

# ANALISIS BESARNYA ARUS SUB PADA GENERATOR JIKA TERJADI HUBUNGAN SINGKAT PADA SISI TEGANGAN TINGGI TRAF0

Nur'alim<sup>1</sup>, Irham Saleh<sup>2</sup>, Rizal Ahdiyut Duyo<sup>3</sup>, Hafsa Nirwana<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar,

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Politeknik Makassar

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

e-mail: [lim17alim@gmail.com](mailto:lim17alim@gmail.com)<sup>1</sup> [Irham\\_saleh@yahoo.com](mailto:Irham_saleh@yahoo.com)<sup>2</sup> [rizalduyo@poliupg.ac.id](mailto:rizalduyo@poliupg.ac.id)<sup>3</sup> [hafsahnirwana@gmail.com](mailto:hafsahnirwana@gmail.com)<sup>4</sup>

**Abstract** : The purpose of this study is to explain the operating system of the Sinjai PLTD, explaining the parallel work between the Sinjai PLTD and the PLN source. Several research methods were used by the author to obtain data about the operation of the Sinjai PLTD system, namely the Literature Study Method, the Observation Study Method, and the Discussion Method. The time for this final assignment will be carried out for 6 months, starting from October 2022 to March 2023 according to the time plan contained in the research schedule. The research was conducted in Sinjai Regency on the Sinjai diesel power plant. contains the steps taken by the author in compiling this final project. The results obtained in this study are based on the operation of generators in PLTD Kab. Sinjai uses an operating system in accordance with the Standard Operating Procedure (SOP) which is generally used in power plants for small PLTD units, namely generators with generators that do not operate for 24 hours and have a power capacity of below 10 MW. The capacity of the protection relay and breaker used is set at 12.7 watts on the relay, so this generator has been protected at 8.59% of the power installed on the generator. Short circuit to determine the breaker (OCB) which is installed in a continuous current rating of 630 Amperes and when there is an increase in current that exceeds the value of the current rating (630 A), the OCB will work to disconnect the system. The OCB installed in the Sinjai PLTD has met the requirements. Based on the results of this test, an analysis and conclusion can be drawn that in order to meet the continuous power supply needs of the three generators that are currently operating and still functioning properly, they must be maintained.

**Keywords:** generator, analysis, voltage current

**Abstrak**-Adapun Tujuan Penelitian Ini adalah untuk menjelaskan sistem pengoperasian PLTD Sinjai, menjelaskan kerja paralel antara PLTD Sinjai dengan sumber PLN. Beberapa metode penelitian yang penulis lakukan dalam memperoleh data tentang pengoperasian sistem PLTD Sinjai yaitu Metode Study Literatur, Metode Study Observasi, Metode Diskusi. Adapun waktu tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Oktober 2022 sampai dengan Maret 2023 sesuai dengan perencanaan waktu

yang terdapat pada jadwal penelitian. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Sinjai pada pembangkit listrik tenaga diesel Sinjai. berisikan langkah-langkah yang ditempuh penulis dalam menyusun tugas akhir ini. Adapun hasil yang di dapatkan pada penelitian ini Berdasarkan Pengoperasian generator pada PLTD Kab. Sinjai menggunakan sistem operasi yang sesuai dengan Standart Operasi Prosedur (SOP) yang umunya digunakan pada pembangkit listrik untuk unit PLTD pembangkitan kecil, yaitu pembangkit dengan generator yang tidak beroperasi untuk 24 jam dan memiliki kapasitas daya di bawah 10 MW. Kapasitas dari relay proteksi dan pemutus yang digunakan disetting 12,7 watt pada relay, maka generator ini telah diproteksi pada 8,59 % dari daya yang terpasang pada generator. Hubung singkat untuk menentukan pemutus (OCB) yang terpasang dalam rating arus kontinyu sebesar 630 Ampere dan pada saat terjadi kenaikan arus yang melebihi dari harga rating arusnya (630 A), maka OCB akan bekerja memutuskan sistem. OCB yang terpasang pada PLTD Sinjai sudah memenuhi syarat. Berdasarkan hasil pengujian ini bisa diambil analisa dan kesimpulan bahwa untuk memenuhi kebutuhan supply daya secara kontinyu ketiga generator yang sekarang beroperasi dan masih berfungsi dengan baik supaya tetap dipertahankan keberadaannya

**Kata kunci** : generator, analisis, arus tegangan

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan suatu wilayah daerah yang sedang berkembang harus ditunjang dengan penyediaan infrastruktur yang memadai, maka dari itu pihak pemerintah setempat harus menyikapinya dengan menyediakan fasilitas pendukung yang dapat mewujudkan tujuan tersebut misalnya dengan pengadaan suatu pembangkit listrik yang memadai bagi kebutuhan daerah setempat.

Penggunaan energi listrik saat ini sudah menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat baik di lingkungan rumah tangga maupun di suatu kawasan industri. Dalam pemenuhannya, hal yang paling mendasar untuk selalu menjadi perhatian pihak pendistribusian dalam hal ini pihak PLN yaitu

bagaimana menghasilkan pemenuhan energi listrik yang maksimal bagi pelanggan. Untuk itu, komponen yang memegang peranan penting adalah dari segi pembangkitan energi listrik tersebut, apakah sudah memenuhi persyaratan untuk melakukan pembangkitan sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari pembangkitan tentunya harus disertai dengan perawatan dan pemeliharaan yang dilakukan secara kontinu, salah satunya melakukan pengoperasian mesin dengan mengikuti prosedur atau langkah-langkah yang diambil dalam mengoperasikan suatu mesin pembangkit listrik. Mengikuti prosedur dalam pengoperasian tentunya dapat memelihara kontinuitas sistem yang dimiliki mesin pembangkit tersebut.

Pada unit pembangkitan PLTD Kab. Sinjai mempunyai sistem pengoperasian yang cukup sederhana namun memiliki rambu-rambu yang harus dijalankan untuk memenuhi mutu keandalan dari sistem yang digunakan, misalkan sistem sinkronisasi dan hubungan kerja paralel dengan sistem lainnya dalam hal ini sistem dari PLN yang didistribusikan dari kabupaten Bone.

Pengoperasian mesin pembangkit listrik dengan tujuan memparalelkan dengan sistem lain harus dilakukan dengan pengontrolan terhadap sistem yang sedang beroperasi, yaitu apakah kedua sistem yang berparalel tetap dalam keadaan sinkron atau memenuhi persyaratan sinkronisasi. Apabila persyaratan sinkronisasi tidak terpenuhi maka hubungan kerja paralel tidak mungkin dilakukan, olehnya itu proses sinkronisasi tergantung dari proses dalam melakukan pengoperasian system.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. JENIS GENERATOR LISTRIK

Pemanfaatan energi secara tepat guna merupakan cara yang ampuh untuk dijadikan sebagai solusinya. Beberapa energi (tenaga) yang menjadi sumber utama pembangkit adalah (i) tenaga Uap, (ii) tenaga Air, (iii) tenaga Nuklir. Ketiganya sering disebut energi Konvensional, selain dari ketiga energi tersebut tidak dapat disebut konvensional sebab kontribusinya sangat terbatas. Adapun sumber lain itu adalah tenaga Pasang Surut, tenaga Panas Matahari, tenaga Panas Burnt, tenaga Angin tenaga Medan Magnet Hidrokinematik.[1]

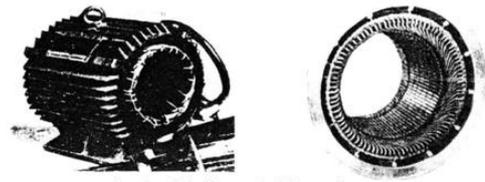
Dari pemanfaatan berbagai energi, salah satunya adalah mengubah suatu energi ke lain bentuk dengan penggunaan tanpa pencemaran. Energi yang paling utama di dunia semenjak penggunaannya adalah tenaga listrik dan industri tenaga listrik adalah yang terbesar di dunia. Sistem tenaga listrik adalah salah satu dari peralatan yang mengubah dan memindahkan energi dimana pembangkitannya tergantung pada sumber tenaga yang dibutuhkan seperti, PLTA (air), PLTU (uap), PLTN (nuklir) dan PLTD (diesel). Pembangkit listrik yang sering dijumpai adalah pembangkit

listrik tenaga diesel sebab pembangkit ini efisien digunakan untuk unit-unit pembangkitan kecil karena dapat berdiri sendiri serta ekonomis dalam perolehan bahan dan material.[2]

Pembangkit listrik tenaga diesel adalah pembangkit listrik yang dibangkitkan dari tenaga diesel melalui bahan bakar diesel dimana digerakkan oleh motor berupa pembakaran dalam dimana bahan bakar diubah menjadi tenaga mekanis yang dihasilkan dari pembakaran tersebut. Proses tersebut terjadi dalam silinder/torak yang dibatasi pyston dan cylinder head. Mesin diesel ada yang bekerja dengan proses dua langkah maupun empat langkah. Namun yang lazim digunakan adalah proses empat langkah, yaitu mesin yang dapat menghasilkan kerja dengan dua kali putaran poros engkol.[3]

### B. Generator

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanik disini digerakkan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet maupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Suatu generator pada prinsipnya mempunyai dua jenis belitan, yaitu belitan armatur (jangkar) dan belitan medan eksitasi dimana kedua jenis belitan ini dapat ditempatkan pada stator maupun rotor. Secara umum generator tersusun dari dua bagian utama yaitu, bagian yang diam atau tidak bergerak (stator) dan bagian yang berputar (rotor), dimana diantara kedua bagian utama tersebut terdapat celah udara.[10]



**Gbr 1** Konstruksi Stator Generator

Rotor adalah bagian yang berputar pada generator yang terdiri atas inti rotor, belitan rotor dan sikat-sikat pada slip ring. Rotor pada generator dibagi atas dua jenis rotor yaitu rotor type kutub tonjol (salient pole) dan rotor type silinder (cylindrical).



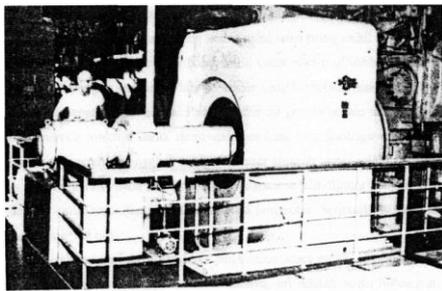
**Gbr 2** Kontruksi Rotor Salient (Kutub Tonjol)

### C. Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan mesin listrik arus bolak-balik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik arus bolak-balik. Pada suatu pusat pembangkit listrik, generator yang digunakan adalah generator AC yaitu generator yang termasuk jenis mesin serempak (mesin sinkron) dimana frekwensi listrik yang

dihasilkannya sebanding dengan jumlah kutub dan putaran yang dimilikinya. Energi listrik yang dihasilkan adalah arus listrik bolak balik (listrik AC). Adapun mesin penggeraknya (prime mover) dapat berasal dari tenaga air, tenaga uap, mesin diesel dan gas. Generator AC banyak kita jumpai pada pusat-pusat pembangkit listrik dengan kapasitas yang lebih besar, misalnya pada PLTA, PLTU, PLTN, PLTD dan PLTG. Pada pusat-pusat pembangkit tersebut, generator disebut sebagai alternator.[8]

Generator besar yang digunakan untuk mencatu jala-jala daya listrik modern digerakkan oleh turbin uap atau kincir air, sedang generator yang digunakan untuk sistem daya terpisah, atau sistem lebih kecil serta untuk melengkapi kebutuhan daya dan beban puncak tambahan terhadap jala-jala listrik yang lebih besar kerap kali digunakan mesin diesel atau motor bakar.



**Gbr 3** Generator AC dihubungkan ke mesin diesel

#### *D. Prinsip Kerja Generator Sinkron*

Cara kerja dari suatu generator arus bolak-balik (AC) yang paralel dengan generator lainnya secara tidak langsung mendapatkan daya mekanik dari penggerak mula, kemudian mengeluarkan daya listrik secara bersamaan ke beban dan rugi-rugi daya yang dibutuhkan oleh generator itu sendiri, kecuali untuk semua keperluan exitasi. Dengan setting yang baik, generator yang kedua akan terus mengambil daya yang cukup dari penggerak mula dan sumber arus bolak-balik untuk rugi-rugi tembaga. Selanjutnya bila turbin dilepas dengan sempurna dari generator yang berbeban, maka generator terus beroperasi pada kecepatan sinkronnya. Pada kondisi ini generator lain akan memberikan daya pada generator sinkron untuk mencegah gesekan, rugi tembaga dan rugi exitasi medan. Untuk mengetahui penyebab rotor generator sinkron harus selalu berputar pada kecepatan sinkron karena pada prinsipnya bahwa rotor selalu diputar dengan kecepatan sinkron dengan kutub rotor diexitasi. Dengan kata lain, rotor "terpasak" secara magnetik dengan medan magnet putar.[9]

Saluran-saluran dari daya yang ada pada celah udara antara rotor dan stator bisa dianggap sebagai suatu hubungan antara keduanya, ini adalah suatu hubungan lunak bahwa ia dapat memperlunak bila bebannya berat dan cenderung untuk

memisahkan kedua kutub tersebut namun demikian suatu hubungan tidak pernah berhenti jika perputaran berjalan terus. Selama beban generator pada suatu generator sinkron tetap dan tak ada gangguan listrik, maka mutlak berputar pada suatu kecepatan yang konstan. Bila beban berubah, walau bagaimanapun ada perubahan sesaat pada kecepatan ini karena poros kutub rotor mengatur kembali dengan baik pada poros kutub stator.

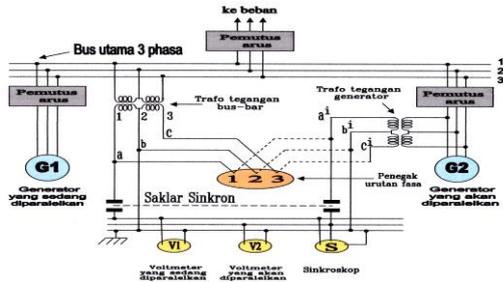
Untuk memperoleh hasil yang maksimal dari pemakaian generator sinkron dalam melayani beban, maka suatu hal yang memegang peranan penting adalah cara mengoperasikan mesin tersebut. Beban mendapatkan suatu tenaga listrik yang sesuai dengan tegangan frekwensi kerjanya. Generator harus dapat bekerja secara efisien serta mempunyai umur yang panjang. Demikian pula halnya dengan komponen-komponen pembantunya, seperti : saklar, alat ukur, pengaman, saluran-saluran ke beban dan lain-lain yang harus diketahui masing-masing prinsip kerjanya.[14]

#### *E. Kerja Paralel Generator*

Salah satu usaha untuk meningkat kapasitas daya listrik dari suatu pembangkit listrik adalah dengan mengoperasikan dua atau lebih generator secara paralel. Dalam sistim operasi paralel, pembagian beban daya listrik diantara generator yang berparalel dilakukan melalui pengaturan sumber daya mekanis (penggerak mula) dan masing-masing memikul sesuai dengan kapasitas atau nilai rating dari generator tersebut. Jika pada stasiun pembangkit menjadi sedemikian besar sehingga nilai (rating) generator yang sedang bekerja dilampaui maka perlu penambahan generator secara paralel untuk menaikkan penyediaan daya dari stasiun pembangkit tersebut. Begitu juga bila suatu sumber dari supply PLN tidak mampu melayani beban secara maksimal maka diperlukan suatu unit pembangkit tenaga listrik untuk membantunya agar beban dapat terlayani seperti semula.[11]

Jika generator telah dipasang dan siap untuk diuji, maka generator dioperasikan kira-kira mendekati kecepatan nominalnya dan tegangan pemutus arus terbuka. Indikator urutan fasa dihubungkan untuk sementara pada transformator tegangan bus bar (sumber PLN) sistim pada titik a, b, c, lalu urutan fasa sistem dicatat pada indikator. Kemudian hubungan indikator urutan fasa dipindahkan ke trafo generator, dengan hubungan sementara dibuat pada titik a, b, c, dan urutan phasanya dicatat.

Untuk menentukan kondisi berikutnya agar persyaratan kerja paralel dipenuhi, dua buah Voltmeter dan Sinkroskop dihubungkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-6. Saklar sinkron disediakan antara transformator dengan sumber PLN (bus-bar), dan peralatan sinkronisasi, sehingga peralatan tersebut dapat dioperasikan selama berlangsungnya operasi hubungan sinkron.



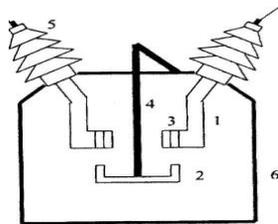
**Gbr 4** Hubungan kerja paralel antara generator dengan sistem

Setelah tegangan dan frekwensi dari G1 dan G2 sama, maka selanjutnya diusahakan kesamaan phasanya. Maksud dari kesamaan phasa dari kedua generator adalah jalannya gelombang sinus tegangan yang dihasilkan harus bersamaan mencapai harga nol, berikut naik ke harga positif kemudian bersama-sama ke harga maksimumnya secara terus-menerus. Hal tersebut berlaku pada generator satu phasa dan generator tiga phasa.[12]

#### F. Panel Kontrol

Setiap sistem tenaga listrik dilengkapi beberapa peralatan yang terpasang dalam suatu ruang tertutup dimana segala jenis kontrol ditempatkan sesuai jenis peralatannya yang disebut panel kontrol. Pada panel tersebut berisi peralatan pembagi, pengontrol dan proteksi sistem tenaga yang dibangkitkan Dalam kaitannya dengan generator maka hal yang sangat penting ialah peralatan pengaman atau proteksi.

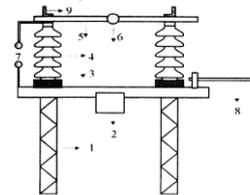
Dalam instalasi pembangkit tenaga listrik dilengkapi dengan sistim proteksi untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan sistem dan mempertahankan kestabilan sistem ketika terjadi gangguan, sehingga kontinuitas pelayanan dapat dipertahankan. Salah satu komponen sistim proteksi tersebut adalah pemutus daya atau circuit breaker dalam istilahnya sering disebut PMT.[5]



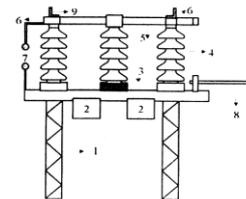
**Gbr 5** Konstruksi Pemutus Daya

Pemisah/Disconnection Switch (DS), ialah Suatu peralatan saklar pemisah bila dilihat dari jumlah kutubnya dibagi atas

dua jenis, yaitu saklar pemisah kutub tunggal dan saklar pemisah tiga kutub. Berdasarkan pemasangannya dibagi atas pasangan dalam dan pasangan luar. Sedang ditinjau dari konstruksinya dibagi atas dua jenis yaitu : (a) tiga isolator pendukung, pendukung tengah berputar dan pemisah ganda (b) dua isolator pendukung dan pemisah tunggal.[7]



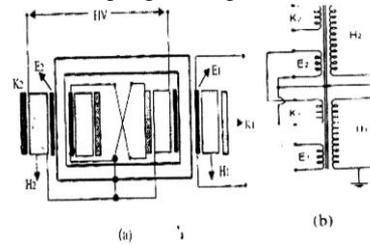
**Gbr 6** Saklar Pemisah, dua isolator, pemisah Tunggal



**Gbr 7** Saklar Pemisah, tiga isolator, pemisah Ganda

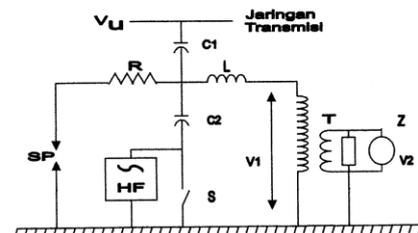
Potensial Transformer (PT) atau trafo tegangan adalah trafo satu fasa dengan type step-down yang mentransformasi tegangan sistem ke suatu tegangan rendah yang layak untuk perlengkapan indikator, alat ukur, rele dan alat sinkronisasi. Hal ini dilakukan atas pertimbangan harga dan bahaya yang dapat ditimbulkan tegangan tinggi bagi operator.

#### a. Trafo Tegangan Magnetik



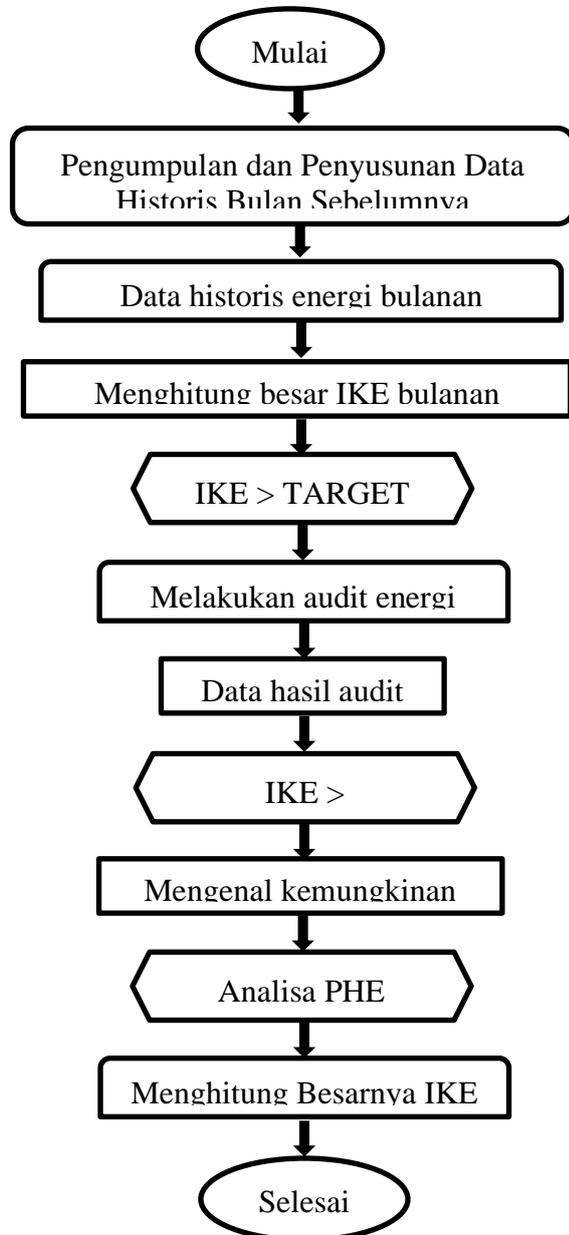
**Gbr 8** Konstruksi Trafo Tegangan Magnetik

#### b. Trafo Tegangan Kapasitip



**Gbr 9** Trafo Tegangan Kapasitip  
III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian



Ike adalah Istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya pemakaian energilistrik dalam bangunan gedung dandinyatakan dalam satuan KWh/m2.

IKE dijadikan acuan untuk melihat seberapa besar konservasi energi yang dilakukan gedung tersebut. Bila diindustri/pabrik, istilah yang digunakan dan serupa tujuannya adalah konsumsi energi spesifik ( Specific Energy Consumption ) yaitu besar penggunaan energi untuk satuan produk yang dihasilkan. Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 38 tahun 2012.

IKE pada bangunan merupakan suatu nilai/besaran yang dapat dijadikan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pemanfaatan energi di suatu bangunan. Intensitas konsumsi energi di bangunan/gedung didefinisikan dalam besaran energi per satuan luas area pada bangunan yang dilayani oleh energi, yang dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$IKE = \frac{\text{konsumsi energi} \left( \frac{\text{kwh}}{\text{perbulan}} \right)}{\text{luasan bangunan} \left( \text{m}^2 \right)}$$

B. Langkah-Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang ditempuh oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

*Metode Pustaka*

Yaitu mengambil bahan-bahan penulisan tugas akhir ini dari referensi-referensi serta literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

*Metode Penelitian*

Mengadakan penelitian dan pengambilan data di Kabupaten Sinjai pada pembangkit listrik tenaga diesel Sinjai.. Kemudian mengadakan pembahasan/analisa hasil pengamatan dan menyimpulkan hasil analisa tersebut.

*Metode Diskusi/Wawancara*

Yaitu mengadakan diskusi/wawancara dengan dosen yang lebih mengetahui bahan yang akan kami bahas atau dengan pihak praktisi di Kabupaten Sinjai pada pembangkit listrik tenaga diesel Sinjai.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Data Teknis Mesin Daihatsu

Merk mesin / Type / Nomor seri	Daihatsu / 6PSHTC-26D / 6263 652
Tahun produksi	1978, Osaka -Jepang
Tahun operasi / penggunaan	1979 sampai sekarang
Daya output / Tegangan output / Frekwensi	625 kVA 76300 Volt/ 50 Hz
Jumlah fasa / Cos $\phi$ / Grounding	3 (tiga) & 1 0,8 / 0,5 %
Tegangan Exiter	120 Volt DC
Arus Exiter	115 Ampere
Kecepatan putaran	750 rpm
Berat total	4,740 kg (4,7 ton)
Jumlah mesin / Jumlah Cylinder	1 (satu) unit / 6 (enam) cylinder
Daya terpasang	5000 Watt

Tabel 4.2 Data Teknis Mesin Yanmar

Merk mesin / Type / Nomor sen	Yanmar / 6ML-HTS / 7030 FMF
Tahun produksi	1978
Tahun operasi / penggunaan	1982 sampai sekarang
Daya output / Tegangan output / Frekwensi	270 kVA / 6300 Volt / 50 Hz
Jumlah fasa / Cos (p / Grounding	3 (tiga) 0 / 0,8 / 0,5 %
Tegangan Exiter	105 Volt DC
Arus Exiter	115 Ampere
Kecepatan putaran	750 rpm
Berat total	2,640 kg (2,6 ton)
Jumlah mesin / Jumlah Cylinder	2 (dua) unit / 6 (enam) cylinder
Daya terpasang	250 kiloWatt

### B. Perhitungan Kapasitas dari relay Proteksi Dan Pemutus Yang Digunakan

Besarnya kapasitas dari relay proteksi yang digunakan pada PLTD Sinjai yang kami bahas tidak secara keseluruhan, akan tetapi dengan mengambil beberapa relay proteksi sebagai contoh untuk mengevaluasinya.

#### 1. Relay Deferensial

Adapun jenis relay yang digunakan adalah type RBAH yang disetting pada  $5A \pm 5\%$ . Relay ini akan bekerja jika ada perbedaan arus antara kedua keluaran sekunder trafo arus sebesar:

$$I = 5 \times \frac{5}{100} = 0,25 \text{ A}$$

Ratio trafo arus pada PLTD Sinjai adalah B900/5. Atau dengan kata lain relay ini akan bekerja jika perbedaan arus sebesar :

$$\frac{6900}{5} \times 5\% = 69 \text{ A}$$

Pada saat peningkatan arus sebesar 69 A atau saat arus yang mengalir pada sisi primer sebesar 6969 A, relay deferensial akan bekerja.

#### 2. Relay Daya Balik

Relay yang digunakan adalah relay type RT 210 yang diset pada 12J Watt. Time dial settingnya adalah 1 x c, dimana c = 0,5 detik.

$$\text{Ratio trafo arus} = 6900/5$$

$$\text{Ratio trafo tegangan} = 6800/110$$

Relay ini akan bekerja dengan waktu 0,5 detik pada saat terjadi daya balik sebesar :

$$12,7 \times \frac{6900}{5} \times \frac{6600}{110} = 1051560 \text{ Watt}$$

$$\frac{1051560}{1530000 \times 0,8} \times 100\% = 8,59\%$$

Jadi dengan disetting 12,7 watt pada relay, maka generator ini telah diproteksi pada 8,59 % dari daya yang terpasang pada generator.

#### 3. Analisis hubung singkat untuk menentukan pemutus (CB) Data-data pada PLTD Sinjai :

Untuk data pada generator 1 yang diparelel dengan generator 2 pada sisi tegangan tinggi trafo tiga fasa pada PLTD Sinjai mempunyai rating yang sama.

- Untuk generator

Kapasitas generator = 1.530 kVA

Tegangan = 6.300 Volt

Reaktansi sub peralihan = 16%

- Untuk trafo

Kapasitas trafo = 1530 kVA

Tegangan = 6300/20000 Volt

Reaktansi sub peralihan = 8,36 %

Sebelum gangguan, tegangan pada sisi tegangan tinggi 20 kV. Jadi besarnya arus sub peralihan pada generator jika terjadi hubung singkat pada sisi tegangan tinggi trafo.

$$\text{Untuk } G_1 = G_2 = X''d = 0,16 \times \frac{1530}{1530} = 0,16 \text{ PU}$$

$$E_g = \frac{20.000}{31.500} = 0,635 \text{ PU}$$

Untuk transformator

$$T_1 = T_2 \rightarrow x = 0,0836 \text{ PU}$$

Besarnya arus sub peralihan dalam hubung singkat tersebut adalah

$$I = \frac{E_g}{X''d + X}$$

$$I'' = \frac{0,635}{f \cdot 0,16 + f \cdot 0,0836}$$

$$= \frac{0,635}{f \cdot 0,2436}$$

$$= \frac{0,635 \angle 0^\circ}{0,2436 \angle 0^\circ}$$

$$= 2668 \angle -90^\circ$$

$$= 2,575 \times 140,218$$

Tegangan pada sisi delta trafo adalah :

$$(-j 2,668)(j 0,0836) = 0,223 \text{ per unit}$$

Dan pada generator

$$I_1 = I_2 = \frac{0,635 - 0,223}{f \cdot 0,16}$$

$$= \frac{4,12 \angle 0^\circ}{f \cdot 0,16}$$

$$= \frac{0,412 \angle 0^\circ}{0,16 \angle 90^\circ}$$

$$= 2,575 \angle -90^\circ$$

$$= -j 2,575 \text{ per unit}$$

Untuk mendapatkan arus dalam ampere, nilai per unit dikalikan dengan arus dasar rangkaian :

$$I_1 = I_2 = 2,575 \times \frac{1530}{\sqrt{3} \times 6,3}$$

$$= 2,575 \times \frac{1530}{10,9116}$$

$$= 2,575 \times 140,218$$

$$= 361,061 \text{ Ampere}$$

Sedangkan data yang ada bahwa pemutus (OCB) yang terpasang dalam rating arus kontinyu sebesar 630 Ampere dan pada saat terjadi kenaikan arus yang melebihi dari harga rating arusnya (630 A), maka OCB akan bekerja memutuskan sistem. OCB yang terpasang pada PLTD Sinjai sudah memenuhi syarat

### C. Waktu Pengoperasian Generator

Pada prinsipnya, pengoperasian generator dilakukan pada saat sistem dari kabupaten Bone tidak bekerja dengan normal. Dalam hal ini biasanya daya yang didistribusikan tidak maksimal dan itu berlangsung pada waktu-waktu tertentu yang tidak ditetapkan, dengan kata lain, bahwa generator difungsikan jika terjadi gangguan pada jaringan ataupun mengalami jatuh tegangan (drop) dari kondisi normalnya yaitu pada tegangan 20 kV. Kedua hal tersebut merupakan kondisi umum dimana dengan kondisi tersebut maka generator harus selalu dalam keadaan Stand By untuk segera dioperasikan.

a. Jatuh Tegangan (Drop)

Jatuh tegangan pada Sistem yakni Terjadinya jatuh tegangan pada sistem apabila sistem (sumber PLN Kab. Bone) tidak memberikan tegangan yang maksimal pada posisi normalnya yaitu 20 kV, hal ini bisa saja terjadi pada waktu yang tidak ditetapkan dengan bermacam-macam penyebab yang terjadi pada daerah jaringan wilayah kerja kabupaten Bone sehingga PLTD Sinjai harus segera dioperasikan. Jika hal ini tidak terlaksana maka akan ada pemadaman untuk sementara pada sistem pendistribusian aliran listrik di kabupaten Sinjai.

Dalam keadaan beroperasi, kemampuan generator tidak selamanya maksimal dari yang diharapkan seperti halnya energi listrik yang disuply dari sistem kabupaten Bone. Kemampuan maksimal dari ketiga generator yang beroperasi pada titik puncaknya kadang-kadang hanya mencapai 800 kilo Watt untuk menaikkan kembali tegangan. Dalam melayani keempat feeder sering pula terjadi penurunan daya yang disebabkan generator tidak mampu memenuhi semua penyulang dalam hal ini salah satu feeder ada yang menggunakan beban secara berlebihan dan ini menyebabkan generator Over Load, untuk mengantisipasinya maka salah satu feeder harus diputuskan dengan berdasar pada feeder yang paling minim pelanggannya. Hal ini untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan serta ketahanan generator dalam melayani kebutuhan energi listrik.

Jatuh tegangan pada Beban Puncak Yang dimaksud dengan beban puncak adalah pemakaian energi listrik dimana beban yang terlayani melampaui dari kapasitas yang diberikan oleh sistem (sumber PLN Kab. Bone) sehingga tegangan yang nilainya 20 kV tidak dapat melayani beban tersebut disebabkan pemakaian daya yang sangat tinggi. Untuk mengimbanginya maka generator dioperasikan guna menutupi kebutuhan daya. Hal ini terjadi secara berkala yaitu pada waktu penggunaan energi listrik secara bersamaan oleh konsumen pada pukul 18.00 sampai dengan pukul 21.00, dimana mesin Daihatsu beroperasi selama tiga jam dan mesin Yanmar beroperasi selama dua jam. Pada waktu tersebut pemakaian energi listrik naik dimulai dari penerangan lampu jalan, penerangan rumah tangga dan pengoperasian berbagai peralatan elektronik dengan kebutuhan daya yang berbeda-beda.

b. Gangguan Jaringan Sistem

*Jaringan Kabel Putus* untuk Jaringan yang mengalami gangguan seperti kabel yang putus seringkali terjadi dalam hal pendistribusian energi listrik baik dalam wilayah kerja PLN Ranting Sinjai ataupun supply yang diterima dari sumber PLN Kab. Bone. Perlu diketahui bahwa generator dioperasikan jika gangguan yang terjadi pada Jaringan dari sumber PLN, namun Operator mesin tetap pada posisi Stand By dan selalu melakukan pengontrolan terhadap parameter-parameter yang ada pada setiap Feeder atau penyulang untuk mengetahui bahwa tegangan, daya, urutan fasa serta frekwensi dari generator tetap dalam kondisi normal sambil menunggu hingga sistem normal kembali. Apabila gangguan yang terjadi berada pada Jaringan pendistribusian PLN Sinjai, maka saklar tegangan rendah (LBS) pada salah satu feeder yang mengalami gangguan segera diputuskan untuk hal keamanan perbaikan Jaringan.

*Jaringan Hubung Singkat* Gangguan hubungan singkat yang terjadi pada Jaringan sistem secara umum sama dengan gangguan kabel putus, yaitu akan terjadi pemutusan aliran listrik. Namun yang memutuskan aliran listrik adalah sebuah saklar bertekanan udara (ABS) yang akan terputus secara otomatis akibat adanya kejutan dari hubung singkat yang terjadi.

Terjadinya pemutusan pada ABS terhadap Jaringan tiga fasa yang mengalami gangguan mengakibatkan tidak adanya aliran listrik atau tidak terjadi pendistribusian energi listrik, pada saat itu maka PLTD Sinjai dioperasikan guna menggantikan supply daya yang sedang bermasalah sampai ada titik terang dari perbaikan gangguan tersebut.

a. Pengaturan Pengoperasian Generator

Pengaturan operasi mesin untuk PLTD Sinjai digunakan untuk dua proses yaitu:

1. Operasi mengangkat tegangan Sistem (Normal Sistem)
2. Operasi pada saat gangguan Sistem (Isolated)
3. Operasi Mengangkat Tegangan Sistem (Normal Sistem)

Pada pukul 17.30 memantau perubahan tegangan yang terjadi. Pukul 17.45 menanyakan ke PLN Ranting Sinjai apakah semua Kapasitor telah masuk. Pukul 17.55 melakukan Start pada semua mesin (Y1, Y2 dan MD). Tepat pukul 18.00 dan tegangan Sistem menunjukkan 220 Volt maka mesin diparalelkan dengan Sistem. MCB dimasukkan satu persatu dan diatur kenaikan bebannya secara bertahap sampai batas daya mampunya. Selama mesin beroperasi, dilakukan pemantauan setiap saat terhadap keadaan mesin yang terjadi. Melakukan pencatatan setiap 30 menit sesuai dengan Form Kit: 01. Pada saat beban puncak antara pukul 18.00 sampai dengan 19.30 dilakukan pemantauan terhadap perubahan yang terjadi. Apabila tegangan Sistem terlalu rendah dan

diperkirakan Mesin tidak mampu mengikuti tegangan Sistem, maka dikoordinasikan dengan PLN Ranting Sinjai untuk mengurangi beban di luar. Bila keadaan telah kritis dan belum ada pengurangan beban di luar, salah satu Feeder (Bulupoddo atau Mangara Bombang) harus dilepas. Bila tegangan telah normal dan keadaan aman untuk Mesin, maka Feeder yang dilepas dimasukkan kembali.

#### 4. Isolated (Gangguan Sistem)

Bila terjadi gangguan pada Sistem, Incoming Bone dilepaskan begitu pula dengan semua penyulang (Feeder). Melakukan Start pada semua mesin (Y1, Y2 dan MD) lalu memparalel ketiganya.

Menanyakan ke PLN Ranting Sinjai melalui gelombang radio (VHF) apakah semua ABS telah dilepas dan beban trafo Feeder Sinjai telah dikurangi, Operator Stand By didepan panel Mesin untuk mengantisipasi masuknya beban. Setelah Feeder Sinjai dimasukkan maka Mesin telah berbeban. Mengatur beban ke tiap-tiap Mesin dan menghitung beban yang telah masuk. Apabila masih ada Sparta beban pada Mesin, disampaikan ke PLN Ranting Sinjai untuk memasukkan trafo satu persatu sampai batas mampu Mesin (850 kW).

#### 5. Pada Saat Sistem Dari G.I Bone Kembali Normal

Melepaskan "Incoming Mesin" dan memasukkan "Incoming Bone". Hal ini berarti tegangan dari Bone telah menyuply Feeder Sinjai.

Mengatur frekwensi dan tegangan Mesin lalu mengalihkan sisa beban pada Pemakaian sendiri ke Mesin Daihatsu dengan melepaskan MCB Mesin Yanmar. Mengisi kembali Spring (Charger) Incoming Mesin. Melepaskan (Off - kan) MCB Mesin Daihatsu dan memasukkan Incoming Mesin sehingga kontrol PLTD telah tersuply dari Bone. Setelah melakukan pendinginan kurang lebih 5 menit, menghentikan semua Mesin (Stop). Mengkoordinasikan dengan PLN Ranting Sinjai untuk memasukkan Feeder yang masih padam.

##### b. Pola Pengaturan Pembebanan Mesin

Pembebanan Mesin disesuaikan dengan kapasitas dan daya mampu Mesin sehingga pada saat dibebani harus sesuai dengan Standart dan prosedur pengoperasian. Pola pembebanan ini dapat dilakukan sesuai dengan prosedur yang baik, yaitu secara bertahap mulai dari beban 25 %, 50%, 75% sampai 100% sesuai dengan daya mampu Mesin. Hal ini dilakukan untuk tetap menjaga pembebanan yang baik dimana mempengaruhi tingkat keandalan suatu SPD.

Cara pembebanan yang baik pada Generator adalah sebagai berikut:

Pukul 18.00 Wita,

beban Mesin Yanmar 1 60 KW.

beban Mesin Yanmar 2  
55 KW

beban Mesin Daihatsu 100KW

Pukul 18.05 Wita,

beban Mesin Yanmar 1 120 KW

beban Mesin Yanmar 2 110KW

beban Mesin Daihatsu 200 KW

Pukul 18.10 Wita,

beban Mesin Yanmar 1180 KW

beban Mesin Yanmar 2

165 KW

beban Mesin Daihatsu

300 KW

Pukul 18.15 Wita,

beban Mesin Yanmar 1 240 KW

beban Mesin Yanmar 2

220 KW

beban Mesin Daihatsu

400 KW

Beban terakhir ini (18.15 Wita) dipertahankan sampai tegangan Sistem normal (230 Volt) pada pukul 20.00 Wita, dimana salah satu Mesin sudah bisa dilepas dari Sistem sehingga pada pukul 21.00 Wita semua Mesin yang ada di PLTD Sinjai di Stop.

##### c. Pola Pengaturan Waktu/Jam Operasi

Pengaturan Jam operasi dari tiap-tiap Sentral PLTD pada umumnya berbeda, hal ini disesuaikan dengan kondisi/frekwensi beban yang terjadi di daerah masing-masing dan juga penyesuaian dengan daya mampu dan tingkat keandalan tiap-tiap SPD yang dimiliki Sentral PLTD tersebut Untuk PLTD Sinjai, jam operasi pada umumnya antara pukul 18.00 Wita sampai dengan jam 21.00 Wita dengan menginjeksi tegangan dari Sistem Gardu Induk Bone, karena pada jam tersebut tegangan mengalami penurunan yang sangat drastis, sedang diluar dari waktu tersebut tegangan dalam keadaan normal.

Adapun pengaturan jam operasi PLTD Sinjai sebagai berikut:

- Pada jam 17.55 Wita, semua Mesin dioperasikan (Start)

- Pada jam 18.00 Wita, semua Mesin diparalel satu demi satu

- Pada jam 20.00 Wita, Mesin Yanmar 2 dilepas dari Sistem lalu di matikan (Stop)

Mesin Yanmar 2 lebih awal dihentikan karena tingkat keandalan dan efisiensinya tidak memadai dibandingkan dengan Mesin yang lain.

- Pada jam 20.30 Wita Mesin Yanmar 1 dilepas dari Sistem lalu dimatikan (Stop)

- Pada jam 21.00 Wita Mesin Daihatsu dimatikan (Stop)

Mesin Daihatsu dimatikan paling akhir karena lebih andal dan memiliki daya mampu yang lebih besar dibanding Mesin Yanmar. Dengan pengoperasian generator yang sesuai dengan Standart Operasi Prosedur (SOP) oleh Petugas Perpiketan maupun pihak Distribusi, maka dalam pemulihan suatu gangguan Sistem dapat terlaksana dengan cepat dan tepat agar pemadaman sedapat mungkin bisa diperkecil.

##### d. Hasil kerja paralel

Hubungan kerja paralel antara generator dengan sumber PLN memberikan daya dan energi listrik yang konstan agar pendistribusian tetap stabil meskipun setelah mengalami jatuh tegangan atau gangguan lainnya, dengan adanya generator maka jatuhnya tegangan pada Sistem dapat dikembalikan ke nilai tegangan semula yaitu 20 kV. Hal yang demikian sangat membantu dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik bagi pelanggan dalam menjalankan aktivitasnya serta membantu kelancaran produktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Disamping itu keandalan dari peralatan listrik dapat tetap terjaga dengan adanya suply daya yang stabil dan terlayani secara kontinyu.

#### V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat di ambil dari proses analisis adalah sebagai berikut:

1. Pengoperasian generator pada PLTD Kab. Sinjai menggunakan sistem operasi yang sesuai dengan Standart Operasi Prosedur (SOP) yang umumnya digunakan pada pembangkit listrik untuk unit PLTD pembangkitan kecil, yaitu pembangkit dengan generator yang tidak beroperasi untuk 24 jam dan memiliki kapasitas daya di bawah 10 MW.
2. Kapasitas dari relay proteksi dan pemutus yang digunakan disetting 12,7 watt pada relay, maka generator ini telah diproteksi pada 8,59 % dari daya yang terpasang pada generator.
3. Hubung singkat untuk menentukan pemutus (OCB) yang terpasang dalam rating arus kontinyu sebesar 630 Ampere dan pada saat terjadi kenaikan arus yang melebihi dari harga rating arusnya (630 A), maka OCB akan bekerja memutuskan sistem. OCB yang terpasang pada PLTD Sinjai sudah memenuhi syarat

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti, Anisa Tri, 2021. Rancang Bangun Kumparan Stator Motor Induksi 1 Fasa
- [2] Kutub Rotor Belitan Menggunakan Metode Terpusat, Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Jember, Jember
- [3] Sarjan, Muhammad, 2021. Karakteristik Motor Induksi Belitan Gelung Dengan
- [4] Belitan Spiral. *Jurnal Ilmiah Foristek*, Volume 1, Jurusan Teknik Elektro Universitas Tadulako.
- [5] Julianto, Lutfi. 2021. Analisis Kerusakan dan Pengujian Motor-motor Induksi di
- [6] Divisi Spun Yarns PT.Indorama Synthesics, Skripsi. Jatiluhur Purwakarta. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [7] Dandekar M.M, Sharma K.N. 2021. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [8] Lister, Eugene C. 2022 Mesin dan Rangkaian Listrik. Jakarta : Erlangga
- [9] Berahim Hamzah Ir., 2021, Teknik Tenaga Listrik 3 Andi Offset, Edisi Pertama Yogyakarta.
- [10] Fitzgerald, A. E., dkk, 2020. Mesin-mesin Listrik, Erlangga, Jakarta. Gross Charles A, Power System Analisis, Edisi Kedua, Wiley.
- [11] Lister Eugene C., 2021, Mesin Dan Rangkaian Listrik, (Terjemahan : Gunawan Hanafi Ir. Drs.), Edisi Keenam, Erlangga.
- [12] William D., Stevenson Jr., 2020, Analisis Sistem Tenaga Listrik, Edisi Keempat, Alih Bahasa Ir. Kamal Idris, Erlangga.
- [13] Weedy B. M., 2020, System Tenaga Listrik, (Terjemahan : Daliatih H. Gulo), Edisi Ketiga, Aksara Persada Indonesia.
- [14] Zuhail., 1993, Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya, Gramedia, Jakarta.