



ISSN 2088-060X

Jurnal Sains & Teknologi

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DARMA PERSADA

Volume XI. No 3. Desember 2021

**METODE PROMETHEE II DAN NAIVE BAIYES PADA SISTEM PENDUKUNG
KEPUTUSAN PENERIMA BANTUAN DANA DESA**
Timor Setiyaningsih, Jeinnudin Yusuf

**IMPLEMENTASI METODE FP- GROWTH DAN HASH BASED PADA SISTEM
PENJUALAN MENGGUNAKAN QR CODE**
Suzuki Syofian, Ankegeera Abhidharma

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MENINGKATKAN PENDAPATAN
MASYARAKAT MELALUI BANK SAMPAH MENGGUNAKAN METODE
COMPOSITE PERFORMANCE INDEX**
Eka Yuni Astuty, Akbar Noprianto

**PENERAPAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS UNTUK SISTEM PENDUKUNG
KEPUTUSAN KELAYAKAN KENAIKAN GAJI KARYAWAN PT. E-CLEAN INDONESIA**
Nur Syamsiyah, Eva Novianti, Nastiti Widyarini

**RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN BARANG DAN ALAT KESEHATAN
MENGGUNAKAN METODE FIRST IN FIRST OUT (FIFO) PADA
PT. MITRA FAJAR SELARAS JAKARTA**
Yahya, Mira F. Sesunan, Verni Seftevia

**IMPLEMENTASI NEURAL NETWORK UNTUK MEMBANGUN MODEL PREDIKSI
KEBUTUHAN BANDWIDTH DAN SPESIFIKASI SERVER DI MASA DEPAN**
Herianto, Vega Humaira

**ANALISIS PENGARUH PELETAKAN PANEL SURYA DI ATAS DECK HOUSE
TERHADAP STABILITAS KAPAL**
Shanty Manullang, Rizki Irvana, M. Alfatt Nst, M. Ricky Daryansah

**MODEL AUDIT SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
DENGAN PENDEKATAN STANDAR ERGONOMI DI INDUSTRI MANUFAKTUR**
Erwin ,Husen Asbanu

**IDENTIFIKASI PENGGUNAAN MATERIAL BESI HOLLOW PADA PROSES PRODUKSI
MODIFIKASI BOX STANDAR 20 FEET DI PT.MARUNDA JAYA INTI**
Alfian Destha Joanda, Muhammad Anbiya Kyvariwijaya

**OPTIMALISASI PENGGUNAAN MESIN FLOW COATER UNTUK PROSES PENGECATAN
PADA KABINET PIANO**
Herry Susanto, Didik Sugiyanto, Muhammad Aldy Fadhillah

**PEMODELAN HUBUNGAN ANTAR VARIABEL SISTEM KONSUMSI PADA PENJUALAN EMPAT
MEREK MOBIL TIPE MULTIGUNA KELAS BAWAH**
Ario Kurnianto

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI - RUGI PADA
TRANSFORMATOR 3 FASA 20 KV/400 V di PT. SGMW MOTOR INDONESIA**
Reza Istoni, Andi Gunawan

**PENERAPAN METODE FUZZY SAW PADA APLIKASI PENILAIAN KESEHATAN KOPERASI
BERBASIS MOBILE DI PT.NUSANTARA DATA SERVICE**
Sukardi, Timor Setiyaningsih, Syahrul Ramadhan

ANALISA KEGAGALAN TUBE HEAT EXCHNGER JENIS HE-XXX DI PT. S
Nopryandi

ISSN 2088-060X



9 772088 060009

Diterbitkan Oleh :
Fakultas Teknik Universitas Darma Persada
© 2021

**REDAKSI JURNAL SAINS & TEKNOLOGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Penasehat : Dr. Tri Mardjoko, SE, MA

Penanggung Jawab : Ir. Agus Sun Sugiharto, MT

Pimpinan Redaksi : Yefri Chan, ST, MT

Redaksi Pelaksana : Yendi Esye, ST, M.Si

Mohammad Darsono, ST, MT

Didik Sugiyanto, ST, M.Eng

Drs. Eko Budi Wahyono, MT

Adam Arif Budiman, ST. M.Kom

Mitra Bestari : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU

Prof. Dr. Ir. Raihan

Dr. Ir. Asyari Daryus

Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, STP, M.Eng

Dr. Ade Supriyana, ST, MT

Dr. Ir. Budi Sumartono, MT

Dr. Iskandar Fitri

Alamat Redaksi : **Fakultas Teknik**

Universitas Darma Persada

Jl. Radin Inten II, Pondok Kelapa, Jakarta Timur

Telp (021) 8649051, 8649053, 8649057

Fax (021) 8649052/8649055

E-mail : jurnalteknikunsada@yahoo.co.id

Pengantar Redaksi

Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada pada Volume XI. No. 3. Desember 2021 ini menyajikan dua belas (12) tulisan bidang teknologi. Tulisan tersebut ditulis oleh dosen-dosen Fakultas Teknik dan dosen-dosen Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada, Jakarta yang tentu saja kami harap dapat menambah wawasan pembaca.

Jurnal Volume XI. No. 3. Desember 2021 ini diawali dengan tulisan Metode Promethee li Dan Naive Baiyes Pada Sistem Pendukung Keputusan Penerima Bantuan Dana Desa, Implementasi Metode Fp- Growth Dan Hash Based Pada Sistem Penjualan Menggunakan QR Code, Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Melalui Bank Sampah Menggunakan Metode *Composite Perfomance*, Penerapan Analytical Hierarcy Process Untuk Sistem Pendukung Keputusan Kelayakan Kenaikan Gaji Karyawan PT. E-Clean Indonesia, Rancang Bangun Sistem Informasi Pengelolaan Barang Dan Alat Kesehatan Menggunakan Metode First In First Out (FIFO) Pada PT. Mitra Fajar Selaras Jakarta, Implementasi Neural Network Untuk Membangun Model Prediksi Kebutuhan Bandwidth Dan Spesifikasi Server Di Masa Depan, Analisis Pengaruh Peletakan Panel Surya Di Atas Deck House Terhadap Stabilitas Kapal, Model Audit Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Pendekatan Standar Ergonomi Di Industri Manufaktur, Identifikasi Penggunaan Material Besi Hollow Pada Proses Produksi Modifikasi Box Standar 20 Feet Di PT. Marunda Jaya Inti, Optimalisasi Penggunaan Mesin *Flow Coater* untuk Proses Pengecatan pada Kabinet Piano, Pemodelan Hubungan Antar Variabel Sistem Konsumsi Pada Penjualan Empat Merek Mobil Tipe Multiguna Kelas Bawah, Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Rugi - Rugi Pada Transformator 3 Fasa 20 KV/400 V di PT. SGMW Motor Indonesia, Penerapan Metode Fuzzy Saw Pada Aplikasi Penilaian Kesehatan Koperasi Berbasis Mobile Di PT. Nusantara Data Service

Jurnal Volume XI No. 3. Desember 2021 ini ditutup dengan tulisan. Analisa Kegagalan Tube Heat Exchnger Jenis He-XXX Di PT. S,

Kami mengharapkan untuk edisi berikutnya bisa menampilkan tulisan-tulisan dari luar Universitas Darma Persada lebih banyak lagi, selamat membaca dan kami berharap tulisan-tulisan ini dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan minat pembaca.

Jakarta, 20 Desember 2021

Redaksi Jurnal

DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
1. METODE PROMETHEE II DAN NAIVE BAIYES PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENERIMA BANTUAN DANA DESA.....	1 - 10
Timor Setiyaningsih, Jeinnudin Yusuf	
2. IMPLEMENTASI METODE FP- GROWTH DAN HASH BASED PADA SISTEM PENJUALAN MENGGUNAKAN QR CODE.....	11 - 18
Suzuki Syofian, Ankgeera Abhidharma	
3. RANCANG BANGUN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MENINGKATKAN PENDAPATAN MASYARAKAT MELALUI BANK SAMPAH MENGGUNAKAN METODE <i>COMPOSITE PERFORMANCE</i> <i>INDEX</i>	19 - 33
Eka Yuni Astuty, Akbar Noprianto	
4. PENERAPAN ANALYTICAL HIERARCY PROCESS UNTUK SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN KELAYAKAN KENAikan GAJI KARYAWAN PT. E-CLEAN INDONESIA.....	34 - 46
Nur Syamsiyah, Eva Novianti, Nastiti Widyarini	
5. RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN BARANG DAN ALAT KESEHATAN MENGGUNAKAN METODE FIRST IN FIRST OUT (FIFO) PADA PT. MITRA FAJAR SELARAS JAKARTA.....	47 - 55
Yahya, Mira F. Sesunan, Verni Seftavia	
6. IMPLEMENTASI NEURAL NETWORK UNTUK MEMBANGUN MODEL PREDIKSI KEBUTUHAN BANDWIDTH DAN SPESIFIKASI SERVER DI MASA DEPAN.....	56 - 64
Herianto, Vega Humaira	
7. ANALISIS PENGARUH PELETAKAN PANEL SURYA DI ATAS DECK HOUSE TERHADAP STABILITAS KAPAL.....	65 - 73
Shanty Manullang, Rizki Irvana, M. Alfatt Nst, M. Ricky Daryansah	
8. MODEL AUDIT SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA DENGAN PENDEKATAN STANDAR ERGONOMI DI INDUSTRI MANUFAKTUR.....	74 - 79
Erwin ,Husen Asbanu	
9. IDENTIFIKASI PENGGUNAAN MATERIAL BESI HOLLOW PADA PROSES PRODUKSI MODIFIKASI BOX STANDAR 20 FEET DI PT. MARUNDA JAYA INTI.....	80 - 87
Alfian Destha Joanda, Muhammad Anbiya Kyvariwijaya	
10. OPTIMALISASI PENGGUNAAN MESIN <i>FLOW COATER</i> UNTUK PROSES PENGECATAN PADA KABINET PIANO.....	88 - 99
Herry Susanto, Didik Sugiyanto, Muhammad Aldy Fadhillah	

11. PEMODELAN HUBUNGAN ANTAR VARIABEL SISTEM KONSUMSI
PADA PENJUALAN EMPAT MEREK MOBIL TIPE MULTIGUNA
KELAS BAWAH.....100-108
Ario Kurnianto
12. PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS
NETRAL DAN RUGI - RUGI PADA TRANSFORMATOR 3 FASA
20 KV / 400 V di PT. SGMW MOTOR INDONESIA.....109-116
Reza Istoni, Andi Gunawan
13. PENERAPAN METODE FUZZY SAW PADA APLIKASI PENILAIAN
KESEHATAN KOPERASI BERBASISMOBILE DI PT.NUSANTARA
DATA SERVICE.....117-124
Sukardi, Timor Setiyaningsih, Syahrul Ramadhan
14. ANALISA KEGAGALAN TUBE HEAT EXCHNGER JENIS HE-XXX
DI PT. S125-142
Nopryandi



PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI - RUGI PADA TRANSFORMATOR 3 FASA 20 KV / 400 V di PT. SGMW MOTOR INDONESIA

Reza Istoni¹, Andi Gunawan²

¹Dosen Program Studi Elektro Universitas Darma Persada

²Program Studi Elektro Universitas Darma Persada

Email : reza.istoni@mail.ru, andighun@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penyaluran energi listrik sering kali dijumpai pembagian beban yang tidak merata pada setiap fasanya. Ketidakseimbangan beban ini disebabkan karena waktu penyalaan beban yang tidak serempak, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R, S, T, dan pemasangan beban yang tidak seimbang pada setiap fasanya. Ketidakseimbangan beban ini dapat mengakibatkan timbulnya arus pada kawat netral. Jika ketidakseimbangan beban ini dibiarkan, maka dapat menyebabkan perusahaan membayar pemakaian listrik dalam jumlah besar.

Adanya ketidakseimbangan beban mengakibatkan adanya arus netral dengan arus netral terendah terdapat pada trafo no. 11 pada jam 20:00 dengan arus netral sebesar 4.3 A dan arus netral terbesar terdapat pada trafo no. 11 pada jam 14:00 dengan arus netral sebesar 127 A serta mengakibatkan rugi – rugi transformator semakin besar, dimana rugi – rugi tertinggi sebesar $P_{Cu} = 625.07$ KW karena berada pada beban tertinggi pada pukul 14:00 dan $P_N = 3.113$ KW pada trafo no. 11 jam 14:00 sedangkan rugi rugi terendah sebesar $P_{Cu} = 0.03$ KW pada trafo no. 3 pada jam 20:00 dan $P_N = 0.0036$ KW pada trafo no. 7 pada jam 20:00.

Kata Kunci : Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Rugi – Rugi Transformator

1. PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada saat ini, kebutuhan energi listrik sangatlah dibutuhkan, terutama untuk dunia industri. Oleh karena itu, penyediaan listrik yang stabil dan kontinu adalah hal paling utama yang harus selalu dijaga sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik untuk kegiatan industri. Dalam penyaluran energi listrik pada jaringan tegangan rendah, salah satu peralatan utama yang digunakan adalah Transformator Distribusi 3 Fasa. Trafo distribusi ini berfungsi untuk menurunkan tegangan sehingga tegangan tersebut dapat dipakai untuk kegiatan industri (Mulyadi, 2013).

Dalam penyaluran energi listrik sering kali dijumpai pembagian beban yang tidak merata pada setiap fasanya. Ketidakseimbangan beban ini disebabkan karena waktu penyalaan beban yang tidak serempak, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R, S, T, dan pemasangan beban yang tidak seimbang pada setiap fasanya. Ketidakseimbangan beban ini dapat mengakibatkan timbulnya arus pada kawat netral. Jika ketidakseimbangan beban ini dibiarkan, maka dapat menyebabkan perusahaan membayar pemakaian listrik dalam jumlah besar (Tandioga et al., 2019).

Untuk mengetahui besarnya pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap transformator distribusi 3 fasa, maka dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan studi kasus dan analisis di PT. SGMW Motor Indonesia.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Transformator 3 Fasa

Tiga transformator satu fasa yang dapat dihubungkan menjadi transformator tiga fasa dengan salah satu cara dari berbagai cara menghubungkan belitan transformator. Pada tiga buah transformator satu fasa yang dipakai sebagai transformator tiga fasa, kumparan primer dari setiap transformator dihubungkan dengan kumparan sekunder transformatornya. Perlu diketahui bahwa pada transformator tiga fasa ini besar tegangan antar fasa (VL-L) dan daya transformator (kVA) tidak tergantung dari hubungan belitannya, tetapi tegangan fasa netral (VL-N) serta arus dari masing-masing transformator tergantung pada hubungan belitannya. Ada beberapa jenis hubungan belitan yang terdapat pada transformator tiga fasa ini. (Pahlawan et al., 2019)

Hubungan Y/ Δ atau Δ /Y biasa digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau rendah ataupun sebaliknya. Hal ini bertujuan, agar pada sisi tegangan tingginya apabila akan dibumikan telah tersedia saluran netralnya. Dapat dibuktikan bahwa hubungan belitan ini adalah hubungan yang paling banyak dipergunakan di lapangan (Asmar, 2018).

Hubungan Δ/Δ adalah salah satu jenis hubungan belitan yang tidak ada pergeseran fasa. Keuntungannya yaitu salah satu belitan transformator dapat dipindahkan apabila terjadi kerusakan atau apabila akan dilakukan perawatan, sementara dua yang tertinggal dapat terus beroperasi sebagai transformator 3 fasa dengan rating kVA yang turun sampai dengan 57,7% dari bank yang asli. Hubungan ini dikenal sebagai hubungan belitan open-delta. Hubungan Y/Y paling jarang digunakan karena kesukaran dalam gejala arus penalaan dan harmonisa (Latupeirissa, 2017).

2.2 Ketidakseimbangan Beban

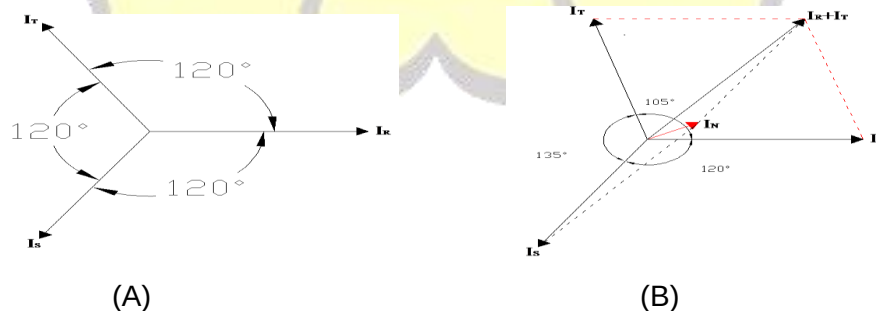
Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana (Ruliyanto, 2020) :

1. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
2. Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° antara satu vektor dengan vektor lainnya.

Sedangkan ketidakseimbangan beban adalah suatu keadaan dimana satu atau dua syarat dari beban seimbang tidak terpenuhi. Ada tiga kemungkinan keadaan beban tidak seimbang, yaitu:

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

Adapun gambar diagram vektor arus dalam keadaan seimbang dan tidak seimbang dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. (A) Diagram vektor arus dalam keadaan seimbang
(B) Diagram vektor arus dalam keadaan tidak seimbang (Latupeirissa, 2017)

Pada Gambar 1 (A) menunjukkan bahwa penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N). Sedangkan pada Gambar 2.1 (B) menunjukkan bahwa penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung pada besar faktor ketidakseimbangannya (Ektianto & Darwanto, 2021).

2.3 Rugi-rugi pada Transformator

Pada umumnya energi listrik yang dimasukkan ke transformator tidak sama dengan energi listrik yang dikeluarkan dari transformator tersebut. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi yaitu adanya pada transformator tersebut. Rugi-rugi daya dapat dibagi menjadi dua yaitu rugi inti (P_i) dan rugi tembaga (P_{cu}) (Lebih et al., 2014). Selain rugi inti dan rugi tembaga, ada lagi rugi-rugi yang timbul akibat adanya ketidakseimbangan beban pada trafo, yaitu rugi-rugi akibat arus netral pada transformator (P_n) dan rugi-rugi akibat arus netral yang mengalir ke tanah (PG)(Tobi, 2018).

2.4 Rugi-rugi Inti

Rugi-rugi inti (P_i) dapat digolongkan kepada dua bagian yaitu rugi histeresis dan rugi eddy current. Adapun persamaan untuk mencari rugi inti, yaitu (Dahlan, 2012; Lebih et al., 2014; Mulyadi, 2013):

$$P_i = P_h + P_e \quad (1)$$

dimana :

P_i = rugi inti (watt)

P_h = rugi hysteresis

P_e = rugi eddy current

Rugi histeresis (P_h), yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak – balik pada inti besi yang dinyatakan sebagai:

$$P_h = K_h \cdot f \cdot B_m^n \text{ maks} \quad (2)$$

dimana :

K_h = konstanta hysteresis

f = frekuensi (Hz)

B_m = kerapatan fluks maksimum (weber)

Rugi eddy current (P_e), yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi yang persamaannya dinyatakan sebagai berikut :

$$P_e = K_e \cdot f^2 \cdot B_m^n \text{ maks} \quad (3)$$

dimana :

K_e = konstanta eddy current

f = frekuensi (Hz)

B_m = kerapatan fluks maksimum (weber)

2.5 Rugi Tembaga

Rugi-rugi tembaga disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga yang terjadi pada kumparan sekunder. Persamaan untuk mencari rugi tembaga dapat ditulis sebagai berikut (Mulyadi, 2013):

$$P_{cu} = I^2 \cdot R \quad (4)$$

dimana:

I = Arus pada penghantar (A)

R = Tahanan penghantar (Ω)

2.6 Rugi-rugi Akibat Arus Netral Pada Transformator dan Arus Netral pada Tanah (Grounding)

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S dan fasa T) mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan rugi-rugi. Dan rugi-rugi pada penghantar netral dapat dirumuskan sebagai berikut (Dahlan, 2012):

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (6)$$

dimana :

P_N = Rugi-rugi yang timbul pada penghantar netral (watt)

I_N = Arus yang mengalir melalui kawat netral (A)

R_N = Tahanan pada kawat netral (Ω)

Sedangkan rugi-rugi karena adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \quad (7)$$

dimana :

P_G = Rugi-rugi akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

I_G = Arus netral yang mengalir ke tanah (A)

R_G = Tahanan pembumian netral trafo (Ω)

2.7 Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika :

1. Kondisi beban tidak seimbang (Achmad Deni Mulyadi, 2020)
2. Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris (Jayabadi et al., 2017).

Untuk arus tiga fasa dari suatu sistem yang tidak seimbang dapat juga diselesaikan dengan menggunakan metode komponen simetris. Dengan menggunakan notasi-notasi yang sama seperti pada tegangan akan didapatkan persamaan-persamaan untuk arus-arus fasanya sebagai berikut :

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0 \quad (8)$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \quad (9)$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \quad (10)$$

dimana :

I_1 = Arus urutan positif (A)

I_a = Arus pada fasa a (A)

I_2 = Arus urutan negatif (A)

I_b = Arus pada fasa b (A)

I_0 = Arus urutan nol (A)

I_c = Arus pada fasa c (A)

Dengan tiga langkah yang telah dijabarkan dalam menentukan tegangan urutan positif, urutan negatif, dan urutan nol terdahulu, maka arus-arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga kita dapatkan juga:

$$I_1 = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c) \quad (11)$$

$$I_2 = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) \quad (12)$$

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) \quad (13)$$

dimana :

I_1 = Arus urutan positif (A)

I_a = Arus pada fasa a (A)

I_2 = Arus urutan negatif (A)

I_b = Arus pada fasa b (A)

I_0 = Arus urutan nol (A)

I_c = Arus pada fasa c (A)

Di sini terlihat bahwa arus urutan nol (I_0) adalah merupakan sepertiga dari arus netral atau sebaliknya akan menjadi nol jika dalam sistem tiga fasa empat kawat. Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral, menjadi :

$$I_N = I_a + I_b + I_c \quad (14)$$

dimana :

I_N = Arus netral (A)

I_a = Arus pada fasa a (A)

I_b = Arus pada fasa b (A)

I_c = Arus pada fasa c (A)

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.20) ke (2.21) maka diperoleh :

$$I_N = 3I_0 \quad (15)$$

dimana :

I_N = Arus netral (A)

I_0 = Arus urutan nol (A)

Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus-arus fasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus-arus fasanya tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di kawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol) (Hajriani et al., 2020).

3. ANALISIS

3.1. Analisis Ketidakseimbangan Beban

Untuk menganalisis besar ketidakseimbangan beban pada ketiga transformator distribusi 3 fasa di waktu pagi hari dan malam hari. Berikut analisis ketidakseimbangan beban untuk transformator distribusi 3 fasa:

Tabel 1. Persentase ketidakseimbangan beban pada Transformator

Transformator		Nilai Ketidakseimbangan Beban Trafo (%)		
Nomor	Daya (KVA)	Jam 08:00	Jam 14:00	Jam 20:00
1	1250	1.67%	1.63%	2.34%
2	1250	2.50%	2.90%	3.53%
3	1250	4.61%	3.06%	0.00%
4	1600	2.84%	0.92%	0.00%
5	1600	3.31%	3.79%	25.68%
6	2000	2.50%	3.11%	5.33%
7	1250	1.86%	1.88%	6.93%
8	630	0.43%	0.20%	0.43%

9	1600	0.73%	0.18%	1.57%
10	1600	0.00%	0.00%	0.00%
11	1600	2.71%	0.67%	1.93%
12	1250	7.27%	1.09%	2.67%
13	1600	2.27%	0.37%	1.97%
14	1250	1.58%	0.57%	2.00%

3.2. Rugi-rugi Transformator

Pada penelitian ini rugi-rugi yang diteliti dari transformator distribusi 3 fasa yang ada di PT. SGMW MOTOR INDONESIA adalah rugi-rugi tembaga dan rugi-rugi akibat adanya arus netral yang mengalir di penghantar netral. Untuk mencari rugi-rugi tersebut digunakan persamaan (5) dan (6). Berikut hasil analisa

Tabel 2. Nilai rugi – rugi P_{Cu} dan P_N

Transformator	Jam	Pcu total (KW)	PN (KW)	PN (%)
1	8:00	6.43	0.02	0.0016
	14:00	6.40	0.02	0.0016
	20:00	13.50	0.06	0.0051
2	8:00	47.13	0.12	0.01
	14:00	79.65	0.26	0.02
	20:00	0.07	0.004	0.0004
3	8:00	117.08	0.10	0.01
	14:00	225.28	0.84	0.07
	20:00	0.03	0	0
4	8:00	65.73	0.10	0.007
	14:00	70.42	0.84	0.06
	20:00	1.90	0	0
5	8:00	435.81	1.89	0.12
	14:00	498.10	2.38	0.15
	20:00	2.17	0.01	0.0004
6	8:00	462.40	1.24	0.06
	14:00	495.27	1.71	0.09
	20:00	33.14	0.03	0.0018
7	8:00	159.22	0.56	0.05
	14:00	158.64	0.56	0.05
	20:00	0.4	0.0036	0.0003
8	8:00	0.031	0	0
	14:00	1.35	0	0
	20:00	0.12	0	0
9	8:00	4.329	0.012	0.0008
	14:00	517.232	2.335	0.155
	20:00	0.103	0.019	0.0013
10	8:00	52.44	0	0
	14:00	625.07	0	0
	20:00	2.97	0	0
11	8:00	54.34	0.023	0.0015
	14:00	621.38	3.113	0.204796

	20:00	0.57	0.004	0.0002
12	8:00	36.39	0.018	0.002
	14:00	518.63	2.46	0.21
	20:00	3.80	0.01	0.0009
13	8:00	16.01	0.018	0.0012
	14:00	372.94	1.53	0.104
	20:00	5.34	0.01	0.0007
14	8:00	17.08	0.02	0.001482
	14:00	135.196	2.464	0.167
	20:00	55.858	0.026	0.002

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Ketidakseimbangan beban mengakibatkan adanya arus netral dengan arus netral terendah terdapat pada trafo no. 11 pada jam 20:00 dengan arus netral sebesar 4.3 A dan arus netral terbesar terdapat pada trafo no. 11 pada jam 14:00 dengan arus netral sebesar 127 A
2. Ketidakseimbangan beban pada transformator juga mengakibatkan rugi – rugi transformator semakin besar, dimana rugi – rugi tertinggi sebesar $P_{Cu} = 625.07$ KW karena berasal pada beban tertinggi pada pukul 14:00 dan $P_N = 3.113$ KW pada trafo no. 11 jam 14:00 sedangkan rugi rugi terendah sebesar $P_{Cu} = 0.03$ KW pada trafo no. 3 pada jam 20:00 dan $P_N = 0.0036$ KW pada trafo no. 7 pada jam 20:00

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Deni Mulyadi. 2020, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah**. *Jurnal Teknik Energi*, 1(1). <https://doi.org/10.35313/energi.v1i1.1801>
2. Asmar, A, 2018, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Stabilitas Steady State**, *Jurnal ECOTIPE*, 5(1). <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v5i1.33>
3. Dahlan, Moh, 2012, **Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi**, *Dosen Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus SISTEM*, 1.
4. Ektianto, A. S. A., Darwanto, A, 2021, **Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT . PLN (Persero) Rayon Cepu**, 15(1).
5. Hajriani, W. O., Marwan, Thaha, S, 2020, **Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi 20 Kilovolt Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Toddopuli PT . Perusahaan Listrik Negara (Persero) Unit Layanan Pelanggan Panakukkang Makassar**, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Infomatika (SNTTEI)*.
6. Jayabadi, D. S. W., Winardi, B., Facta, M, 2017, **Analisis Ketidakseimbangan Beban Trafo 1 Gi Spondol Terhadap Rugi-Rugi Akibat Arus Netral Dan Suhu Trafo Menggunakan Etap 12.6.0. Transient**: *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(4).
7. Latupeirissa, H. L, 2017, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi**, *JURNAL SIMETRIK*, 7(2). <https://doi.org/10.31959/js.v7i2.43>
8. Lebih, B., Estimasi, D. A. N., Rendah, J. T, 2014, **Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah**. *Singuda ENSIKOM*, 7(3).

9. Mulyadi, A. D, 2013, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah**. Teknik Energi, 1(1).
10. Pahlawan, M. N., Maimun, M., & Zamzami, Z, 2019, **Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Transformator Distribusi Ma 01 pada Penyulang Lw 6 Gardu Induk Bayu**, Jurnal Litek : Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika, 16(2). <https://doi.org/10.30811/litek.v16i2.1314>.
11. Ruliyanto, R, 2020, **Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat**, Jurnal Ilmiah Giga, 23(1). <https://doi.org/10.47313/jig.v23i1.867>
12. Tandioga, R., Mulyadi, M., E.S, T. C., & Tegar, A, 2019, **Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Tiga Fasa Di Pt. PLN (Persero) Rayon Makassar Timur, Penyulang Kima**. Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin, 16(1). <https://doi.org/10.31963/sinergi.v16i1.1205>
13. Tobi, M. D, 2018, **Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT Pln (Persero) Area Sorong**, Electro Luceat, 4(1). <https://doi.org/10.32531/jelekn.v4i1.80>

