

PENGESAHAN
ANALISIS PEMBEBANAN
TRANSFORMATOR PENERIMA DI
GARDU INDUK MABAR 150 KV

TUGAS AKHIR

Oleh :

SANDRO PANLI SIMAMORA
NPM : 20330039

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 27 September 2024
Periode Semester GENAP T.A 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir Timbang Pangaribuan, M.T.
NIDN : 01211026402



Ir. Fiktor Sihombing, M.T.
NIDN : 0116046001

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Lestina Siagian, M.Si
NIDN : 0120125901



Dr. Ir Timbang Pangaribuan, M.T.
NIDN : 0121026402

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sistem kelistrikan merupakan salah satu infrastruktur vital yang menunjang kehidupan modern. Keandalan dan keefektifan sistem kelistrikan sangatlah penting untuk menjaga kelancaran aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. **Gardu induk** merupakan salah satu elemen penting dalam sistem kelistrikan yang berfungsi untuk mentransformasikan tegangan listrik dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau tegangan rendah untuk didistribusikan ke konsumen. **Transformator** merupakan peralatan utama di gardu induk yang berperan dalam proses transformasi tegangan tersebut.

Pertumbuhan pesat dalam sektor industri dan perkotaan mengakibatkan peningkatan signifikan dalam kebutuhan daya listrik. Seiring dengan perkembangan ini, Gardu Induk (GI) Mabar sebagai bagian integral dari sistem distribusi listrik harus memastikan bahwa transformator penerimanya beroperasi secara optimal. Transformator penerima di GI Mabar memiliki kapasitas 60 MVA, yang menempatkannya sebagai komponen kritis dalam menyediakan daya listrik yang stabil dan andal untuk wilayah terkait.

Pentingnya transformator dalam mendistribusikan daya listrik dengan efisien dan andal menekankan perlunya melakukan analisis mendalam terhadap beban yang dikenakan padanya. Dalam konteks ini, analisis beban transformator menjadi krusial untuk memastikan bahwa kapasitas transformator tidak hanya memadai untuk memenuhi kebutuhan beban saat ini, tetapi juga dapat mengakomodasi pertumbuhan masa depan.

Penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam dalam pemahaman beban transformator penerima di GI Mabar dengan kapasitas 60 MVA. Dengan mengambil pendekatan analisis yang holistik, studi ini akan mengevaluasi karakteristik beban, faktor daya, dan kondisi operasional transformator untuk memastikan kinerjanya berada dalam batas aman dan optimal.

Melalui penelitian ini, diinginkan akan ditemukan informasi berharga yang dapat memberikan panduan untuk pengelolaan dan pengoptimalan operasional transformator, termasuk potensi peningkatan kapasitas atau penyesuaian strategis lainnya. Dengan pemahaman yang lebih baik terhadap beban transformator di GI Mabar, dapat diambil tindakan preventif dan perbaikan yang sesuai, menghasilkan sistem distribusi listrik yang lebih efisien, andal, dan mampu memenuhi tuntutan masa depan.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat di ambil dari latar belakang di atas adalah

1. Bagaimana pembebanan transformator di Gardu Induk Mabar dengan kapasitas 60 MVA selama periode 14 hari
2. Bagaimana grafik beban dalam hal faktor daya, arus listrik, dan tegangan, serta dampaknya terhadap efisiensi transformator dalam 14 hari tersebut

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah yaitu :

1. Untuk melakukan pembebanan transformator penerima di Gardu Induk Mabar dengan kapasitas 150 KVA.
2. Mengetahui pola pembebanan, karakteristik beban, dan evaluasi performansi transformator selama kondisi operasional berbagai tingkat beban
3. Mengetahui masalah pembebanan, karakteristik beban, dan evaluasi performansi transformator selama kondisi operasional berbagai tingkat beban

1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah

1. Dengan menganalisis pembebanan, penelitian ini dapat memberikan pemahaman tentang cara optimal memanfaatkan transformator penerima tersebut. Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan kinerja transformator, serta menghindari kondisi beban berlebih yang dapat merugikan peralatan.

2. Analisis terhadap pembebanan transformator dapat memberikan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi sistem. Ini penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi potensi kerugian daya
3. Hasil penelitian dapat memberikan rekomendasi praktis terkait perawatan dan pemeliharaan transformator penerima. Ini dapat membantu dalam memperpanjang umur operasional transformator dan mencegah kerusakan yang tidak diinginkan.
4. Penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana pembebanan transformator penerima beroperasi dalam skala gardu induk dengan kapasitas 60MVA. Ini dapat meningkatkan pengetahuan tentang aspek teknis dan operasional transformator pada skala yang lebih besar

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luas dan kompleksnya pembahasan yang dapat dilakukan, maka untuk memaksimalkan pembahasan perlu dilakukan pembatasan masalah, sebagai berikut :

1. Membahas Analisis pembebanan trafo penerima 60 MVA di Gardu Induk Mabar.
2. yang dianalisis seperti beban aktif, beban reaktif , dan factor daya

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penulisan yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkahlangkah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur ialah pendekatan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut bisa dicari dari buku, jurnal, artikel, laporan penelitian dan situs-situs online di internet. Output yang dihasilkan dari studi literatur ialah terkoleksinya referensi yang relevan dengan rumusan masalah.

2. Observasi Lapangan

Melakukan Observasi Lapangan, dengan pengamatan secara langsung ke lapangan analisis data dan kesimpulan data sampai penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

3. Analisa dan Pengujian

Analisa adalah tindakan yang memuat sejumlah kegiatan seperti mngurai, membedakan, memilih sesuatu untuk digolongkan dan dikelompokkan kriteria tertentu kemudian dicari kaitannya dan ditafsirkan maknanya, sedangkan pengujian merupakan percobaan untuk mengetahui mutu sesuatu (ketulenan, kecakapan, ketahanan, dan sebagainya).

1.6 Sistematika Penulisan

Agar memudahkan dalam pemahaman isi dari tugas akhir ini, maka diuraikan penulisannya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori penunjang untuk bahan penelitian yang diperoleh dari sumber referensi untuk menyusun kerangka teori dan konseptual.

BAB III : METODA PENELITIAN

Bab ini memuat metodologi dari penelitian yang digunakan berupa tempat dan waktu penelitian. Instrumen penelitian, metode pengumpulan data, jenis data, tahapan penelitian dan diagram alir penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil penelitian dan pembahasan dari hasil simulasi yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan (Badan Standardisasi Nasional, 2000).

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada:

1. Penyulang Tegangan Menengah (TM)
2. Transformator Distribusi
3. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah
4. Sambungan Rumah
5. Instalasi Rumah.

Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Jatuh tegangan yang diijinkan tidak boleh lebih dari 5%

2.2 Transformator Daya

Transformator daya merupakan komponen vital dalam sistem tenaga listrik, bagaikan jantung yang memompa energi listrik ke seluruh penjuru. Fungsinya tak lain mengubah tegangan listrik bolak-balik (AC) dari satu tingkatan ke tingkatan lain, tanpa mengubah frekuensinya.

Transformator daya adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah tegangan listrik bolak-balik (AC) dari satu tingkatan tegangan ke tingkatan tegangan lainnya tanpa mengubah frekuensinya. Transformator daya memiliki dua fungsi utama, yaitu:

- a. **Menaikkan tegangan:** Transformator dapat digunakan untuk menaikkan tegangan listrik AC dari tegangan rendah ke tegangan tinggi. Hal ini diperlukan untuk menyalurkan daya listrik jarak jauh dengan efisien.
- b. **Menurunkan tegangan:** Transformator juga dapat digunakan untuk menurunkan tegangan listrik AC dari tegangan tinggi ke tegangan rendah. Hal ini diperlukan untuk mendistribusikan daya listrik kepada konsumen.



Gambar2.1 *Transformator Daya* (Maruf,2021)

2.2.1 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator daya didasarkan pada induksi elektromagnetik. Ketika arus listrik bolak-balik dialirkan pada lilitan primer, maka akan menghasilkan medan magnet yang berubah-ubah. Medan magnet yang berubah-ubah ini akan menginduksikan tegangan pada lilitan sekunder. Besarnya tegangan induksi pada lilitan sekunder berbanding lurus dengan jumlah lilitan pada lilitan sekunder dan berbanding terbalik dengan jumlah lilitan pada lilitan primer. berikut prinsip kerja transformator

- A. Arus Bolak-balik pada Lilitan Primer: Perjalanan dimulai dengan arus bolak-balik yang dialirkan pada lilitan primer transformator. Arus ini menghasilkan medan magnet yang berubah-ubah di sekitar inti besi.
- B. Medan Magnet yang Berubah-ubah: Inti besi, terbuat dari laminasi baja tipis, berfungsi sebagai jalur fluks magnet dan meminimalkan kerugian arus eddy. Medan magnet yang berubah-ubah ini merupakan kunci utama dalam proses induksi elektromagnetik.
- C. Induksi Tegangan pada Lilitan Sekunder: Perubahan medan magnet pada inti besi menginduksikan tegangan pada lilitan sekunder yang dililitkan di sekitarnya. Besarnya tegangan induksi berbanding lurus dengan jumlah lilitan sekunder dan berbanding terbalik dengan jumlah lilitan primer.
- D. Hubungan Matematis: Tegangan induksi pada lilitan sekunder (V_s) dapat dihitung dengan rumus:

$$V_s = (N_p / N_s) * V_p \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana:

- a. V_s : Tegangan induksi pada lilitan sekunder (Volt)
- b. N_p : Jumlah lilitan pada lilitan primer
- c. N_s : Jumlah lilitan pada lilitan sekunder
- d. V_p : Tegangan yang diterapkan pada lilitan primer (Volt)

2.2.2. Jenis jenis Transformator Daya

Transformator daya dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor, antara lain:

- A. **Kapasitas:** Kapasitas transformator daya diukur dalam satuan volt-ampere (VA) atau kilovolt-ampere (kVA). Kapasitas transformator daya menunjukkan besarnya daya listrik yang dapat ditransformasikan oleh transformator tersebut.

- B. **Tegangan:** Tegangan transformator daya diukur dalam satuan volt (V) atau kilovolt (kV). Tegangan transformator daya menunjukkan besarnya tegangan listrik pada sisi primer dan sekunder transformator.
- C. **Cara Pendinginan:** Cara pendinginan transformator daya dapat dibedakan menjadi pendinginan alami (dengan udara), pendinginan paksa (dengan kipas), dan pendinginan minyak.

2.3. Pembebanan Transformator

Transformator, bagaikan jantung dalam sistem tenaga listrik, memainkan peran penting dalam mentransformasikan tegangan listrik bolak-balik (AC) dari satu tingkatan ke tingkatan lain. Beban transformator, bagaikan detak jantung, menentukan kinerja dan efisiensi operasinya. Memahami teori pembebanan transformator sangatlah penting untuk memastikan operasi yang optimal, aman, dan andal.

2.3.1 Teori pembebanan transformator:

2.3.1.1. Definisi dan Jenis Beban:

- A. **Beban:** Daya listrik yang dikonsumsi oleh peralatan atau sistem yang terhubung ke transformator.
- B. **Jenis Beban:** Beban dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik arus dan daya:
- C. **Beban Resistif:** Arus dan tegangan sefase, seperti lampu pijar dan elemen pemanas.
- D. **Beban Induktif:** Arus tertinggal tegangan, seperti motor induksi dan reaktor.
- E. **Beban Kapasitif:** Arus mendahului tegangan, seperti kapasitor dan bank kapasitor.

2.3.1.2. Faktor Daya:

- A. **Definisi:** Faktor daya (PF) adalah rasio antara daya nyata (daya yang diubah menjadi kerja) dan daya semu (daya total yang ditarik dari sumber).
- B. **Nilai Ideal:** PF ideal adalah 1, menunjukkan daya nyata sama dengan daya semu.
- C. **PF Rendah:** PF rendah (< 1) menunjukkan daya reaktif yang tinggi, meningkatkan konsumsi daya semu dan kerugian transformator.

2.3.1.3. Dampak Pembebanan pada Transformator:

- A. **Kenaikan Suhu:** Pembebanan berlebih meningkatkan panas pada inti dan lilitan, dapat merusak isolasi dan memperpendek umur transformator.
- B. **Penurunan Efisiensi:** Pembebanan berlebih meningkatkan kerugian daya, menurunkan efisiensi transformator dan meningkatkan biaya operasi.
- C. **Kerusakan Komponen:** Beban berlebih yang ekstrem dapat menyebabkan kerusakan internal pada lilitan, inti, dan bushing transformator.

2.3.1.4. Faktor yang Mempengaruhi Pembebanan Transformator:

- A. **Permintaan Beban:** Besarnya daya yang dibutuhkan oleh konsumen yang terhubung ke transformator.
- B. **Karakteristik Beban:** Jenis beban (resistif, induktif, kapasitif) dan faktor daya beban yang terhubung.
- C. **Kapasitas Transformator:** Batas daya maksimum yang dapat ditangani transformator tanpa melebihi batas operasi yang aman.

2.3.1.5. Metode Pemantauan Pembebanan Transformator:

- A. **Pengukur Arus:** Mengukur arus pada sisi primer dan sekunder transformator.

- B. **Pengukur Daya:** Mengukur daya aktif dan reaktif pada sisi primer dan sekunder transformator.
- C. **Perangkat Pemantauan Suhu:** Memantau suhu inti dan lilitan transformator.

2.3.1.6. Pengaturan Beban Transformator:

- **Tap-changing:** Mengubah rasio lilitan transformator untuk menyesuaikan tegangan keluaran dengan perubahan beban.
- **Penggunaan Trafo Distribusi:** Membagi beban ke beberapa transformator untuk mengurangi pembebanan pada setiap transformator

2.4. Gardu Induk

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem atau satu kesatuan penyaluran (transmisi) tenaga listrik. Gardu Induk (GI) merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari saluran transmisi dan distribusi listrik. Dimana pada suatu tempat dipusatkan suatu sistem tenaga yang berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, peralatan pengaman serta peralatan kontrol. Pada sistem tenaga listrik Jawa Bali tahun 2010 jumlah gardu induk sebanyak 435 dengan 24 gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV, 310 GI 150 kV dan 101 GI 70kV. Gardu Induk merupakan bagian yang sangat penting dari sistem tenaga listrik, dimana terdapat saluran transmisi dan jaringan distribusi yang secara bersamaan dihubungkan melalui rel-rel daya atau trafo-trafo tenaga. Gardu induk juga berfungsi sebagai penerima suplai dari tegangan tinggi ke sistem tegangan distribusi untuk disalurkan ke daerah beban atau konsumen listrik. Gardu induk mempunyai beberapa fungsi, diantaranya sebagai berikut:

- A. Mengubah level tegangan daya listrik ke level tegangan yang lain tanpa mengubah frekuensinya.
- B. Tempat untuk pengukuran, pengawasan, operasi, seerta pengamanan sistem tenaga listrik.
- C. Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan beberapa gardu distribusi yang telah melalui proses penurunan tegangan oleh transformator daya dan disalurkan melewati penyulang-penyulang atau *feeder*

yang ada pada gardu induk.

- D. Sebagai sarana telekomunikasi, dimana gardu induk terhubung dengan gardu induk lainnya yang berdekatan, atau biasa disebut sistem interkoneksi antar gardu induk untuk saling memberikan tegangan dan menerima tegangan.

2.4.1 Klasifikasi Gardu Induk

Gardu induk juga diklasifikasikan menjadi beberapa macam, diantaranya menurut pemasangan peralatan, menurut level tegangan, menurut isolasi busbar yang digunakan, dan menurut sistem busbar yang digunakan.

Menurut pemasangan peralatannya, gardu induk dapat dibedakan menjadi 4 macam, yaitu:

A. Gardu Induk Pasang Luar

Gardu induk jenis pasangan luar merupakan gardu induk yang terdiri dari peralatan tegangan tinggi yang terpasang diluar atau diluar Gedung maupun bangunan. Meskipun terdapat beberapa peralatan yang berada di dalam Gedung, seperti panel kontrol, meja penghubung (*switch gear*) dan baterai. Gardu induk jenis ini memerlukan tanah yang luas, namun biaya kontruksi dan pendinginannya lebih murah.

B. Gardu Induk Pasangan Dalam

Merupakan gardu induk yang peralatannya terpasang didalam suatu bangunan, mulai dari transformator utama, rangkaian *switch gear*, dan panel kontrol serta baterainya, meskipun ada beberapa peralatan yang terpasang di luar dengan jumlah kecil. Pemasangan dalam ini bertujuan untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya dan juga untuk menghindari bahaya kebakaran dan gangguan suara.

C. Gardu Induk Setengah Pasangan Luar

Gardu induk ini peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam Gedung dan yang lainnya dipasang diluar gedung dengan pertimbangan situasi dan kondisi lingkungan sekitarnya.

D. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah

Gardu jenis ini peralatannya terpasang di dalam bangunan bawah tanah, hanya

alat pendinginannya yang berada diatas tanah dan beberapa peralatan yang tidak memungkinkan untuk dipasangkan pada bangunan bawah tanah. Biasanya terletak di pusat kota yang memiliki tingkat keramaian yang tinggi, jalan-jalan pertokoan, dan pada jalanan dengan gedung bertingkat tinggi. Kebanyakan gardu induk jenis ini dibangun dibawah jalan raya.

Menurut level tegangannya gardu induk dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

a) Gardu Induk Transmisi

Merupakan gardu induk yang mendapat daya dari saluran transmisi untuk disalurkan ke daerah beban ataupun konsumen (industri, kota, dan sebagainya). Gardu induk yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan tegangan tinggi 70 KV.



Gambar 2.2 Gardu induk transmisi (Hariyadi 2017)

b) Gardu Induk Distribusi

Merupakan gardu induk yang menerima tenaga dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangannya melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah (20 KV, 12 KV atau 6 KV) yang kemudian tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan rendah (127/220 V) atau (220/380 V) sesuai dengan kebutuhan.

Menurut isolasi busbar yang digunakan gardu induk dapat dibedakan menjadi 2 bentuk, yaitu:

a) Gardu Induk Konvensional

Merupakan gardu induk yang peralatan instalasinya berisolasikan udara bebas, karena sebagian besar peralatannya terpasang di luar gedung (*switch yard*) dan sebagian kecil di dalam gedung serta memerlukan area tanah yang luas.

b) Gardu Induk GIS (*Gas Insulated Switchgear*)

Merupakan gardu induk yang peralatan instalasinya berisolasikan udara bebas peralatannya terpasang di luar gedung (*switch yard*) dan sebagian kecil di dalam gedung (HV cell, dan lain lain) dan memerlukan area tanah yang relatif luas.

Menurut sistem busbar yang digunakan gardu induk dibedaka menjadi beberapa bentuk, yaitu :

1. Gardu Induk dengan sistem ring busbar.
2. Gardu Induk dengan busbar tunggal.
3. Gardu Induk dengan busbar ganda.
4. Gardu Induk dengan satu setengah busbar.

2.4.2. Peralatan Gardu Induk

2.4.2.1 Busbar atau Rel

Merupakan titik pertemuan/hubungan antara trafo-trafo tenaga, Saluran Udara TT, Saluran Kabel TT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/daya listrik. Ada beberapa jenis konfigurasi busbar yang digunakan saat ini, antara lain:

Sistem cincin atau ring, semua rel/busbar yang ada tersambung satu samalain dan membentuk seperti ring/cincin

Busbar Tunggal atau Single busbar, semua perlengkapan peralatan list

2.4.2.1 Busbar Ganda atau double busbar

Adalah gardu induk yang mempunyai dua / double busbar . Sistem ini sangat umum, hamper semua gardu induk menggunakan sistem ini karena sangatefektif untuk mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan.

2.4.2.2 Busbar satu setengah atau one half busbar

Gardu induk dengan konfigurasi seperti ini mempunyai dua busbar juga

sama seperti pada busbar ganda, tapi konfigurasi busbar seperti ini dipakai pada Gardu induk Pembangkitan dan gardu induk yang sangat besar, karena sangat efektif dalam segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan sistem. Sistem ini menggunakan 3 buah PMT didalam satu diagonal yang terpasang secara seri.

2.5 Distribusi Tenaga Listrik

Terdapat dua cara dalam distribusi tenaga listrik ke daerah pemukiman, antara lain melalui gardu distribusi atau penyaluran setempat.

2.5.1 Gardu Distribusi

Penyaluran daya dengan menggunakan gardu distribusi yaitu menggunakan sistem tiga fasa untuk jaringan tegangan menengah (JTM) dan jaringan tegangan rendah (JTR) dengan transformator tiga fasa dengan kapasitas yang cukup besar. Jaringan tegangan rendah ditarik dari sisi sekunder transformator untuk kemudian disalurkan kepada konsumen. Sistem tiga fasa tersedia untuk seluruh daerah pelayanan distribusi, walaupun sebagian besar konsumen mendapat pelayanan distribusi tenaga listrik satu fasa. Jaringan tegangan menengah berpola radial dengan kawat udara sistem tiga fasa tiga kawat. Sementara jaringan tegangan rendah berpola radial dengan sistem tiga fasa empat kawat dengan netral.

2.5.2 Penyaluran Setempat

Penyaluran daya dengan menggunakan penyaluran setempat umumnya digunakan pada daerah daerah dengan kondisi beban perumahan tidak terlalu besar, atau pada suatu daerah dengan tingkat pertumbuhan beban yang tinggi. Untuk jaringan tegangan menengahnya menggunakan sistem tiga fasa dengan percabangan satu fasa. Sementara untuk jaringan tegangan rendahnya menggunakan sistem satu fasa. Transformator yang digunakan memiliki kapasitas yang kecil dan cenderung dekat dengan konsumen. Jaringan tegangan menengah berpola radial dengan kawat udara sistem tiga fasa empat kawat dengan netral. Sementara jaringan tegangan rendah berpola radial dengan sistem tiga fasa tiga kawat dengan netral.

2.5.3 Tegangan distribusi

Berikut adalah beberapa jenis dari tegangan distribusi, yaitu:

2.5.1.1 Tegangan Menengah (TM)

Tegangan menengah adalah tegangan dengan rentang nilai 1 kV sampai dengan 30 kV. Untuk di Indonesia menggunakan tegangan menengah sebesar 20 kV. Tegangan menengah dipakai untuk penyaluran tenaga listrik dari GI menuju gardu-gardu distribusi atau langsung menuju pelanggan tegangan menengah.

2.5.1.2 Tegangan Rendah (TR)

Tegangan rendah adalah tegangan dengan nilai dibawah 1 kV yang digunakan untuk penyaluran daya dari gardu-gardu distribusi menuju pelanggan tegangan rendah. Penyalurannya dilakukan dengan menggunakan sistem tiga fasa empat kawat yang dilengkapi netral. Tegangan rendah di Indonesia adalah 380/220 V. 380 V merupakan besar tegangan antar fasa sementara tegangan 220 V merupakan tegangan fasa dengan netral.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

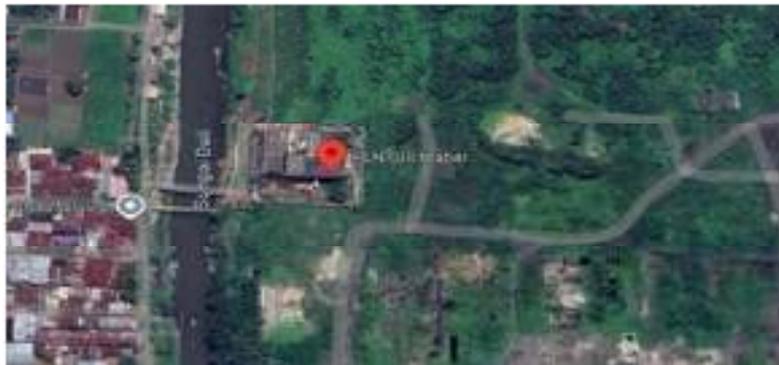
3.1 Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan selama 1 bulan dan akan di cek secara berkala setiap harinya. Penelitian ini juga bertujuan untuk menggali lebih dalam dalam pemahaman beban transformator penerima di GI Mabar 150 KVA. Dengan mengambil pendekatan analisis yang holistik, studi ini akan mengevaluasi karakteristik beban, faktor daya, dan kondisi operasional transformator untuk memastikan kinerjanya berada dalam batas aman dan optimal

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian dilakukan dengan rincian sebagai berikut:

1. Tempat : PT. PLN (Persero) UIP3B Sumatera UPT
Medan Gardu Induk Mabar
2. Waktu : Jumat , 1 maret - Jumat, 14 Maret 2024



Gambar 3.1 Lokasi Gardu Induk Mabar (Maps 2024)

3.2.1 Single Line

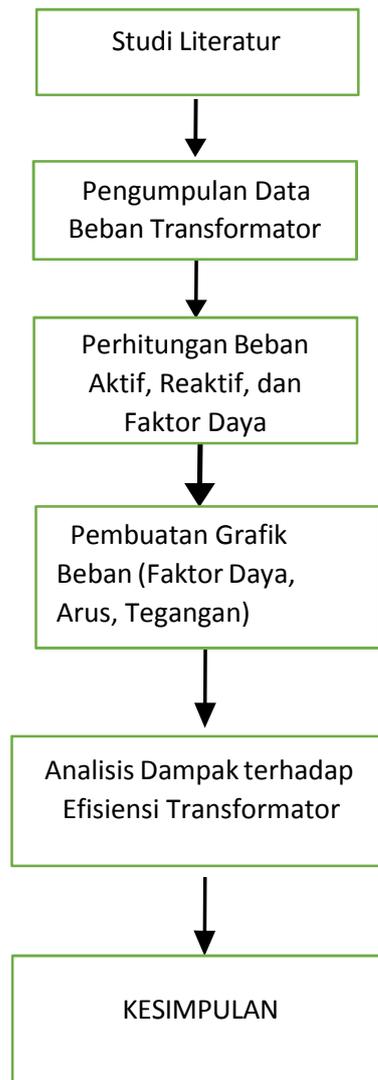
Diagram Single Line Diagram Single Line (diagram satu garis) merupakan suatu diagram listrik di gardu induk yang berisi penjelasan secara umum tentang posisi dan juga jenis peralatan pada gardu induk. Untuk lebih jelasnya Gambar dari diagram single line Gardu Induk Mabar akan dicantumkan di Lampiran.

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dapat di ambil untuk memudahkan penelitian dan pengambilan data , maka di bawah ini adalah alur untuk melakukan pengambilan data yang akan di lakukan adalah sebagai berikut

Berikut ini adalah tahapan penelitian analisis pembebanan trafo penerima di Gardu Induk Mabar 150kVA

Dalam melakukan penelitian ini, tahapan-tahapan yang dilakukan disusun secara sistematis. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.2 *Diagram alir Penelitian*

3.3.1 Persiapan

- 1) **Perumusan masalah:** Menentukan tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian yang ingin dijawab.
- 2) **Tinjauan pustaka:** Mempelajari teori dan penelitian terkait tentang analisis pembebanan trafo, sistem kelistrikan, dan gardu induk.
- 3) **Pengumpulan data:** Mengumpulkan data tentang trafo penerima di Gardu Induk Mabar, seperti data daya, arus, tegangan, dan faktor daya. Data ini dapat diperoleh dari PT PLN (Persero) atau pihak terkait lainnya.

3.3.2 Analisis Data

- 1) **Analisis pembebanan trafo:** Menghitung nilai pembebanan trafo (apparent power, active power, reactive power) dan dibandingkan dengan kapasitas trafo.
- 2) **Analisis ketidakseimbangan beban:** Menghitung nilai ketidakseimbangan beban pada setiap fasa dan dibandingkan dengan standar yang berlaku.
- 3) **Analisis rugi-rugi daya:** Menghitung rugi-rugi daya pada trafo dan dibandingkan dengan nilai standar.
- 4) **Analisis faktor daya:** Menghitung nilai faktor daya dan dibandingkan dengan nilai standar.

3.3.4 Pembahasan

- 1) **Interpretasi hasil analisis:** Menjelaskan makna dan implikasi hasil analisis yang telah dilakukan.
- 2) **Identifikasi permasalahan:** Mengidentifikasi permasalahan yang terkait dengan pembebanan trafo, seperti kelebihan beban, ketidakseimbangan beban, dan rugi-rugi daya.
- 3) **Rekomendasi solusi:** Memberikan rekomendasi solusi untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mempermudah dalam menyusun laporan dan melakukan perhitungan penelitian menggunakan Satu buah Laptop HP Processor 12th Gen Intel(R) Core(TM) i3-1215U (8 CPUs), ~1.2GHz , RAM 8 gb ,Windows 11. Untuk *software* menggunakan *Microsoft* yaitu *Microsoft word* dan *Microsoft excel*. Dan juga 1 buah hp Galaxy A23 model SM-A235F/DSN RAM 6 gb + 6 gb dan Power meter Transformator Daya.

3.5 Spesifikasi Transformator Daya

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.



Gambar 3.2 Trafo Daya 2 GIS Mabbar

Data-data pada Transformator Daya 2 (TD-2) Pada GIS Mabbar:

Merk	: Unindo
Serial Number	502024
Year of manufactured	1988
Standart	: IEC 60076
Rated Power	: 60 MVA
Cooling	: ONAN/ONAF
Frequency	: 50Hz
Phases	: 3 (Three)
Connection Symbols	: YN yn 0+d11
Tap Changer	: MR-UZFDN 380/300
Temp. Rise Below 100 m altitude	: Top Oil 50K rise wind
55K	
Type Oil	: Shell diala B
Mass	: Total 97500Kg
Oil	: 23450Kg
Untanking	51500

3.5.1 Bagian-bagian Transformator Daya

1) Inti Besi

Inti besi digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga

dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun sedemikian rupa.

2) Belitan (Winding)

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik.

3) Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor busting dengan body main tank transformator.



Gambar 3.3 *Bushing*

4) Tanki Konservator

Kenaikan suhu operasi mengakibatkan minyak isolasi memuai sehingga volumenya bertambah. Jika terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volumenya akan turun. Konservator berfungsi untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu.



Gambar 3.4 Tanki Konservator TD GI Mabar

5) Pendingin

Suhu pada transformator yang beroperasi dipengaruhi rugi-rugi yang terjadi pada trafo itu sendiri, suhu lingkungan, dan sebagainya. Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi transformator, maka untuk mengurangi adanya kenaikan suhu yang berlebihan tersebut pada transformator perlu juga dilengkapi dengan sistem pendingin yang berfungsi untuk menyalurkan panas keluar transformator. Media yang dapat digunakan pada sistem pendingin adalah udara/gas, minyak, dan air.

6) Tap changer

Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Transformator dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan pada sisi primer diharapkan dapat merubah ratio antara belitan primer dan sekunder dan dengan demikian tegangan output/sekunder pun dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan input/primernya. Penyesuaian ratio belitan ini disebut Tap changer.



Gambar 3.5 *Tab Changer GI Mabar*

7) Alat pernapasan

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara didalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui silicagel.



Gambar 3.6 *Minyak Isolasi*

8) Peralatan proteksi trafo

Dalam hal ini kita akan membahas mengenai peralatan proteksi internal trafo yaitu peralatan proteksi yang terpasang langsung di trafo. Peralatan proteksi internal trafo antara lain:

a) Rele Bucholz

Gangguan internal pada trafo mengakibatkan suhu yang sangat tinggi pada trafo. Hal ini akan memicu timbulnya tekanan aliran minyak yang besar dan pembentukan gelembung gas yang mudah terbakar. Tekanan minyak maupun gelembung gas ini akan dideteksi oleh rele bucholz

b) Rele Jansen

Indikasi gangguan yang dideteksi oleh Rele Jansen sama dengan Rele Bucholz Rele Jansen digunakan untuk memproteksi OLTC (On Load Tap Changer).

c) Rele Tekanan Lebih (Sudden Pressure)

Rele sudden pressure ini didesain sebagai titik terlemah saat tekanan didalam trafo muncul akibat gangguan. Dengan menyediakan titik terlemah maka tekanan akan tersalurkan melalui sudden pressure dan tidak akan merusak bagian lainnya pada maintank.

d) Rele thermal

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, losses pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator.

Untuk mengetahui suhu operasi dan indikasi ketidaknormalan suhu operasi pada transformator digunakan rele thermal. Rele thermal ini terdiri dari sensor suhu berupa thermocouple, pipa kapiler dan meter penunjukan.

1) Neutral Grounding Resistant (NGR)

Neutral Grounding Resistant adalah sebuah tahanan yang dipasang seri dengan netral sekunder pada transformator yang dihubungkan Y (wye/bintang) sebelum terhubung ke ground/tanah.

