

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP
EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI KOMPLEK
PERUMAHAN PUSRI SAKO PALEMBANG.**



**Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

SEPTIARANI WULANDARI

03041181722084

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP
EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI KOMPLEK
PERUMAHAN PUSRI SAKO PALEMBANG.



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarja Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

Septiarani Wulandari
(03041181722084)

Indralaya, 27 September 2021

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Wirawan Adiprada S.T, M.T.
NIP.198601122015041001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (SI)



Tanda Tangan : _____
Pembimbing Utama : Wirawan Adipradana S.T., M.T.
Tanggal : 28 / 09 / 2021

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septiarani Wulandari
NIM : 03041181722084
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

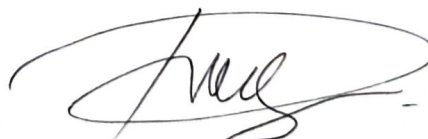
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

***ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN
TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI KOMPLEK
PERUMAHAN PUSRI SAKO PALEMBANG.***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal: 27 September 2021



Septiarani Wulandari

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Septiarani Wulandari
NIM : 03041181722084
Fakultas : Teknik
Jurusan/ Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil pengecekan software *iThenticate/ Turnitin*: 20%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang. ” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/Plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 21 September 2021



Septiarani Wulandari

NIM. 03041181722084

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas izin, rahmat dan karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan judul **Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang**.

Shalawat beserta salam tercurahkan untuk nabi besar Muhammad Shallallahu 'alaihi wassalam, keluarga, sahabatnya dan juga pengikutnya hingga akhir zaman. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan, oleh karena itu dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada bapa **Wirawan Adipradana S.T.,M.T**, selaku pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, arahan serta nasehat selama penulis melakukan pengerjaan skripsi ini. Dalam pengerjaan skripsi ini penulis tidak lepas dari berbagai bantuan dari berbagai pihak lain yang telah ikut berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini sebagai berikut :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Suci Dwijayanti, S.T., M.Sc. selaku sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya serta membimbing dan memberi arahan pada saat penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. H Syamsuri Zaini, M.M., Ir. Antoniu Hamdadi, M.S., Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc dan Ibu Dr Herlina S.T.,M.T selaku dosen penguji.
4. Ibu Ir. Hj. Dwirina Yuniarti, M.T. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran dan masukan dalam pengambilan mata kuliah.

5. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu yang InsyaAllah bermanfaat dan Staf Jurusan Teknik Elektro Unsri Bu Diah, Kak Slamet, Kak Rusman, Kak Habibi, Kak Ryan yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
6. Terimakasih kepada kedua orang tua, nenek yang sudah sabar dan berjuang membesarkan Penulis serta Tante, Mak Dang, Mak Etek dan Kakak, beserta keluarga besar yang selalu memberikan semangat, dukungan dan selalu mendo'akan yang tak henti-hentinya dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Terimakasih kepada diri sendiri yang telah bertahan sampai sejauh ini. Bersabar, berjuang dan juga kuat menghadapi semua masalah yang datang.
8. Terimakasih untuk semua teman-teman yang telah membantu Penulis selama proses perkuliahan dan juga selama proses pembuatan skripsi ini. Dan juga semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan wawasan yang lebih luas kepada pembaca, walaupun skripsi ini masih terdapat kekurangan karena keterbatasan Penulis. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat mendukung dalam penyempurnaan skripsi ini dari para pembaca. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum, wr. wb.

Indralaya, 28 September 2021



Penulis

ABSTRAK
ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP
EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI KOMPLEK
PERUMAHAN PUSRI SAKO PALEMBANG.

(Septiarani Wulandari, 03041181722084, 2021, 47 Halaman)

Pada saat sekarang ini listrik merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi. Untuk menghasilkan distribusi dan pelayanan yang baik, dalam perencanaan sistem kelistrikan harus memperhatikan keseimbangan beban-beban per-fasa. Ketidakseimbangan beban yang kurang baik akan menimbulkan arus pada kawat netral, rugi-rugi pada transformator dan mempengaruhi nilai dari efisiensi sebuah transformator. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada transformator distribusi di Komplek Perumahan Pusri Sako didapatkan nilai ketidakseimbangan beban menimbulkan adanya arus netral pada transformator distribusi PB 97. Dapat dilihat nilai arus netral sebelum pemerataan beban pada jurusan C dan jurusan D adalah sebesar 62,10 A dan 21,10 A setelah pemerataan beban adalah sebesar 0,78 A dan 0,3 A. Dan nilai rugi-rugi tembaga (P_{CU}) sebelum pemerataan beban sebesar 4,705 KW dan setelah pemerataan beban sebesar 4,384 KW. Nilai rugi-rugi pada arus netral (P_N) sebelum pemerataan beban adalah sebesar 0,533 KW dan setelah pemerataan beban adalah 0,0000036 KW. Nilai efisiensi mengalami kenaikan setelah dilakukan pemerataan meskipun tidak begitu besar. Persentase efisiensi transformator sebelum dilakukan pemerataan beban sebesar 86,68 % dan persentase efisiensi transformator setelah pemerataan beba sebesar 90,05 %.

Kata kunci : Ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya, efisiensi.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197108141999031005

Indralaya, 28 September 2021

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Wirawan Adipradana S.T., M.T

NIP. 198601122015041001

ABSTRACT
ANALYSIS OF UNBALANCED LOAD ON DISTRIBUTION
TRANSFORMER EFFICIENCY IN THE RESIDENTIAL OF SAKO
PALEMBANG

(Septiarani Wulandari, 03041181722084, 2021, 47 Page)

In this time, electricity is a requisite that must be met. To produce a good distribution and service, in planning the electrical system must attended to the balance of loads per phase. An unbalanced load will leads current in the neutral wire, losses in the transformer and affect the value of the efficiency of a transformer. Based on the results of research conducted on distribution transformers in the Pusri Sako Housing Complex, it was found that the load imbalance value caused a neutral current in the distribution transformer PB 97. The value of neutral current before equalization burden on the direction C and majors D is of 62.10 A and 21.10 A after load distribution are 0.78 A and 0.3 A. And the value of copper losses (before load distribution is 4.705 KW and after load distribution is 4.384 KW. The value of losses in the neutral current before load distribution is 0.533 KW and after load distribution is 0.0000036 KW. Efficiency value increased after equalization, although not so much. The percentage of transformer efficiency before load equalization is 86.68% and the percentage of transformer efficiency after load distribution is 90.05 %.

Keywords: *Unbalance load, power losses, efficiency.*



NIP. 197108141999031005

Indralaya, 28 September 2021
Menyetujui,
Pembimbing Utama



Wirawan Adipradana S.T.,M.T

NIP. 198601122015041001

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN UMUM	
2.1. Transformator.....	6
2.1.1. Pengertian Transformator.....	6
2.1.2. Transformator Distribusi	7
2.2. Penghantar	8
2.2.1. Pemilihan Penghantar	8
2.2.2. Jenis Kabel	10
2.2.3. Kabel LVTC (<i>Low Voltage Twisted Cable</i>).....	11
2.3. Daya Listrik	12
2.4. Ketidakseimbangan Pembebanan Trafo.....	14

2.5. Arus Netral.....	17
2.6. Rugi-Rugi.....	17
2.6.1 Rugi-Rugi Inti	17
2.6.2 Rugi-rugi Tembaga	18
2.6.3 Rugi-Rugi Karena Aru Netral	18
2.7. Pemerataan Beban	19
2.8 Efisiensi Transormator.....	20

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Umum	22
3.2. Lokasi Pengambilan Data dan Waktu Pengambilan Data.....	23
3.3. Parameter Perhitungan	24
3.4. Langkah-langkah Analisa Data.....	24
3.5. Diagram Alir.....	25

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Percobaan	26
4.2. Data Pengukuran Pembebanan Total Trafo Per Jurusan	29
4.2.1. Pembebanan Total Trafo Jurusan C	29
4.2.2. Pembebanan Total Trafo Jurusan D	29
4.3. Arus Netral	30
4.4. Pemerataan Beban.....	31
4.4.1. Perencanaan Pemerataan Beban	34
4.4.2. Arus Netral Setelah Pemerataan Beban	34
4.5. Analisa Pembebanan Trafo.....	36
4.6. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban	37
4.7. Analisa Rugi-Rugi Daya	38
4.7.1. Rugi-Rugi Tembaga	38
4.7.2. Rugi-Rugi Akibat Arus Netral.....	41
4.8. <i>Losses</i> Beban Tak Seimbang	42
4.9. Persentase <i>losses</i> pada Penghantar Netral.....	43

4.10. Analisa Efisiensi	44
-------------------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Prinsip Hukum Elektromagnetik pada trafo	6
2. Gambar 2.2 Segitiga Daya	14
3. Gambar 2.3 vektor diagram arus	16
4. Gambar 4.1 Transformator Distribusi PB 97	27

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1. Jenis Kabel	10
2. Tabel 3.1 Lokasi dan Waktu Pengambilan Data	21
3. Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Trafo Distribusi PB 97 pada Pukul 08.00-21.00.....	26
4. Tabel 4.2 Pengukuran Pembebanan Total Trafo Per Fasa	30
5. Tabel 4.3 Arus Netral Per Jurusan.....	31
6. Tabel 4.4 Beban-beban Trafo Rata-Rata Sebelum Pemerataan	33
7. Tabel 4.5 Pembebanan Trafo Rata-Rata Per Jurusan	34
8. Tabel 4.6 Pengukuran Beban Setelah Pemerataan	35
9. Tabel 4.7 Ketidakseimbangan Beban Per Jurusan	38
10. Tabel 4.8 Rugi-Rugi Tembaga Sebelum dan Sesudah Pemerataan Beban.....	41
11. Tabel 4.9 Rugi-Rugi Pada Arus Netral Sebelum dan Setelah Pemerataan Beban	42
12. Tabel 4.10 Daya Yang Disalurkan	43
13. Tabel 4.11 Persentase dari <i>Losses</i> pada Penghantar Netral	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang semakin meningkat setiap tahunnya mengakibatkan kebutuhan daya listrik juga semakin bertambah. Pada saat sekarang ini, listrik merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi. Hal ini dapat dilihat dari kebutuhan masyarakat terhadap listrik. Semua barang-barang elektronik yang digunakan serta banyaknya kebutuhan listrik di berbagai sektor yang ada seperti hiburan dan transportasi. Untuk itu diperlukan proses distribusi dan pelayanan yang baik sehingga masyarakat menerima listrik secara merata.[1]

Untuk menghasilkan distribusi dan pelayanan yang baik, dalam perencanaan sistem kelistrikan harus memperhatikan keseimbangan beban-beban per-fasa sedemikian rupa agar dapat tercapai keseimbangan arus pada saluran-salurannya. Pada awal pengaturan jaringan, pembagian beban-beban listrik dilakukan secara merata. Seiring berjalannya waktu penambahan beban terjadi secara tidak merata dan juga ditambah dengan adanya perbedaan waktu dalam pengoperasian beban. Karena hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban disetiap fasa (fasa R, fasa S dan fasa T). Ketidakseimbangan yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya rugi-rugi pada transformator.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Rayon Kenten Palembang Transformator distribusi pada Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang memiliki probabilitas ketidakseimbangan beban yang kurang baik. Apabila ketidakseimbangan ini dibiarkan terjadi terus-menerus maka akan berdampak besar dan dapat merugikan pihak PT PLN (Persero) dan juga konsumen. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan kegiatan penyeimbangan beban transformator distribusi.

Dari hasil skripsi oleh Dandi Oktapiansyah pada tahun 2020 dengan judul “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi pada Transformator Distribusi I.595 PT.PLN(PERSERO) WS2JB Cabang Palembang Rayon Sukarami” dan dari jurnal oleh Rizky Syahputra Siregar,Raja Harahap pada tahun 2017 dengan judul “Perhitungan Arus Netral, Rugi-Rugi, dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban ”.[2]

Oleh karena itu, penulis akan melakukan Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang.

1.2 Rumusan Masalah

Ketidakseimbangan beban yang kurang baik akan mempengaruhi nilai dari efisiensi sebuah transformator. Menurunnya efisiensi suatu transformator akan mempengaruhi kinerjanya dalam mensuplai daya listrik kepada konsumen. Maka dari itu, untuk meminimalisir ketidakseimbangan beban yang menyebabkan menurunnya nilai efisiensi pada transformator,maka hal yang perlu dilakukan adalah membuat beban pada transformator seimbang dengan cara pemerataan beban pada fasa-fasa transformator.

1.3 Tujuan Penelitian

Penulisan skripsi ini bertujuan:

1. Untuk menganalisa pengaruh ketidakseimbangan beban dan rugi-rugi daya (*losses*) terhadap efisiensi pada transformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang.
2. Untuk melakukan perhitungan besarnya nilai rugi-rugi pada transformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang.

3. Untuk melakukan perhitungan persentase efisiensi transformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang pada keadaan beban seimbang dan beban tidak seimbang.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menghitung persentase efisiensi transformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang pada keadaan beban seimbang dan beban tidak seimbang. Setelah dilakukan perhitungan persentase efisiensi pada keadaan beban seimbang dan beban tidakseimbang maka kita dapat mengetahui pengaruh ketidakseimbangan beban dan rugi-rugi daya (losses) terhadap efisiensi transformator distribusi PB-97.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi saran dan masukan informasi bagi PT PLN (Persero) untuk dapat meningkatkan nilai efisiensi pada transformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang sehingga dihasilkannya proses pendistribusian energi listrik lebih baik.
3. Sebagai bahan kajian ilmiah dari teori yang didapatkan selama bangku perkuliahan untuk bisa diimplementasikan di lapangan dan dapat menambah wawasan penulis.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diperlukan agar masalah sesuai dengan tujuan penulisan serta terfokus pada judul dan masalah diatas, maka penulis hanya akan menganalisa :

1. Penulis hanya membahas mengenai apa saja yang mempengaruhi ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi pada tranformator distribusi PB-97 di Komplek Perumahan Pusri Sako Palembang.

2. Studi data pengukuran pembebanan pada salah satu unit trafo distribusi 20kV di area pelayanan PT.PLN (PERSERO) WS2JB Cabang Palembang Rayon Kenten.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika penulisan hasil perhitungan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan masalah, manfaat penulisan, pembatasan masalah, metodologi penulisan serta sistematika penulisan dibahas pada bagian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang teori-teori yang berkaitan tentang penelitian yang dapat menjadi landasan dalam pembahasan mengenai analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi PB-97 di Komplek Pusri Sako Palembang.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang metode-metode atau tata cara yang digunakan dalam analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi PB-97 di Komplek Pusri Sako Palembang.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data hasil pengujian, perhitungan dan analisa data yang telah dikumpulkan dan diolah.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini membahas tentang hasil analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi PB-97 di Komplek Pusri Sako Palembang serta pembahasan mengenai perhitungan dan analisa yang di dapat setelah melakukan observasi pada tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oktapiansyah,Dandi , “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi pada Transformator Distribusi I.595 PT.PLN (PERSERO) WS2JB Cabang Palembang Rayon Sukarami”, 2020.
- [2] Rizky Syahputra Siregar, Raja Harapan,”Perhitungan Arus Netral,Rugi-rugi dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20kV/400 V di PT.PLN (PERSERO) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban”. 2017.
- [3] Yon Rijono. Dasar teknik tenaga listrik. Yogyakarta : Andi Offset 10. 1997
- [4] W. D. Stevenson Jr, Analisa Sistem Tenaga Listrik. Jakarta, 1984.
- [5] Achmad Budiman, Andi Munair,”ANALISA BEBAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 3 FASA PADA PENYULANG 1 PT. PLN (PERSERO) ULK TARAKAN”,2018.
- [6] Ahmad Eko Yuli Saputro, “Analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi di pt. pln (persero) rayon palur karanganyar,” 2018.
- [7] A. Fikri, “Analisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi-rugi penghantar pada trafo distribusi I.427 PT.PLN(PERSERO) WS2JB Cabang Palembang,” 2019.
- [8] A. Kadir, Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik. Jakarta, 2000.
- [9] H. Basri, Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta, 1997.
- [10] UL. dkk. Sumiarso, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000(PUIL 2000). Jakarta, 2000.
- [11] Taufik Barlian,dkk, “Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan”,2020.
- [12] Surfa Yondri,dkk, “PENGARUH PENYEIMBANGAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI TERHADAP ARUS NETRAL”,2013.
- [13] Zulfadli Pelawi, Yusmartato,”ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA PENGHANTAR NETRAL JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN”,2018.

- [14] Saifur Risal, Muhammad Harlanu, "STUDI EKSPLORASI ARUS PADA KAWAT NETRAL AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN ARUS BEBAN PADA UNIT TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG", 2014.
- [15] Rizky Syahputra Siregar, "Perhitungan Arus Netral, Rugi-Rugi, dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban", 2017.
- [16] Johannes Ohoiwutun, "ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 100 kVA PADA PT. PLN (PERSERO) UNIT AIMAS", 2019.
- [17] SPLN 50:1997, PT. PLN PERSERO, 1997.