

## **Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral pada Panel Distribusi di Gedung GKB 2 Zona A**

### *Analysis of the Effect of Load Imbalance on Neutral Current on Distribution Panels in GKB 2 Building Zone A*

**Ainun Ambarwati\*, Sabhan Kanata, Radiktyo Nindyo Sumarno**

Rekayasa Elektro, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

\* Corresponding author : [qiyatulambar@gmail.com](mailto:qiyatulambar@gmail.com)

#### **Abstrak**

Dalam menunjang kebutuhan listrik tentu diperlukan sumber energi listrik yang berkualitas dan sifatnya kontinyu agar semua kebutuhan listrik dapat terpenuhi dengan baik. Dalam menjalankan operasionalnya setiap hari, Universitas Muhammadiyah Semarang (Unimus) menggunakan sumber listrik dari PLN yang kemudian didistribusikan kembali melalui transformator distribusi yang berada di area kampus Unimus. Penelitian ini dilakukan pada Panel distribusi 1.385 kVA yang mendistribusikan peneltian pada Gedung GKB 2 Zona A lantai 1 hingga lantai 8. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai rugi-rugi daya pada netral serta ketidakseimbangan beban yang terjadi pada Panel 1.385kVA. Pada penelitian ini menggunakan alat tang ampere untuk mengukur arus dan tegangan tiap fasa sedangkan alat multimeter unuk mengukur nilai tahanan penghantar netral panel. Pengukuran dilakukan sehari tiga kali pada pukul 07.00, 14.00, dan 16.00 dalam kurun waktu selama 3 hari. Setelah penelitian selesai diperoleh hasil persentase ketidaksimbangan beban tertinggi pada panel penerangan terjadi pada hari Senin 14.00 yaitu sebesar 54,00%, pada panel AC terjadi pada hari senin pukul 14:00 yaitu sebesar 25,67%. Lalu nilai rugi-rugi daya pada penghantar netral panel penerangan yang terbesar terjadi pada hari Rabu pukul 14:00 sebesar 210,50 kW sedangkan pada penghantar netral panel AC yang terbesar terjadi pada hari Rabu pukul 14:00 sebesar 217,23 kW.

**Kata Kunci:** Ketidakseimbangan Beban, Rugi-Rugi Daya

#### **Abstract**

*To support electricity needs, of course a quality and continuous source of electrical energy is needed so that all electricity needs can be met properly. In carrying out its daily operations, Muhammadiyah University Semarang (Unimus) uses electricity sources from PLN which are then redistributed through distribution transformers located in the Unimus campus area. This research was carried out on the 1,385kVA distribution panel which distributes in the GKB 2 Building Zone A floors 1 to 8. This research aims to determine the value of power losses on the neutral wire and the load imbalance that occurs on the 1,385kVA Panel. In this study, an ampere tool was used to measure the current and voltage of each phase, while a multimeter was used to measure the resistance value of the panel's neutral conductor. Measurements were carried out three times a day at 07.00, 14.00 and 16.00 over a period of 3 days. After the research was completed, the results showed that the highest percentage of load imbalance on the lighting panels occurred on Monday 14.00, namely 54.00%, on the AC panels it occurred on Monday at 14:00, namely 25.67%. Then the largest value of power losses in the neutral conductor of the lighting panel occurred on Wednesday at 14:00 at 210,50 kW, while in the neutral conductor of the AC panel the largest occurred on Wednesday at 14.00 at 217,23 kW.*

**Keywords :** Load Imbalance, Power Losses.

## **PENDAHULUAN**

Di era modern, tenaga listrik telah menjadi kebutuhan pokok manusia yang tak terelakkan. Hampir seluruh aspek kehidupan manusia bergantung pada ketersediaan energi listrik. Ketiadaan listrik dapat menghambat berbagai aktivitas sehari-hari, mulai dari penerangan, komunikasi, hingga kegiatan ekonomi. Pasokan listrik yang tidak

tersedia atau tidak seimbang dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan. Gangguan pada penerangan dapat mengganggu aktivitas belajar, bekerja, dan beristirahat. Kurangnya akses komunikasi dapat menghambat kelancaran informasi dan transaksi. Transformator merupakan komponen penting dalam industri tenaga listrik dan elektronika. Alat ini memiliki peran krusial dalam berbagai aplikasi, mulai dari penyaluran energi listrik hingga pengoperasian perangkat elektronik. Ketidakseimbangan beban di sistem distribusi listrik selalu terjadi karena adanya beban yang tidak seimbang pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Ketidakseimbangan beban menyebabkan timbulnya arus netral yang mengalir melalui netral trafo. Arus netral yang mengalir melalui netral trafo menyebabkan rugi-rugi energi, yaitu rugi-rugi yang terjadi karena sebagian arus netral tersebut mengalir ke tanah. Arus netral mengalir melalui netral trafo karena adanya ketidakseimbangan beban antara fasa R, S, dan T.

## **SITEM TENAGA LISTRIK**

### **1. Pengertian Transformator**

Transformator, atau trafo, adalah perangkat listrik yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengubah daya listrik AC ke tegangan berbeda tanpa mengubah frekuensinya. Transformator biasanya digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan AC. Selain itu, dapat mengambil sampel arus dan tegangan serta mengubah impedansi. Terdiri dari dua atau lebih kumparan pada inti besi feromagnetik, kumparan primer terhubung ke sumber listrik AC, sedangkan kumparan sekunder mendistribusikan listrik ke beban (Siburian Jhonson, 2019).

Dalam penelitian mengenai persentase (%) ketidakseimbangan beban di Gedung Kuliah Bersama Zona A, yang dibandingkan dengan Standar Ketidakseimbangan IEEE No. 446 Tahun 1980, dinyatakan bahwa nilai ketidakseimbangan tidak boleh melebihi 20% (Jumari et al., 2021).

### **2. Trafo Distribusi**

Transformator distribusi pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang serupa dengan transformator daya, namun perbedaannya terletak pada level tegangan keluaran. Transformator distribusi menghasilkan tegangan rendah yang sesuai untuk distribusi langsung ke pelanggan, baik pada level tegangan menengah maupun rendah. Tujuan utama penggunaan transformator distribusi adalah untuk menurunkan tegangan utama sistem distribusi ke level tegangan yang sesuai dengan kebutuhan konsumen (Soares & Budiono, 2022).

### **3. Panel Distribusi**

Panel distribusi listrik adalah sebuah panel yang digunakan untuk membagi dan mengendalikan daya listrik. Selain itu, panel ini juga berfungsi melindungi sirkuit dan

perangkat listrik dari gangguan. Jika terjadi gangguan pada listrik, alat proteksi dalam panel tersebut akan secara otomatis memutus sumber listrik, sehingga peralatan listrik tidak mengalami kerusakan akibat gangguan tersebut.

MDP adalah panel distribusi utama yang berfungsi menerima suplai listrik dari PLN dan sumber listrik lainnya seperti genset, lalu mendistribusikannya ke seluruh beban. MDP mendapatkan pasokan dari dua sumber listrik dengan genset sebagai cadangan. Dengan demikian, jika suplai listrik dari PLN terputus, suplai listrik untuk beban penting tetap terjaga. MDP terdiri dari berbagai komponen listrik dan non-listrik, dengan komponen utamanya sebagai berikut.: (Suhanto, 2017).

#### 4. Hukum Induksi Faraday

Menurut hukum Faraday, integral garis dari medan listrik sepanjang lintasan tertutup sama dengan negatif dari laju perubahan fluks magnetik terhadap waktu yang menembus permukaan yang dibatasi oleh lintasan tersebut. Dalam persamaan ini, tanda negatif menunjukkan arah integral garis medan listrik yang berlawanan dengan arah perubahan fluks magnetic (Kasus et al., 2008).

Syarat keseimbangan tidak dipenuhi dalam keadaan tidak seimbang, baik satu atau lebih. Pada sistem tiga fasa, dalam keadaan seimbang, ketiga vektor arus dan tegangan sama besar dan memiliki sudut fase  $120^\circ$  antar mereka (Latupeirissa, 2017)

Kemungkinan keadaan tidakseimbang ada tiga yaitu :

- Ketiga vektor memiliki ukuran yang sama tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor memiliki ukuran yang sama tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor memiliki ukuran yang sama tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.

Apabila terjadi ketidakseimbangan beban terhadap Arus Netral dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_N = \frac{I_R I_S I_T}{I_{rata-rata}}$$

Arus dinetral trafo mengalir pada penghantar netral karena ketidakseimbangan beban antara fasa R, S, dan T pada sisi sekunder trafo dan hal inilah yang menyebabkan rugi-rugi.

*Losses* pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

Dimana :

$P_N$ : Losses penghantar netral trafo (watt)

$I_N$ : Arus pada netral trafo (A)

$R_N$ : Tahanan penghantar netral trafo

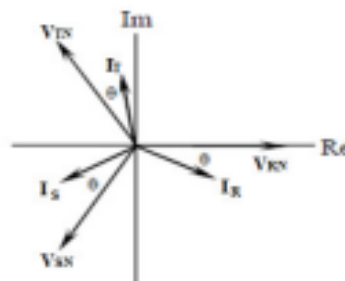
Pada kenyataannya, tidak ada transformator yang ideal. Hal ini disebabkan oleh adanya rugi-rugi yang selalu terjadi pada transformator, di antaranya:

- Kerugian tembaga:** Kerugian ini terjadi karena pemanasan yang disebabkan oleh aliran arus melalui hambatan kawat penghantar pada kumparan primer dan sekunder transformator. Besarnya kerugian tembaga berbanding lurus dengan kuadrat arus yang mengalir melalui kumparan.
- Rugi-rugi arus eddy:** Rugi ini disebabkan oleh pemanasan akibat arus eddy (pusar) pada inti besi yang terlalu tebal. Arus eddy ini timbul karena adanya perbedaan tegangan antara sisi-sisi inti besi, yang menyebabkan arus berputar mengalir di sisi tersebut. Besar rugi-rugi arus eddy sebanding dengan kuadrat tegangan yang disuplai ke transformator.
- Rugi-rugi hysteresis:** Rugi ini merupakan kerugian yang tidak linear dan kompleks yang disebabkan oleh perubahan medan magnet di dalam inti besi pada setiap setengah siklus, yang menghasilkan fluks bolak-balik.

**Kerugian fluks bocor:** Kerugian ini terjadi karena sebagian fluks magnet tidak melewati inti besi dan hanya melalui salah satu kumparan transformator. Mengakibatkan induktansi diri pada lilitan primer dan sekunder, yang mengurangi daya yang disalurkan dari sisi primer ke sisi sekunder transformator.

## 5. Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi adalah arus yang mengalir melalui penghantar netral pada sistem tiga fasa dengan empat kawat. Arus ini muncul akibat ketidakseimbangan beban dan juga karena adanya arus harmonisa yang disebabkan oleh penggunaan beban nonlinier (Dwipayana et al., 2017).



**Gambar 1.** Fasor Tegangan

Dari gambar diatas fasor diatas dapat dilihat bahwa jumlah arus-arus fasa adalah:

$$I_R + I_S + I_T = 0$$

Untuk titik netral maka persamaanya:

$$I_N = I_R + I_S + I_T = 0$$

Maka,

$$I_N = -(I_R + I_S + I_T) = 0$$

Jadi untuk beban seimbang arus neral sama dengan nol. Sistem 3 fasa 4 kawat yang terhubung bintang, karena adanya ketidakseimbangan beban maka akan ada arus yang mengalir pada pengahntar netralnya.

Pada keadaan tak seimbang terdapat komponen urutan nol pada penghantar netralnya. Persamaan arus netralnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$I_N = I_R + I_S + I_T = 3I_0$$

Arus netral yang tinggi dapat mempengaruhi sistem berikut ini, merupakan pengaruh yang dapat disebabkan oleh arus netral yaitu timbulnya panas berlebih pada transformator, menurunnya kualitas daya.

## METODE PENELITIAN

### 1. Obyek Penelitian

Obyek yang akan diteliti adalah transformator distribusi 1.385 kVA di Gedung Kuliah Bersama 2 Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Zona A yang bertempat di Universitas Muhammadiyah Semarang. Kampus ini beralamat di Jl. Kedungmundu Raya No. 18 kedungmundu, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50273.



**Gambar 2.** Gedung Kuliah Bersama

### 2. Tang Ampere Digital

*Tang ampere*, atau tang jepit arus, adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besarnya nilai arus listrik pada sebuah pengantar konduktor. Alat ini praktis dan mudah digunakan, cukup dengan dijepitkan pada konduktor yang akan diukur. *Tang ampere* juga memiliki dua *probe*, seperti multimeter, yang memungkinkan pengguna untuk mengukur

tegangan AC dan DC, serta hambatan pada rangkaian listrik. Fungsi utama *tang ampere* adalah mengukur arus listrik, namun kemampuannya dapat diperluas dengan menggunakan probe tambahan (Wayan Adi Subagia et al., 2020).



**Gambar 3.** Tang Ampere Digital

### **3. Pengambilan Data**

Saat pengambilan data dilakukan pengukuran secara langsung panel distribusi di Gedung Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Unimus menggunakan tang ampere. Pengukuran yang dilakukan berupa arus dan tegangan pada trafo pengukuran dilakukan dalam rentang waktu satu minggu dimana setiap harinya dilakukan pengambilan data selama tiga kali.

### **4. Pengolahan Data**

Data yang telah diperoleh saat pengukuran arus fasa R, S, T dan penghantar netral. Untuk mengetahui arus beban penuh maka data yang diambil adalah hasil ukur arus mulai dari pagi, siang dan sore. Data tersebut kemudian diinput ke dalam excel sesuai rumus guna memperoleh hasil. Setelah itu dilakukan perhitungan presentase nilai ketidakseimbangan pada panel, lalu dilakukan perhitungan rugi-rugi arus netral pada panel.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian ini dilaksanakan pada hari libur nasional hari aktif yaitu bertepatan tanggal 01 Juni, hari Rabu tanggal 03 Juli dan hari Jumat pada tanggal 05 Juli. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pengukuran secara langsung pada Panel Distribusi 1.385 kVA pada Gedung Kuliah Bersama 2 Zona A Universitas Muhammadiyah Semarang. Diperoleh data berupa nilai Arus R, S, dan T, nilai tegangan



dan nilai rugi-rugi yang mengalir pada kawat netral. Pengukuran pada Panel Distribusi MDP Penerangan dan MDP AC.



**Gambar 4.** Panel MDP

Pengambilan data arus pada panel MDP penerangan dengan cara mengukur arus pada setiap fasa menggunakan Clamp Meter atau alat ukur yang sesuai. Pastikan pengukuran dilakukan dengan hati-hati dan sesuai prosedur keselamatan untuk menghindari gangguan pada sistem dan memastikan data yang diambil akurat. Data yang diambil akan digunakan untuk analisis beban dan evaluasi kinerja sistem penerangan.

**Tabel 1.** Data Yang Diambil Pada Panel

Arus	R, S dan T
Tegangan	RS, RT dan ST
Tegangan Netral	RN, SN dan TN
Arus Pada Netral	IN

### 1. Menentukan Toleransi Antar Fasa ke Fasa Dalam Presentase Berapa Persen?

Menurut PUIL 2000, Penurunan tegangan antara Panel Hubung Bagi (PHB) utama dan setiap titik beban tidak boleh melebihi 5% dari tegangan PHB utama saat semua kabel penghantar instalasi dialiri oleh arus maksimum yang ditentukan (arus nominal pengaman). Kabel penghantar yang digunakan harus memenuhi persyaratan kemampuan hantar arus yang ditentukan dan rugi tegangan yang diizinkan (Prok et al., 2018).

### 2. Perhitungan Arus rata-rata dan Presentase Pada Panel Penerangan

**Pukul 07:00 (03 Juli 2024)**

Pada perhitungan untuk menentukan ketidakseimbangan beban dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini, sebelum menghitung ketidakseimbangan beban maka mencari rata-rata dahulu.

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{21,4 + 9,8 + 9,5}{3} = \frac{40,7}{3} = 13,57 \text{ A}$$

Analisis ketidakseimbangan panel penerangan :

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{21,4}{13,57} = 1,57 \text{ A}$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{9,8}{13,57} = 0,72 \text{ A}$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{9,5}{13,57} = 0,70 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan diatas presentase rata-rata ketidakseimbangan beban pada panel MDP Penerangan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Rata-rata ketidakseimbangan beban} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$\frac{\{|1,57-1|+|0,72-1|+|0,70-1|\}}{3} \times 100\% = 38,33\%$$

$$\frac{0,57+0,28+0,3}{3} \times 100\%$$

$$\frac{1,15}{3} \times 100\%$$

$$= 38,33\%$$

Pada perhitungan ini dapat diketahui bahwa nilai ketidakseimbangan beban pada fasa R, S, T berturut-turut adalah 1,57A, 0,72A, 0,70A dan presentase nilai rata-rata ketidakseimbangan beban yaitu 38,33%.

### 3. Data Analisis rugi-rugi daya Pada netral Panel Penerangan

Untuk menentukan perhitungan rugi-rugi daya maka mencari nilai  $I_N$  terlebih dahulu dengan nilai R, S, T dengan rumus sebagai berikut:

Hasil perhitungan  $I_N$  Pagi Pada Panel Penerangan :

**Pukul 07:00 (Senin, 1 Juni 2024)**

$I_R$	$I_S$	$I_T$
21,4	9,8	9,5

$$I_N = 21,4 \angle 0^\circ + 9,8 \angle 240^\circ + 9,5 \angle 120^\circ$$

$$= 21,4 (\cos 0^\circ + j \sin 0^\circ) + 9,8 (\cos 240^\circ + j \sin 240^\circ) + 9,5 (\cos 120^\circ + j \sin 120^\circ)$$

$$= A + jB$$

$$I_N = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$= 21,4 (1 + j0) + 9,8 (-0,5 + j 0,866) + 9,5 (-0,5 + j 0,866)$$

$$= 21,4 - 4,9 + j 8,4868 - 4,75 + j 8,227$$



$$\begin{aligned}
 &= 21,4 - 4,9 - 4,75 + j(0 - 8,4868 + 8,227) \\
 &= 11,75 + j - 0,2598 \\
 I_N &= \sqrt{11,75^2 + -0,2598^2} \\
 &= \sqrt{138,06 + 0,0675} \\
 &= \sqrt{138,1275} \\
 &= 11,75 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Tabel Hasil  $I_N$  Pengukuran Panel Penerangan dan Perhitungan R,S,T

$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	$I_N$ (A)	
			Pengukuran	Perhitungan
21,4	9,8	9,5	32,6	11,75

Dari data diatas adalah data dari perhitungan arus R, S dan T menghasilkan nilai sebesar 1,75 A Jika data pengukuran secara langsung pada panel penerangan ini mendapatkan nilai sebesar 32,6 A.

Untuk menentukan rugi-rugi adanya arus netral Pada Pengukuran Panel Penerangan maka dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

Diketahui :

$$I_N : 32,6$$

$$R_N : 82,87 \Omega$$

Ditanya :  $P_N$

Dijawab :

$$\begin{aligned}
 P_N &= I_N^2 \cdot R_N \\
 &= 32,6^2 \times 82,87 \Omega \\
 &= 88.070,9 \text{ Watt} \\
 &= 88,07 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai rugi-rugi arus netral sebesar 88,07kW.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

- a. Toleransi tegangan antar fasa melebihi standar yang direkomendasikan oleh PUIL. Hasil pengukuran tertinggi terjadi pada panel penerangan dan panel AC pada hari Jumat pukul 16:00 dengan tegangan sebesar 434,17 V.
- b. Persentase ketidakseimbangan beban tertinggi pada panel penerangan terjadi pada hari Senin pukul 14:00 sebesar 54%, sedangkan pada panel AC terjadi pada hari Senin pukul 14:00 dengan nilai 25,67%, melebihi batas standar IEEE yang  $\leq 20\%$ .
- c. Ketidakseimbangan beban ini menyebabkan rugi-rugi daya pada penghantar netral. Nilai rugi-rugi daya tertinggi pada penghantar netral panel penerangan terjadi pada hari Rabu pukul 14:00 sebesar 210,50 kW, dan pada panel AC tertinggi terjadi pada hari Rabu pukul 14:00 sebesar 217,23 kW. Semakin besar arus yang mengalir pada penghantar netral, semakin besar pula rugi-rugi daya yang terjadi, seperti yang terlihat pada Panel 1.385 kVA.

### 2. Saran

- a. Lakukan pemantauan rutin pada tegangan antar fasa dan arus netral untuk memastikan bahwa semua parameter berada dalam batas yang direkomendasikan.
- b. Nilai ketidakseimbangan beban pada panel penerangan dan panel AC cukup tinggi. Oleh karena itu diperlukan perbaikan penyeimbangan beban kembali untuk mereduksi nilai presentase ketidakseimbangan beban.
- c. Jadwalkan pemeliharaan rutin untuk semua panel dan peralatan terkait guna memastikan bahwa semuanya berfungsi dengan baik dan dalam kondisi optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dan, N., Pada, L., Distribusi, T., Pt, D. I., & Sorong, P. A. (2018). Issn:2527-4724, eissn:2597-4467. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero) Area Sorong, 4, 1–10.
- Dwipayana, I. G. N., Rinas, I. W., & Suartika, I. M. (2017). Analisis THD dan Peningkatan Arus pada Kawat Netral Akibat Pengoperasian Beban Non Linier yang Tak Seimbang pada Sistem Tenaga Listrik di RSUD Kabupaten Klungkung. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(3), 92. <https://doi.org/10.24843/mite.2017.v16i03p15>
- Ikhwani, N. S., Imtihan, K., Ashari, M., & Tantoni, A. (2023). Menggunakan Microsoft Excel Sebagai Penunjang Hardskill. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 144–149.

- Imanuddin, M. Y., & Achmad, F. (2023). Perencanaan Sistem Proteksi Pada Distribusi Tenaga Listrik Pada Proyek Kyo Apartment di PT. Alkonusa Teknik Interkon. *Jurnal ...*, 5, 1633–1639. <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/view/11186%0Ahttp://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jpdk/article/download/11186/8606>
- Jumari, Sinaga, J., & Ginting, R. (2021). Analisa Beban Tiga Fasa Pada Jaringan Instalasi Listrik Gedung Di Rumahsakit Martha Friska Kota Medan. *Jurnal Teknologi Energi Uda*, 10(2), 80–92.
- Kabel Metal Indonesia. (2009). KMI Wire and Cable14233-01 Rev. 2.0 / 2009. 1.
- Kasus, S., Gtg, T., Tambak, P., & Semarang, L. (2008). Transformator Tenaga. 1–8.
- Latupeirissa, H. L. (2017). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi. *Jurnal Simetrik*, 7(2), 68–73. <https://doi.org/10.31959/js.v7i2.43>
- Marling, M. R. (2018). ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI DAYA PADA TRAFODAYA PLN GARDU INDUK BULUKUMBA. In *World Development* (Vol. 1, Nomor 1). <http://www.fao.org/3/I8739EN/i8739en.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.01.003%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.childyouth.2011.10.007%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23288604.2016.1224023%0Ahttp://jx.sagepub.com/lookup/doi/10>
- Prok, A. D., Tumaliang, H., & Pakiding, M. (2018). Penataan Dan Pengembangan Instalasi Listrik Fakultas Teknik UNSRAT 2017. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(3), 207–218. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/20767>
- Pulungan, A. B., Hambali, H., Taali, T., & Habibullah, H. (2022). Perancangan Sistem Grounding Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Padang. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), 111–119. <https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.213>
- Rusdiansyah, Cornelius Sarri, & Toyib. (2023). Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. MOEIS SAMARINDA. *Mutiara : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(1), 126–139. <https://doi.org/10.61404/jimi.v1i1.26>
- Sari, G. A. K. (2018). Analisa Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT.PLN (Persero) Rayon Blora. Naskah Publikasi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, 1–14.

- Sibirian Jhonson. (2019). Karakteristik Transformator. *Jurnal Teknologi Energi Uda*, VIII(1), 21–28.
- Soares, F. S. M., & Budiono, G. (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Dt50 Di. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 1(3), 455–461.
- Suhanto, S. (2017). Rancang Bangun Simulasi Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Main Distribution Panel (MDP) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Penelitian*, 2(1), 47–57.  
<https://doi.org/10.46491/jp.v2e1.111.47-57>
- Unique, A. (2016). 濟無No Title No Title No Title. 0, 1–23.
- Wayan Adi Subagia, I., Ketut Rimpung, dan I., Teknik Mesin, J., Negeri Bali, P., Kampus Bukit Jimbaran, J., Selatan, K., & -, B.-B. (2020). RANCANG BANGUN SIMULASI COLD STORAGE TYPE MULTY STAGE SEBAGAI MATERI PRAKTEK MAHASISWA PADA LAB REFRIGERASI TERAPAN I Putu Sastra Negara 1) , I Made Arsawan. 6(1), 178–185.