

Analisa Aliran Daya Sistem Distribusi Kelistrikan Pada Gedung PT. X

Ghani Ikhsan Priyambudi¹, Ojak Abdul Rozak^{2*}

^{1,2}Teknik, Teknik Elektro, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
Email: ¹ghaniikhsanpriyambudi01@gmail.com, ^{2*}dosen01314@unpam.ac.id

(* : coressponding author)

Abstrak – Sistem listrik 3-fase, Seimbang selalu diselesaikan setiap tahap dan ditunjukkan dalam grafik garis yang sesuai dengan sistem. Tujuan dari grafik garis adalah untuk menyampaikan semua informasi yang diperlukan dalam berbagai situasi, diagram akan bervariasi tergantung pada masalah yang dibubarkan. Penggunaan teknologi dalam proyek ini adalah analisis proses daya dari bidang distribusi *Mega Watt* (MV), transformator, dan sistem distribusi listrik tegangan rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur distribusi *output* listrik dari panel MV ke kedua transformator untuk mengurangi tegangan dari 60 kV menjadi 380 volt dan menghitung tegangan transformator yang berasal dari 20 kV menjadi 380 volt atau 400 volt. Jumlah ketidakseimbangan dan hasil stabilitas kurang dari 3%, sebagai hasil dari hasil stabilitas pengukuran 0,2 % pada kurva panel yang mengandung dan 0,25% pada ketegangan panel PUTR yang keluar. Nilai ketidakseimbangan dan hasil stabilitas listrik dari panel *output* PUTR 1,66% adalah 2,97 % dan pada PUTR 2 sebesar 4,66 %. Untuk memastikan bahwa ketidakseimbangan di bawah 5%.

Kata Kunci: Aliran Daya Listrik, Sistem Distribusi, Trafo, Tegangan, Arus.

Abstract – The 3-phase, balanced electrical system is always solved per phase and displayed in a line diagram that matches the system. The purpose of the line diagram is to provide all the information you need. In various cases, the diagram will vary depending on the problem being solved. The use of technology in this project is the analysis of the power process from the *Mega Watt* (MV) distribution field, transformers, and low voltage electrical distribution systems. The purpose of this study is to measure the distribution of electrical output from the MV panel to both transformers to reduce the voltage from 60 kV to 380 volts and calculate the transformer voltage that comes from 20 kV to 380 volts or 400 volts. The amount of imbalance and stability results are less than 3%, as a result of the measurement stability results of 0.2% on the panel curve containing and 0.25% on the tension of the outgoing PUTR panel. The value of imbalance and electrical stability results from the PUTR 1.66% output panel is 2.97% and at PUTR 2 is 4.66%. To ensure that the imbalance is below 5%.

Keywords: Electric Power Flow, Distribution System, Transformer, Voltage, Current.

1. PENDAHULUAN

Investigasi aliran daya adalah analisis yang membantu Anda memahami ketegangan, listrik, dan kinerja yang mengalir melalui sistem listrik. Penelitian aliran listrik juga membantu untuk memeriksa bagaimana peran fungsi peralatan listrik, dengan batas yang ditentukan sesuai dengan saluran kinerja yang diinginkan. Metode yang biasa digunakan ketika penelitian arus saat ini selesai adalah *Gauss-Seidel* dan *Newton Raphson*. Metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai konvergen dan berulang kecil adalah *Newton Rafson*. (Wirandi & Justiad, 2020)

Sistem listrik 3-fase, Seimbang selalu diselesaikan melalui setiap tahap dan ditunjukkan dalam grafik garis yang sesuai dengan sistem. Fungsi dari grafik garis adalah untuk menyajikan semua data yang diperlukan. Dalam berbagai situasi, grafik akan berbeda-beda tergantung pada persoalan yang diselesaikan.

Dalam praktiknya, perhitungan perlu disederhanakan, terutama jika perhitungan dilakukan secara manual. Faktor lain adalah analisis arus listrik ketika jaringan listrik diperbesar dengan menambah jalur dan beban untuk memenuhi kebutuhan yang berkembang pada daya di dalam gedung. Jenis penelitian ini memastikan bahwa sistem catu daya/catu daya dapat memenuhi persyaratan listrik secara ekonomi, efisien dan aman.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Berikut merupakan metode penelitian yang diimplementasikan penulis adalah :

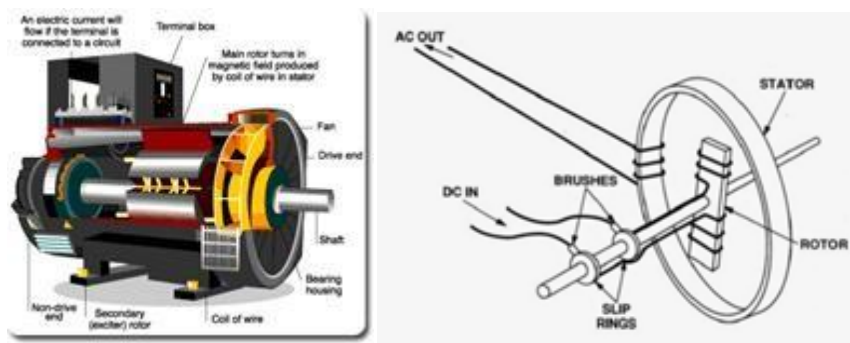
- Studi literatur, Mengkaji dan mempelajari literatur serta artikel yang telah dipublikasikan untuk digunakan pada pedoman sebagai bahan rujukan dalam mendukung menyelesaikan tugas akhir ini.
- Mengumpulkan informasi dari sumber-sumber pembangkit listrik serta data dari penelitian yang relevan untuk dijadikan pedoman dalam menganalisis aliran energi listrik.
- Mendapatkan serta mengevaluasi nilai tegangan, daya nyata, daya imajiner, dan kerugian daya dalam sistem kelistrikan yang terdapat di Gedung PT. X.
- Menarik/mendapatkan kesimpulan dari pelaksanaan analisa yang dilakukan sehingga dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi/perbaikan.

2.2. Representasi Sistem Tenaga Listrik

Salah satu sumber utama pasokan energi di dunia adalah sistem tenaga listrik, yang berperan dalam mengubah dan mengangkut energi. Sistem kelistrikan biasanya terbagi menjadi tiga komponen utama, yaitu pusat generator, jaringan penyebaran, dan sistem penyaluran. Terkadang, dalam beberapa literatur, juga ditambahkan gardu induk sebagai bagian dari sistem ini. (Idris, Usman, & Suyono, 2021)

a. Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan cara melalui proses sinkronisasi. Alat tersebut berfungsi dengan menerapkan prinsip inisiasi elektromagnetik atau faliran yang mengubah daya menjadi listrik. Yang menyatakan bahwa jika jumlah garis gaya yang melintasi kumparan berubah, maka akan muncul tegangan atau *voltase* yang terinduksi di dalam gulir tersebut. Besarnya tegangan listrik yang dihasilkan berhubungan langsung pada kecepatan perubahan jumlah garis induksi yang melewati kumparan. (Armansyah & Sudaryanto, 2016)



Gambar 1. Konsep Dasar Generator Sinkron.

(Prinsip Kerja Generator Sinkron, 2019)

b. Bus Referensi (*Swing* atau *Slack Bus*)

Bus referensi adalah sistem dalam listrik yang diimplementasikan untuk menetapkan sudut fasa pada tegangan bus daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dalam sistem jaringan. Kriteria yang ditentukan adalah tegangan (V) dan sudut fase (δ). Dalam setiap tata kelistrikan, hanya terdapat satu bus acuan, yaitu bus yang memiliki pembangkit atau generator dengan kapasitas paling besar jika dibandingkan dengan pembangkit lain dalam sistem tersebut.

c. Bus generator (*Voltage Control Bus*)

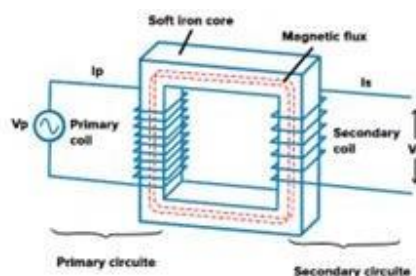
Bus generator merupakan bagian tegangan listrik yang dapat disesuaikan melintasi susunan daya reaktif supaya tegangannya dalam keadaan stabil. Informasi yang ada adalah daya aktif (P) dan tegangan (V). Dengan demikian, bus ini dikenal sebagai bus PV.

d. Beban (*Load Bus*)

Merupakan jenis bus yang terkait dengan beban dalam sebuah sistem. Nilai ini diukur merupakan daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), sehingga disebut sebagai bus PQ. (Supriyadi, 2016)

e. Transformator Daya

Transformator Daya merupakan alat dalam sistem kelistrikan yang bekerja sebagai meningkatkan tegangan dari tingkatan rendah ke tingkatan tinggi, sehingga secara otomatis juga meningkatkan daya listrik yang dapat disalurkan. (Utomo, 2019)



Gambar 2. Konsep Dasar Transformator.

(KDMFAB, 2024)

f. Saluran Transmisi

Saluran transmisi bertegangan tinggi memiliki level tegangan 70 kV, 150 kV, atau 500 kV. Pada tingkatan 500 kV, saat ini sering disebut sebagai tegangan super tinggi. Setelah listrik didistribusikan, tegangan tersebut kemudian tiba di gardu induk, kemudian, menurunkan tegangan memakai *transformator step-down* hingga mencapai Tegangan menengah, yang dikenal juga sebagai tegangan distribusi utama, saat ini semakin populer. Ada sebuah kecenderungan yang menunjukkan bahwa tegangan distribusi utama ini semakin berkembang di PLN adalah 20 kV. (Aribowo & Desmira, 2016)

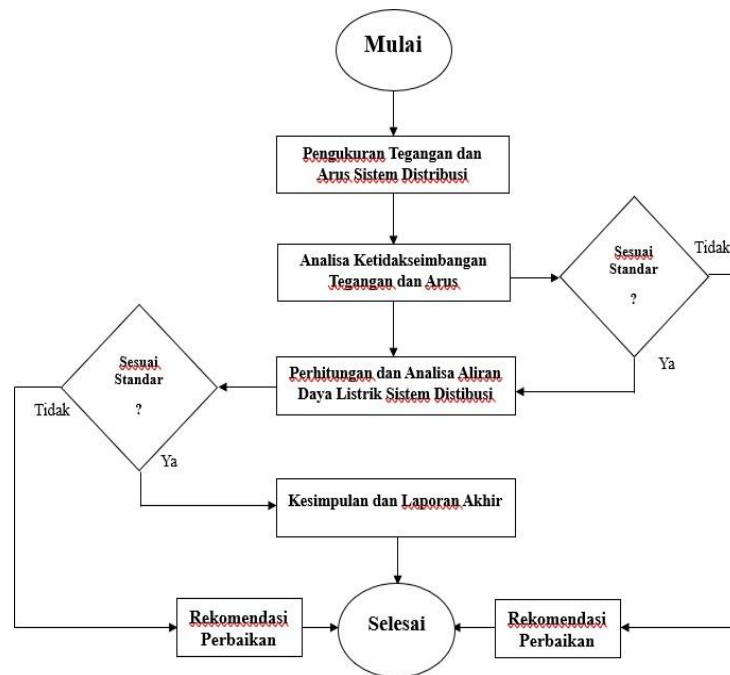
g. Kapasitor dan Reaktor Shunt

Komponen daya yang ringan menimbulkan beban menarik tingkat daya reaktif yang besar, sehingga daya nyata diambil pada sistem menjadi meningkat. Penginstalatan kapasitor shunt membantu mengurangi daya nyata (VA) yang diambil dari sumber. Berkurangnya nilai VA ini membentuk perbedaan antara daya nyata yang dihitung sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor shunt. (Winasis & Nugraha, 2007)

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa kegiatan yang meliputi: pengukuran, perhitungan dan analissi data yang didaapt, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan Penelitian

Gambar 3. menunjukkan proses pelaksanaan penelitian yang dapat dijelaskan berikut ini:

- Pengukuran Tegangan dan Arus Listrik
- Analisa Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Listrik
- Perhitungan dan Analisa Aliran Daya Listrik
- Rekomendasi Perbaikan
- Kesimpulan dan Laporan Akhir
- Peralatan

3.2. Peralatan Penelitian

Perangkat penelitian yang dipakai oleh penulis dalam studinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian.

No	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Tang Ampere	Kyoritsu 202PA	Menentukan besaran aliran listrik yang terdapat dalam suatu jalur listrik
2	Multimeter	KWO6 - 272	Menilai nilai dari tegangan listrik yang ada dalam sebuah sirkuit listrik dengan ukuran dan satuan yang spesifik.

3.3. Perhitungan dan Analisa Aliran Daya Listrik

Perhitungan daya ini bertujuan untuk mengetahui nilai rata-rata pada alat yang digunakan untuk mengetahui penjumlahan dan hasilnya berupa tabel hasil pada perhitungan dan grafik untuk dianalisa aliran dayanya.

Rumus Incoming :

$$V_{Avg} = \frac{V_{R-S} + V_{R-T} + V_{S-T}}{3} \quad (3.1)$$

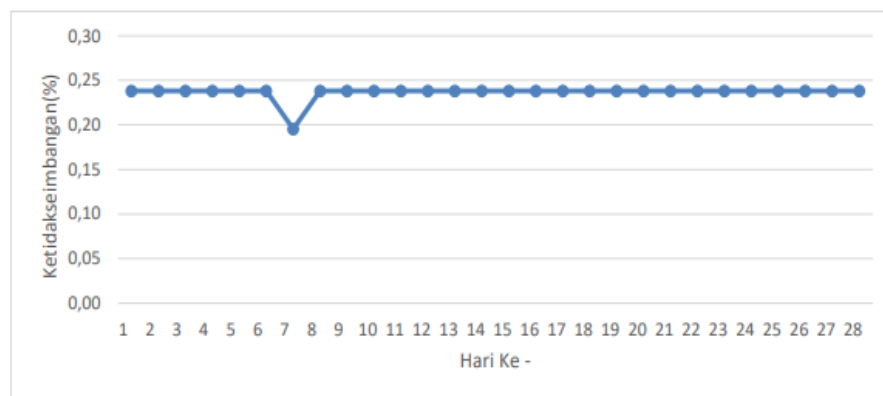
Rumus Outgoing :

$$V_{Avg} = \frac{V_{R-S} + V_{R-T} + V_{S-T}}{3} \quad (3.2)$$

4. IMPLEMENTASI

4.1. Pengukuran dan Analisa Tegangan

Pengukuran tegangan ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan tegangan berdasarkan perubahan tegangan yang terukur pada PUTR, alat pengukuran yang digunakan adalah *digital multi tester* untuk mengukur tegangan dan teknik pengambilan data atau pengukuran tegangan seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Grafik Kestabilan dan Ketidakseimbangan Tegangan *Incoming*

$$\text{Ketidakseimbangan Tegangan} = \frac{V_{max} - V_{Avg}}{V_{Avg}} \times 100 \%$$

Jika diketahui rata-rata tegangan pada *incoming* PUTR dengan menggunakan persamaan Pengukuran tegangan maka diketahui: (2.7).

$$V_{Avg} = \frac{V_{R-S} + V_{R-T} + V_{S-T}}{3}$$

$$\begin{aligned} V_{Avg} &= \frac{V_{R-S} + V_{R-T} + V_{S-T}}{3} \\ &= \frac{19.439 + 19.449 + 19.513}{3} \\ &= 19.467 \text{ volt} \end{aligned}$$

Sementara tegangan maksimal (V_{max}) *incoming* PUTR adalah sebesar 19.865 volt, maka dapat diketahui ketidakseimbangan tegangan *incoming* sebesar: (2.7).

$$\text{Ketidakseimbangan Tegangan} = \frac{19.513 - 19.467}{19.467} \times 100 \%$$

$$= 0,24 \%$$

Jika diketahui rata-rata tegangan pada *outgoing* PUTR dengan menggunakan persamaan Pengukuran tegangan maka diketahui: (2.7)

$$V_{Avg} = \frac{V_{R-S} + V_{R-T} + V_{S-T}}{3}$$

$$= \frac{403 + 404 + 402}{3}$$

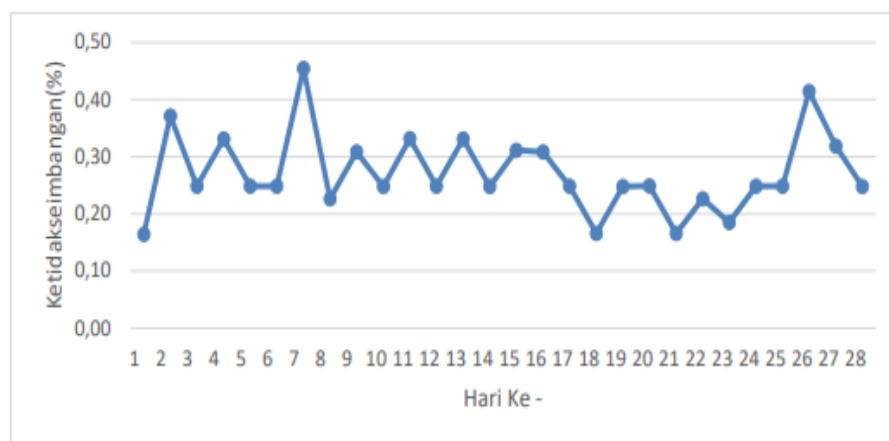
$$= 403 \text{ volt}$$

Sementara tegangan maksimal (V_{max}) *outgoing* PUTR adalah sebesar 404 volt, maka dapat diketahui ketidakseimbangan tegangan *outgoing* sebesar: (2.7)

$$\text{Ketidakseimbangan Tegangan} = \frac{404 - 403}{403} \times 100 \%$$

$$= 0,25 \%$$

Didapatan ketidakseimbangan tegangan *outgoing* PUTR sebesar 0,25 %. Hal ini menunjukkan bahwa sistem masih dalam keadaan seimbang berdasarkan batas toleransi yang ditetapkan PLN bahwa toleransi ketidakseimbangan yang diizinkan adalah m max 3 %. Dari hasil perhitungan dan berdasarkan Tabel 4.1, maka dapat diilustrasikan kondisi tegangan sistem *outgoing* yang memiliki kestabilan dalam bentuk grafik sesuai gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kestabilan dan Ketidakseimbangan Tegangan *Outgoing*

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yang dapat menggambarkan keadaan aliran daya pada sistem distribusi kelistrikan gedung PT. X sebagai berikut:

- Ketidakseimbangan dan kestabilan tegangan dari hasil pengukuran sebesar 0,24 % pada teganan panel *incoming* dan 0,25 % pada tegangan panel *outgoing* PUTR sehingga besaran ketidakseimbangan tidak lebih dari 3 %.

- b. Ketidakseimbangan dan kestabilan arus pada panel *outgoing* PUTR 1 sebesar 2,97 % dan pada PUTR 2 sebesar 4,66 %. sehingga besaran ketidakseimbangan tidak lebih dari 5 %.
- c. Kondisi *Power Faktor Average* sebesar 1,00. Nilai tertinggi dan kondisi normal adalah mendekati 1,00, yang bernilai 0,95 hingga 0,99, namun data dari pencatatan besaran *Power Faktor* banyak temuan sebesar 1,00.

5.2. Saran

Beberapa saran dari kami setelah melakukan analisa adalah sebagai berikut:

- a. Untuk power faktor pihak Gedung agar melakukan analisa lebih lanjut karena hasil pencatatan ada beberapa yang menunjukkan tidak standar yang dapat dimungkinkan penyebabnya karena ketidakakuratan alat ukur atau faktor lainnya.
- b. Adanya beberapa data ketidakseimbangan Arus phase R, S, T yang perlu dianalisa lebih lanjut oleh pihak Gedung, yang dapat disebabkan bisa karena adanya beban peralatan yang operasinya hanya waktu tertentu atau penyebab lainnya (ada pengaturan jadwal penggunaan jalur R,S,T agar beban seimbang).

DAFTAR PUSTAKA

- Armansyah, & Sudaryanto. (2016). Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal. *Journal of Electrical Technology*.
- Idris, A. R., Usman, & Suyono, W. (2021). Analisis Pengaruh Pemasangan Counterpoise pada Tower Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi 70 kV Line Mandai-Pangkep. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021*, 6.
- Julianto, P., & Sumardi. (2018). Analisa Aliran Daya Pada Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Sebatik Menggunakan Software Etap Powerstation 12.6. 0. *Elektrika Borneo*. KDMFAB. (2024, November 19). *kdmfab*. Diambil kembali dari Memahami Prinsip Kerja Transformator – Panduan Lengkap: <https://kdmfab.com/id/prinsip-kerja-transformator/> Nigara, A. G., & Primadiyono, Y. (2015). Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0. *Jurnal Teknik Elektro Vol. 7 No. 1*, 4.
- Priambodo, P., Penangsang, O., & Wibowo, R. S. (2013). Analisis Aliran Daya Tiga Fasa TidakSeimbang Menggunakan MetodeK-Matrikdan Z-BR pada Sistem Distribusi20 kV Kota Surabaya. *Digilib. its*, 32.
- Prinsip Kerja Generator Sinkron*. (2019, Mei). Diambil kembali dari edukasikini: <https://www.edukasikini.com/2019/05/prinsip-kerja-generator-sinkron.html>
- Ridwan, & Pratama, M. F. (2021). Investigasi dan Mitigasi Tegangan Lebih dan Arus Lebih Feroresonansi Dalam Saluran Transmisi 150kV Gardu Induk Dago Pakar.
- Salman, R., Mustamam, & Sinuraya, A. (2014). Simulasi dan Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analyser Program (Etap) Versi 4.0. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 8.
- Sawiji, E., & Tambunan, J. M. (2019). Analisis Sistem Distribusi Kabel Bercabang Dengan Kabel Konvensional di Apartemen Ancol Mansion. *Energi dan Kelistrikan Jurnal Ilmiah*, 10.
- Siswanto, A., Baehaqi, M., Alif, M., & Mansur. (2024). Analisa Overhaul Aliran Beban PMT GI 150/70 kV Menggunakan ETAP pada SUTT 70 kV. *Jurnal Sains dan Teknologi*.
- Supriyadi, A. (2016). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap 12.6. *FORUM TEKNOLOGI* Vol. 06 No. 3.
- Utomo, P. (2019). Studi Analisis Kualitas Transformator Daya Gardu. *Journal Of Electrical Engineering, Energy, And Information Technology*, 11.
- Warisanto, D. (2018). Analisis Perbandingan Efisiensi Sistem AC dan DC pada Beban Residensial Menggunakan Software Etap.
- Winasis, & Nugraha, A. W. (2007). Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt Terhadap Konsumsi Daya Aktif Instalasi Listrik. *Dinamika Rekayasa Vol. 3 No.1 Februari 2007*. Wirandi, M., & Justiad. (2020). Analisis AAliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Menggunakan Aplikasi Etap 12.6.0. *Proceeding SENDIU*, 7.