



ANALISA KORELASI NILAI DAYA SEMU DAN PEMBEBANAN ARUS TERHADAP KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK PADA GENERATOR LISTRIK KM. SUMBER MANDIRI

ANALYSIS OF THE CORRELATION BETWEEN APPARENT POWER AND CURRENT LOADING ON VOLTAGE AND CURRENT IMBALANCE IN KM. SUMBER MANDIRI ELECTRIC GENERATOR

Bobby Demeianto*, Taufan Mahendra, Juniawan Preston Siahaan, Yuniar Endri Priharanto

Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai,
Jl. Wan Amir, No. 1, Kel. Pangkalan Sesai, Kecamatan Dumai Barat, Kota Dumai, Provinsi Riau, Indonesia

*Korespondensi: bobby.demeianto@gmail.com (B Demeianto)

Diterima 28 Agustus 2023 – Disetujui 15 Oktober 2023

ABSTRAK. Banyak studi telah dilakukan mengenai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada instalasi listrik 3 fasa, namun belum ada penelitian mengenai Analisa korelasi antara nilai ketidakseimbangan tegangan dengan ketidakseimbangan arus pada generator listrik kapal penangkap ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dan menganalisis hubungan yang mungkin ada diantara empat variabel utama dalam konteks penelitian ini, yaitu daya semu, presentase pembebanan generator, ketidakseimbangan tegangan, dan ketidakseimbangan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri. Dari hasil penelitian didapatkan nilai korelasi pearson rata-rata presentase pembebanan generator terhadap nilai rata-rata ketidakseimbangan arus hanya sebesar 2,47%. Besarnya nilai korelasi pearson rata-rata daya semu terhadap nilai rata-rata ketidakseimbangan arus pada generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 adalah sebesar 0,29%. Besarnya nilai korelasi pearson rata-rata presentase pembebanan generator terhadap nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 27,58%, sedangkan besarnya korelasi pearson rata-rata daya semu terhadap nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 40,91%. Naik turunnya nilai ketidakseimbangan arus terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri memiliki pengaruh sebesar 14,03%, sedangkan sisanya sebesar 85,97% adalah disebabkan oleh faktor lainnya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi wawasan yang berharga dalam pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik dalam lingkungan yang diteliti dari sisi keilmuan statistik, serta dapat membantu dalam perbaikan dan perancangan sistem kelistrikan yang lebih efisien dan handal pada instalasi listrik tiga fasa KM. Sumber Mandiri.

KATA KUNCI: Korelasi Pearson, ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus.

ABSTRACT. Numerous studies have been conducted on voltage and current imbalance in three-phase electrical installations, but there has been no research specifically analyzing the correlation between voltage and current imbalances in the electric generators of fishing vessels. This study aims to investigate and analyze potential relationships among four key variables within this research context: apparent power, generator loading percentage, voltage imbalance, and current imbalance aboard KM. Sumber Mandiri. The research findings reveal the Pearson correlation coefficient value indicating the average generator loading percentage's correlation with the average current imbalance to be only 2.47%. Additionally, the average apparent power's Pearson correlation coefficient with the average current imbalance on the KM. Sumber Mandiri generator between November 17, 2022, and November 26, 2022, is calculated to be 0.29%. Moreover, the average generator loading percentage's Pearson correlation coefficient with the average voltage imbalance stands at 27.58%, while the average apparent power's Pearson correlation coefficient with the average voltage imbalance is at 40.91%. The fluctuations in current imbalance in relation to the variation in voltage imbalance on the KM. Sumber Mandiri generator show an impact of 14.03%, while the remaining 85.97% is attributed to other factors. The outcomes of this research are expected to provide valuable insights into the understanding of factors influencing voltage and current imbalance from a statistical perspective. Additionally, this study may assist in enhancing and designing more efficient and reliable electrical systems in three-phase installations aboard KM. Sumber Mandiri.

KEYWORDS: Pearson correlation, voltage unbalance, current unbalance.

1. Pendahuluan

Kualitas dan keandalan suplai energi listrik menjadi hal yang sangat penting dalam berbagai sektor kehidupan modern. Kualitas daya listrik merupakan konsep yang mencerminkan sejauh mana kualitas daya listrik dalam sebuah system kelistrikan, terpengaruh oleh berbagai gangguan yang dapat terjadi dalam suatu distribusi sistem tenaga listrik. Salah satu aspek penting dalam menilai kualitas daya listrik adalah nilai presentase ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik. Sebuah kualitas daya listrik yang optimal adalah yang memiliki ketidakseimbangan tegangan dan arus mendekati nol. Ketidakseimbangan tegangan mengacu pada ketidaksetaraan besar tegangan atau sudut fasa pada berbagai komponen dalam sistem tenaga listrik. Sementara ketidakseimbangan arus menggambarkan ketidaksetaraan dalam aliran arus pada setiap fasa dalam system kelistrikan tersebut. Ketidakseimbangan ini dapat mengakibatkan aliran arus pada kawat netral, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan kerugian daya (losses) dan pembangkitan panas yang tidak diinginkan. Salah satu penyebab utama ketidakseimbangan tegangan dan arus adalah distribusi beban yang tidak merata pada setiap fasa pada system kelistrikan (Wijaya, Handoko, & Zahra, 2021).

Generator listrik pada kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri merupakan salah satu komponen kunci dalam memastikan kelancaran pasokan energi saat kegiatan penangkapan ikan di tengah laut berlangsung, dan oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang parameter-parameter kinerja generator sangat diperlukan. Salah satu aspek penting dalam evaluasi kinerja generator adalah analisis ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik. Ketidakseimbangan ini dapat terjadi dalam berbagai situasi, seperti perubahan pembebanan, gangguan dalam sistem, atau masalah teknis dalam generator itu sendiri. Ketidakseimbangan ini dapat mengakibatkan pengurangan efisiensi operasional, kerusakan komponen, dan bahkan berpotensi membahayakan integritas sistem kelistrikan pada kapal penangkap ikan secara keseluruhan. Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam peraturan Volume IV tahun 2019 dan 2022 dan The Institute Of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Std. 45-2002 mengenai Instalasi Listrik di Kapal, mengamanatkan bahwa dalam situasi operasional normal, persentase ketidakseimbangan beban arus listrik pada setiap fasa tidak boleh melampaui 15%. Untuk toleransi nilai ketidakseimbangan tegangan, IEEE Std. 45-2002 mensyaratkan bahwa nilai toleransi ketidakseimbangan tegangan pada instalasi listrik kapal adalah sebesar $\pm 7\%$. Sedangkan American National Standards Institute (ANSI) dalam peraturan ANSI C84.1-1995 mensyaratkan bahwa nilai maksimal presentase ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 3% dalam kondisi tanpa beban pada instalasi listrik dengan frekuensi 60 Hz.

Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba untuk menjelajahi hubungan antara ketidakseimbangan nilai tegangan dan arus listrik serta efek yang terjadi terhadap parameter kelistrikan lainnya. Sebagai contoh, penelitian sebelumnya telah fokus pada pengukuran ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik dalam berbagai situasi operasional generator dan bagaimana cara memitigasi dan meminimalisir tingginya nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut telah menunjukkan bahwa ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik dapat dipengaruhi dan mempengaruhi berbagai faktor dalam system kelistrikan, seperti pembebanan generator, kondisi jaringan distribusi, dan kondisi beban. (Makarim, Sukmadi, & Winardi, 2016) menemukan bahwa adanya ketidakseimbangan tegangan listrik akibat gangguan Single Phasing dapat meningkatkan suhu pada operasional suatu motor induksi. (Kusbiyantoro, 2021) menemukan bahwa ketidakseimbangan nilai tegangan listrik dapat mempengaruhi nilai torsi dan daya listrik pada suatu motor induksi. (Wijaya, Handoko, & Zahra, 2021) melakukan perancangan dan mitigasi nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada Poltekkes Semarang. (Oluseyi, Jatto, Okoro, & Akinbulire, 2021) menemukan bahwa adanya ketidakseimbangan tegangan dapat menurunkan nilai efisiensi dari suatu motor induksi. (Cuong, Tuan, & Nhu Y, 2022) menemukan bahwa ketidakseimbangan nilai tegangan listrik yang melampaui 3% dapat menurunkan kinerja dari suatu transformator.

Meskipun penelitian terhadap ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik sudah banyak dilakukan, tetapi penelitian yang membahas mengenai korelasi antara nilai daya semu dan presentase pembebanan terhadap ketidakseimbangan tegangan dan arus pada instalasi listrik 3 fasa pada kapal

penangkap ikan belum banyak dilakukan. Korelasi antara nilai daya semu dan pembebanan arus dengan ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada generator akan menjadi fokus pada penelitian ini. Hal ini penting untuk mengidentifikasi hubungan antara parameter-parameter ini, karena pemahaman yang lebih baik tentang korelasi ini dapat membantu dalam perencanaan, pemeliharaan, dan perbaikan sistem kelistrikan. Selain itu, ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik yang berlebihan dapat mengurangi umur pakai peralatan listrik dan memengaruhi kualitas energi yang disediakan pada suatu instalasi kelistrikan pada kapal penangkap ikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari nilai presentase ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada instalasi listrik 3 fasa kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri untuk kemudian dibandingkan dengan standar BKI, IEEE dan ANSI mengenai batas maksimal nilai presentase ketidakseimbangan tegangan dan arus pada suatu instalasi listrik di atas kapal. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mencari korelasi antara nilai daya semu dan presentase pembebanan generator dengan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik. Harapannya, temuan dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berharga bagi pemilik kapal dan Kepala Kamar Mesin KM. Sumber Mandiri dalam menjaga nilai kesetimbangan tegangan dan arus listrik yang optimal dalam pembagian beban sistem listrik tiga fasa di atas kapal tersebut.

2. Bahan dan Alat

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Clamp Meter / Tang Ampere* dan lembar kerja pengukuran untuk mencatat nilai tegangan dan arus listrik fasa R, S, T dan N pada panel induk atau *Main Distribution Panel (MDP)* pada Kapal Penangkap Ikan KM. Sumber Mandiri.

2.2 Tinjauan Pustaka

a. Ketidakseimbangan Tegangan

Menurut (Pillay & Manyage, 2001), terdapat beberapa definisi dari ketidakseimbangan tegangan listrik yang dikeluarkan oleh dua asosiasi kelistrikan yang berbeda. *National Equipment Manufacturer's Association (NEMA)* mendefinisikan ketidakseimbangan tegangan dengan istilah *Line Voltage Unbalance Rate (%LVUR)* yang diterjemahkan dengan rumus:

$$\%LVUR = \frac{V_{line\ max} - V_{line\ average}}{V_{line\ average}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- %LVUR = Nilai presentase ketidakseimbangan tegangan (%)
- $V_{line\ max}$ = Nilai Tegangan line (tegangan fasa-fasa) tertinggi (Volt)
- $V_{line\ average}$ = Nilai tegangan line rata-rata (Volt)

IEEE mendefinisikan nilai ketidakseimbangan tegangan dengan istilah *Phase Voltage Unbalance Rate (%PVUR)* yang diterjemahkan dengan rumus:

$$\%PVUR = \frac{V_{phase\ max} - V_{phase\ average}}{V_{phase\ average}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- %PVUR = Nilai presentase ketidakseimbangan tegangan (%)
- $V_{phase\ max}$ = Nilai Tegangan Fasa (tegangan fasa-netral) tertinggi (Volt)
- $V_{phase\ average}$ = Nilai tegangan fasa rata-rata (Volt)

Pada dasarnya terdapat kemiripan pada definisi NEMA dan IEEE, yang membedakan adalah NEMA menggunakan nilai tegangan line atau tegangan fasa-fasa sedangkan IEEE menggunakan

tegangan phasa untuk mencari nilai ketidakseimbangan tegangan pada system kelistrikan 3 phasa. Dalam pengamatannya, (Pillay & Manyage, 2001) menemukan bahwa definisi sesungguhnya dari ketidakseimbangan tegangan adalah rasio atau perbandingan antara nilai tegangan komponen negative berbanding dengan nilai tegangan komponen positif yang dirumuskan dengan:

$$\%VUF = \frac{V_{\text{Negative Sequence Component}}}{V_{\text{Positive Sequence Component}}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- %VUF = Voltage Unbalance Faktor (%)
- $V_{\text{Negative Sequence Component}}$ = Besar Tegangan Urutan Negative (Volt)
- $V_{\text{Positive Sequence Component}}$ = Besar Tegangan Urutan Positive (Volt)

Menurut (Pillay & Manyage, 2001) komponen tegangan urutan positif dan tegangan urutan negative dapat digunakan saat kita akan menganalisa perilaku motor induksi saat dioperasikan dalam keadaan tegangan yang tidak seimbang. Untuk menghitung nilai presentase ketidakseimbangan tanpa memerlukan perhitungan aljabar yang kompleks tapi mendapatkan hasil yang mendekati dengan definisi dari nilai %VUF dapat menggunakan rumus:

$$\% \text{ Voltage Unbalance} = \frac{82. \sqrt{V_{abe}^2 + V_{bce}^2 + V_{cae}^2}}{V_{\text{line average}}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- %Voltage Unbalance = Nilai Presentase Ketidakseimbangan tegangan (%)
- $V_{abe}, V_{bce}, V_{cae}$ = Nilai tegangan line(phasa-phasa) – Nilai tegangan line rata-rata (Volt)

b. Ketidakseimbangan Arus

Berdasarkan pengamatan (Ektianto & Darwanto, 2021) syarat suatu system kelistrikan 3 phasa dikatakan seimbang apabila terdapat kriteria sebagai berikut:

- a. Ketiga vektor arus dari masing-masing phasa (R, S, T) mempunyai nilai yang sama besar.
- b. Perbedaan sudut dari ketiga vektor phasa adalah masing-masing berbeda 120° .

Keadaan tidak seimbang akan terjadi apabila terdapat perbedaan pada salah satu atau ketiga phasa pada suatu generator atau transformator. Perbedaan ini dapat diamati dari besar nilai vektor arus/tegangan dan sudut dari masing-masing pada ketiga phasa tersebut (Kartika Sari, 2018). Dari sisi vektor, terdapat tiga hal yang dapat terjadi jika suatu generator atau transformator tiga phasa mengalami keadaan tidak seimbang, yaitu:

1. Arus pada phasa R, S, dan T mempunyai nilai vector yang sama besar tetapi sudut antara phasa R, S, dan T tidak membentuk sudut sebesar 120° .
2. Vektor antar phasa sudah membentuk sudut sebesar 120° , tetapi ada perbedaan pada nilai vektor phasa R, S, dan T.
3. Terdapat perbedaan pada Nilai vektor pada phasa R, S, dan T dan sudut pada vektor antar phasa tidak membentuk 120° (Istoni & Gunawan, 2021).

Apabila sebuah sumber tegangan listrik mengirimkan daya listrik sebesar P melalui saluran yang terdiri dari empat kawat dengan penghantar netral, jika arus listrik pada setiap phasa (R, S, T) memiliki besaran yang seragam selama proses distribusi, maka besarnya daya listrik tersebut dapat diungkapkan sebagai berikut:

$$P = 3 \times V \times I \times \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- P = Daya Aktif (Watt)
- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)
- cos φ = Faktor Daya

Jika I adalah nilai arus fase dalam situasi seimbang pada daya listrik sebesar P, maka dalam situasi di mana arus pada setiap fase (I_R , I_S , I_T) tidak seimbang, kita dapat mengungkapkannya dengan menggunakan koefisien a, b, c dengan rumus sebagai berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$I_R = a \cdot I \text{ dimana } a = \frac{I_R}{I_{\text{rata-rata}}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$I_S = b \cdot I \text{ dimana } b = \frac{I_S}{I_{\text{rata-rata}}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$I_T = c \cdot I \text{ dimana } c = \frac{I_T}{I_{\text{rata-rata}}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

I_R , I_S , I_T mewakili arus dari masing-masing fasa R, S, dan T. Jika faktor daya (cos φ) diasumsikan tetap, meskipun nilai arus di setiap fasa berbeda, maka daya listrik yang disalurkan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P = (a+b+c) \times V \times I \times \cos \varphi \quad \dots\dots\dots (10)$$

Dalam situasi seimbang di mana nilai arus pada setiap fase adalah sama, nilai koefisien a, b, dan c akan sama, yaitu $a = b = c = 1$. Jika demikian, total nilai $a + b + c$ akan sama dengan 3 Untuk menghitung persentase ketidakseimbangan beban, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Current Unbalance} = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

Dimana: %Current Unbalance = Persentase rata-rata ketidakseimbangan Arus Listrik (%)

c. Daya Semu dan Presentase Pembebanan Generator

Menurut (Kusbiyantoro, 2021), daya semu merupakan daya listrik yang dihasilkan dari perhitungan listrik sebelum terjadinya pembebanan listrik. Daya semu merupakan hasil perkalian antara tegangan (Volt) dengan arus (Ampere), memiliki satuan Volt Ampere atau pada umumnya disingkat menjadi VA. Rumus daya semu adalah sebagai berikut:

$$S_{1\phi} = V \cdot I \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

- $S_{1\phi}$ = Daya Semu 1 Fasa (VA)
- $S_{3\phi}$ = Daya Semu 3 Fasa (VA)

Untuk menghitung nilai presentase pembebanan pada setiap fasa generator listrik dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

Maka, untuk menghitung nilai rata-rata presentase pembebanan generator dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\%b = \frac{\%bR + \%bS + \%bT}{3} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

%b = Persentase pembebanan arus pada setiap fasa (%)

I_{ph} = Arus yang mengalir pada masing-masing fasa (Ampere)

I_{FL} = Arus beban penuh pada generator listrik (*Full Load*) (Ampere)

d. Analisa Korelasi

Analisa korelasi Pearson merupakan salah satu alat statistik yang digunakan untuk mengukur hubungan atau asosiasi diantara dua variabel yang bersifat kuantitatif. Koefisien korelasi (r) digunakan untuk mengevaluasi seberapa kuat hubungan antara variabel independent (X) dan variabel dependen (Y). Rentang nilai koefisien korelasi berkisar antara -1 dan 1 (-1 ≤ r ≤ 1). Hubungan antara variable X & Y dapat dianggap kuat jika koefisien korelasinya lebih besar dari 0,5 atau lebih kecil dari -0,5. Apabila koefisien korelasi positif, ini menandakan bahwa kenaikan (atau penurunan) dalam nilai variabel independen cenderung diikuti oleh kenaikan (atau penurunan) dalam nilai variabel dependen. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kenaikan (atau penurunan) dalam nilai variabel independen cenderung diikuti oleh penurunan (atau kenaikan) dalam nilai variabel dependen (Budiyono, Setyawati, & Indrawati, 2010).

Variabel X dikatakan mempengaruhi variable Y jika perubahan pada nilai X akan menyebabkan perubahan nilai variabel Y (Supranto, 2016). Klasifikasi hubungan antara variabel X dan Y dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1. Korelasi Variabel X dan Y.

| Nilai r | Korelasi |
|----------------|-----------------------------------|
| r = 0 | X dan Y tidak berkorelasi |
| r < 0,5 | Hubungan X dan Y lemah |
| 0,5 < r < 0,75 | Hubungan X dan Y cukup kuat |
| 0,75 < r < 0,9 | Hubungan X dan Y kuat |
| 0,9 < r < 1 | Hubungan X dan Y sangat kuat |
| r = 1 | Hubungan X dan Y sempurna positif |
| r = -1 | Hubungan X dan Y sempurna negatif |

Sumber: (Supranto, 2016)

Untuk mencari nilai koefisien korelasi Pearson (*Pearson's product moment coefficient of correlation*) atau nilai r dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

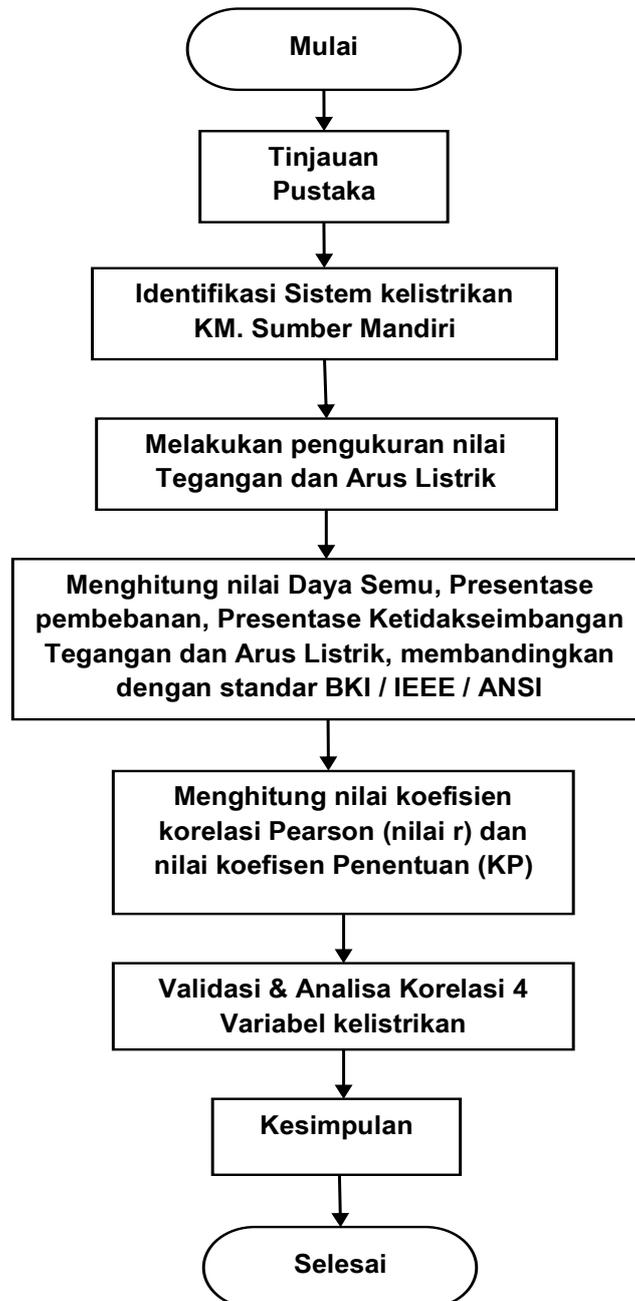
$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \dots\dots\dots (16)$$

Untuk menyatakan berapa besar pengaruh variabel X terhadap variabel Y dinyatakan dalam bentuk Koefisien Penentuan (*coefficient of determination*) yang dinyatakan dalam KP dan dihitung dengan persamaan:

$$KP = r^2 \dots\dots\dots (17)$$

2.3. Metode

Pengambilan data penelitian dilaksanakan di atas kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri yang terdaftar sebagai milik PT. Hasil Laut Sejati dan memiliki daerah pengoperasian penangkapan ikan di wilayah perairan Natuna. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 dimana dalam 1 hari dilakukan pengukuran nilai besaran listrik saat generator listrik beroperasi yaitu pada pukul 18.00 s/d pukul 23.00 WIB. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada flowchart berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Generator dan Beban Listrik KM. Sumber Mandiri

Kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri merupakan kapal ikan jenis pukat cincin atau dalam bahasa asing disebut dengan nama *Purse Seine* yang beroperasi di perairan Natuna. Generator listrik pada kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri memiliki kapasitas sebesar 250 kVA. Berikut spesifikasi dari generator kapal penangkap ikan KM. Sumber Mandiri:

Tabel 2. Spesifikasi Mesin listrik KM. Sumber Mandiri.

| No | Nama Bagian | Spesifikasi |
|----|-----------------|-----------------|
| 1 | Tegangan | 380 Volt |
| 2 | Daya | 250 kVA |
| 3 | Frekuensi | 50 Hz |
| 4 | Phase | 3 Phase |
| 5 | Jenis Generator | AC |
| 6 | Mesin Penggerak | Motor Diesel |
| 7 | Merk Mesin | Cummins NTA 855 |
| 8 | Jumlah Silinder | 6 |
| 9 | Sistem Pelumas | Oli Sae 40 |
| 10 | Sistem Start | Elektrik |

Pada KM. Sumber Mandiri pemakaian listrik terbanyak terdapat pada pemakaian lampu. Dimana setiap lampunya memiliki kapasitas daya listrik sebesar 500-2000 Watt. Terdapat 4 buah bola lampu dengan jenis dan spesifikasi yang berbeda. Selain dari pemakaian lampu, kebutuhan energi listrik pada KM. Sumber Mandiri juga di pakai untuk memenuhi kebutuhan kelistrikan lainnya seperti mesin pendingin, alat navigasi, dan alat elektronik lainnya.

Tabel 3. Beban listrik Pada KM. Sumber Mandiri.

| No | Jenis Peralatan listrik | Phasa | Daya (Watt) | Unit |
|----|-------------------------|-------|-------------|------|
| 1 | GPS | 1 | 60 | 2 |
| 2 | Eco Sounder | 1 | 40 | 1 |
| 3 | Lampu Cumi | 1 | 1500 | 50 |
| 4 | Lampu LED | 1 | 250 | 20 |
| 5 | AC | 1 | 660 | 2 |
| 6 | Trafo Cas | 1 | 220 | 3 |
| 7 | Kipas angin | 1 | 100 | 1 |
| 8 | Lampu Mercury | 1 | 2000 | 5 |
| 9 | Sanyo Celup | 1 | 550 | 1 |
| 10 | Blender | 1 | 250 | 1 |
| 11 | Motor kompresor | 1 | 6500 | 5 |
| 12 | Motor Kondensor | 1 | 2200 | 5 |
| 13 | Radio | 1 | 85 | 1 |
| 14 | TV | 1 | 120 | 1 |

3.2. Data Besaran Listrik KM. Sumber Mandiri

Pengambilan data nilai tegangan dan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri dilakukan selama 10 hari dimulai dari tanggal 17 November 2022 sampai dengan 26 November 2022. Pengukuran nilai besaran arus listrik dilakukan dengan mengukur nilai tegangan 1 phasa, tegangan 3 phasa dan nilai arus listrik

pada setiap fasa (fasa R, S, dan T). Pengukuran nilai tegangan dan arus listrik ini bertujuan untuk mencari nilai daya semu, presentase pembebanan generator, presentase ketidak seimbangan arus listrik dan presentase ketidakseimbangan tegangan pada instalasi listrik 3 fasa pada generator KM. Sumber Mandiri. Hasil dari perhitungan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik selain untuk dibandingkan dengan nilai toleransi maksimal ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik yang dikeluarkan oleh BKI / IEEE / ANSI, juga akan dilakukan analisa korelasi terhadap keempat variabel tersebut. Analisa korelasi tersebut bertujuan untuk mencari hubungan antara variabel daya semu, presentase pembebanan generator, ketidakseimbangan tegangan dan ketidakseimbangan arus listrik. Tabel berikut akan menampilkan sampel pengukuran besaran listrik pada KM. Sumber Mandiri.

Tabel 4. Pengukuran Besaran Listrik KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022.

| No | Waktu | Tegangan Listrik (Volt) | | | | | | Arus Listrik (Ampere) | | |
|----|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | | R-S | R-T | S-T | R-N | S-N | T-N | R | S | T |
| 1 | 18.00 | 370,6 | 374,1 | 374,2 | 212,8 | 212,2 | 213,1 | 173,3 | 173,1 | 152,5 |
| 2 | 19.00 | 370,6 | 374,1 | 374,2 | 211,8 | 211,3 | 213,2 | 173,2 | 152,5 | 160,8 |
| 3 | 20.00 | 371,5 | 374,1 | 374,2 | 212,2 | 212,2 | 213,2 | 173,4 | 153,4 | 160,6 |
| 4 | 21.00 | 371,5 | 374,1 | 374,1 | 212,4 | 212,2 | 213,3 | 173,3 | 152,4 | 160,6 |
| 5 | 22.00 | 371,4 | 374,1 | 374,2 | 212,6 | 212,2 | 213,2 | 173,4 | 152,5 | 160,5 |
| 6 | 23.00 | 372,2 | 375,2 | 375,2 | 212,1 | 212,1 | 214,3 | 174,2 | 152,3 | 160,7 |

Tabel 5. Pengukuran Besaran Listrik KM. Sumber Mandiri tanggal 18 November 2022

| No | Waktu | Tegangan Listrik (Volt) | | | | | | Arus Listrik (Ampere) | | |
|----|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | | R-S | R-T | S-T | R-N | S-N | T-N | R | S | T |
| 1 | 18.00 | 377,5 | 378,7 | 377,8 | 214,4 | 213,3 | 215,8 | 147,7 | 147,6 | 162,5 |
| 2 | 19.00 | 372,2 | 375,4 | 375,7 | 212,7 | 212,4 | 214,6 | 172,7 | 153,7 | 162,7 |
| 3 | 20.00 | 372,9 | 376,9 | 375,8 | 212,4 | 212,7 | 215,7 | 175,9 | 152,6 | 150,6 |
| 4 | 21.00 | 372,6 | 375,8 | 375,8 | 212,5 | 212,9 | 215,8 | 175,9 | 152,9 | 150,7 |
| 5 | 22.00 | 372,8 | 375,7 | 375,7 | 212,6 | 212,3 | 214,7 | 172,7 | 152,8 | 162,5 |
| 6 | 23.00 | 372,9 | 375,8 | 375,9 | 212,5 | 212,6 | 215,2 | 175,9 | 152,9 | 150,4 |

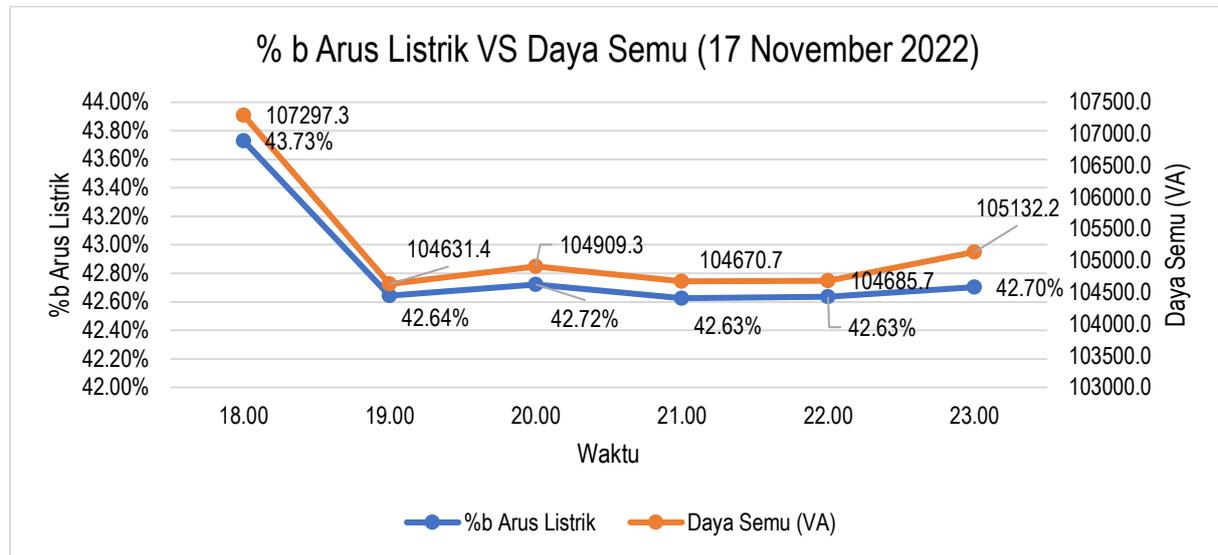
Tabel 6. Pengukuran Besaran Listrik KM. Sumber Mandiri tanggal 22 November 2022

| No | Waktu | Tegangan Listrik (Volt) | | | | | | Arus Listrik (Ampere) | | |
|----|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | | R-S | R-T | S-T | R-N | S-N | T-N | R | S | T |
| 1 | 18.00 | 372,4 | 376,2 | 375,5 | 214,7 | 212,8 | 214,3 | 167,3 | 153,8 | 151,9 |
| 2 | 19.00 | 371,8 | 374,8 | 375,2 | 212,9 | 212,5 | 213,7 | 170,4 | 152,9 | 161,4 |
| 3 | 20.00 | 371,5 | 374,7 | 375,4 | 212,8 | 212,5 | 213,4 | 170,5 | 152,6 | 161,6 |
| 4 | 21.00 | 371,5 | 374,7 | 375,6 | 212,8 | 212,7 | 213,6 | 170,4 | 152,5 | 161,5 |
| 5 | 22.00 | 371,7 | 374,8 | 375,6 | 212,6 | 212,8 | 213,7 | 170,4 | 152,7 | 161,5 |
| 6 | 23.00 | 371,5 | 374,3 | 375,2 | 212,6 | 212,7 | 213,5 | 170,3 | 152,8 | 161,7 |

Dari hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa terdapat ketidakseimbangan nilai tegangan dan ketidakseimbangan beban atau ketidakseimbangan arus listrik pada instalasi listrik tiga fasa di KM. Sumber Mandiri. Adanya ketidakseimbangan arus listrik pada system listrik tiga fasa dapat mengakibatkan mengalirnya arus listrik pada penghantar netral.

3.3. Nilai Daya Semu dan Nilai Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Listrik KM. Sumber Mandiri

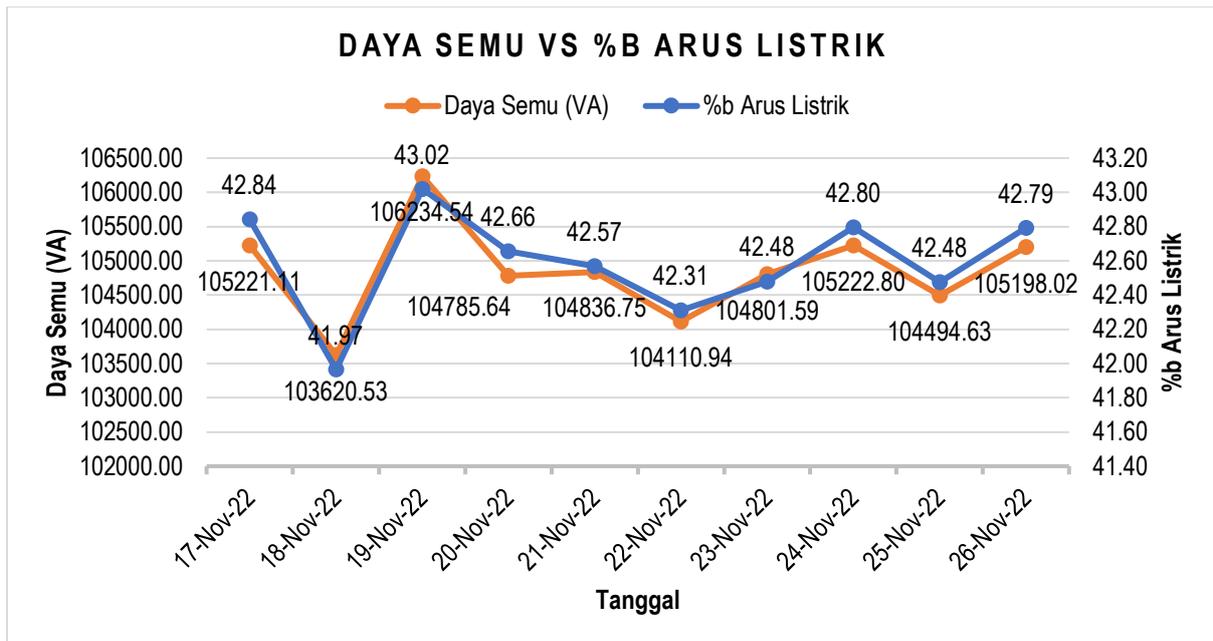
Dari Hasil pengukuran di atas, akan dicari nilai daya semu, presentase pembebanan dan presentase ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada instalasi listrik tiga fase KM. Sumber Mandiri. Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dipaparkan sebelumnya, maka hasil perhitungan variabel-variabel tersebut dapat kita lihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Daya Semu dan Presentase Pembebanan Arus Listrik.

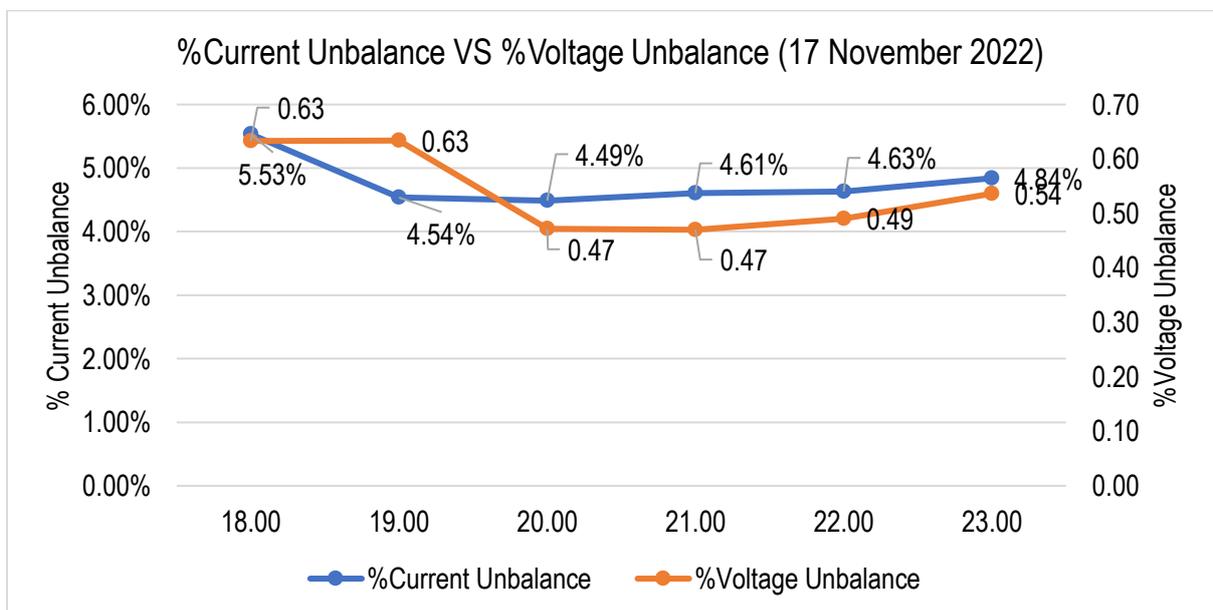
Gambar 2 menunjukkan nilai daya semu dan presentase pembebanan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri saat melakukan aktifitas penangkapan ikan di laut pada tanggal 17 November 2022. Pengukuran dilakukan pada pukul 18.00 sampai dengan pukul 23.00. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai daya semu tertinggi adalah pada pukul 18.00 dengan nilai 107,3 kVA, dengan nilai rata-rata daya semu pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 105,2 kVA atau sebesar 42,09% dari kapasitas generator (250 kVA). Dari sisi pemakaian arus listrik, generator listrik KM. Sumber Mandiri memiliki kapasitas penghantaran arus sebesar 380,3 Ampere. Dari grafik di atas terlihat bahwa presentase pembebanan arus listrik tertinggi juga terjadi pada pukul 18.00 dengan nilai 43,73%, dengan nilai rata-rata presentase pembebanan pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 42,84%.

Gambar 3 menunjukkan nilai daya semu dan presentase pembebanan arus listrik rata-rata pada KM. Sumber Mandiri saat melakukan aktifitas penangkapan ikan di laut pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022. Pengukuran dilakukan pada pukul 18.00 sampai dengan pukul 23.00. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai rata-rata daya semu tertinggi adalah pada tanggal 19 November 2022 dengan nilai 106,2 kVA atau sebesar 42,49% dari kapasitas generator (250 kVA). Dari sisi pemakaian arus listrik, generator listrik KM. Sumber Mandiri memiliki kapasitas penghantaran arus sebesar 380,3 Ampere. Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai rata-rata presentase pembebanan arus listrik tertinggi juga terjadi pada tanggal 19 November 2022 dengan nilai 43,02. Dari dua parameter tersebut dapat kita simpulkan bahwa pada tanggal 17 November 2022 pembebanan generator listrik KM. Sumber Mandiri masih di bawah angka 50%.



Gambar 3. Nilai rata-rata Daya Semu dan Presentase Pembebanan.

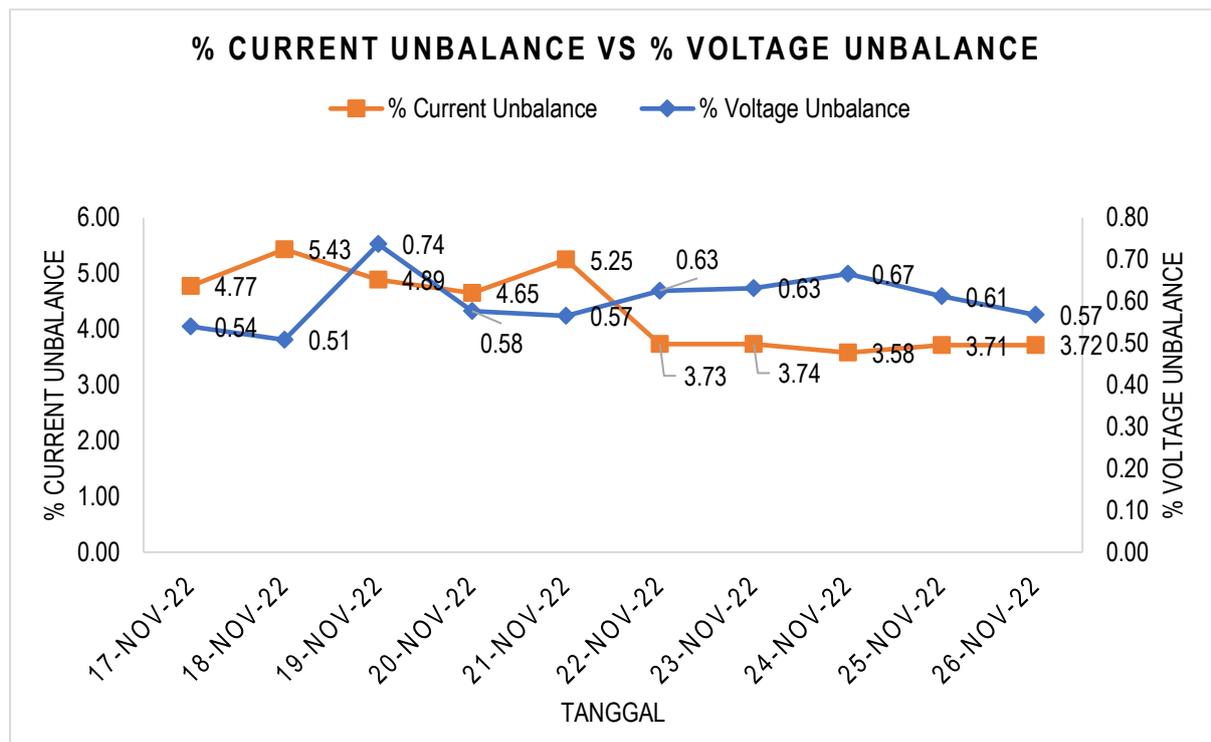
Dari hasil pengukuran-pengukuran di atas, kemudian dicari nilai presentase ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri. Dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (11), maka nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Listrik 17 November 2022.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai tertinggi ketidakseimbangan tegangan pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 0,63% yang terjadi pada pukul 18.00 dan 19.00. Nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 0,54%. Hal ini menandakan bahwa nilai ketidakseimbangan tegangan KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 masih tergolong cukup baik karena masih berada di bawah nilai standar toleransi maksimal yang dikeluarkan oleh IEEE Std. 45-2002 yang mensyaratkan bahwa nilai toleransi ketidakseimbangan tegangan pada instalasi listrik kapal adalah sebesar $\pm 7\%$. Dan peraturan ANSI C84.1-1995 yang mensyaratkan bahwa nilai maksimal presentase ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 3%. Nilai

presentase ketidakseimbangan arus listrik tertinggi (%Unbalance Current) KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 5,53% dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus listrik pada tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 4,77%. Dari hasil perhitungan ketidakseimbangan arus listrik tersebut juga menunjukkan bahwa nilai ketidakseimbangan arus listrik KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 dapat dikatakan cukup baik karena masih berada di bawah nilai standar maksimal yang dikeluarkan oleh BKI dan IEEE Std. 45-2002 mengenai Instalasi Listrik di Kapal yang mengamanatkan bahwa dalam situasi operasional normal, persentase ketidakseimbangan beban arus listrik pada setiap fasa tidak boleh melampaui 15%.



Gambar 5. Nilai Rata-rata Ketidakseimbangan Tegangan dan Arus Listrik.

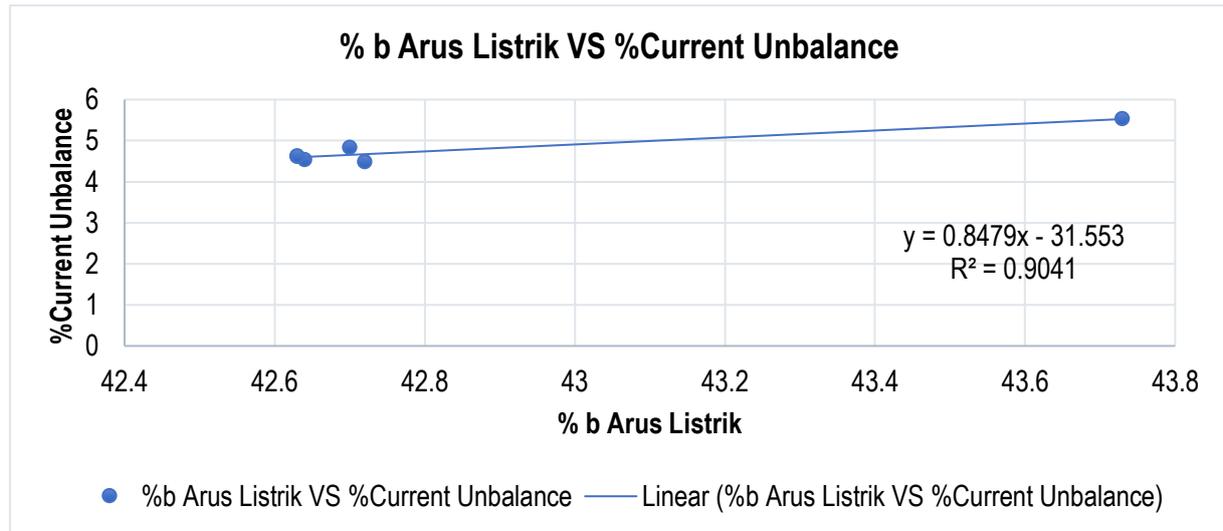
Gambar 5 menunjukkan nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik KM. Sumber Mandiri dari tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan tertinggi berada pada tanggal 19 November 2022 dengan nilai sebesar 0,74% dan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus listrik tertinggi berada pada tanggal 18 November 2022 dengan nilai sebesar 5,43%. Dari dua parameter tersebut dapat dikatakan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik KM. Sumber Mandiri dari tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 tergolong cukup baik karena berada di bawah nilai ambang batas toleransi ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKl) dalam peraturan Volume IV tahun 2019 dan 2022 dan The Institute Of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Std. 45-2002 serta American National Standards Institute (ANSI) dalam peraturan ANSI C84.1-1995 yang mensyaratkan bahwa nilai maksimal presentase ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 3%.

3.4. Analisa Korelasi Pearson

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi dan menganalisis hubungan yang mungkin ada diantara empat variabel utama yang telah diidentifikasi dalam konteks penelitian ini, yaitu daya semu, presentase pembebanan generator, ketidakseimbangan tegangan, dan ketidakseimbangan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri. Penelitian ini akan menggunakan metode analisis korelasi Pearson untuk mengukur dan mengidentifikasi korelasi yang ada diantara keempat variabel tersebut.

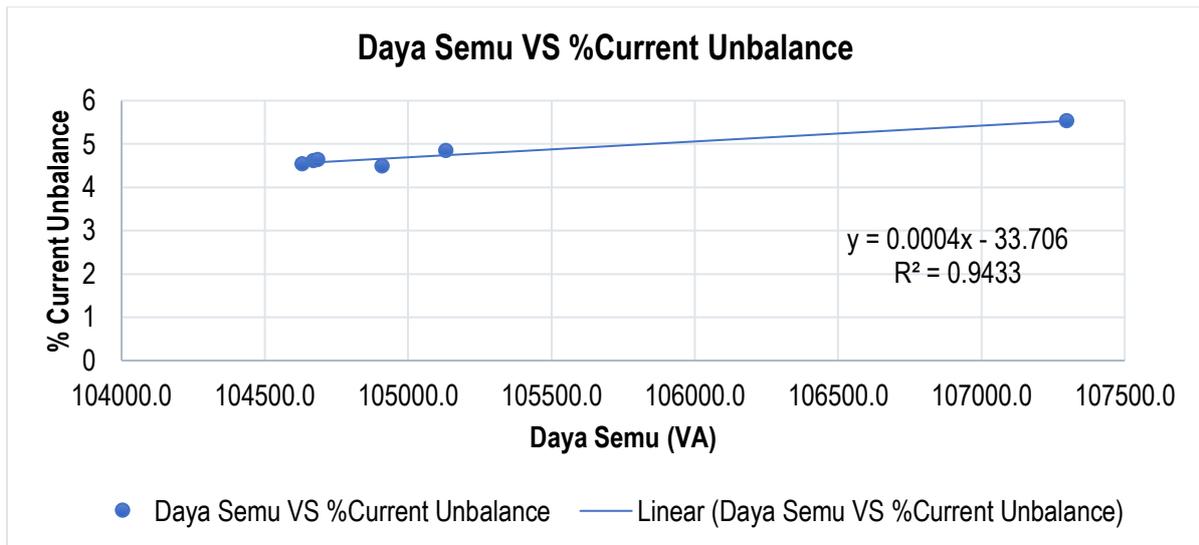
Pertama, penelitian ini akan coba mengeksplorasi korelasi antara daya semu atau presentase pembebanan generator dengan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada generator KM. Sumber Mandiri. Dengan demikian, kita akan dapat memahami apakah tingkat daya semu atau pembebanan generator memiliki pengaruh terhadap tingkat ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada sistem kelistrikan tiga fasa yang diteliti.

Kedua, penelitian ini akan mencari hubungan antara ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik pada KM. Sumber Mandiri. Ini penting untuk memahami apakah ketidakseimbangan tegangan dapat berdampak pada ketidakseimbangan arus listrik di lokasi tersebut, dan sebaliknya. Dengan menggunakan data-data pengukuran yang terdapat pada tabel 4 dan menggunakan persamaan (16) dan (17), maka korelasi keempat variabel tersebut tergambar pada grafik berikut:



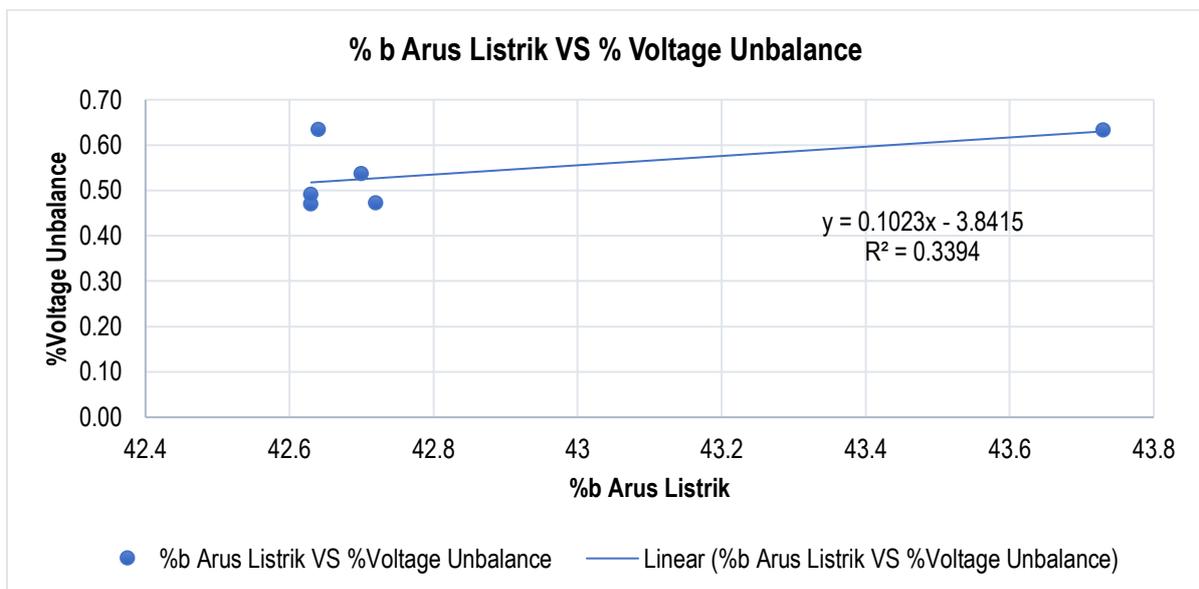
Gambar 6. Korelasi Presentase Pembebanan Arus Listrik Dengan Ketidakseimbangan Arus Listrik.

Gambar 6 menunjukkan korelasi antara presentase pembebanan arus listrik pada generator KM. Sumber Mandiri dengan nilai ketidakseimbangan arus listrik pada tanggal 17 November 2022. Dengan menggunakan persamaan (16) didapatkan bahwa nilai koefisien korelasi pearson (nilai r) adalah sebesar 0,9508, dengan nilai Koefisien Penentu atau r^2 adalah sebesar 0,9041. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara variabel X dan variabel Y yang artinya besarnya sumbangan naik turunnya presentase pembebanan arus listrik pada generator terhadap variasi nilai ketidakseimbangan arus listrik pada generator KM. Sumber Mandiri adalah sebesar 90,41%, sedangkan sisanya 9,59% merupakan sumbangan faktor lainnya.

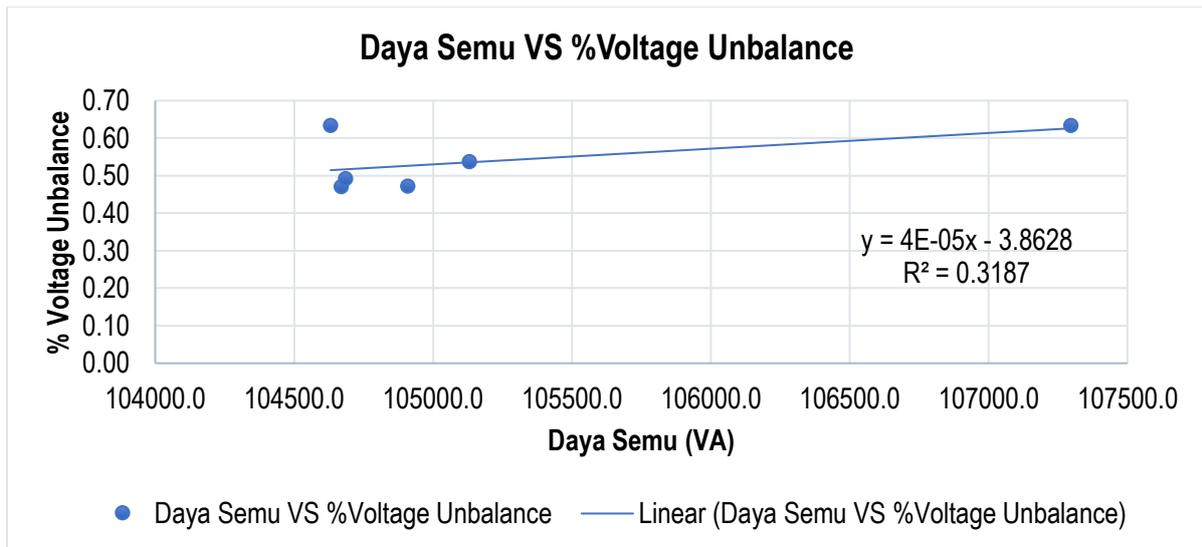


Gambar 7. Korelasi Daya Semu Dengan Ketidakseimbangan Arus Listrik.

Gambar 7 menunjukkan nilai koefisien korelasi antara variabel X dan Y atau nilai r adalah sebesar 0,9712 dengan nilai r^2 adalah sebesar 0,9433. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara variabel X dan variabel Y yang artinya besarnya sumbangan daya semu pada generator terhadap variasi nilai ketidakseimbangan arus listrik pada generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 94,33%, sedangkan sisanya 5,67% merupakan sumbangan faktor lainnya.

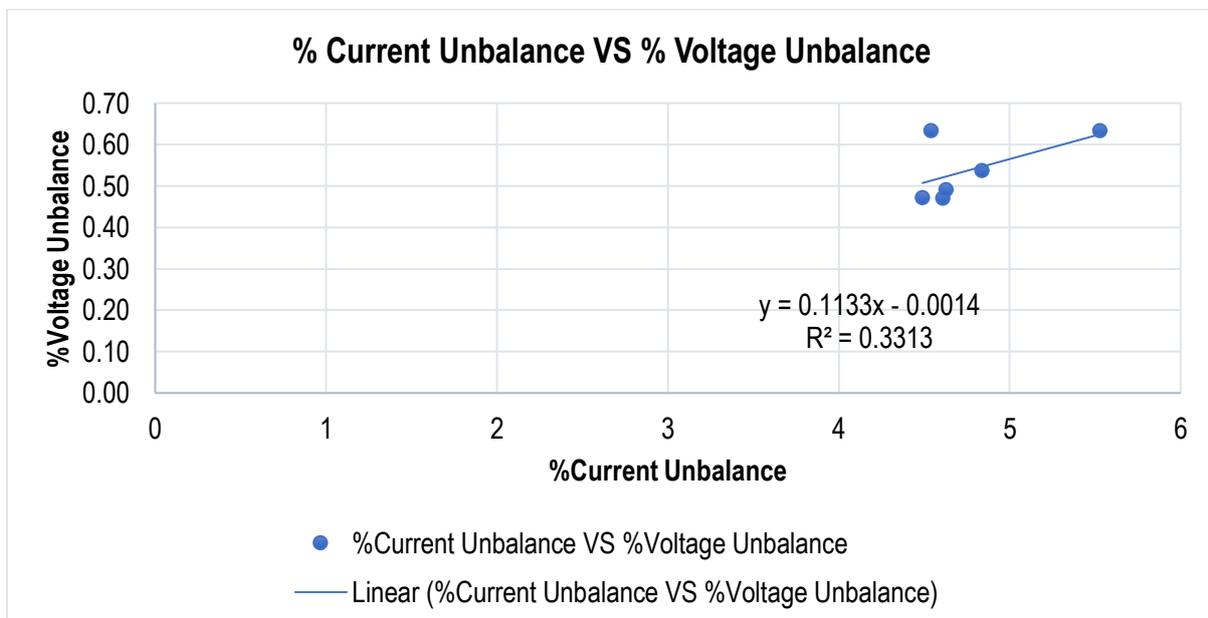


Gambar 8. Korelasi Presentase Pembebanan Arus listrik dengan Ketidakseimbangan Tegangan.



Gambar 9. Korelasi Daya Semu dengan Ketidakseimbangan Tegangan.

Gambar 8 dan **Gambar 9** menggambarkan korelasi antara nilai presentase pembebanan arus listrik dengan ketidakseimbangan tegangan dan korelasi nilai daya semu dengan ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022. Pada kedua gambar tersebut menunjukkan terdapat hubungan yang cukup kuat diantara variabel X dan variabel Y dengan nilai koefisien korelasi adalah sebesar 0,5826 pada **Gambar 8** dan nilai koefisien korelasi sebesar 0,5645 pada **Gambar 9**. Besarnya sumbangan nilai presentase pembebanan generator terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 33,94% sedangkan sisanya 66,06% adalah sumbangan dari faktor lainnya. Besarnya sumbangan nilai daya semu terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 adalah sebesar 31,87% sedangkan sisanya 68,13% adalah sumbangan dari faktor lainnya.

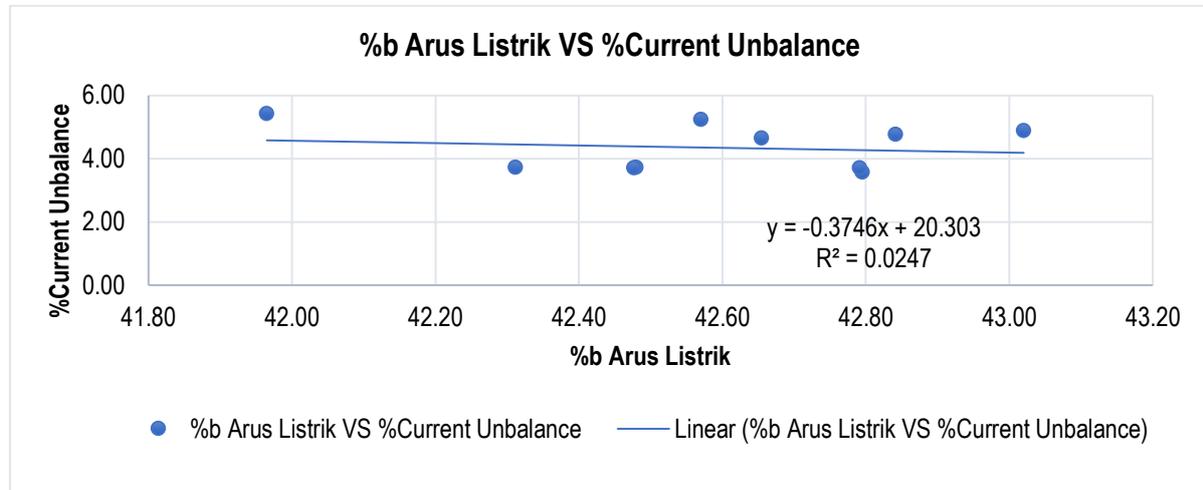


Gambar 10. Korelasi Ketidakseimbangan Arus dan Ketidakseimbangan Tegangan.

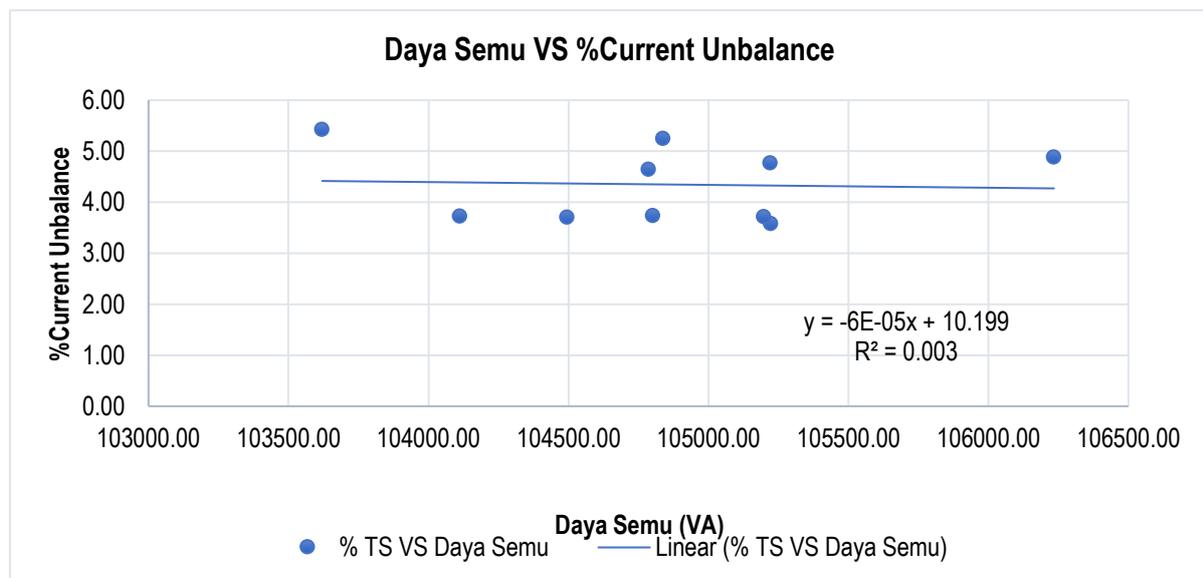
Gambar 10 menunjukkan terdapat hubungan yang cukup kuat diantara variabel X dan variabel Y dengan nilai koefisien korelasi adalah sebesar 0,5755. Besarnya sumbangan ketidakseimbangan arus terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17

November 2022 adalah sebesar 33,13% sedangkan sisanya 66,87% adalah sumbangan dari faktor lainnya.

Korelasi nilai rata-rata daya semu, presentase pembebanan generator, ketidaseimbangan tegangan dan ketidakseimbangan arus listrik pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 digambarkan pada grafik berikut:



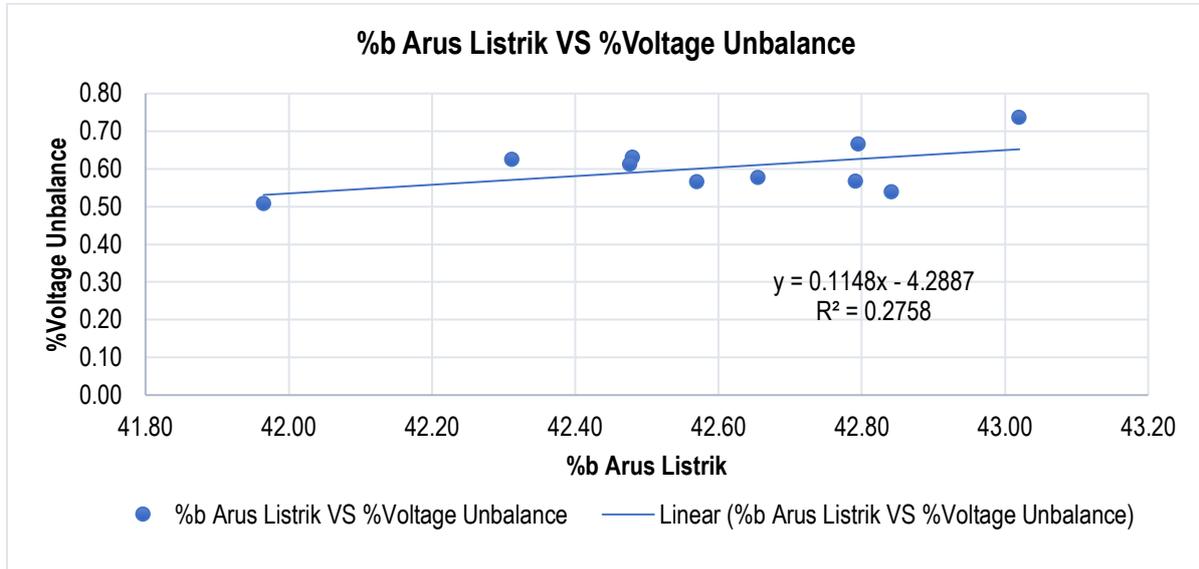
Gambar 11. Korelasi Nilai Rata-Rata Presentase Pembebanan Generator Dengan Ketidakseimbangan Arus Listrik.



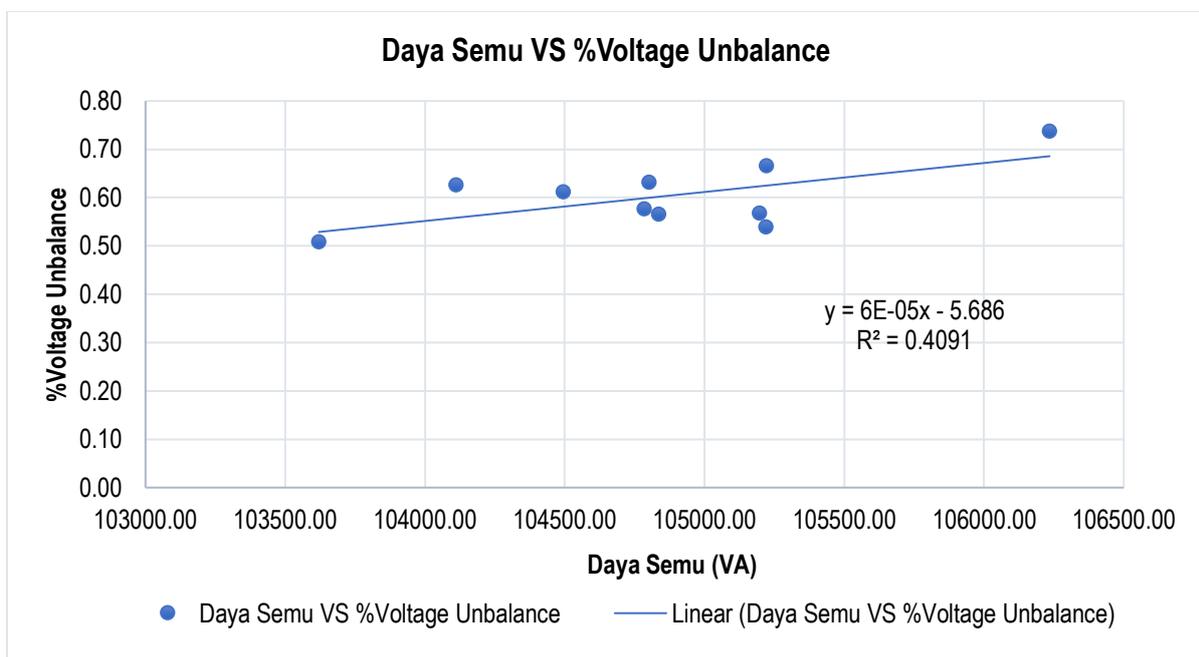
Gambar 12. Korelasi Nilai Rata-Rata Daya Semu Dengan Ketidakseimbangan Arus Listrik.

Gambar 11 dan **Gambar 12** menggambarkan korelasi antara nilai rata-rata presentase pembebanan arus listrik dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus dan korelasi nilai rata-rata daya semu dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus pada generator KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022. Pada kedua gambar tersebut menunjukkan terdapat hubungan negatif yang lemah diantara variabel X dan variabel Y dengan nilai koefisien korelasi berturut-turut adalah sebesar -0,1573 pada gambar 11 dan nilai koefisien korelasi sebesar -0,0546 pada gambar 12. Secara statistik, besarnya sumbangan nilai rata-rata presentase pembebanan generator terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan arus hanya sebesar 2,47% sedangkan sisanya 97,53% adalah sumbangan atau pengaruh dari faktor lainnya. Besarnya sumbangan nilai rata-rata daya semu terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan arus pada generator KM.

Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 adalah sebesar 0,29% sedangkan sisanya 99,71% adalah sumbangan dari faktor lainnya. Hal ini menandakan bahwa tinggi rendahnya pemakaian arus listrik dan daya listrik pada generator KM. Sumber Mandiri bukan menjadi faktor penyebab utama timbulnya nilai ketidakseimbangan arus pada generator KM. Sumber Mandiri.



Gambar 13. Korelasi Nilai Rata-Rata Presentase Pembebanan Generator Dengan Ketidakseimbangan Tegangan.

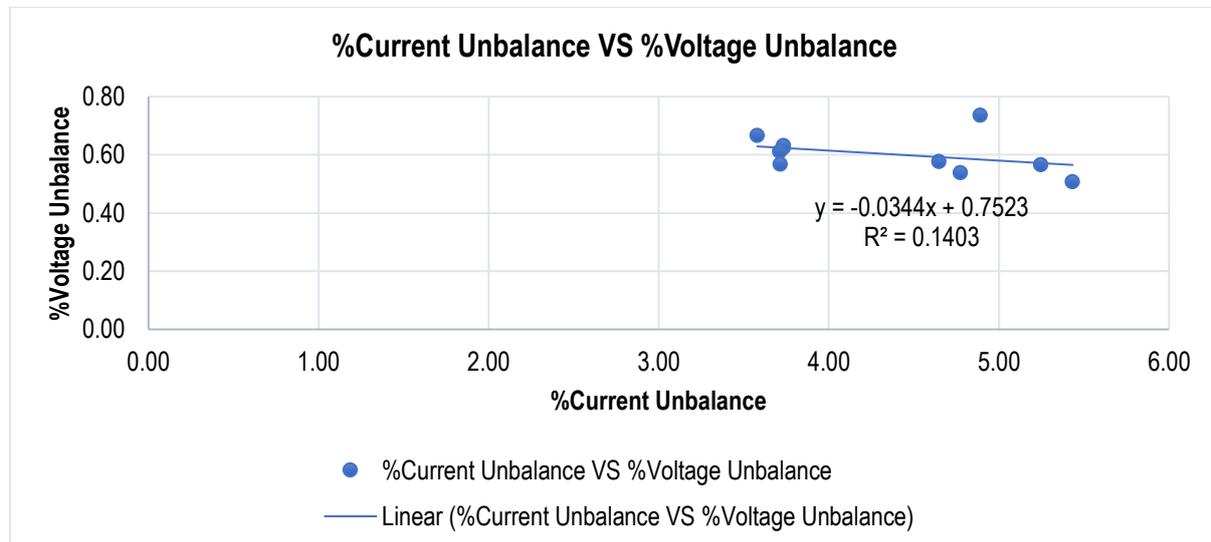


Gambar 14 Korelasi Nilai Rata-Rata Daya Semu Dengan Ketidakseimbangan Tegangan.

Hasil yang berbeda didapatkan pada **Gambar 13** dan **Gambar 14**. Kedua gambar tersebut menggambarkan korelasi antara nilai rata-rata presentase pembebanan generator dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan dan korelasi nilai rata-rata daya semu dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan generator KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022. **Gambar 13** menunjukkan bahwa antara variabel X dengan variabel Y memiliki hubungan yang cukup kuat dengan nilai koefisien korelasinya adalah sebesar 0,5252. Secara statistik,

besarnya sumbangan nilai rata-rata presentase pembebanan generator terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 27,58% sedangkan sisanya 72,42% adalah sumbangan atau pengaruh dari faktor lainnya. Gambar 14 menunjukkan bahwa antara variabel X dengan variabel Y memiliki hubungan yang lebih kuat dengan nilai koefisien korelasinya adalah sebesar 0,6395. Secara statistik, besarnya sumbangan nilai rata-rata daya semu terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 40,91% sedangkan sisanya 59,09% adalah sumbangan atau pengaruh dari faktor lainnya. Hal ini menandakan bahwa tinggi rendahnya pemakaian arus listrik dan daya listrik pada generator KM. Sumber Mandiri pada tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 memiliki pengaruh timbulnya nilai ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri.

Gambar 15 merupakan korelasi nilai rata-rata ketidakseimbangan arus dengan nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022. Secara statistik, grafik tersebut menunjukkan adanya hubungan negative yang lemah antara variabel X dengan variabel Y dengan nilai koefisien korelasinya adalah sebesar -0,3746. Nilai koefisien penentu atau r^2 pada grafik tersebut menunjukkan angka 0,1403 yang memiliki arti bahwa naik turunnya nilai ketidakseimbangan arus terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri memiliki pengaruh sebesar 14,03%, sedangkan sisanya sebesar 85,97% adalah disebabkan oleh faktor lainnya.



Gambar 15. Korelasi Nilai Rata-Rata Ketidakseimbangan Arus dan Ketidakseimbangan Tegangan.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan tertinggi KM. Sumber Mandiri berada pada tanggal 19 November 2022 dengan nilai sebesar 0,74% dan nilai rata-rata ketidakseimbangan arus listrik tertinggi berada pada tanggal 18 November 2022 dengan nilai sebesar 5,43%. Dari dua parameter tersebut dapat dikatakan nilai ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik KM. Sumber Mandiri dari tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 tergolong cukup baik karena berada di bawah nilai ambang batas toleransi ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik yang dikeluarkan oleh Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam peraturan Volume IV tahun 2019 dan 2022 dan The Institute Of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Std. 45-2002 serta American National Standards Institute (ANSI) dalam peraturan ANSI C84.1-1995 yang mensyaratkan bahwa nilai maksimal presentase ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 3%. Secara statistik, besarnya sumbangan nilai rata-rata presentase pembebanan generator terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan arus hanya sebesar 2,47%. Besarnya sumbangan nilai rata-rata daya semu terhadap

variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan arus pada generator KM. Sumber Mandiri tanggal 17 November 2022 sampai dengan tanggal 26 November 2022 adalah sebesar 0,29%. Hal ini menandakan bahwa secara statistic tinggi rendahnya pemakaian arus listrik dan daya listrik pada generator KM. Sumber Mandiri bukan menjadi faktor penyebab utama timbulnya nilai ketidakseimbangan arus pada generator KM. Sumber Mandiri. Besarnya sumbangan nilai rata-rata presentase pembebanan generator terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 27,58%, sedangkan besarnya sumbangan nilai rata-rata daya semu terhadap variasi nilai rata-rata ketidakseimbangan tegangan adalah sebesar 40,91%. Naik turunnya nilai ketidakseimbangan arus terhadap variasi nilai ketidakseimbangan tegangan pada generator KM. Sumber Mandiri memiliki pengaruh sebesar 14,03%, sedangkan sisanya sebesar 85,97% adalah disebabkan oleh faktor lainnya. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi wawasan yang berharga dalam pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakseimbangan tegangan dan arus listrik dalam lingkungan yang diteliti dari sisi keilmuan statistik, serta dapat membantu dalam perbaikan dan perancangan sistem kelistrikan yang lebih efisien dan handal pada instalasi listrik tiga fasa KM. Sumber Mandiri.

Daftar Pustaka

- Adekitan, A. I. (2020). A New Definition of Voltage Unbalance Using Supply Phase Shift. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*. doi:<https://doi.org/10.1007/s40313-020-00579-8>
- Afandi, I., Agalgaonkar, A. P., & Perera, S. (2022). Integrated Volt/Var Control Method for Voltage Regulation and Voltage Unbalance Reduction in Active Distribution Networks. *Energies*, 1-21.
- Bogarra, S., Saura, J., & Rolán, A. (2022). New Smart Sensor for Voltage Unbalance Measurements in Electrical Power Systems. *Sensors*, 1-18.
- Budiwati, T., Budiyo, A., Setyawati, W., & Indrawati, A. (2010). Analisis Korelasi Pearson Untuk Unsur-Unsur Kimia Air Hujan di Bandung. *Jurnal Sains Dirgantara*, 7(2), 100-112.
- Cuong, N. X., Tuan, L. A., & Nhu Y, D. (2022). Effect of Voltage Unbalances on the Performance of a Three-phase Transformer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-7. doi:[doi:10.1088/1755-1315/1111/1/012050](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1111/1/012050)
- Denis, Sinuraya, E. W., Soemantri, M., & Rafif, I. R. (2022). Evaluation and Mitigation of Voltage and Current Unbalance at MSTP Undip Jepara. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-9. doi:[doi:10.1088/1742-6596/2406/1/012013](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2406/1/012013)
- Ektianto, A. S., & Darwanto, A. (2021, Juli). Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Cepu. *SIMETRIS*, 35-42.
- Istoni, R., & Gunawan, A. (2021, Desember). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Rugi-rugi pada Transformator 3 Fasa 20 kV/400 V di PT. SGMW Motor Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 109-116.
- Kartika Sari, G. A. (2018). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi Studi Kasus pada PT. PLN(Persero) Rayon Blora. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Kusbiyantoro, E. (2021). *Analisa Tegangan Tidak Seimbang Terhadap Torsi Dan Daya Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Simulasi MATLAB*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Makarim, A. A., Sukmadi, T., & Winardi, B. (2016). Analisis Ketidakseimbangan Tegangan Dan Kenaikan Suhu Pada Motor Induksi 3 Fasa Akibat Gangguan Single-Phasing. *Transmisi*, 18, 145-151.
- Manik, D. F., Hertiani, T., & Anshory, H. A. (2014). Analisis Korelasi Antara Kadar Flavonoid Dengan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Dan Fraksi-Fraksi Daun Kersen (*Muntingia calabura L.*) Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Khazanah*, 6(2), 1-11.
- Oluseyi, P., Jatto, G., Okoro, O., & Akinbulire, T. (2021). Assessment of the Influence of Voltage Unbalance on Three-Phase Operation of Power System. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, 40, 901-912.
- Pillay, P., & Manyage, M. (2001). Definitions of Voltage Unbalance. *IEEE Power Engineering Review*, 50-51.

- Popa, G. N., Iagar, A., & Dinis, C. M. (2021). Considerations on Current and Voltage Unbalance of Nonlinear Loads in Residential and Educational Sectors. *Energies*, 1-29. doi:<https://dx.doi.org/10.3390/>
- Supranto, J. (2016). *Statistik (Teori dan Aplikasi)* (8 ed.). Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia: Erlangga.
- Wijaya, B. A., Handoko, S., & Zahra, A. A. (2021). Analisis Dan Perancangan Mitigasi Ketidakseimbangan Tegangan Dan Arus Di Poltekkes Semarang. *Transient*, 10(2), 319-326.