpha}{2} = 2E \frac{\alpha}{2} = E\alpha$$

dimana α dalam radian listrik

$$I_{sy} = \frac{E_r}{Z_s} = \frac{E_r}{X_s} = \frac{\alpha E}{X_s}$$

Daya sinkronisasi yang dikirim generator no 1 adalah :

$P_{sy} = E_1 I_{sy}$ masukkan ke rumus diatas diperoleh :

$$P_{sy} = \frac{\alpha E}{X_s} \times E_1 = \frac{\alpha E^2}{X_s} \quad (\text{daya per fasa})$$

maka total dayanya adalah $3 P_{sy}$.

Adanya arus sinkronisasi yang terjadi pada waktu pelaksanaan paralel ialah dikarenakan oleh bergesernya vektor tegangan salah satu dari generator yang diparalel karena pada prinsipnya generator cenderung mempertahankan kondisinya. Dan pada saat paralel, salah satu dari generator tersebut akan mengalah sehingga vektor tegangannya bergeser. Oleh karena adanya beban sinkronisasi, maka terjadi pula Torsi Sinkronisasi dan dinyatakan dalam Newton meter. Untuk daya 3 phase sinkronisasi dapat diberikan :

$$3 P_{sy} = T_{sy} \times 2 \pi \times \frac{N_s}{60} \quad (\text{Watt})$$

$$T_{sy} = 3 \frac{P_{sy} \times 60}{2 \pi N_s} \text{ dimana } N_s = 120 f / p \text{ maka}$$

$$T_{sy} = 3 \frac{P_{sy} \times 60 p}{2 \pi \times 120 f} \dots\dots\dots (II.8)$$

dimana

T_{sy} : Torsi pada saat sinkron

P_{sy} : Daya pada saat sinkron

f : Frekuensi

p : Kutub

N_s : Putaran sinkron

BAB III

PERANCANGAN PANEL PERCOBAAN PARALEL GENERATOR 3 PHASA PADA LABORATORIUM MESIN-MESIN LISTRIK UMA

III.1 Pengambilan data – data Generator

Untuk merancang sesuatu panel , sebelumnya sangatlah perlu diketahui data - data dari obyek yang akan menggunakan panel tersebut dan dibawah ini adalah data – data Generator 3 phasa yang berada pada laboratorium Universitas Medan Area .

GENERATOR NO 1

TYPE	: STC – 12	FREQ	: 50 Hz
POWER	: 15 KVA	AMP	: 21,7
VOLT	: 400 V	RPM	: 1500
COS φ	: 0,8	PHASA	: 3

EXCITER

Ex Volt	: 80 v
I Ex	: 7,1 A
Ins Cl	: E / B

Melihat dari data – data Generator no 1 yang diperoleh jelas bahwa daya yang tertulis merupakan daya Semu (VA). Untuk menetapkan daya Aktipnya dapat dihitung antara lain :

$$\begin{aligned} P &= S \times \text{Cos } \varphi \\ &= 15\,000 \text{ VA} \times 0,8 \\ &= 12\,000 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Bila dilihat dari jumlah putaran = 1500 Rpm , dan frekuensinya = 50 Hz

$$\text{sesuai dengan } N = \frac{120f}{P} \text{ atau } P = \frac{120f}{N} = \frac{120 \times 50}{1500} = 4$$

Dapat disimpulkan bahwa Rotor Generator mempunyai jumlah kutub 4 buah . Besar arus yang tertulis sebesar 21,7 Ampere dapat dibuktikan kebenarannya yaitu dengan :

$$\begin{aligned} I &= \frac{S}{V \cdot \text{Cos } \varphi \cdot \sqrt{3}} = \frac{15000}{400 \times 0,8 \times 1,73} \\ &= 21,67 \text{ Amp} \approx 21,7 \text{ Amp} \end{aligned}$$

Arus tersebut adalah arus satu fasa , maka untuk arus 21,7 Amp dibulatkan menjadi 29 Ampere. Selanjutnya kabel yang kita pilih untuk arus total 29 Ampere, adalah kabel dengan luas penampang berkisar 2,5 mm (lihat tabel III –1 dengan 3 ader) . Dan untuk pemasangan alat ukur Ampere meter yang akan di pasang secara seri terhadap beban, maka kita pilih ampere meter dengan kemampuan ukur sebesar 21,7 Ampere kita tambahkan dengan toleransi $\pm 10\%$ yaitu kira – kira 25 Ampere. Selanjutnya Generator No 2 juga kita hitung sama seperti halnya pada generator No 1 yaitu dengan tujuan untuk memperoleh kepastian tentang

UNIVERSITAS MEDAN AREA yang akan dipasang.

Adapun data – data dari Generator No 2 ialah :

GENERATOR NO 2

TYPE : STC - 3 DAYA : 5 KW
 VOLT : 400 v FREQ : 50 Hz
 RPM : 1500 COS ϕ : 0.8
 PHASA: 3 Ins Cl : E / B
 I Exc : 3.6 A V Exc : 82 v

Untuk melihat besar arus yang di ijinakan pada kabel maupun penghantar dengan inti 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat berdasarkan tabel dibawah ini.

BEBAN ARUS UNTUK KABEL TEGANGAN RENDAH				
Penampang Nominal (mm ²)	Arus maximal yang diperbolehkan dengan beban konstan (Amp)			
	1 Ader	2 Ader	3 Ader	4 Ader
1	24	19	17	15
1,5	31	25	22	20
2,5	41	33	29	26
4	55	42	37	34
6	70	53	47	43
10	95	70	65	57
16	130	95	85	75
25	170	125	110	100
35	210	150	135	120
50	260	190	165	150
70	320	230	210	185
95	385	275	240	220
120	450	315	280	250
150	510	360	315	290
185	575	405	350	330
240	670	470	420	385
300	760	530	475	430
400	910	635	570	510

Tabel III – 1 . Untuk pemakaian kabel tegangan rendah

Bagi yang ingin merencanakan Rel Busbar atau jala – jala, dan juga untuk memudahkan penentuan arus yang di iijinkan, berikut dilampirkan tabel seperti dibawah ini.

TABEL dari REL TEMBAGA				
Besar Arus yang diperbolehkan untuk kenaikan temperatur (Amp.)				
Lebar (mm)	Tebal (mm)	Penampang (mm ²)	20° C	10° C
15	2	30	110	75
15	4	60	160	120
20	2	40	140	100
20	4	80	210	150
25	2	50	190	140
25	4	100	250	180
30	4	120	300	220
30	6	180	390	270
40	4	240	400	280
40	6	160	500	360
40	8	320	600	420
50	4	200	500	350
50	6	300	630	450
50	8	400	730	520
60	4	240	600	425
60	6	360	750	530
60	8	480	870	600
60	10	600	1000	700
80	8	640	1160	790
80	10	800	1330	910
100	8	800	1450	1000
100	10	1000	1650	1125

Tabel III – 2 . Untuk pemakaian Rel tembaga

III. 2 Peralatan alat ukur


Peranan alat - alat ukur pada suatu panel listrik merupakan peralatan yang sangat penting bagi kelangsungan operasionalnya begitupula halnya bila kita akan memparalelkan Generator . Melalui alat – alat ukur tersebut , kita dapat mengetahui kondisi peralatan maupun kondisi mesin yang sedang beroperasi . Alat ukur tersebut , dapatlah kita ibaratkan suatu bahasa isyarat dari proses operasinya sebuah mesin kepada operator yang menjaganya . Oleh karena itu peralatan ukur dituntut untuk tetap dalam kondisi yang baik serta mempunyai akurasi yang tinggi . Salah satu kegagalan manusia dalam mengoperasikan peralatan – peralatan listrik dapat terjadi karena tidak akuratnya pengukuran - pengukuran disaat mesin sedang beroperasi . Suatu contoh yang sangat sederhana ialah kesalahan posisi penempatan alat ukur. Dimana setiap alat ukur dilengkapi dengan tanda maupun simbol yang mempunyai arti seperti tanda :


\perp = Posisi penempatan alat ukur tegak lurus


\sphericalangle = Posisi penempatan alat ukur dengan sudut 45°

\sqcap = Posisi penempatan alat ukur mendatar

2,5 = Yaitu Kelas ketelitian alat ukur

 = Jarum penunjukan menggunakan kumparan putar.

 = Pengukuran menggunakan magnet

 = Ketahanan isolasi 1 Kv

\equiv = Dapat mengukur arus AC maupun DC

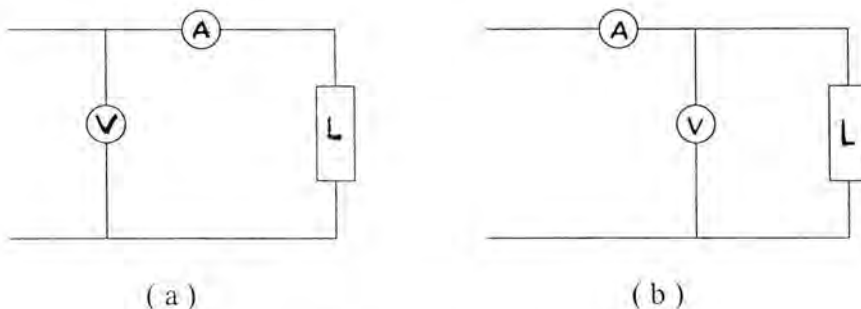
Sebelum peralatan ukur dipasarkan terhadap umum , terlebih dahulu diperiksa oleh suatu badan dan kemudian barulah ditentukan syarat maupun kelas dari alat ukur tersebut . Mengenai kelas ketelitian , adapun pengertian ketelitian dari alat ukur ialah :

Secara ideal meter yang di teliti adalah bebas dari kesalahan tetapi pada kenyataannya terlebih pada peralatan ukur yang menggunakan jarum penunjuk pengukuran (analog) , tidaklah demikian . Untuk itu kesalahan (error) dapat diberikan

$$e = \frac{M - T}{M} \times 100 \%$$

dimana e = Kesalahan meter
 M = Harga seharusnya
 T = Harga sebenarnya

Besarnya kesalahan dapat diketahui saat peralatan tersebut dikalibrasi dengan menggunakan meter standard . Selain letak posisi peralatan , kesalahan dapat juga terjadi akibat penempatan peralatan yang tidak aman contohnya ada getaranan , temperatur yang berlebihan , serta pengaruh magnet , dan adanya alat ukur lain yang ikut terukur .



Gambar 3 – 1 Pengukuran arus

Dengan adanya simbol maupun tanda – tanda yang tertera pada peralatan ukur, jelaslah bahwa penggunaanya harus memperhatikan serta mentaati apa yang harus dilakukan. Menempatkan posisi alat ukur yang salah dapat saja mengakibatkan penyimpangan pengukuran yang lebih besar dari kelas kesalahannya. Demikian halnya bila kita akan memparalelkan generator, salah satu alat ukur yang digunakan adalah volt meter yaitu dengan tipe ganda (double volt meter) yang fungsinya untuk mengukur tegangan listrik pada pembangkit yang akan diparalel (incoming) dan tegangan listrik pada jaringan, busbar yang sudah bertegangan (running).

Yang dimaksud dengan Volt meter ganda (double volt meter) ini ialah dua buah volt meter yang disatukan didalam satu tempat maksud tujuan tersebut agar dapat dilihat secara jelas ada dan tidaknya perbedaan tegangan antara incoming dan running. Selain volt meter ada juga dipakai indikator sinkron yang fungsinya untuk mengetahui gelombang fasa listrik antara incoming dan running. Untuk menyamakan phasanya biasanya dilakukan dengan mengatur putaran generator yang dalam hal ini identik dengan frekuensi. Indikator sinkron, selain sistim terang dan gelap (seperti yang telah diuraikan terdahulu) ada juga yang menggunakan sistim lampu berputar dimana lampu disusun sedemikian rupa yaitu satu lampu dihubungkan dengan fasa yang sama dan dua buah lampu lagi dihubungkan dengan fasa yang berbeda sehingga pada saat proses paralel lampu – lampu tersebut

III.3 Pengaman

Nilai investasi yang begitu tinggi pada peralatan pembangkit, mengakibatkan harus dilengkapi dengan pengaman, yang mana pengaman tersebut berfungsi untuk :

- Mengamankan peralatan dari kerusakan
- Mencegah meluasnya pengaruh kerusakan
- Memblokir daerah yang terganggu

Adapun sifat – sifat pengaman yang harus dimiliki adalah :

1.Sensitif . Yang dimaksud dengan sensitif ialah peralatan pengaman haruslah mempunyai sifat yang peka bila terjadi gangguan .

2.Selektif . Pengaman harus dapat bersifat selektif tentang daerah yang terganggu sehingga dengan demikian dapat terkordinasi .

3.Andal . Pengaman haruslah bersifat andal jika memang terjadi gangguan sehingga pengaman dapat berfungsi baik .

Diantara sekian banyak sifat – sifat pengaman, ketiga dari sifat diatas merupakan dasar yang harus dimiliki oleh pengaman . Agar pengaman tetap berfungsi dengan baik serta andal, maka seharusnya dilaksanakan pemeliharaan yang sifatnya teratur terlebih – lebih dengan mengkalibrasi ulang sehingga dengan demikian baik dan tidaknya peralatan pengaman tersebut dapat diketahui secara dini . Jenis – jenis pengaman yang banyak kita jumpai contohnya ialah : Relay dengan jenis Primer dan sekunder . MCB bekerja karena gangguan beban lebih dengan prinsip termal dan sekering yang putus karena hubung singkat .

III.4 Circuit Breaker

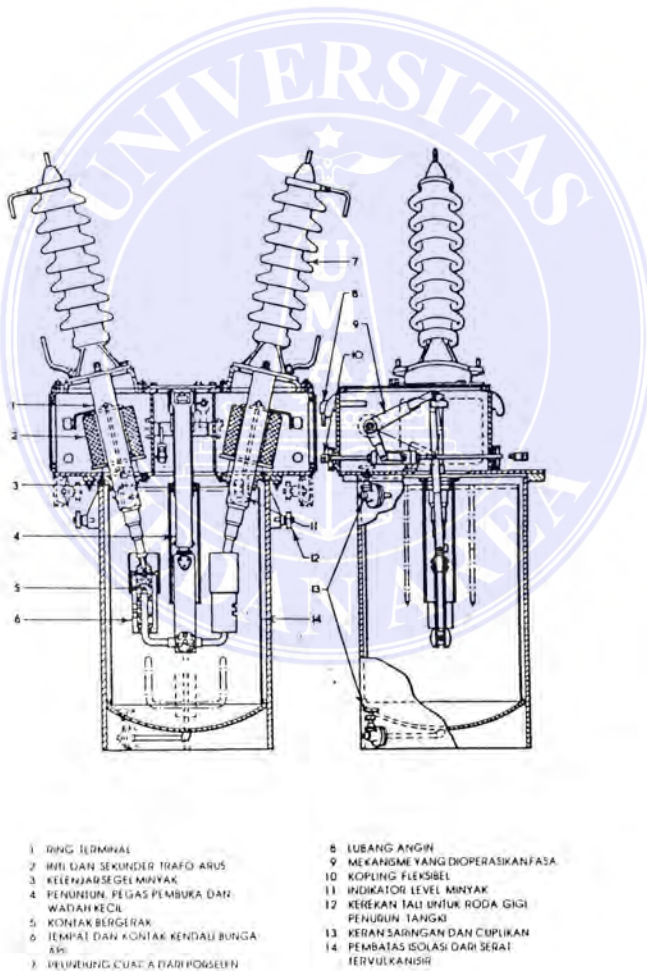
Circuit Breaker yang selalu disingkat dengan CB adalah suatu peralatan utama pada proses paralel generator yang mana berfungsi :

- Untuk menghubungkan Rangkaian utama (daya) dari generator ke sisi generator yang lain dengan kecepatan yang tinggi .
- Untuk memisahkan rangkaian daya ke generator bila ada perintah pelepasan yang berasal dari pengaman maupun manual juga dalam waktu yang cepat .

Salah satu yang perlu diperhatikan pada Circuit Breaker adalah kemampuan dan ketahanan kontak hubungannya yang lazim disebut Breaking capacity . Dimana ketahanan kontak ini sangat dibutuhkan terutama pada saat pelepasan beban baik karena adanya gangguan maupun tidak . Hal ini sangat perlu mengingat sewaktu pelepasan beban akan menimbulkan arus yang sangat besar sekaligus menimbulkan loncatan bunga api antara kedua sisi kontakannya . Pengaruh bunga api tersebut dapat membuat rusak permukaan kontak dan kalau itu terjadi , maka proses penyaluran daya pada tahap selanjutnya akan menjadi kurang baik .

Pada prinsipnya circuit breaker mempunyai dua buah kumparan dimana satu buah kumparan digunakan untuk “ on “ dan sebuah lagi digunakan untuk “ off “ . Bila ada gangguan yang dideteksi oleh peralatan pengaman , maka seluruh perintah trip akan ditujukan pada circuit breaker yaitu pada sisi kumparan “ off “ nya . Dalam hal memparalel generator , kegagalan pelepasan CB dapat berakibat fatal .

Selain circuit breaker, ada juga yang dinamakan Kontaktor yang fungsinya sama seperti circuit breaker yang berbeda hanyalah sistim self holdingnya bila pada circuit breaker self holdingnya menggunakan mekanis, kalau pada kontaktor menggunakan elektro magnetic ini berarti pada kumparan kontaktor harus diberikan arus listrik secara kontiniu sehingga dapat bertahan close dan untuk melepaskannya, cukup dengan menghentikan arus listrik yang tertuju pada kumparan.



Gambar 3 – 2 Circuit Breaker

III.5 Peralatan Bantu

Peralatan bantu atau disebut Auxiliary ialah suatu alat / peralatan yang digunakan / dipakai untuk membantu proses kerja suatu sistim . Peranan alat bantu ini , terutama pada proses paralel generator sangatlah penting dan merupakan alat pemandu, untuk proses paralel tersebut. Peralatan bantu yang digunakan pada proses paralel antara lain ialah :

- Sinkro meter atau lampu sinkronisasi berfungsi untuk mengetahui adanya perbedaan gelombang fasa.
- Volt meter yaitu untuk mengetahui adanya perbedaan tegangan antara sisi incoming dan sisi running .
- Frekuensi meter yaitu melihat perbedaan frekuensi pada kedua sisi dan ini berkaitan erat dengan pembebanan .

Alat bantu Circuit breaker antara lain Push Button (tombol) yang berfungsi untuk mengerjakan circuit breaker menjadi close atau open .

Mimic diagram atau mimic board juga merupakan suatu gambar yang menggambarkan tentang proses kerja / operasi dari suatu sistim , baik sistim unit pembangkit secara keseluruhan maupun sebahagian . Tujuan pembuatan mimic diagram ini tidak lain untuk menghindari kesalahan operasi dari suatu sistim . Jadi cukup dengan melihat diagram dari suatu sistim tersebut , operator dapat dengan mudah mengawasi dan mengoperasikan sesuai dengan langkah – langkah pengoperasian yang benar dan selain itu ada pula lampu – lampu indikator yang berfungsi

UNIVERSITAS MEDAN AREA
untuk mengetahui kondisi operasinya suatu alat .

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

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

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

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

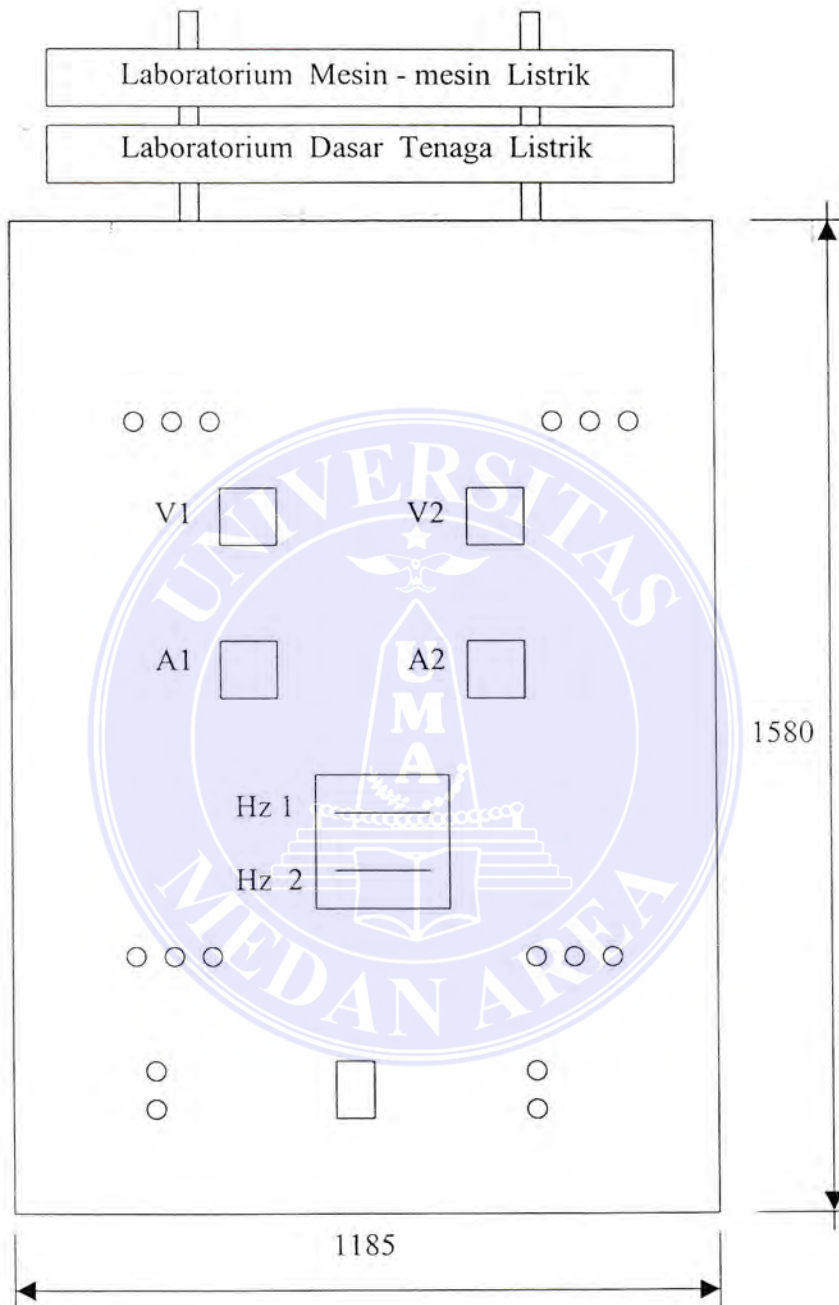
Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

III.6 Diagram pengawatan

Informasi yang akurat tentang kondisi pemasangan peralatan , dapat di lukiskan kedalam suatu gambar terutama gambar rangkaian pengawatannya . Gambar sangatlah penting terutama bila akan mencari gangguan . Melalui gambar , dapat kita ketahui letak / keberadaan peralatan yang terganggu sehingga informasi yang didapat melalui gambar , sangatlah membantu terutama pada bidang pemeliharaan maupun pada rencana pengembangan ke depan . Proses urutan operasinya sistim atau disebut operation diagram juga harus lengkap digambarkan . Petugas pemeliharaan yang akan melacak gangguan terhadap fungsi peralatan terutama pada sisi listrik , tanpa gambar wiring diagram akan sangat menyulitkan dan kemungkinan untuk menemukan letak maupun posisi peralatan yang terganggu , akan memakan waktu yang agak lama . Kondisi yang demikian jelas tidak kita inginkan terlebih – lebih gangguan tersebut berhubungan dengan pelayanan konsumen . Begitu pula bila ada perubahan terhadap sistim baik itu penambahan maupun pengurangan , semua itu haruslah dirobah pada gambar yang sudah ada . Maksud serta tujuannya adalah agar semua orang (dalam hal ini petugas pemeliharaan) mengetahui adanya perobahan tersebut . Gambar - gambar listrik pada umumnya mempunyai tiga jenis yaitu :

1. Arragement Drawing yaitu tentang dimensi dari peralatan
2. Wiring diagram yaitu tentang hubungan pengawatan peralatan

3. Operation Diagram yaitu tentang urutan pengoperasian peralatan .



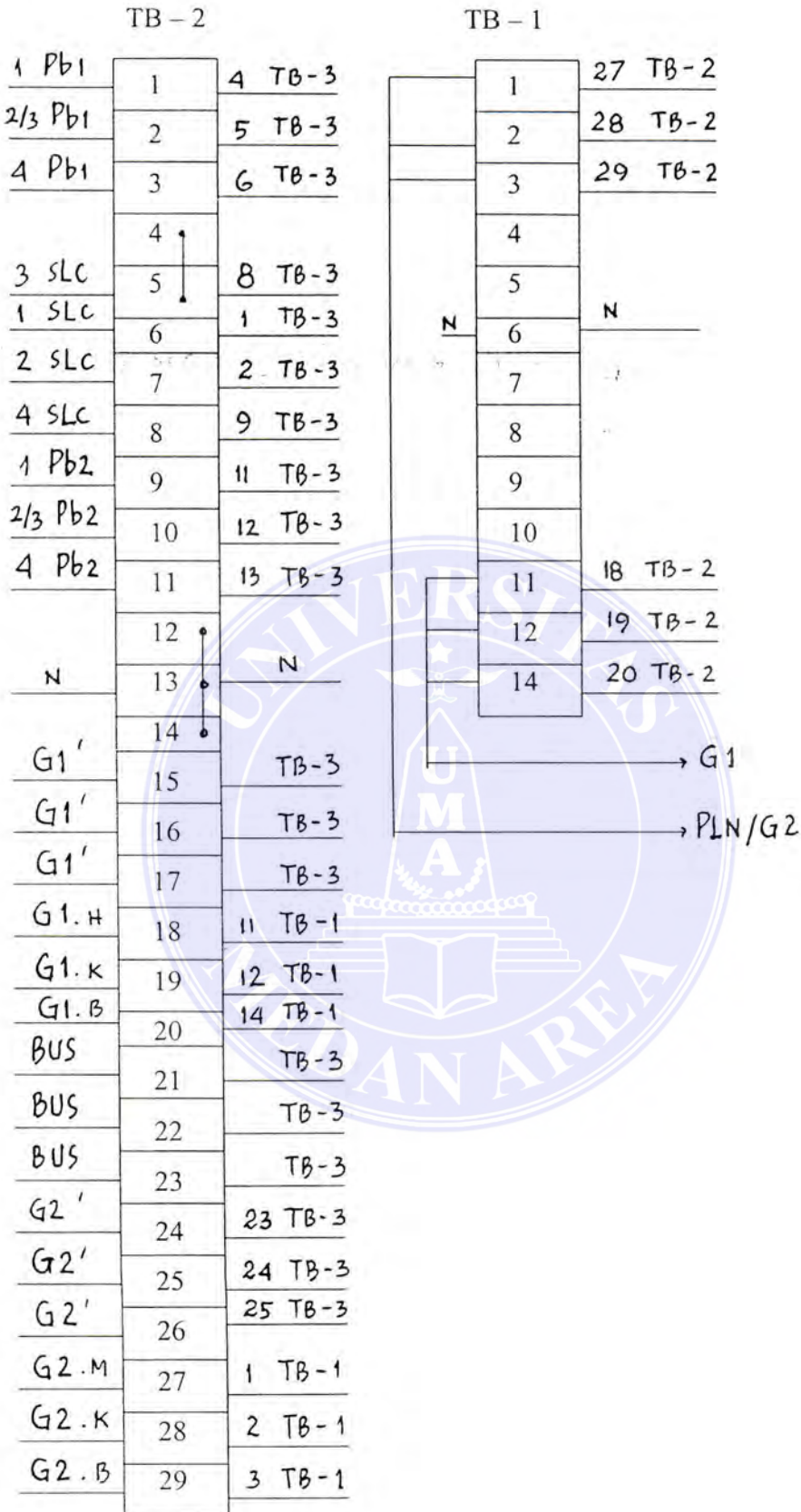
Gambar 3 - 3 Dimensi panel

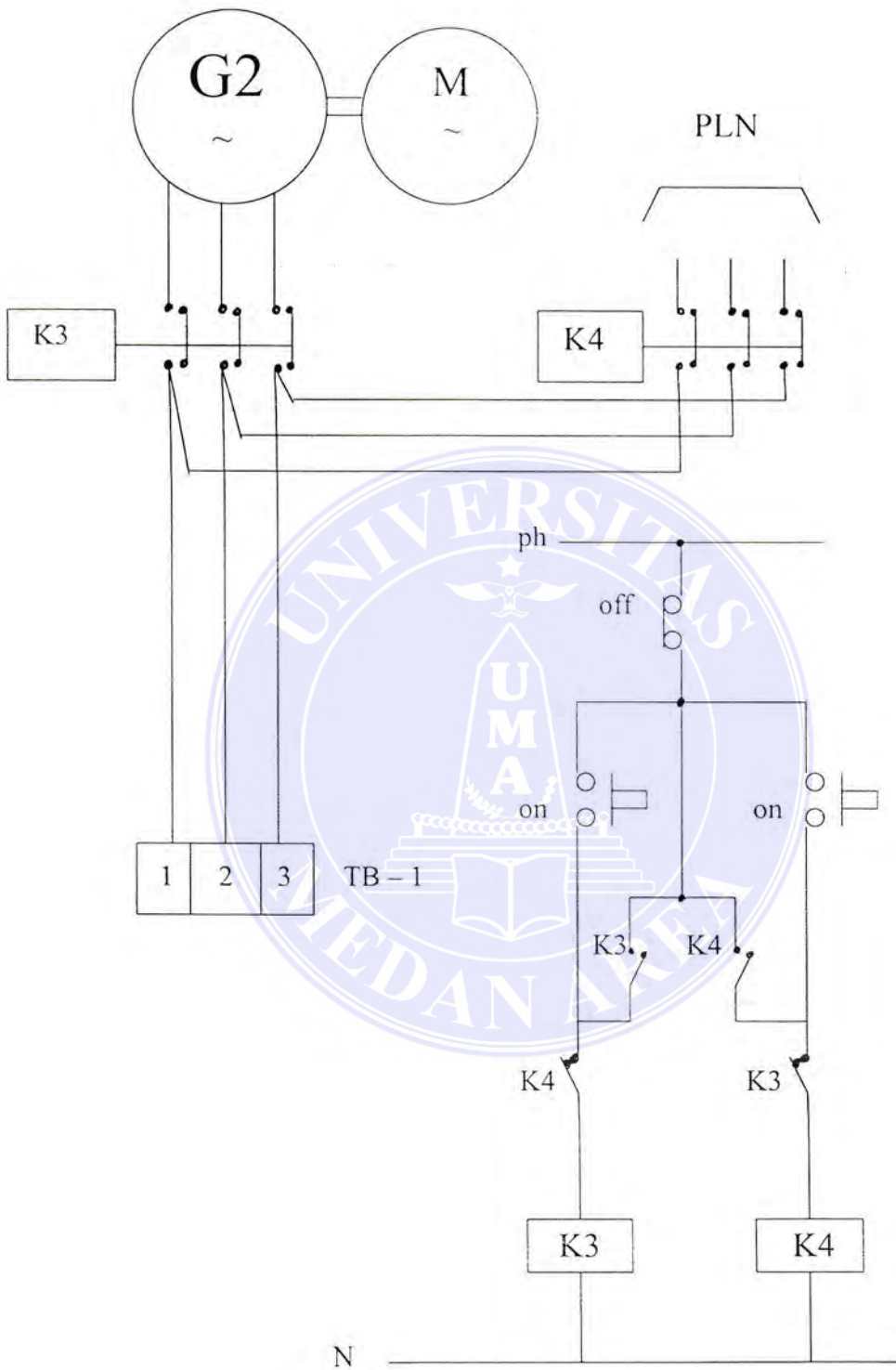
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area





Gambar 3 – 5 Wiring Diagram supply PLN dan G2

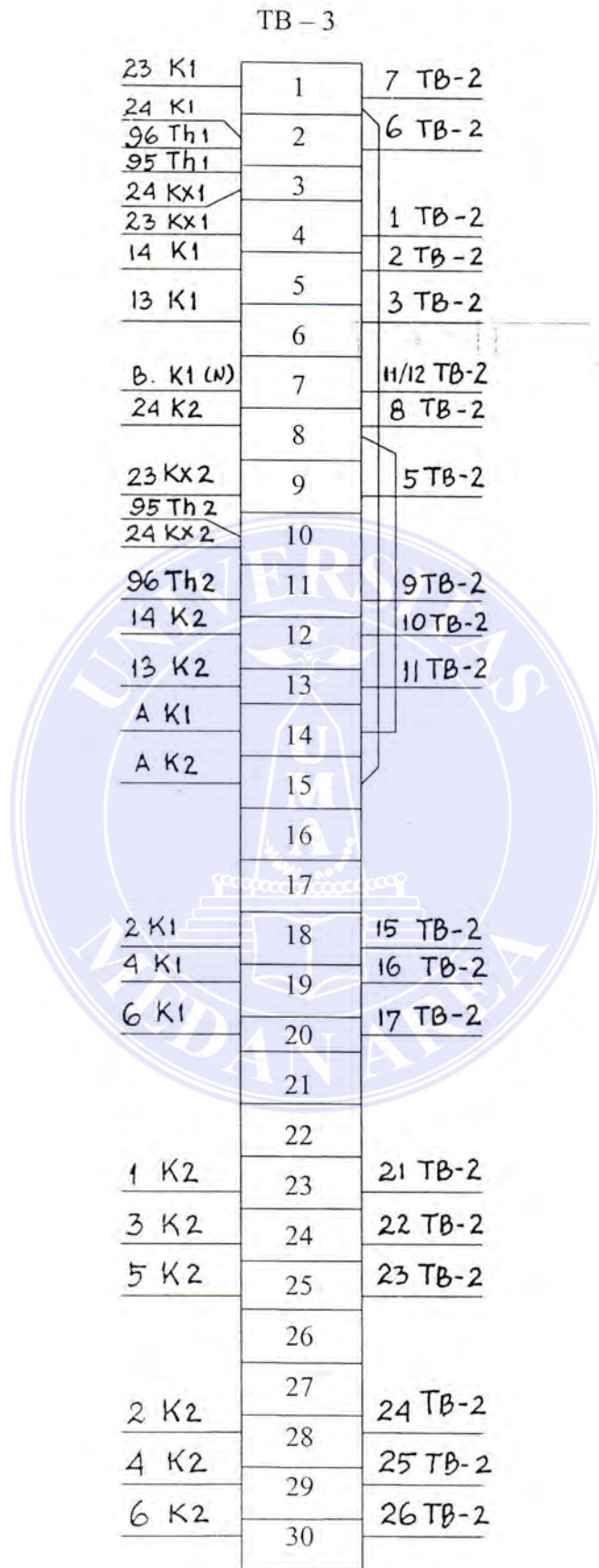
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

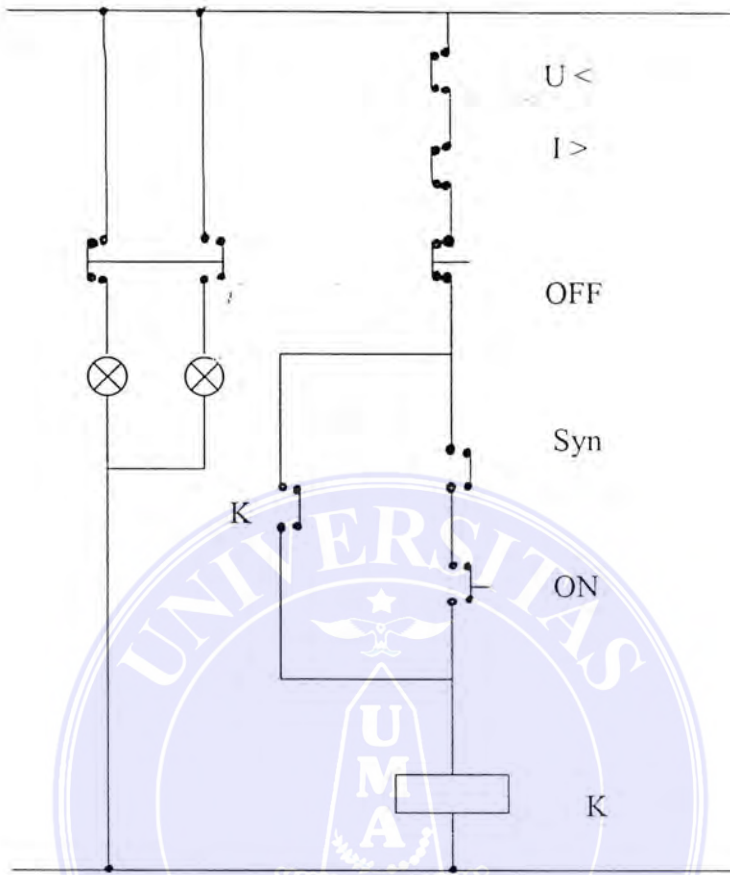
Document Accepted 20/9/23

Access From (repository.uma.ac.id)20/9/23

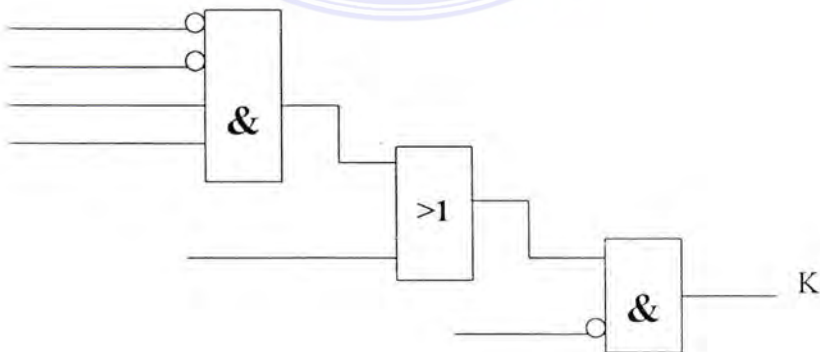


Gambar 3 – 6 Wiring diagram TB - 3

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Gambar 3 – 7 Relaying sistim (wiring diagram)



Gambar 3 – 8 Rangkaian logika (Logic Diagram)

KESIMPULAN DAN SARAN

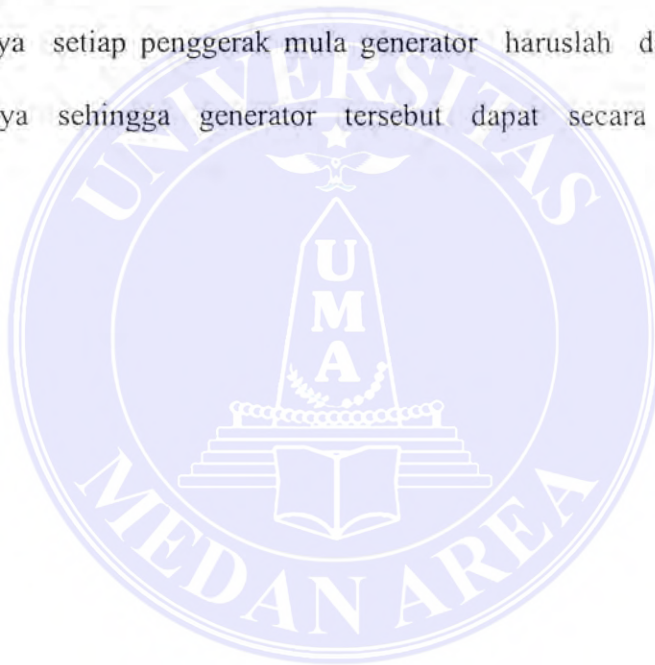
V.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa betapa pentingnya alat bantu sinkronisasi dalam proses keberhasilan pelaksanaan paralel, sehingga dengan adanya panel percobaan paralel generator, kerusakan akibat kegagalan sinkron dapat dihindari serta kontinuitas pelayanan dapat berjalan dengan baik dan berkesinambungan.
2. Untuk mengatasi beban konsumen yang semakin meningkat, salah satu cara adalah dengan menambah kapasitas daya listrik dan memparalelkannya pada sistim yang sudah ada.
3. Dengan memparalel Generator, salah satu dari sekian banyak generator dapat di stop (istirahat) sehingga ke awetan generator dapat dijaga dan pelayanan pada konsumen tidak terganggu.
4. Pada Generator yang sama – sama dihubung bintang sebaiknya titik netralnya dihubungkan ketanah (Ground) agar vektor tegangan pada saat akan sinkron dapat digambarkan.

V.2 Saran

1. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat, terutama yang menggunakan sumber daya listrik PLN 3 fasa, kami menyarankan agar tegangan antar fasa dinormalkan.

2. Setiap adanya perubahan sistim yang berhubungan dengan kelistrikan yang ada di laboratorium UMA baik penambahan dan lain sebagainya haruslah dituangkan kedalam gambar yang jelas sehingga dengan demikian ,dapat memudahkan bagi pengembangan kedepan .
3. Pemeliharaan secara teratur dan kontiniu terhadap peralatan perlu lebih ditingkatkan sabab dapat memperpanjang umur (life time) dari peralatan .
- 4 . Sebaiknya setiap penggerak mula generator haruslah dapat diatur putarannya sehingga generator tersebut dapat secara bergantian paralel .



DAFTAR PUSTAKA

Japrilman .S - Perancangan Panel Percobaan Paralel Generator Tiga Fasa pada....

1. Baptidanov , L and Tarasov , V ; *Power Station And Substation* ,
Peace Publisher , Moscow
2. Chapman , Stephen J ; *Electric Machinery Fundamental* , Mc Graw
Hill International Edition , Second Edition 1991
3. Edminister, Joseph A , *Electric Circuit Scaum Outline Series* , Mc
Graw Hill Book Company New York .
4. Herman , Stephen , L Alerich , Walter N , *Industrial Motor Control* ,
Delmar Publisher, Inc , New York 1985
5. Hughes ,E. *Electrical Technology* , Longman Group Limited, London
Fifth Edition , 1977
6. Kuznetsov, M., *Fundamental Electrical of Enginering* , Peace
Publisher , Moscow
7. Lister , Drs. Hanapi Gunawan (Penerjemah) , *Mesin dan Rangkaian
Listrik* , Edisi ke Enam Erlangga 1993
8. McIntyre, Robert. L, Losse, Rex, *Industrial Motor Control Fundament*
Mc Graw Hill Publishing Company , Fourth Edition, 1991
9. Petruzella, Frank D., *Industrial Electronic*, Mc Graw Hill Publishing
Company, 1996
10. Sen, S.K , *Rotating Electrical Machinery*, Khanna Publisher , Delhi
India , Second Edition 1976
11. Theraja, BL ; *A Tex Book of Electical Technology*, s. Chand & Co
(Pvt) Ltd Ram Nagar, New Delhi – 55, 1973
12. Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya* ,
P.T. Gramedia Pustaka Utama , Jakarta , 1993

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 20/9/23