

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN PADA
TRANSFORMATOR GARDU INDUK 150/20 KV NEW
JAKABARING



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
MUHAMMAD WAHYUDI
132020033

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN PADA
TRANSFORMATOR GARDU INDUK 150/20 KV NEW
JAKABARING



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana Telah
dipertahankan di depan dewan penguji
26 Agustus 2026
Dipersiapkan dan Disusun Oleh

MUHAMMAD WAHYUDI

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Dr. Wiwin A. Oktaviani, S.T, M.Sc
NIDN. 0002107302

Penguji 1

Dr. Feby Ardianto, S.T, M.Cs
NIND. 0207038101

Pembimbing 2

Asri Indah Lestari, S.T, M.T
NIDN. 0230129701

Penguji 2

Taufik Barlian, S.T, M.Eng
NIDN. 0218017202

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Ir. A. Wahidi, M.T
NIDN. 0202026502

Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Feby Ardianto, S.T, M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Palembang, 26 Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Wahyudi

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“Semua orang memiliki giliran masing-masing, bersabar dan
tunggulah giliranmu”

(One piece, 849:18.35)

“Bergerak menembus sesuatu sekeras baja dan terhenti oleh sebuah kertas”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

- Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas segala nikmat, karunia dan ridhonya yang selalu memberikan saya kesehatan, kekuatan, kemudahan dan pertolongan yang tiada henti-hentinya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
- Kepada kedua orang tuasaya, Abah Turut Haryanto dan Emak Sutinah, beserta saudara-saudara saya Susi Romlah, Tri Hartati, Sobirin dan Dewi Tamala, yang di mana mereka merupakan orang yang paling saya sayangi dan saya banggakan. Hasil ini merupakan persembahan kepada mereka yang telah memberikan dukungan moral dan moril, yang dalam keadaan apapun selalu menjadi tameng bagisaya.
- Kepada dosen pembimbing 1 Ibu Dr. Wiwin A. Oktaviani S.T, M.Sc dan dosen pembimbing 2 Ibu Asri Indah Lestari S.T, M.T, yang dengan selalunya membimbing dan membantupenulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Seluruh dosen program studi Teknik Elektro dan staff program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang dan Teknik One Love, yang selalu menggerakkan saya untuk melangkah maju sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas rahmat dan karunia-nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN PADA TRANSFORMATOR GARDU INDUK 150/20 KV NEW JAKABARING”** yang disusun guna untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Ibu Dr. Wiwin A. Oktaviani S.T, M.Sc selaku Pembimbing I
- Ibu Asri Indah Lestari S.T, M.T selaku Pembimbing II

Dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E, M.M selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T, M.Cs selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Huraiah, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

7. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 9 Agustus 2026

Penulis,

Muhammad Wahyudi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
ABSTRAK	Xii
LAMPIRAN.....	69
BAB 1PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transformator	5
2.1.1. Pengertian Transformator	5
2.1.2. Prinsip Kerja Transformator	6
2.1.3. Jenis Transformator	9
2.1.4. Bagian Utama Transformator Daya	11
2.1.5. Rugi-Rugi Pada Transformator	20
2.1.6. Efisiensi Transformator	21
2.2. Ketidakseimbangan Beban	22
2.2.1. Pengertian Ketidakseimbangan Beban	22

2.2.2. Arus Netral	24
2.2.3. Beban Tidak Seimbang.....	24
2.3.Langkah langkah Penelitian	25
2.3.1. Menentukan Nilai Beban Penyulang.....	25
2.3.2. Menghitung Nilai Rata RataTegangan dan Arus.....	25
2.3.3. Menghitung Daya Semu	25
2.3.4. Menghitung Daya Aktif.....	26
2.3.5. Menentukan Sudut Faktor Daya	26
2.3.6. MenghitungNilai Arus Tiap Fasa.....	27
2.3.7. Menghitung Impendansi Tiap Fasa.....	27
2.3.8. Menghitung Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan.....	28
2.3.9. Menghitung Rugi Daya Penghantar Netral	28
2.3.10. Menghitung Rugi Daya Tiga Fasa	29
2.3.11. Menghitung Rugi Daya Total	30
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Tempat dan waktu	31
3.1.1. Tempat Penelitian	31
3.1.2. Waktu Pelaksanaan Penelitian	31
3.2. Flowchart Penelitian.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Data	35
4.1.1. Singel Line Diagram	35
4.1.2. Data Transformator	35
4.1.3. Data Pembebanan Gardu Induk New Jakabaring	36
4.2.Perhitungan.....	37
4.2.1. Menentukan Beban Tiap Penyulang.....	37
4.2.2. PerhitunganTegangan Rata Rata dan Arus Rata Rata.....	37
4.2.3. Perhitungan Daya Semu Pada Tiap Penyulang.....	41
4.2.4. Perhitungan Daya Aktif Tiap Penyulang.....	42

4.2.5. Perhitungan Sudut Impendansi	44
4.2.6. Perhitungan Nilai Arus Tiap Fasa	44
4.2.7. Perhitungan Impendansi Tiap Fasa	45
4.2.8. Perhitungan Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan	57
4.2.9. Perhitungan Rugi Daya Arus Netral.....	61
4.2.10. Perhitungan Rugi Daya Tiga Fasa.....	63
4.2.11 Perhitungan Rugi Daya Total	64
4.3. Analisa Hasil Perhitungan	64
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.Transformator	5
Gambar 2.2.Prinsip Kerja Transformator	6
Gambar 2.3. Keadaan Transformator Tanpa Beban.....	7
Gambar 2.4.Keadaan Transformator Berbeban	9
Gambar 2.5. Transformator Step Up.....	10
Gambar 2.6.Transformator <i>Step Down</i>	11
Gambar 2.7.Inti Besi Transformator	12
Gambar 2.8. Kumparan Pada Transformator.....	13
Gambar 2.9.Minyak isolasi yg mengalir pada Transformator.....	16
Gambar2.10. <i>Bushing</i> ransformator.....	17
Gambar 2.11.Tangki Konservator Pada Transformator	18
Gambar 2.12.Pendingan Pada Transformator.....	19
Gambar2.13. <i>Tap Changer</i> Transformator	19
Gambar 2.14.Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang.....	23
Gambar 2.15.Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang	24
Gambar 3.1.Gardu Induk Jakabaring	37
Gambar 3.2.Flowchart Penelitian	38
Gambar 4.1. Singel Line Diagram.....	39
Gambar 4.2. SpesifikasihTransformatorGarduInduk New Jakabaring	41

DAFTAR TABEL

Tabel. 4.1. Spesifikasi Transformator Gardu Induk New Jakabaring	36
Tabel 4.2. Data Loggshet Harian Gardu Induk 150/20 kV New Jakabaring	37
Tabel 4.3. Rekapitulasi Perhitungan Tegangan Rata Rata Dan Arus Rata Rata...	40
Tabel 4.4. Rekapitulasi Perhitungan Daya Semu Tiap Penyulang	42
Tabel 4.5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Aktif Tiap Penyulang.....	44
Tabel 4.6. Rekapitulasi Hasil Fasor Impedansi	44
Tabel 4.7. Rekapitulasi Perhitungan Nilai Fasor Arus Tiap Fasa	45
Tabel 4.8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Antar Netral Pada Penyulang	55
Tabel 4.9. Rekapitulasi Perhitungan Impedansi Tiap Fasa Pada Penyulang ...	56
Tabel 4.10. Rekapitulasi Perhitungan Arus Tiap Fasa Pada Penyulang	56
Tabel 4.11. Rekapitulasi Perhitungan Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan	61
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Resistansi Penghantar	62
Tabel 4.13. Rekapitulasi Perhitungan Rudi Daya Penghantar Netral.....	62
Tabel 4.14. Rekapitulasi Perhitungan Rugi Daya Tiap Fasa	64
Tabel 4.15. Tabel Hasil Rugi Rugi Daya Total	65

ABSTRAK

Penelitian ini membahas ketidakseimbangan pembebanan, arus netral, dan rugi daya pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk New Jakabaring. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya arus netral yang timbul akibat ketidakseimbangan arus pada fasa R, S, dan T, menentukan rugi daya pada penghantar netral, rugi daya pada masing-masing fasa, serta rugi daya total, dan menganalisis hubungan ketidakseimbangan pembebanan terhadap arus netral dan rugi daya. Perhitungan dilakukan berdasarkan data pembebanan pada masing-masing penyulang dengan menentukan arus rata-rata, daya, arus tiap fasa, dan arus netral menggunakan perhitungan fasor. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pembebanan tertinggi terdapat pada penyulang Ternate dengan arus rata-rata sebesar 202,3 A, sedangkan pembebanan terendah terdapat pada penyulang Demak sebesar 5,3 A. Ketidakseimbangan arus pada fasa R, S, dan T menghasilkan arus netral yang berbeda pada setiap penyulang. Arus netral terbesar terdapat pada penyulang Ternate sebesar 467,27 A, sedangkan yang terkecil terdapat pada penyulang Demak sebesar 12,31 A. Rugi daya penghantar netral terbesar terdapat pada penyulang Ternate sebesar 100,07 W. Rugi daya pada masing-masing fasa juga menunjukkan perbedaan akibat perbedaan arus yang mengalir pada setiap fasa, dengan rugi daya fasa terbesar terdapat pada penyulang Ternate sebesar 1.859,6634 W. Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan, diperoleh rugi daya total sebesar 4.239,9289 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakseimbangan pembebanan berhubungan dengan timbulnya arus netral dan rugi daya pada sistem transformator.

Kata kunci: Ketidakseimbangan Pembebanan, Arus Netral, Rugi Daya, Transformator, Gardu Induk New Jakabaring.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transformator merupakan peralatan listrik statis yang memiliki peran penting dalam sistem tenaga listrik. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya tanpa mengubah frekuensi. Fungsi utama transformator adalah menaikkan atau menurunkan level tegangan sesuai kebutuhan sistem pembangkitan, transmisi, dan distribusi tenaga listrik. Dalam proses kerjanya, energi listrik pada sisi primer diubah menjadi energi magnetik melalui inti transformator, kemudian diinduksikan kembali menjadi energi listrik pada sisi sekunder. (Rosyiddin, Badaruddin 2023).

Dua kumparan induktif membentuk transformator: primer dan sekunder. Kedua kumparan ini dihubungkan secara magnetis melalui saluran keengganan rendah, meskipun diisolasi secara elektrik. Ketika sumber tegangan bolak-balik dihubungkan pada kumparan primer, maka kumparan tersebut menimbulkan jaringan tertutup yang menyebabkan mengalirnya arus primer akibat adanya fluks pada kumparan primer. Hal ini menyebabkan terjadinya induksi baik pada kumparan primer (induksi sendiri) maupun kumparan sekunder. Akibatnya, fluks bolak-balik akan muncul pada inti yang dilaminasi. Ketika kumparan sekunder dibebani, arus sekunder mengalir sebagai akibat dari efek kumparan utama, disebut juga induksi timbal balik, yang menghasilkan fluks magnet pada kumparan sekunder. Hal ini memungkinkan terjadinya transfer energi listrik secara lengkap (melalui magnetisasi) (Setijasa, Hery 2023).

Arus netral adalah arus yang mengalir pada penghantar netral dalam sistem distribusi tenaga listrik tiga fasa empat kawat. Pada kondisi ideal, apabila beban pada setiap fasa seimbang, jumlah vektor arus ketiga fasa bernilai nol sehingga tidak terdapat arus yang mengalir pada penghantar netral. Namun dalam kondisi operasi nyata, ketidakseimbangan beban antar fasa sering terjadi akibat perbedaan pembebanan pelanggan satu fasa. Ketidakseimbangan tersebut menyebabkan timbulnya arus netral pada transformator distribusi. Selain itu, penggunaan beban

nonlinier seperti komputer, lampu LED, inverter, dan peralatan elektronika daya dapat menghasilkan arus harmonisa yang turut meningkatkan arus pada penghantar netral. Arus netral yang muncul akibat ketidakseimbangan beban dan harmonisa akan menimbulkan rugi-rugi daya pada penghantar netral maupun sistem pentanahan transformator, sehingga dapat menurunkan efisiensi penyaluran tenaga listrik serta meningkatkan temperatur operasi transformator distribusi. Oleh karena itu, penyeimbangan beban antar fasa perlu dilakukan untuk mengurangi arus netral dan meminimalkan rugi-rugi daya pada sistem distribusi tenaga listrik (Arifran, Bambang, 2023).

Pengukuran beban pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk Jakabaring menunjukkan ketidakseimbangan beban antara fasa R, S, dan T yang mengakibatkan terjadinya arus netral dan rugi daya yang cukup tinggi, akibat adanya rugi-rugi daya yang disebabkan oleh arus netral pada transformator daya tersebut menyebabkan rugi-rugi daya total semakin besar. Karena rugi-rugi daya total pada transformator merupakan jumlah rugi-rugi daya dari setiap fasa dengan rugi-rugi daya akibat adanya arus netral.

Ketidakseimbangan beban tersebut secara tidak langsung menyumbang kerugian pada pihak PLN selaku produsen listrik tanah air. maka harus di lakukan perhitungan pengaruh ketidakseimbangan baban untuk bisa melihat berapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi daya pada transformator gardu induk Jakabaring.

Sehubungan dengan pernyataan tersebut maka, penulis sangat tertarik untuk mengangkat judul dan melakukan penelitian mengenai yaitu **“ANALISI PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN PADA TRANSFORMATOR GARDU INDUK 150/20 KV NEW JAKABARING”**

1.2. Tujuan Pembahasan

Transformator di Gardu Induk New Jakabaring melayani beberapa penyulang dengan karakteristik dan besaran beban yang berbeda pada setiap fasanya. Kondisi tersebut dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban yang ditandai dengan adanya perbedaan nilai tegangan dan arus antar fasa. Ketidakseimbangan ini dapat memengaruhi distribusi arus pada sistem tiga fasa,

menimbulkan arus pada penghantar netral, serta meningkatkan rugi-rugi daya pada transformator.

1. Menganalisis hubungan ketidakseimbangan pembebanan terhadap besarnya arus netral dan rugi daya pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk New Jakabaring
2. Berapa besar arus netral yang timbul akibat ketidakseimbangan beban pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk Jakabaring
3. Berapa besar rugi-rugi daya (*losses*) yang disebabkan oleh arus netral pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk Jakabaring
4. Bagaimana pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap besarnya arus netral dan rugi-rugi daya pada Transformator 2 60 MVA 150/20 kV Gardu Induk Jakabaring

1.3. Batasan masalah

Agar pembahasannya tidak terlalu luas, maka perlu dilakukan pembatasan dengan cara memperkecil pembahasannya. Dan penulis membatasi permasalahan penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada transformator 2 di PT PLN (persero) P3B sumatera UPT Palembang gardu induk Jakabaring
2. Data yang digunakan adalah data yang berhubungan dengan arus netral dan rugi daya transformator pada gardu induk Jakabaring
3. Menghitung arus netral dan rugi daya yang timbul akibat adanya arus pada penghantar netral transformator
4. Analisis dilakukan berdasarkan data pengukuran dan perhitungan matematis dan sesuai teori sistem tenaga listrik yang berlaku.

1.4. Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan ini terdiri dari 5 bab, yaitu sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, hasil yang diharapkan, dan metodologi penulisan semuanya dibahas dalam bab ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori tentang definisi transformator, prinsip kerja transformator, jenis transformator, bagian utama transformator, rugi-rugi pada transformator, efisiensi transformator, arus netral, dan ketidakseimbangan Beban

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini meliputi instrumen penelitian, tahapan, teknik pengolahan data, tahapan penelitian, subjek dan objek penelitian, lokasi penelitian, dan waktu pelaksanaan penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi data penelitian, perhitungan dan analisis hasil perhitungan untuk mencari ketidakseimbangan pada Transformator

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi hasil dari kesimpulan dan saran penelitian mengenai hasil pengaruh ketidakseimbangan beban arus netral pada transformator .

DAFTAR PUSTAKA

- Edminister, Joseph A. 1965. Electric Circuits. New York: Schaum Publishing Co. Pembahasan: Sistem Polifasa dan Sistem Tiga Fasa, hlm. 197–203
- Yanto Mina, Irwan.(2021)."Sistem Maintenance Transformator 60 Mva Pada Electric Arc Furnace (Eaf) 7 Slab Steel Plant 1." *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)* 5.2: 75-89.
- Alexander, Charles K. dan Matthew N. O. Sadiku. 2009. Fundamentals of Electric Circuits. Edisi ke-4. New York: McGraw-Hill. Pembahasan: Unbalanced Three-Phase Systems, hlm. 525–529.
- Asyadi, T. M., & Salim, A. (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati. *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, 2(2), 7-12.
- Darwanto, A. (2021). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Cepu. *Simetris*, 15(1), 35-42.
- Dimiyati, Mohamad Ali, Muhammad Taqiyyuddin Alawiy, and Sugiono Sugiono. (2023). "Studi Analisa Evaluasi Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Transformator Distribusi Area Crusher Di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk." *SCIENCE ELECTRO* 6.1.
- Elnizar, Hendri, Herri Gusmedi, and Osea Zebua. (2021). "Analisis Rugi-Rugi (Losses) Transformator Daya 150/20 KV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sutami ULTG Tarahan." *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 15.2: 116-126.
- Fauzi, Slamet. (2021) "Perhitungan Penggunaan Transformator Untuk Menghindari Kerugian Dalam Proses Pembuatan Transformator." *Mesin Mesin Listrik* .
- Tomi, Afrizal. (2023). "Analisis Efisiensi Transformator Daya di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Ulee Kareng." *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology* 3.1 : 8-13.
- Tondok, Yaved P., Lily S. Patras, and Fielman Lisi. (2023). "Perencanaan Transformator Distribusi 125 kVA." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 8.2: 83-92.
- Ruliyanto, R. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Transformator 1 dan Transformator 2 pada Beban Puncak Sesaat. *Jurnal Ilmiah Giga*, 23(1), 27-34.

- Suyandi, E., Syafriyudin, S., & Suyanto, M. (2017). Analisis KetidakseimbanganBeban Pada Transformator Distribusi Area Rayon Yogyakarta Kota Di PT. PLN (Persero) APJ Gedong Kuning Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, 4(2), 1-10.
- Setijasa, Hery, et al. (2023). "Kerja Paralel Transformataor Daya." *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial* 19.1.86-94.
- Kolompoy, A. L. (2021). Analisis koordinasi isolasi arrester pada transformator di gardu induk paniki 150 kv. *Jurnal Teknik Elektro*, 1–10.
- Ruliyanto, R. (2020). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Transformator 1 dan Transformator 2 pada Beban Puncak Sesaat. *Jurnal Ilmiah Giga*, 23(1), 27-34
- Siburian, Jhonson. (2019). "Karakteristik transformator." *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro* 8.01: 21-28.
- Wicaksono, G. S., &Wrahatnolo, T. (2023). Evaluasiketidakseimbanganbeban pada GTT 20 kV terhadaparusnetral dan rugidaya. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(2).
- Wirawan, A. D., Junaidi, & Arsyad, M. I. (2022). Analisa pengaruhketidakseimbanganbebanterhadaparusnetral dan losses pada transformatordistribusi di PenyulangPangsuma PT. PLN (Persero) Rayon Mempawah. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 10(1)
- Muliadi, M., Syukri, T. M., Asyadi, T. M., & Salim, A. (2022). Analisa pengaruh ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi penyulang Mibo Rayon Merduati. *Aceh Journal of Electrical Engineering*, 2(2), 7–12