

SKRIPSI

ANALISIS KETIDAK SEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PT. HARIM FERMSCO INDONESIA

O l e h

DANIEL WENDA

T2114025

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Ichsan Gorontalo



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR
'DISTRIBUSI PT. HARIM FERMSCO INDONESIA**

Oleh :

DANIEL WENDA

T21 14 025

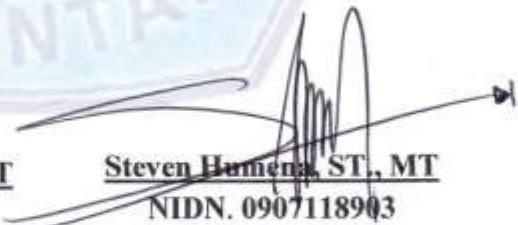
SKRIPSI

Telah disetujui dan siap untuk diseminarkan
Gorontalo, Juli 2021

Pembimbing I

Pembimbing II


Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
NIDN. 0906018504


Steven Hameng, ST., MT
NIDN. 0907118903

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PT. HARIM FERMSO INDONESIA

Oleh :

DANIEL WENDA
T21 14 025

Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)

Universitas Ichsan Gorontalo

1. Amelya Indah Pratiwi, ST., MT (Penguji I)
2. Muammar Zainuddin, ST., MT (Penguji II)
3. Ir. Stephan A Hulukati, ST., MT., M.Kom (Penguji III)
4. Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT (Pembimbing I)
5. Steven Humena, ST., MT (Pembimbing II)



Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Amru Siola, ST., MT
NIDN. 0922027502



Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT
NIDN. 0906018504

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Daniel Wenda
Nim : T2114025
Kelas : Reguler
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya (skripsi) ini adalah asli dan belum pernah di ajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) baik itu di universitas ichsan Gorontalo atau di universitas dan perguruan tinggi lainnya di Indonesia.
2. Karya tulis ini merupakan murni gagasan ide, rumusan dari hasil penelitian dan hasil analisa tanpa ada bantuan pihak lain kecuali kedua dosen pembimbing saya dan pihak pegawai perusahaan dimana tempat saya melakukan penelitian.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain. Kecuali seecara tertulis dicantumkan sebagai acuan penulisan dan dalam naskah disebutkan nama pengarang serta dicantumkan pula di daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku Universitas Ichsan Gorontalo.

Gorontalo, Juli 2021



Daniel Wenda

KATA PENGANTAR

Puji Dan Syukur saya panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Esa, atas berkat dan dan karunia-Nya sehingga **Skripsi** ini dapat terselesaikan dengan lancar walau tidak tepat waktu. Adapun penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.

Penulis sangat menyadari walau begitu banyak hambatan dan tantangan yang ditemui namun melalui bimbingan dan bantuan serta dorongan dan motivasi dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi/tugas akhir ini sebagaimana yang diharapkan untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dra. Hj. Juriko Abdussamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak DR. Abdul Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Kedua Orang Tua dan dan Sahabat, Teman yang selalu senantiasa memberikan dorongan, spirit, motivasi, dan bantuan berupa materi selama proses perkuliahan sampai saat ini.
4. Amru Siola, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.

5. Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.
6. Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, Pembimbing I.
7. Steven Humena, ST.,MT, Pembimbing II.
8. Seluruh dosen fakultas teknik terlebih jurusan elektro di lingkungan universitas ichsan Gorontalo.
9. Seluruh teman-teman yang ikut membantu serta memberikan semangat yang.

Akan menjadi sesuatu yang sangat berarti bagi saya guna menyempurnakan proposal ini bila kritikan dan saran disampaikan kepada penulis. Semoga Allah yang Maha Esa yang mempunyai segalanya dapat membalas semua kebaikan Bapak/Ibu.

Gorontalo, Mei 2021

Penulis

ABSTRAK

DANIEL WENDA. T2114025. ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PT. HARIM FARMSCO INDONESIA

PT. Harim Farmsco Indonesia berada di wilayah kelurahan Libuo Kecamatan Paguat, Kabupaten Pahuwato. Perusahaan yang berupa pabrik itu didirikan pada tahun 2007 dan pembangunannya selesai pada tahun 2009. Sistem tenaga listrik yang berada di pabrik dapat menemui kendala-kendala yang tidak diinginkan, seperti, ketidakseimbangan beban yang penyebabnya terletak pada beban pelanggan satu fase, pelanggan TR. Akibat ketidakseimbangan beban itu, terjadi arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi). Oleh karena itu dalam penelitian ini menganalisis ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi dan pengaruhnya terhadap rugi-rugi daya pada saluran dan transformator. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode deskriptif yaitu suatu metode yang menggambarkan suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu secara sistematis berdasarkan data-data yang ada. Rata-rata pembebanan transformator pada PT. Harim Farmsco Indonesia pada saat beroperasi rata-rata 43,70% atau 198,67 Ampere, sedangkan pada saat pabrik tidak beroperasi rata-rata hanya 5,059% atau 23 Ampere karena beban hanya pada fasa T untuk sistem penerangan saja. Rugi-rugi (*losses*) akibat arus netral yang mengalir pada penghantar netral diperoleh hasil sangat kecil yaitu sebesar 0,026 kW atau 0,01% pada saat pabrik beroperasi dan sebesar 0,000062 kW atau 0,000023% pada saat pabrik tidak beroperasi.

Kata Kunci: Ketidakseimbangan Beban, Transformator, Rugi-Rugi Daya, PT. Harim Farmsco Indonesia.

ABSTRACT

DANIEL WENDA. T2114025. LOAD IMBALANCE ANALYSIS ON DISTRIBUTION TRANSFORMER AT PT. HARIM FARMSCO INDONESIA

PT. Harim Farmsco Indonesia is situated at Libuo Village, Paguat Subdistrict, Pahuwato District. The company (the factory) was established in 2007 and its construction was completed in 2009. The electric power system in the factory may encounter unwanted constraints such as load imbalances, the cause of which lies in the load of single-phase customers, the Low Voltage customers. As a result of the load imbalance, there is a current in the neutral of the transformer. The current flowing in the neutral of this transformer causes losses. Therefore, this research analyzes the load imbalance in the distribution system and its effect on the power losses in lines and transformers. In this research, the researcher uses a descriptive method, which is a method that describes a situation that is currently occurring at the time the research is being conducted and systematically examines the causes of a certain phenomenon based on the existing data. The average loading of the transformer at PT. Harim Farmsco Indonesia when operating is at an average of 43.70% or 198.67 Ampere, while when the factory is not operating is at an average of only 5.059% or 23 Ampere due to the load which is only on the T phase for the lighting system. The losses due to the neutral current flowing in the neutral conductor result in a very small amount, namely 0.026 kW or 0.01% when the plant is operating and 0.000062 kW or 0.0000023% when the plant is not operating.

Keywords: load imbalance, transformer, power losses, PT. Harim Farmsco Indonesia.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Prinsip Kerja Transformator	10

2.2.1	Transformator Daya	11
2.2.2	Transformator Distribusi	12
2.2.3	Prinsip Kerja Transformator	12
2.3	Ketidakseimbangan Beban	13
2.3.1	Pengertian Tentang Beban Tidak Seimbang	13
2.4	Arus Netral	15
2.4.1	Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang	15
2.4.2	Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang	17
2.4.3	Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang	18
2.4.4	Faktor Daya	20
2.5	Losses Pada Jaringan Distribusi	20
2.5.1	<i>Losses</i> Pada Penghantar Fasa	21
2.5.2	<i>Losses</i> Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral	21
2.5.3	<i>Losses</i> Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah	22
2.5.4	<i>Losses</i> Pada Sambungan Tidak baik	22
2.6	Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan	23
2.6.1	Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat	23
2.6.2	Perhitungan Ketidakseimbangan Beban	24
2.6.3	Perhitungan <i>Losses</i> (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral	25
2.6.4	<i>Losses</i> Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah	25

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Obyek dan Lokasi Penelitian	26
3.2 Metode Penelitian	26
3.3 Metode dan Teknik Penelitian	27
3.4 Teknik Analisis Data	27
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Data Teknis Trafo	30
4.2 Data Hasil Pengukuran Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia	30
4.3 Pembebanan Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia	31
4.3.1 Menentukan Fuse Cut Out, NH Fuse, dan Arus Hubung Singkat	31
4.3.2 Presentase Pembebanan Trafo	32
4.4 Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia	34
4.5 Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia	37
BAB V : PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Table 4.1 Hasil Pengukuran Transformator Saat Beroperasi	30
Table 4.2 Hasil Pengukuran Transformator Saat Tidak Beroperasi	30
Table 4.3 Losses Transformator	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator Daya	11
Gambar 2.2 Transformator Distribusi	12
Gambar 2.3 Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang	13
Gambar 2.4 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang	14
Gambar 2.5 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Mode Fasa Tunggal	17
Gambar 2.6 Segitiga Daya	20
Gambar 2.7 Sambungan Kabel	22
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	28
Gambar 4.1 Skema Aliran Arus Di Sisi Sekunder Trafo Saat Pabrik Beroperasi	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kebutuhan listrik merupakan kebutuhan utama di semua lapisan masyarakat, baik masyarakat, bisnis, industri maupun masyarakat. Di hampir setiap daerah, masyarakat membutuhkan listrik ini untuk beraktivitas demi kepentingannya sendiri. Sistem tenaga listrik yang andal diperlukan untuk memenuhi kebutuhan daya di semua area tersebut, dan pasokan daya dapat dipertahankan dan didistribusikan secara merata ke semua area yang membutuhkannya. Listrik saat ini merupakan salah satu kebutuhan utama manusia selain sandang, pangan dan papan. Meski tidak melebihi kepentingan ketiganya, jika ketiga syarat utama di atas terpenuhi, tentunya dibutuhkan listrik. Saat ini listrik hadir dalam bentuk benda-benda abstrak. Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi yang tidak terlepas dari kehidupan manusia. Karena hampir semua perangkat membutuhkan listrik untuk dapat berfungsi. Alat ini bersinggungan dengan kehidupan manusia sehari-hari.

Listrik tergolong baik jika pasokan listrik baik dan seimbang. Energi listrik dikatakan seimbang jika muatan pada setiap fase terdistribusi (fase R, fase S dan fase T) adalah sama. Jika salah satu fase memiliki kondisi atau nilai beban yang berbeda dengan fase lainnya, maka jalur distribusi mengalami ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan sistem tiga fase adalah topik yang

akrab bagi para peneliti dan teknisi sistem tenaga listrik. Hal ini dapat menyebabkan hilangnya daya pada jaringan distribusi dalam kondisi nyata.

Itu juga dapat membatasi kapasitas beban trafo distribusi, jauh di bawah nilai nominalnya (*Bina dan A. Kashefi, 2011*). Karena sistem distribusi daya terus berkembang dalam ukuran dan kompleksitas, pengurangan kerugian dapat menghasilkan penghematan yang besar bagi penyedia daya.

Ia juga dapat menghadkan kapasitas beban pengubah pengedaran, jauh di bawah nilai nominalnya. Oleh kerana sistem pengagihan kuasa terus bertambah dari segi ukuran dan kerumitan, pengurangan kerugian dapat menghasilkan penjimatan yang besar bagi pembekal kuasa. (*Al-Badi, dkk, 2011*).

Arus yang mengalir di neutral pengubah boleh mengakibatkan kerugian, iaitu kerugian akibat arus neutral pada pengalir neutral pengubah dan kerugian akibat arus neutral yang mengalir ke tanah. Proses penyamaan beban semasa agak sukar dilakukan secara berterusan dan berkala, gangguan had arus tinggi (NH-Fuse) kerana beban tidak seimbang dapat menyebabkan pemadaman kuasa. Indonesia sudah memiliki banyak generator, termasuk PLTU Suralaya, PLTU Muara Karang, dan PLTU Paiton. Hampir semua wilayah di Nusantara dapat menikmati elektrik.

Sistem pengedaran adalah sebahagian daripada sistem kuasa elektrik yang berfungsi untuk mengedarkan dan mengedarkan kuasa elektrik dari pencawang ke pusat beban. Pertumbuhan beban terus meningkat, memerlukan sistem pengedaran untuk dapat memberikan pengedaran tenaga elektrik yang mencukupi dan sesuai dengan permintaan tenaga elektrik yang diperlukan oleh pengguna, dan dalam

pengagihan tenaga elektrik harus diusahakan sebaik mungkin, untuk itu gangguan yang berlaku dalam sistem pengedaran mesti diselesaikan dengan tepat dan pantas. Kerana gangguan ini dapat menyebabkan pemadaman, sehingga dapat mengurangi kelangsungan dan kualiti pengedaran elektrik untuk pengguna.

Rangkaian pengedaran ini mempunyai 2 jenis, iaitu rangkaian pengedaran utama dan rangkaian pengedaran sekunder. Rangkaian pengedaran utama adalah rangkaian dari pencawang pengubah ke pencawang pengedaran, sementara jaringan pengedaran sekunder adalah jaringan dari pencawang pengedaran ke pelanggan atau muatan. Pada proses pendistribusian listrik biasanya terdapat beban yang tidak seimbang dalam fasa (sistem pengedaran adalah sistem 3 fasa) atau terdapat beban yang berlebihan kerana penggunaan peralatan elektrik dari pengguna tenaga elektrik. Keseimbangan beban antara fasa diperlukan untuk penyamaan beban, sehingga meminimumkan perubahan yang disebabkan oleh beban penuh.

Sistem yang tidak seimbang akan memberi kesan buruk kepada mesin industri. Oleh itu, usaha diperlukan untuk mengimbangkan sistem. Dalam beban tidak seimbang, terdapat 3 jenis arus, iaitu: arus urutan sifar, arus urutan negatif dan arus urutan positif. Ketidakseimbangan adalah nisbah arus urutan sifar atau negatif dengan arus urutan positif.

PT. Harim Firmsco Indonesia yang berada di wilayah kelurahan Libuo Kecamatan Paguat, Kabupaten Pahuwato. PT. Harim Firmsco Indonesia ini didirikan pada tahun 2007 dan pembangunan pabrik ini selesai pada tahun 2009, yang diresmikan langsung oleh Gubernur Provinsi Gorontalo Prof. Dr. Ir. Fadel

Muhammad. Pada sistem tenaga listrik yang berada dipabrik pasti akan menemukan kendala-kendala yang tidak diinginkan. Seperti, ketidakseimbangan beban yang penyebabnya berada pada beban fasa tunggal pada pelanggan rangkaian voltan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban, arus muncul dalam pengubah neutral. Arus yang mengalir di neutral pengubah ini menyebabkan kerugian, yaitu kerugian akibat arus neutral pada pengalir neutral pengubah dan kerugian kerana arus neutral mengalir ke tanah.

Berdasarkan permasalahan diatas maka dari itu penulis mengambil judul “Analisis ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. Harim Farmsco Indonesia”

1.2 Perumusan Masalah

Dalam rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana suplai tenaga listrik terhadap ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. Harim Farmsco Indonesia.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penulisan Penelitian ini adalah :

- Untuk menganalisis ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi dan pengaruhnya terhadap rugi-rugi daya pada saluran dan transformator distribusi.
- Mengetahui persentase *losses* yang ditimbulkan karena ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi di PT. Harim Farmsco Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang hendak dicapai dalam penelitian ini ialah sebagai berikut

:

1. Memberikan hasil analisis dari ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi dan pengaruhnya terhadap rugi-rugi daya pada saluran dan transformator distribusi yang timbul sebagai bahan pertimbangan untuk membangun sistem di masa yang akan datang.
2. Sebagai acuan dalam pengembangan topik penelitian berikutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Studi data pengukuran pembebanan trafo distribusi di PT. Harim Farmsco Indonesia.
2. Menganalisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan *losses* pada trafo distribusi di PT. Harim Farmsco Indonesia.
3. Tidak membahas tentang konfigurasi instalasi listrik dalam di PT. Harim Farmsco Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Transformer adalah alat elektrik statik yang dapat bergerak dan menukar voltan dan arus bergantung dari satu atau lebih litar elektrik ke litar elektrik lain dengan nilai yang sama atau berbeza pada frekuensi yang sama, melalui gandingan magnet dan berdasarkan prinsip aruhan elektromagnetik. Secara umum, transformer terdiri daripada inti yang terbuat dari besi berlapis, dan dua gegelung, iaitu gegelung primer dan gegelung sekunder. Nisbah perubahan voltan akan bergantung pada nisbah bilangan putaran pada gegelung. Biasanya gegelung terbuat dari dawai tembaga atau aluminium yang melilit kaki inti pengubah.

Transformer banyak digunakan dalam bidang elektrik dan elektronik. Penggunaan transformer dalam sistem kuasa membolehkan pemilihan voltan yang sesuai dan ekonomik untuk setiap keperluan, misalnya, keperluan voltan tinggi dalam penyampaian kuasa pada jarak jauh. Penggunaan transformer yang sangat mudah dan boleh dipercayai adalah salah satu sebab penting penggunaannya dalam pengedaran kuasa elektrik arus ulang-alik, kerana arus ulang-alik sangat banyak digunakan untuk penjanaan dan pengagihan tenaga elektrik. Dalam pengagihan tenaga elektrik arus ulang-alik terdapat kehilangan tenaga $I^2 R$ watt. Kerugian ini akan berkurang sekiranya voltan meningkat setinggi mungkin. Oleh itu, talian penghantaran kuasa elektrik selalu menggunakan voltan tinggi. Ini dilakukan terutamanya untuk mengurangkan kehilangan tenaga yang berlaku, dengan menggunakan transformer untuk meningkatkan voltan bekalan kuasa di

loji kuasa dari voltan penjana yang biasanya 6 kV - 20 kV pada awal penghantaran ke voltan saluran penghantaran antara 100 kV - 1000 kV, kemudian turunkannya lagi di hujung talian ke voltan yang lebih rendah.

Ketidakseimbangan dalam sistem catu daya selalu terjadi dan penyebab fluktuasi tersebut adalah beban satu fasa untuk pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban, arus mengalir di netral transformator. Arus netral yang mengalir melalui transformator ini menyebabkan kerugian, yaitu rugi yang disebabkan oleh arus netral yang mengalir melalui konduktor netral transformator dan rugi yang disebabkan oleh arus netral yang mengalir melalui tanah. Setelah dilakukan analisa, jika terjadi ketidakseimbangan beban yang besar maka arus netral yang terkena juga besar dan kerugian yang diakibatkan oleh arus netral yang mengalir ke tanah bertambah. (Moh. Dahlan, 2006).

Dalam sistem 3 fasa, ketidakseimbangan beban pengubah sangat biasa. Ini adalah hasil daripada beban elektrik yang tidak sama dan disebabkan oleh banyaknya beban elektrik tambahan yang tidak memperhatikan ketidakseimbangan beban sistem. Semasa merancang pembahagian beban transformer di sisi R, S, T, mereka biasanya dirancang secara seimbang. Namun, pada kenyataannya, pengagihan beban tidak dapat seimbang. Sekiranya tidak diperhatikan dengan betul, beban elektrik yang mengakibatkan ketidakseimbangan beban pada transformer juga dapat mengakibatkan beban berlebihan pada sistem elektrik dan juga kerugian pada rangkaian voltan rendah. Apabila ini berlaku, pengubah akan menjadi tidak boleh dipercayai. Pengiraan besarnya ketidakseimbangan beban pengubah diperlukan untuk menjangkakan

berlakunya lebih beban pada pengubah kerana penambahan beban elektrik yang tidak memperhatikan ketidakseimbangan. Makalah ini bertujuan untuk menganalisis ketidakseimbangan beban pengubah pengedaran untuk mengenal pasti beban berlebihan dan juga dapat mengetahui jumlah kerugian dalam rangkaian voltan rendah kerana arus neutral, setelah pengiraan dan simulasi diperoleh peratusan pemuatan tertinggi adalah 127.02% pada Transformer ML 227, dan kerugian.-Kerugian rangkaian voltan rendah ialah 1.0 kW dan 13.0 kVAR pada transformer ML059, dan terdapat 3 transformer yang dikenal pasti sebagai beban berlebihan, iaitu ML059, ML 354, dan ML425 (Y. Simamora, 2014).

Ketidakseimbangan pada sistem distribusi catu daya selalu terjadi, dan penyebab ketidakseimbangan ini adalah ketidakseimbangan beban antara masing-masing fasa (fasa R, fasa S, dan fasa D) pada beban fasa tunggal pengguna jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban, arus netral muncul di transformator. Arus netral yang mengalir melalui transformator menyebabkan kerugian, yaitu rugi karena arus netral pada konduktor netral transformator dan kerugian akibat arus netral yang mengalir ke ground. Dengan kerugian ini maka efisiensi trafo akan lebih rendah. Semakin tinggi faktor ketidakseimbangan maka semakin besar kerugian yang diakibatkan oleh arus netral yang muncul dan arus netral yang mengalir melalui tanah. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode komponen simetris untuk menganalisis kerugian selama pembebanan tidak seimbang (Badaruddin, 2012).

Ketidakseimbangan beban dalam sistem pengagihan kuasa elektrik sering berlaku, ini dapat dilihat pada beban fasa. Transformer BHT02 sebagai salah satu daripada 3 transformer penurun yang digunakan untuk melayani beban dalam PRSG melayani beban dengan voltan 3 fasa dan 1 fasa. Akibat ketidakseimbangan beban, arus muncul dalam pengubah neutral. Arus yang mengalir di neutral pengubah menyebabkan kerugian, iaitu kerugian kerana arus neutral yang mengalir ke tanah. Arus neutral yang timbul dalam transformer BHT02 adalah 21.52 A atau terdapat ketidakseimbangan beban 3.67% dan kerugian akibat arus neutral yang mengalir ke tanah adalah 0.778 Watt (K. Indrakoesuma, 2012).

Kawasan kerja PT. Boleh dikatakan PLN (Persero) Wilayah Suluttenggo Cawangan Gorontalo mempunyai kawasan bekalan elektrik yang cukup besar. Secara umum, isi rumah, industri, pejabat, dan syarikat menggunakan alat elektrik induktif seperti alat elektronik, motor elektrik, lampu TL, transformer dan peralatan induktif tertentu. Salah satu masalah yang timbul dalam penggunaan ini adalah penggunaan daya reaktif induktif untuk keperluan daya nyata yang lebih kecil, yang mengakibatkan ketidakseimbangan beban dalam sistem pengagihan tenaga elektrik dan arus netral terjadi pada pengubah pengedaran, mengakibatkan kehilangan daya dalam pengubah. Sebagai salah satu contoh di pencawang pengedaran 60 Jalan Panjaitan. Dalam kes ini penulis mengambil perbandingan kehilangan kuasa kerana beban yang tidak seimbang pada pencawang pengedaran. Dalam pengiraan, penulis mengetahui dengan jelas berapa banyak transformer pengedaran KVA yang digunakan secara umum, sehingga data yang tepat akan berat sebelah dalam pengiraan kemudian. Secara umum, pengubah pengedaran

yang digunakan adalah 200 KVA 3 fasa, arus 6.8–359 A, dengan impedans 4 peratus. Dalam pengiraan, terdapat perbezaan peratusan pemuatan pada pengubah pengedaran yang berlaku pada waktu malam dan siang hari seperti yang dilihat dari bentuk penggunaan elektrik. Supaya anda dapat melihat waktu muat puncak di pencawang pengagihan jalan panjaitan. Waktu beban puncak di pencawang pengedaran di Jalan Panjaitan berlaku pada pukul 18.00 WITA. Secara keseluruhan disimpulkan bahawa pada waktu petang ketidakseimbangan beban pada transformer tiang semakin besar disebabkan oleh penggunaan beban elektrik yang tidak rata (F. Surusa, 2012).

2.2 Transformator

Transformer adalah alat elektrik yang menukar arus ulang-alik dari satu tahap ke tahap yang lain dan melalui gandingan magnetik dan berdasarkan prinsip-prinsip aruhan elektromagnetik. Transformer terdiri daripada inti yang terbuat dari besi bersalut dan dua gegelung, iaitu gegelung primer dan gegelung sekunder. Penggunaan transformer sederhana dan boleh dipercayai memungkinkan untuk memilih voltan yang sesuai dan ekonomik untuk setiap keperluan dan merupakan salah satu sebab penting bahawa arus ulang-alik digunakan secara meluas untuk penjanaan dan pengagihan tenaga elektrik. Dalam sistem pengagihan tenaga elektrik, transformer pengedaran digunakan untuk mengurangkan voltan pada pengumpan utama ke voltan rendah (sekunder) yang secara langsung digunakan oleh pengguna tenaga elektrik atau pengguna.(Ferdinan & Warman, 2014).

2.2.1 Transformator daya

Transformator daya (trafo daya) merupakan suatu peralatan tenaga listrik, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan (*step up*) atau daya listrik yang berasal dari pembangkit untuk kemudian disalurkan ke gardu induk.



Gambar 2.1 Transformator daya

2.2.2 Transformator distribusi

Transformator distribusi (trafo distribusi) merupakan alat yang sangat penting bagi penyaluran tenaga listrik. Transformator distribusi ini berfungsi untuk menurunkan tegangan menengah (*step down*) 20 kV ke tegangan rendah 220/380 Volt. Disebut trafo distribusi karena trafo ini digunakan untuk mendistribusikan energi listrik atau menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke pengguna atau konsumen.



Gambar 2.2 Transformator Distribusi

2.2.3 Prinsip Kerja Transformator

Transformer terdiri daripada dua gegelung (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua-dua gegelung dipisahkan secara elektrik tetapi disambungkan secara magnet dengan jalan yang mempunyai keengganan yang rendah. Apabila gegelung utama disambungkan ke sumber voltan bolak-balik, fluks bolak-balik akan muncul di teras berlapis, kerana gegelung membentuk rangkaian tertutup, arus utama mengalir. Akibatnya, terdapat fluks pada gegelung primer, maka gegelung primer terjadi induksi diri dan induksi juga terjadi pada gegelung sekunder akibat pengaruh aruhan dari gegelung primer atau disebut saling induksi yang menyebabkan fluks magnetik terjadi dalam gegelung sekunder, maka arus mengalir sekunder jika litar sekunder dimuatkan, sehingga seluruh tenaga elektrik dapat dipindahkan (secara magnetisasi).

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{Volt} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : E = gaya gerak listrik (ggl) Volt

N = jumlah lilitan

$\frac{d\Phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet

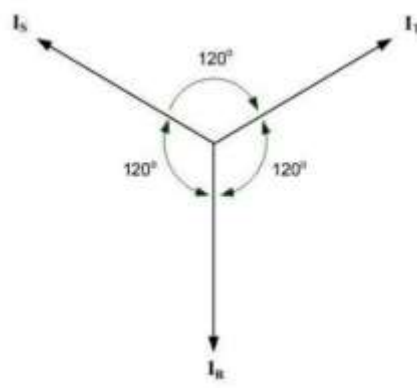
Perlu diingat bahawa hanya voltan elektrik gantian yang dapat diubah oleh transformer, sedangkan dalam elektronik transformer digunakan sebagai gandingan impedans antara sumber dan beban untuk menghambat arus terus ketika masih melakukan arus bolak antara litar. Tujuan utama penggunaan teras dalam transformer adalah untuk mengurangkan keengganan (tahanan magnetik) litar magnet (*common magnetic circuit*).

2.3 Ketidakseimbangan Beban

2.3.1 Pengertian Tentang Beban Tidak Seimbang

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah:

1. Ketiga vektor arus / tegangan adalah sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120o satu sama lain., seperti yang terlihat pada Gambar 2.3 di bawah ini :



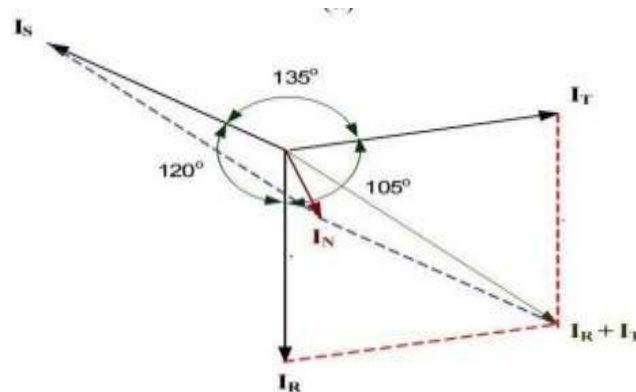
Gambar 2.3 Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang

Dari Gambar 2.3 menunjukkan gambar aliran vektor dalam keadaan seimbang. Di sini dapat dilihat bahwa jumlah tiga vektor semasa (I_R I_S I_T) sama dengan sifar. Supaya tidak ada arus neutral.

Sementara itu, yang dimaksudkan dengan keadaan tidak seimbang adalah kondisi di mana salah satu atau kedua-dua keadaan keseimbangan tidak terpenuhi. Terdapat tiga kemungkinan keadaan ketidakseimbangan, iaitu:

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang

Dari Gambar 2.4 menunjukkan vektor rajah semasa dalam keadaan tidak seimbang. Di sini dapat dilihat bahawa jumlah 3 vektor arus (I_R , I_S dan I_T) tidak

sama sifat sehingga kuantiti muncul, iaitu arus neutral (I_N) yang besarnya bergantung pada faktor ketidakseimbangan.

2.4 Arus Netral

Arus neutral dalam sistem pengagihan tenaga elektrik dikenali sebagai arus yang mengalir dalam wayar neutral dalam sistem pengedaran voltan rendah tiga fasa empat wayar. Arus neutral ini berlaku sekiranya:

- Kondisi beban tidak seimbang.
- Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear.

Arus yang mengalir dalam wayar neutral yang merupakan arus bolak bagi sistem pengedaran tiga fasa empat wayar adalah penjumlahan vektor bagi arus tiga fasa dalam komponen simetri..

2.4.1 Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang

Untuk arus fasa 3 sistem yang tidakseimbang, ia juga dapat diselesaikan dengan menggunakan kaedah komponen simetri. Dengan gunakan notasi sama seperti voltan, persamaan untuk arus fasa adalah seperti berikut:

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan tiga langkah yang dijelaskan dalam menentukan voltan urutan positif, negatif, dan sifar sebelumnya, arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga kita juga dapat melakukannya.:

$$I_1 = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$I_2 = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$I_0 = 1/3 (I_a + I_b + I_c) \dots\dots\dots (2.7)$$

Di sini dapat dilihat bahawa arus urutan sifar (I_0) adalah satu pertiga dari arus neutral atau sebaliknya akan menjadi sifar jika berada dalam sistem tiga fasa empat wayar. Dalam sistem empat wayar tiga fasa ini jumlah arus saluran sama dengan arus neutral yang kembali melalui wayar neutral,:

$$I_N = I_a + I_b + I_c \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.7) ke (2.8) maka diperoleh :

$$I_N = 3 I_0 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dalam sistem empat wayar tiga fasa ini jumlah arus dalam talian sama dengan arus neutral yang kembali melalui wayar neutral. Sekiranya arus fasa seimbang, arus neutral akan menjadi sifar, tetapi jika arus fasa tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di wayar neutral sistem (arus neutral akan mempunyai nilai bukan sifar).

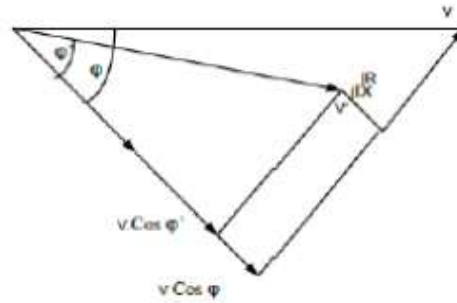
2.4.2 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang.

Katakan daya yang sama dengan P dibekalkan melalui saluran dengan konduktor neutral. Sekiranya dalam pengagihan daya ini arus fasa seimbang, maka jumlah daya dapat dinyatakan seperti berikut:

$$P = 3 [V] [I] \cos \phi \dots\dots\dots (2.10)$$

Daya yang mencapai hujung penerima akan kurang daripada P kerana pengecutan saluran. Kehilangan kuasa ini dapat dijelaskan dengan menggunakan

gambar rajah fasa voltan talian fasa tunggal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.5 di bawah:



Gambar 2.5 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal

Model ini dibuat dengan andaian bahawa arus kepekatan kapasitif dalam garis cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Oleh itu, jumlah arus pada akhir hantaran adalah sama dengan arus pada akhir penerimaan. Sekiranya voltan dan faktor daya pada hujung penerima masing-masing adalah V 'dan ϕ ', maka besarnya daya pada hujung penerima adalah :

$$P' = 3 [V'] [I] \cos \phi' \dots\dots\dots (2.11)$$

Selisih antara P pada persamaan (2.10) dan P' pada persamaan (2.11) memberikan susut daya saluran, yaitu :

$$Pl = P - P' \dots\dots\dots (2.12)$$

$$= 3 [V] [I] \cos \phi - 3 [V'] [I] \cos \phi' \dots\dots\dots (2.13)$$

$$= 3 [\mathbf{I}] \{ [\mathbf{V}] \cos \varphi - [\mathbf{V}'] \cos \varphi' \} \dots\dots\dots (2.14)$$

Sementara itu dari Gambar 2.3 memperlihatkan bahwa :

$$\{[V] \cos \phi - [V'] \cos \phi'\} = [I] R \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan R adalah tahanan kawat penghantar tiap fasa, oleh karena itu persamaan (2.15) berubah menjadi :

$$P_l = 3 [I]^2 R \dots\dots\dots (2.16)$$

2.4.3 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang

Jika $[I]$ adalah jumlah arus fasa dalam pengagihan daya sama dengan P dalam keadaan seimbang, maka pada pengagihan daya yang sama tetapi tidak seimbang, magnitud arus fasa dapat dinyatakan oleh pekali a , b , dan c adalah sebagai berikut :

$$[IR] = a[I] \dots\dots\dots (2.17)$$

$$[IS] = b[I] \dots\dots\dots (2.18)$$

$$[IT] = c[I] \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan IR , IS , dan IT berturut adalah arus fasa R , S dan T . Telah disebutkan di atas bahawa faktor daya tiga fasa tersebut dianggap sama walaupun besarnya arus berbeza. Dengan anggapan ini, jumlah kuasa yang dibekalkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a+b+c) [V] [I] \cos \phi \dots\dots\dots (2.20)$$

Sekiranya persamaan (2.19) dan persamaan (2.20) menyatakan kekuatan dengan magnitud yang sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh syarat untuk pekali a , b dan c adalah :

$$a + b + c = 3 \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan anggapan yang sama, arus yang mengalir di penghantar netral dapat dinyatakan sebagai :

$$I_N = I_R + I_S + I_T \dots\dots\dots (2.22)$$

$$= [I] \{ a + b \cos (-120) + j.b.\sin (-120) + c.\cos (-120) + j.c.\sin (120) \} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$= [I] \{ a - (b + c) / 2 + j. (c - b) \sqrt{3} / 2 \} \dots\dots\dots (2.24)$$

Susut daya saluran adalah jumlah susut pada penghantar fasa dan penghantara netral adalah:

$$Pl' = \{ [IR^2] + [IS^2] + [IT^2] \} .R + [IN^2] .RN \dots\dots\dots (2.25)$$

$$= (a^2+b^2+c^2) [I]^2R + (a^2+b^2+c^2 - ab - ac - bc) [IN]^2.RN \dots\dots (2.26)$$

Dengan RN adalah tahanan penghantar netral.

Apabila persamaan (2.25) disubstitusikan ke persamaan (2.26) maka akan diperoleh :

$$Pl' = \{ 9-2(ab+ac+bc) [I]^2R + (9-3 (ab+ac+bc)) [IN]^2.RN \dots\dots\dots (2.27)$$

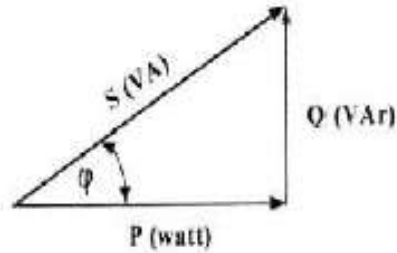
Persamaan ini (2.27) adalah persamaan kehilangan kuasa talian untuk saluran dengan konduktor neutral. Sekiranya tidak ada konduktor neutral, kedua-dua sisi kanan akan hilang sehingga kehilangan kuasa akan menjadi:

$$Pl' = \{ 9-2 (ab+ac+bc) [I]^2R \dots\dots\dots (2.28)$$

2.4.4 Faktor Daya

Definisi faktor kuasa ($\cos \phi$) adalah nisbah antara daya aktif (P) dan daya nyata (S). Dari pemahaman ini, faktor daya dapat dirumuskan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor daya} &= (\text{Daya Aktif} / \text{Daya Semu}) \\ &= (P / S) \\ &= (V.I. \cos \phi / V.I) \\ &= \cos \phi \end{aligned}$$



Gambar 2.6 Segitiga Daya

$$\text{Daya Semu} = V.I \text{ (VA)} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$\text{Daya Aktif} = V.I \cos \phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\text{Daya Reaktif} = V.I \sin \phi \text{ (VAr)} \dots\dots\dots (2.31)$$

2.5 Losses Pada Jaringan Distribusi

Yang dimaksud *losses* adalah perbedaan antara energi listrik yang disalurkan (PS) dengan energi listrik yang terpakai (PP)

$$\text{Losses} = (PS - PP) / PS \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana

PS = Energi yang disalurkan (*watt*)

PP = Energi yang dipakai (*watt*)

2.5.1 Losses Pada Penghantar Fasa

Sekiranya arus mengalir dalam konduktor, maka konduktor akan menyebabkan kehilangan tenaga menjadi panas kerana konduktor mempunyai daya tahan. Kerugian dengan beban pekat pada akhir dirumuskan seperti berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} I (R \cos \phi + X \sin \phi) l \dots\dots\dots (2.33)$$

$$\Delta P = 3 I^2 R l \dots\dots\dots (2.34)$$

Dengan :

I = Arus per fasa (*Ampere*)

R = Tahanan pada penghantar (*Ohm / km*)

X = Reaktansi pada penghantar (*Ohm / km*)

$\cos\phi$ = Faktor daya beban

l = Panjang penghantar (*km*)

2.5.2 Losses Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral

Hasil daripada pemuatan yang tidak seimbang dalam setiap fasa, arus akan mengalir di konduktor netral. Sekiranya terdapat nilai rintangan pada tanah netral dan arus digunakan, bar netral akan berada pada voltan yang menyebabkan voltan pada pengubah tidak seimbang. Arus yang mengalir di sepanjang wayar netral akan menyebabkan kehilangan kuasa di sepanjang wayar netral:

$$P_N = I_N^2 R_N \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

P_N = Losses yang timbul pada penghantar netral (*watt*)

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (*Ampere*)

R_N = Tahanan pada kawat netral (*Ohm*)

2.5.3 Losses Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Kerugian ini berlaku kerana arus netral mengalir ke tanah. Jumlahnya dapat dirumuskan seperti berikut:

$$P_G = I_G^2 R_G \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

$P_G = \text{losses}$ akibat arus netral yang mengalir ke tanah (*watt*)

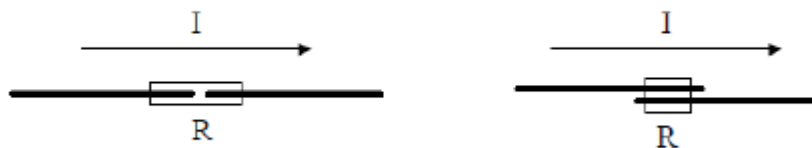
$I_G =$ Arus netral yang mengalir ke tanah (*Ampere*)

$R_G =$ Tahanan pembumian netral trafo (*Ohm*)

2.5.4 Losses Pada Sambungan Tidak baik

Kerugian ini berlaku kerana terdapat beberapa sambungan di sepanjang rangkaian voltan rendah, antara lain:

1. Sambungan saluran jaringan tegangan rendah dengan kabel NYFGBY.
2. Percabangan saluran jaringan tegangan rendah.
3. Percabangan untuk sambungan pelayanan.



Gambar 2.7 Sambungan Kabel

Besarnya rugi-rugi daya pada sambungan dirumuskan :

$$P = I^2 R \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

$P = \text{Losses}$ yang timbul pada Konektor (*Watt*)

$I =$ arus yang mengalir melalui konektor (*Ampere*)

$R =$ Tahanan konektor (*Ohm*)

2.6 Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan

Persamaan yang digunakan untuk menganalisis kesan ketidakseimbangan beban pada arus neutral dan kerugian pada transformer pengedaran Ikon Rusunami Gading adalah seperti berikut:

2.6.1 Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

Telah diketahui bahawa transformator pengagihan daya apabila dilihat dari sudut voltan tinggi (primer) dapat dirumuskan seperti berikut:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.38)$$

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Primer Transformator (kV)

I = Arus Jala-jala (A)

Dengan demikian untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3}V} \dots\dots\dots (2.39)$$

IFL = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder Transformator (kV)

Sedangkan untuk menghitung arus hubung singkat pada transformator digunakan rumus :

$$I_{sc} = \frac{5.100}{\%Z\sqrt{3}V} \dots\dots\dots (2.40)$$

ISC = Arus Hubung Singkat (A)

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder Transformator (kV)

%Z = Persen Impedansi Transformator

Dengan demikian untuk menghitung persentase pembebanannya adalah sebagai berikut :

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} 100\% \dots\dots\dots (2.41)$$

$\% b$ = Persentase Pembebanan (%)

I_{ph} = Arus Fasa (A)

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

2.6.2 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

$$I_{rata - rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan :

$$a = \frac{IR}{I} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$b = \frac{IS}{I} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$c = \frac{IT}{I} \dots\dots\dots (2.45)$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{[|a-1|+|b-1|+|c-1|]}{3} 100\% \dots\dots\dots (2.46)$$

2.6.3 Perhitungan *Losses* (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada

Penghantar Netral

Hasil daripada ketidakseimbangan beban antara setiap fasa di sisi sekunder transformer (fasa R, fasa S dan fasa T), arus mengalir di neutral pengubah. Arus yang mengalir di konduktor neutral pengubah menyebabkan kerugian. Dan kerugian pada konduktor neutral dapat dirumuskan seperti berikut:

$$P_N = I_N^2 R_N \dots\dots\dots (2.47)$$

P_N = *Losses* yang timbul pada penghantar netral (*watt*)

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (*Ampere*)

R_N = Tahanan pada kawat netral (Ω)

2.6.4 Losses Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Kerugian ini berlaku kerana arus neutral mengalir ke tanah. Jumlahnya dapat dirumuskan seperti berikut :

$$P_G = I_G^2 R_G \dots\dots\dots (2.48)$$

P_G = *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (*watt*)

I_G = Arus netral yang mengalir ke tanah (*Ampere*)

R_G = Tahanan pembumian netral trafo (Ω)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Obyek dan Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti hanya membahas tentang akibat kesetidakseimbangan beban pada trafo distribusi PT. Harim Farmsco Indonesia.

3.2 Metode Penelitian

Metode adalah suatu cara atau teknik yang sistematis untuk mengerjakan sesuatu. Dalam kajian ini, penyelidik menggunakan kaedah deskriptif, yaitu metode yang menggambarkan situasi yang sedang berjalan pada saat penyelidikan dijalankan dan memeriksa penyebab gejala tertentu secara sistematis berdasarkan data yang ada.

Ada beberapa tahapan yang dilaksanakan oleh penulis dalam penelitian ini yakni. :

- Mencari dan mengumpulkan data-data perusahaan jaringan dan keadaan sistem distribusinya, keterangan serta informasi dari PT. Harim Farmsco Indonesia.
- Melaksanakan studi pustaka dengan cara mengumpulkan literature atau referensi baik berupa jurnal, buku-buku maupun data yang di akses lewat internet yang berhubungan dengan pembahasan pada penulisan penelitian ini.
- Melaksanakan penulisan naskah penelitian berdasarkan pengolahan informasi dan data yang ada.

3.3 Metode dan Teknik Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Studi pustaka yakni mempelajari literatur yang berupa jurnal, buku, internet, brosur-brosur serta dokumen lain yang hubungannya dengan penelitian ini,
2. Studi lapangan yakni pengambilan data yang dibutuhkan dan mengidentifikasi berapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban pada setiap trafo distribusi khususnya trafo pada PT. Harim Farmsco Indonesia. Adapun data-data yang akan dikumpulkan melalui pengukuran adalah data teknis trafo, trafo distribusi 315 kVA.
3. Pengolahan dan analisis data, berdasarkan hasil pengukuran dan data data acuan mengenai materi-materi yang diangkat dalam penelitian ini adalah :
 - a. Untuk menentukan besarnya *Fuse Cut Out*
 - b. Untuk menentukan besarnya NH Fuse
 - c. Besar arus hubung singkat
 - d. Rata-rata persentase pembebanannya
 - e. Ketidakseimbangan beban pada trafo
 - f. Analisa *Losses* Akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo
 - g. Analisa *Losses* Akibat Arus Netral yang mengalir ke tanah

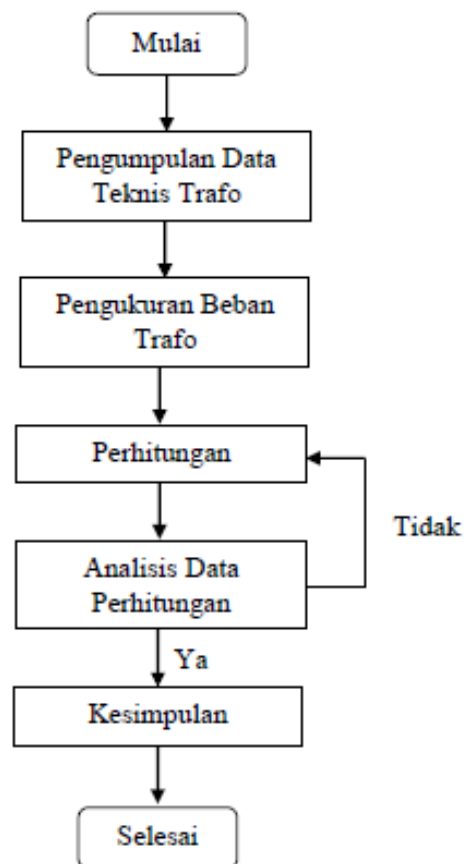
3.4 Teknik Analisis Data

1. Melakukan pengambilan data di lokasi dengan cara melakukan beberapa pengukuran
2. Melakukan beberapa analisa perhitungan seperti :

- a. Analisa Pembebanan Trafo
 - b. Menentukan Persentase Pembebanan
 - c. Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Trafo
 - d. Analisa *Losses* Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Trafo
 - e. Analisa *Losses* Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah
3. Menyimpulkan Hasil dari Analisis

Alasan dari penggunaan teknik analisis data ini adalah agar hasil penelitian yang di peroleh maksimal dan akurat.

Adapun Diagram Alir Penelitian ini bisa ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Teknis Trafo PT. Harim Firmsco Indonesia:

Spesifikasi:

Buatan Pabrik	: PT. Trafoindo Prima Perkasa
Tipe	: <i>Outdoor</i>
Daya	: 315 kVA
Tegangan Kerja	: 21/20,5/20/19,5/19 kV // 400 V
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4%
Trafo	: 1 x 3 phasa

4.2 Data Hasil Pengukuran Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia

Pengukuran dilakukan pada saat pabrik beroperasi pukul 08.00 WITA dan saat pabrik tidak beroperasi pukul 20.00 WITA. Hasil pengukuran beban trafo dapat dilihat pada Tabel 4.1 saat beroperasi, sedangkan saat tidak beroperasi dapat dilihat pada Table 4.2.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Transformator Saat Beroperasi

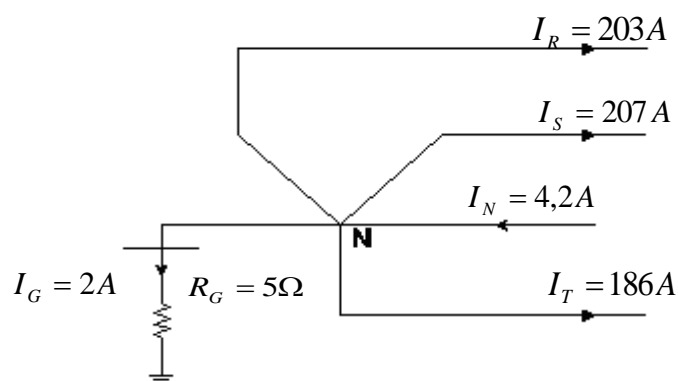
Fasa	S (kVA)	Vp-n (V)	I (A)	Cos ϕ
R	43,239	213	203	0,85
S	44,298	214	207	0,85

T	39,06	210	186	0,85
IN			4,2	
IG			2	

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Transformator Saat Tidak Beroperasi

Fasa	S (kVA)	Vp-n (V)	I (A)	Cos ϕ
R	0	221	0	0,85
S	0	219	0	0,85
T	5,014	218	23	0,85
IN			0,32	
IG			0,12	

Hasil pengukuran terlihat bahwa pada saat pabrik tidak beroperasi beban hanya pada Fasa T untuk sistem penerangan saja, tetapi saat pabrik beroperasi di setiap fasa berbeban. Ukuran kawat untuk penghantar netral trafo adalah 50 mm^2 dengan $R = 0,6842 \Omega / \text{km}$, sedangkan untuk kawat penghantar fasanya adalah 70 mm^2 dengan $R = 0,5049 \Omega / \text{km}$. Gambar skema pembebanan setiap fasa dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo Saat Pabrik Beroperasi

4.3 Pembebanan Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia

4.3.1 Menentukan *Fuse Cut Out*, NH *Fuse* dan Arus Hubung Singkat

Untuk menentukan jumlah Fuse Cut Out, kirakan terlebih dahulu jumlah arus grid berdasarkan data pada Tabel 4.1.

$$S = 315 \text{ kVA}$$

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{315000}{\sqrt{3} \times 20000} = 9,09 \text{ Ampere}$$

Fuse Cut Out yang dipilih mengikut SPLN adalah Jenis *Fuse Link* dengan penilaian 12 Ampere.

Untuk menentukan besarnya NH *Fuse* maka harus dihitung besarnya arus beban penuh (*full load*) berdasarkan Tabel 4.1 adalah :

$$S = 315 \text{ kVA}$$

$$V = 0,4 \text{ kV phasa - phasa}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{315000}{\sqrt{3} \times 400} = 454,663 \text{ Ampere}$$

NH *Fuse* yang dipilih sesuai SPLN adalah NH *Fuse* dengan Rating 500 A untuk jurusan Utama atau (*Incoming*).

Besar arus hubung singkat (*short circuit*) dapat dihitung berdasarkan Tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

$$I_{SC} = \frac{S \cdot 100}{\% Z \cdot \sqrt{3} \cdot V} = \frac{31500000}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 400} = 11.366,59 \text{ Ampere}$$

4.3.2 Persentase Pembebanan Trafo

A. Pembebanan Saat Beroperasi

Untuk Menentukan rata-rata persentase pembebanannya, terlebih dahulu menghitung persentase pembebanan per fasa berdasarkan Tabel 4.1.

$$I_R = 203 \text{ A}$$

$$I_S = 207 \text{ A}$$

$$I_T = 186 \text{ A}$$

$$\% I_R = \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{203}{454,663} \times 100\% = 44,648 \%A$$

$$\% I_S = \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{207}{454,663} \times 100\% = 45,528 \%A$$

$$\% I_T = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{186}{454,663} \times 100\% = 40,909 \%A$$

Jadi rata-rata persentase pembebanannya adalah :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{203 + 207 + 186}{3} = 198,67 \text{ Ampere}$$

$$\frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} = \frac{198,67}{454,663} \times 100\% = 43,70\%$$

B. Pembebanan Tidak Beroperasi

Untuk Menentukan rata-rata persentase pembebanannya, terlebih dahulu menghitung persentase pembebanan per fasa berdasarkan Tabel 4.1.

$$I_R = 0 \text{ A}$$

$$I_S = 0 \text{ A}$$

$$I_T = 23 \text{ A}$$

$$\% I_R = \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{0}{454,663} \times 100\% = 0 \%$$

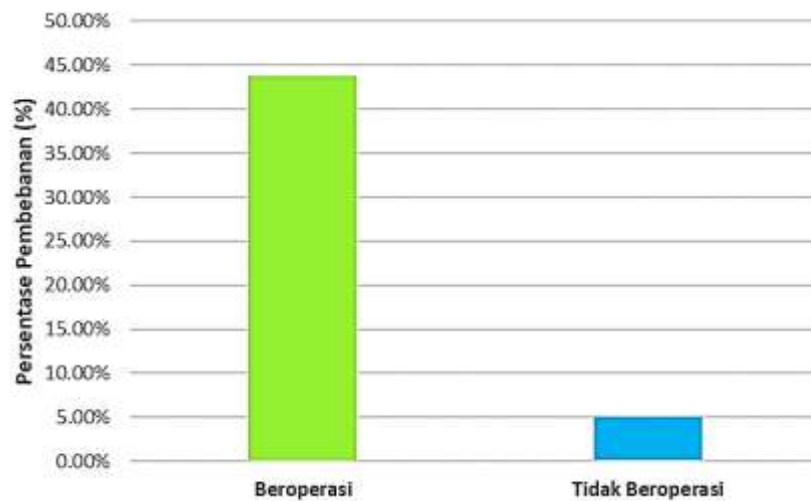
$$\% I_S = \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{0}{454,663} \times 100\% = 0 \%$$

$$\% I_T = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{23}{454,663} \times 100\% = 5,058 \%$$

Jadi rata-rata persentase pembebanannya adalah :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{1} = \frac{0 + 0 + 23}{1} = 23 \text{ Ampere}$$

$$\frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} = \frac{23}{454,663} \times 100\% = 5,059 \%$$



Gambar 4.1 Grafik Persentase Pembebanan Transformator

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa pada saat beroperasi pabrik, persentase pembebanan cukup tinggi yaitu 43,70 %, sedangkan pada saat tidak beroperasi atau hanya beban penerangan saja persentase pembebanan menurun drastis yaitu 5,059 %.

4.4 Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Transformator PT. Harim Fermsco Indonesia

A. Pada Saat Beroperasi :

Dengan menggunakan persamaan (2.42) dan berdasarkan data pada tabel 4.1 kita dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut:

$$I_R = 203 \text{ A}$$

$$I_S = 207 \text{ A}$$

$$I_T = 186 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{203 + 207 + 186}{3} = 198,67 \text{ Ampere}$$

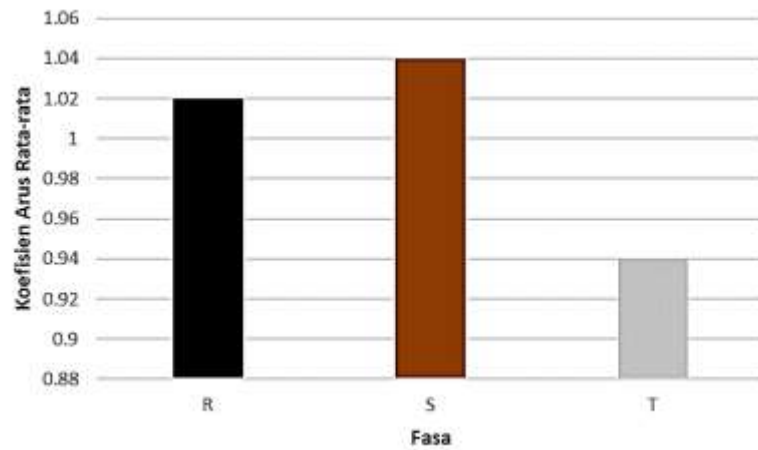
Dengan menggunakan persamaan (2.43), (2.44) dan (2.45) pekali a, b, dan c dapat ditentukan, di mana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (IRata-rata).

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{203 \text{ A}}{198,67 \text{ A}} = 1,02$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{I} = \frac{207}{198,67} = 1,04$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{I} = \frac{186}{198,67} = 0,94$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1.



Gambar 4.1 Grafik Koefisien Ketidakseimbangan Beban Saat Beroperasi

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{|1,02-1| + |1,04-1| + |0,94-1|\}}{3} \times 100\% = 4\%$$

B. Pada Saat Tidak Beroperasi :

Dengan menggunakan persamaan (2.42) dan berdasarkan data pada Tabel

4.1 kita dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut:

$$I_R = 0 \text{ A}$$

$$I_S = 0 \text{ A}$$

$$I_T = 23 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{0+0+23}{3} = 7,67 \text{ Ampere}$$

Dengan menggunakan persamaan (3.49), (3.50) dan (3.51) koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (I_{rata}).

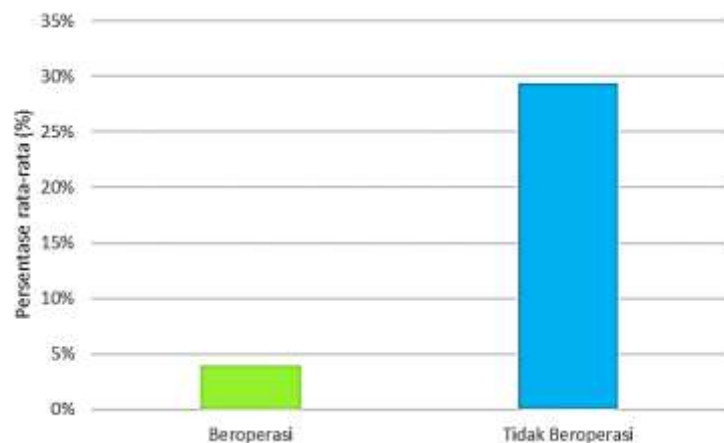
$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka :} \quad a = \frac{I_R}{I} = \frac{0}{198,67} = 0$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka :} \quad b = \frac{I_S}{I} = \frac{0}{198,67} = 0$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka :} \quad c = \frac{I_T}{I} = \frac{23}{198,67} = 0,12$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{|0-1| + |0-1| + |0,12-1|\}}{3} \times 100\% = 29,33\%$$



Gambar 4.2 Grafik Presentase Ketidakseimbangan Beban

Dari perhitungan dan grafik di atas terlihat pada saat pabrik beroperasi rata-rata ketidakseimbangan beban 4 %, sedangkan pada saat pabrik tidak beroperasi adalah 29,33 %, hal ini disebabkan karena pada saat tidak beroperasi pabrik hanya menggunakan Fasa T untuk penerangan saja.

4.5 *Losses* Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Transformator PT. Harim Firmsco Indonesia

A. Pada Saat Pabrik Beroperasi :

Dari Tabel 4.1 Hasil pengukuran, dan dengan menggunakan persamaan (2.47), jumlah kerugian akibat adanya arus netral dalam konduktor netral pengubah dapat dikira, iaitu:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (4,2)^2 \cdot 0,6842 = 25,78 \text{ Watt} \approx 0,026 \text{ kW}$$

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (4,2)^2 \cdot 0,5049 = 8,91 \text{ Watt} \approx 0,009 \text{ kW}$$

dimana daya aktif trafo (P) :

$$P = S \cdot \cos \phi, \text{ dimana } \cos \phi \text{ yang digunakan adalah } 0,85$$

$$P = 315 \cdot 0,85 = 267,75 \text{ kW}$$

Oleh karena itu, persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator adalah:

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,026 \text{ kW}}{267,75 \text{ kW}} \times 100\% = 0,01\%$$

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,009 \text{ kW}}{267,75 \text{ kW}} \times 100\% = 0,003\%$$

B. Pada Saat Pabrik Tidak Beroperasi :

Dari Tabel 4.1 hasil pengukuran, dan dengan menggunakan persamaan (2.47), *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (0,3)^2 \cdot 0,6842 = 0,062 \text{ Watt} \approx 0,000062 \text{ kW}$$

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (0,3)^2 \cdot 0,5049 = 0,045 \text{ Watt} \approx 0,000045 \text{ kW}$$

dimana daya aktif trafo (P) :

$P = S \cdot \cos \phi$, dimana $\cos \phi$ yang digunakan adalah 0,85

$$P = 315 \cdot 0,85 = 267,75 \text{ kW}$$

Sehingga, persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,000062 \text{ kW}}{267,75 \text{ kW}} \times 100\% = 0,000023 \%$$

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,000045 \text{ kW}}{267,75 \text{ kW}} \times 100\% = 0,000017 \%$$

Tabel 4.3 *Losses* Transformator

RN (ohm)	Operasi	Ketidakseimbangan Beban (%)	IN (A)	PN (kW)	PN (%)
0,6842	Ya	4	4,2	0,026	0,01
(50 mm2)	Tidak	29,33	0,3	0,000062	0,000023
0,5049	Ya	4	4,2	0,009	0,003
(70 mm2)	Tidak	29,33	0,3	0,000045	0,000017

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa semakin besar arus netral yang mengalir pada penghantar netral transformator (IN), maka semakin besar pula rugi-rugi pada penghantar netral transformator (PN). Dengan semakin besar arus netral dan rugi-rugi pada trafo maka efisiensi trafo akan semakin menurun. Jika pengukuran kawat konduktor netral dibuat sama dengan pengukuran kawat konduktor fasa, rugi arus netral akan berkurang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan hasil perhitungan dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Ketidakseimbangan beban pada transformator yaitu karena penggunaan beban listrik tidak merata.
2. Rata - rata pembebanan transformator pada PT. Harim Firmsco Indonesia pada saat beroperasi rata – rata 43,70% atau 198,67 Ampere, sedangkan pada saat pabrik tidak beroperasi rata – rata hanya 5,059% atau 23 Ampere karena beban hanya pada fasa T untuk sistem penerangan saja.
3. Persentase ketidakseimbangan beban sesuai dengan pembahasan diperoleh 4% pada saat pabrik beroperasi dan 29,33% saat pabrik tidak beroperasi.
4. Berdasarkan perhitungan *losses* akibat arus netral yang mengalir pada penghantar netral diperoleh hasil sangat kecil yaitu sebesar 0,026 kW atau 0,01% pada saat pabrik beroperasi dan sebesar 0,000062 kW atau 0,000023% pada saat pabrik tidak beroperasi.

2.2 Saran

Diharapkan kepada pemilik PT. Harim Firmsco Indonesia agar dapat mempertahankan sistem kelistrikan terpasang, karena berdasarkan hasil penelitian bahwa rata – rata pembebanan listriknya tidak melebihi kapasitas dari

transformator, serta persentase ketidakseimbangan beban dan rugi – rugi daya akibat adanya arus netral sangat bagus.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bina, M., dan A. Kashefi. (2011). Three-phase Unbalance of Distribution Systems: Complementary Analysis and Experimental Case Study. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*.
2. Al-Badi, A., A. Elmoudi, I. M., Al-Wahaibi, A., Al-Ajmi, H., & Al-Bulushi, M. (2011). Losses Reduction in Distribution Transformers. *International Multi Conference of Engineers and Computer Sciences*.
3. Ali mas 'Adi. 2011. "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Proyek Rusunami Gading Icon". Skripsi. Fakultas Teknik Industri, Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Badaruddin. 2012. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi Proyek Rusunami Gading Icon. Laporan Penelitian Internal. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
5. Gabriel A., A., & Franklin, O. (2014). Determination of Electric Power Losses in Distribution Systems: Ekpoma, Edo State, Nigeria as a Case Study. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 66-72.
6. Setiadji, Julius Sentosa dan Tabrani Machmudsyah dan Yanuar Isnanto. 2006. "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi". Jurnal Teknik Elektro. 6. 1. hal. 68-73

7. Waktu beban puncak pada gardu distribusi di jalan panjaitan terjadi pada jam 18.00 WITA. Secara keseluruhan disimpulkan bahwa pada sore hari ketidakseimbangan beban pada trafo tiang semakin besar karena penggunaan beban listrik tidak merata. (F. Surusa, 2012).
8. Arus netral yang timbul pada transformator BHT02 adalah 21,52 A atau terjadi ketidakseimbangan beban sebesar 3,67% dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah adalah 0,778 Watt (K. Indrakoesuma, 2012).
9. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Setelah dianalisis, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban yang besar, maka arus netral yang muncul juga besar, dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula (Moh. Dahlan, 2006).

RIWAYAT HIDUP



Daniel Wenda, lahir di Honailama Wamena Provinsi Papua pada tanggal, 26 November 1995. Beragama Kristen Protestan dengan Jenis Kelamin Laki-laki dan merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Makir Wenda dan Ibu Wemisi Weya.

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Pendidikan Formal

- TK : TK Kristen Baliem Terpadu Jayawijaya 2001-2002
- SD : SD Kristen Baliem Terpadu Jayawijaya 2002-2008.
- SMP : SMP YPPGI Wamena 2008-2011.
- SMK : SMK YAPESLI Wamena 2011-2014.
- SARJANA (S1) : Menyelesaikan Studi Perguruan Tinggi di Universitas Ichsan Gorontalo, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Jenjang Studi Strata Satu (S1) 2014-2021.

2. Pendidikan Non Formal

- Peserta Masa Orientasi Mahasiswa Baru Universitas Ichsan Gorontalo Tahun 2014.
- Peserta Studi Kerja Lapangan (SKL) Jakarta – Bekasi – Bandung – Bogor Tahun 2017.
- Peserta Kuliah Kerja Lapangan Pengabdian (KKLP) Unisan 2018.
- Peserta Kuliah Praktek (KP) di PT. PLN (Persero) GI Botupingge Kabupaten Bone Bolango 2019.

T2114025 DANIEL WENDA

ANALISIS KETIDAK SEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMA...

Sources Overview

29%

OVERALL SIMILARITY

1	www.scribd.com	INTERNET	17%
2	repository.uin-suska.ac.id	INTERNET	2%
3	diglibadmin.unismuh.ac.id	INTERNET	2%
4	es.scribd.com	INTERNET	1%
5	eprints.ums.ac.id	INTERNET	1%
6	id.123dok.com	INTERNET	<1%
7	uad.portalgaruda.org	INTERNET	<1%
8	pt.scribd.com	INTERNET	<1%
9	text-id.123dok.com	INTERNET	<1%
10	123dok.com	INTERNET	<1%
11	www.fikom-unisan.ac.id	INTERNET	<1%
12	journal.upgris.ac.id	INTERNET	<1%
13	pustlit.petra.ac.id	INTERNET	<1%
14	fportfolio.petra.ac.id	INTERNET	<1%
15	Marlon Tua pangihutan Sibarani. "PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS AC MINYAK SERAI DENGAN MENGGUNAKAN BERBAGAI ELEKT...	DISCOVERY	<1%
16	eprints.itn.ac.id	INTERNET	<1%

17 media.netfi.com
OUTLINE

<1%

Excluded search repositories:

- Submitted Works

Excluded from Similarity Report:

- Small Matches (less than 25 words)

Excluded sources:

- None



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS ICHSAN
(UNISAN) GORONTALO**

SURAT KEPUTUSAN MENDIKNAS RI NOMOR 84/D/O/2001
Jl. Achmad Nadjamuddin No. 17 Telp (0435) 829975 Fax (0435) 829976 Gorontalo

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI

No. 0742/UNISAN-G/S-BP/VI/2021

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sunarto Taliki, M.Kom
NIDN : 0906058301
Unit Kerja : Pustikom, Universitas Ichsan Gorontalo

Dengan ini Menyatakan bahwa :

Nama Mahasisw : DANIEL WENDA
NIM : T2114025
Program Studi : Teknik Elektro (S1)
Fakultas : Fakultas Teknik
Judul Skripsi : Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada
Transformator Distribusi PT. Harim Fernsco Indonesia

Sesuai dengan hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi Turnitin untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil Similarity sebesar 29%, berdasarkan SK Rektor No. 237/UNISAN-G/SK/IX/2019 tentang Panduan Pencegahan dan Penanggulangan Plagiarisme, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 35% dan sesuai dengan Surat Pernyataan dari kedua Pembimbing yang bersangkutan menyatakan bahwa isi softcopy skripsi yang diolah di Turnitin SAMA ISINYA dengan Skripsi Aslinya serta format penulisannya sudah sesuai dengan Buku Panduan Penulisan Skripsi, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan BEBAS PLAGIASI dan layak untuk diujikan.

Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Gorontalo, 02 Juni 2021

Tim Verifikasi,



Sunarto Taliki, M.Kom

NIDN. 0906058301

Tembusan :

1. Dekan
2. Ketua Program Studi
3. Pembimbing I dan Pembimbing II
4. Yang bersangkutan
5. Arsip