



Menganalisa Ketidakseimbangan Beban Pada PHB-TR Gedung D PNJ Berbasis IoT

Analyzing Unbalanced Load in PHB-TR Building D PNJ Based on IoT

Muhammad Daffa Hilmi¹, Ajeng Bening Kusumaningtyas², Ikhsan Kamil³
^{1,2} Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik,
Jl Prof.DR.GA Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425, Indonesia
Email: muhammad.daffahilmi.te20@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa yang bernilai rendah dibandingkan fasa-fasa yang lain. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut maka timbullah arus netral, yang seharusnya bila seimbang nilai arus netral sama dengan nol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa presentase ketidakseimbangan beban pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta. Setelah didapatkan nilai hasil pengukuran dilakukan analisis. Diperoleh bahwa nilai presentase ketidakseimbangan beban semakin besar maka nilai arus yang mengalir pada netral akan semakin besar pula. Hal ini terjadi disebabkan waktu pemasangan beban dan pemakaian beban-beban tersebut tidak konsisten, yang berdampak pada penyuplai daya energi listrik. Diperlukan pengontrolan secara real time untuk memonitoring beban pada PHB-TR tersebut menggunakan Powermeter yang terkoneksi dengan teknologi berbasis IoT. Kemudian Powermeter ini juga terhubung dengan mikrokontroler yang digunakan sebagai alat pemrosesan data lanjutan yang akan dikirim ke smartphone dengan aplikasi blynk.

Kata Kunci ; Ketidakseimbangan beban, Arus netral, Powermeter.

ABSTRACT

The unbalanced load in electric power distribution system always occurs and the cause of the unbalanced is in the load of one phase which is of low value compared to other phases. As a result of the unbalanced load, the neutral current arises, which should be balanced when the neutral current value is equal to zero. This study aims to determine the percentage of unbalanced load in the PHB-TR of Building D in the Electrical Engineering Department of Jakarta State Polytechnic. After obtaining measurement results, an analysis is conducted. It is found that as the percentage of unbalanced load increases, the current flowing through the neutral also increases. This is due to inconsistent installation and usage times of the loads, which impacts the supply of electrical power. Real-time control is necessary to monitor the load on the PHB-TR using a Powermeter connected with IoT-based technology. This Powermeter is also linked to a microcontroller used for advanced data processing, which is then transmitted to a smartphone through the blynk application.

Keywords ; Unbalanced load, Neutral Current, Powermeter.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. PENDAHULUAN

Pada era digital saat ini tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Seiring perkembangan teknologi yang menggunakan tenaga listrik maka secara tidak langsung manusia menjadi bergantung terhadap tenaga listrik [1]. Gardu distribusi merupakan sarana penyaluran tenaga listrik dari PLN ke pelanggan. Dengan tegangan primer 20 KV lalu diubah oleh trafo menjadi tegangan sekunder 400 V (antar fasa) atau 220 V (fasa – netral) [2]. Pelaksanaan pemasangan jaringan tegangan rendah dengan membagi beban-beban yang pada awalnya merata, namun karena rentang waktu pemakaian terjadi ketidakseimbangan beban [3]. Untuk menjaga stabilitas beban tersebut diperlukan analisis pembebanan dengan maksud mengidentifikasi ketidakseimbangan beban antar fasa (R, S, T) yang dapat menimbulkan aliran arus pada netral trafo [4]. Arus netral yang besar dan losses pada jaringan sistem distribusi merupakan suatu permasalahan yang tidak dapat dihindari dalam pendistribusian energi listrik [5]. Jika dalam keadaan seimbang maka beban yang mengalir di tiap kawat fasanya akan sama [6].

PHB-TR merupakan Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah sebagai pendistribusian tenaga listrik yang terpasang pada sisi tegangan rendah atau sisi sekunder transformer dari sebuah gardu distribusi menuju rel pembagi dan diteruskan ke Jaringan Tegangan Rendah (JTR) melalui kabel jurusan, kemudian diamankan oleh *NH Fuse* pada jurusan masing-masing [7]. Jumlah jurusan per transformator atau gardu distribusi sebanyak-banyaknya 8 jurusan, disesuaikan dengan besar daya transformator dan Kemampuan Hantar Arus (KHA) Penghantar JTR yang digunakan [8]. Terdapat beberapa permasalahan yang dapat terjadi pada panel hubung bagi tegangan rendah, salah satu permasalahan tersebut adalah ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban pada PHB-TR dapat diakibatkan oleh tidak seimbangnnya beban pada masing-masing fasa pada saat menambah jaringan baru dan juga beban yang terpakai melebihi kapasitas (*overload*) [9].

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: a) Kondisi beban tidak seimbang, b) Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear [10]. Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini

jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus fasa yang tidak seimbang maka arus netralnya tidak bernilai nol atau di aliri arus listrik. Begitupun sebaliknya 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) [11].

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana : a). Ketiga vektor arus / tegangan sama besar, b). Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain [12].

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan peralatan *monitoring* ketidakseimbangan beban pada PHB-TR menggunakan *powermeter* yang terkoneksi dengan teknologi IoT (*Internet of Things*). Kemudian *powermeter* ini juga terhubung dengan *mikrokontroler* yang digunakan sebagai alat pemrosesan data lanjutan yang akan dikirim ke *smartphone*, sehingga pelaksanaan *monitoring* dapat dilakukan dengan mudah tanpa perlu memonitori dari PHB-TR secara langsung dan meminimalisir kecelakaan kerja saat melakukan inspeksi atau *monitoring*. Dengan dirancangnya peralatan ini, diharapkan dapat dengan mudah inspeksi dan *monitoring* pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah. Sehingga pada tugas akhir ini penulis mengambil sub-judul laporan tugas akhir “ **Menganalisa Ketidakseimbangan Beban Pada PHB-TR Gedung D PNJ Berbasis IoT**”.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah menganalisa ketidakseimbangan beban pada PHB-TR, dimana penelitian ini berguna untuk memudahkan kepada pihak Unit Pelaksana Teknisi (UPT) dalam melakukan inspeksi dan *monitoring* parameter kelistrikan, serta memantau seimbang maupun ketidakseimbangan beban yang terjadi dalam panel, dan meminimalisir kecelakaan kerja saat melakukan inspeksi dan *monitoring*

2.1 Deskripsi Alat

Perancangan peralatan untuk Monitoring Ketidakseimbangan Beban pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta berbasis IoT bertujuan untuk memonitoring parameter kelistrikan yang terdapat pada PHB-TR tersebut dan untuk mengetahui terjadinya ketidakseimbangan beban. Komponen utama yang digunakan pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

projek tugas akhir adalah *powermeter* yang berfungsi untuk memonitoring parameter kelistrikan secara langsung dan dapat ditampilkan pada display. Peralatan *powermeter* terhubung dengan mikrokontroler dengan tujuan agar kegiatan monitoring dapat dilihat secara mobile dan bertujuan untuk meminimalisir kecelakaan kerja pada saat monitoring parameter kelistrikan secara langsung pada PHB-TR. monitoring ketidakseimbangan beban pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta menggunakan sensor Current Transformator (CT) sebagai sensor arus yang berfungsi untuk mengubah besar arus listrik yang melewati kumparan primer menjadi arus yang lebih kecil (sesuai dengan rasio CT) pada kumparan sekunder. Rasio CT 100/5A mengindikasikan bahwa arus primer (arus yang mengalir melalui kumparan primer CT) sebesar 100 A akan diubah menjadi arus sekunder sebesar 5 A. Dalam hal ini, CT mengurangi arus asli sebesar 100 kali dan menghasilkan arus yang lebih kecil (5 A) yang sesuai untuk diukur oleh perangkat pengukuran atau proteksi.

2.2 Cara Kerja Alat

Cara kerja dari sistem alat inspeksi dan *monitoring* ketidakseimbangan beban dapat dilakukan berdasarkan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pastikan aliran listrik dalam jaringan instalasi pada PHB-TR Gedung D di Politeknik Negeri Jakarta telah aktif, baik aliran listrik dalam jaringan instalasi yang akan disalurkan ke masing-masing beban maupun aliran listrik dalam jaringan instalasi pada setiap sensornya.
2. Sensor yang digunakan berupa *Current Transformer* (CT) yang terpasang secara seri langsung pada penyaluran jaringan setiap beban, serta NH-Fuse yang terpasang dalam jaringan *incoming*. Kedua peralatan ini dapat menyalurkan parameter kelistrikan melalui aliran listrik sekunder.
3. Kemudian data parameter kelistrikan dari masing-masing sensor akan diterima oleh *powermeter* Digital. *Power Meter* dapat mengkonversikan arus listrik yang diterima kedalam bentuk data. Data tersebut tertampil pada display Power Meter. Selanjutnya data yang tertampil pada

display *powermeter* Digital berisi parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, daya nyata, daya aktif, dan daya reaktif dalam 1 fasa dan 3 fasa, serta *power factor*, dan frekuensi.

4. Data tersebut dapat dilakukan analisis dari besaran nilai arus pada masing-masing fasa untuk mendeteksi terjadinya seimbang maupun ketidakseimbangan beban.
5. Setelah terdeteksi terjadinya ketidakseimbangan beban, inspektor dapat langsung mengoreksi serta merapikan jaringan instalasi yang ada pada PHB-TR guna menjadikan beban total pada masing-masing fasa mendekati nilai yang seimbang atau berada pada ambang kenormalan.
6. Lalu data parameter yang terdapat di dalam Power Meter Digital juga dapat dilakukan monitoring menggunakan smartphone melalui aplikasi Blynk. Sebelum data tersebut terkirim pada smartphone data tersebut akan ditransfer dari Power Meter Digital menuju ke mikrokontroler berupa NodeMCU ESP32.
7. Selanjutnya data yang telah dikirim dari *powermeter* Digital ke mikrokontroler akan melalui jaringan komunikasi Modbus berupa Modul UART TTL to RS485 sebagai jembatan antara Power Meter Digital dengan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan berjenis NodeMCU ESP32. Komponen ini bukan hanya dapat menerima data tetapi juga mentrafser data yang telah diterima dari Power Meter Digital ke smartphone melalui jaringan internet berupa WiFi.
8. Kemudian data yang ditransfer dari mikrokontroler ke smartphone akan masuk kedalam database could server pada aplikasi Blynk. Pemanfaatan aplikasi Blynk ini ditujukan untuk memudahkan pekerjaan inspeksi dan monitoring pada PHB-TR Gedung D di Politeknik Negeri Jakarta dan juga dapat meminimalisir kecelakaan yang dapat terjadi pada saat melaksanakan inspeksi serta monitoring secara langsung di lokasi.

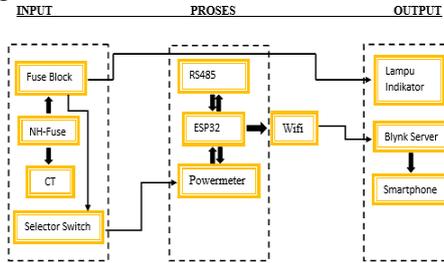
2.3 Diagram Blok

Diagram blok merupakan suatu diagram dari sistem kerja alat dengan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

bagian-bagian atau acuan tujuan yang diwakili oleh blok-blok yang terhubung dengan garis yang menghubungkan setiap blok tersebut. Diagram blok penelitian ini terlihat dalam Gambar 1. *Diagram Blok Rangkaian* berikut ini:



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian

2.4 Spesifikasi Alat

Berikut ini merupakan spesifikasi dari alat maupun komponen yang digunakan pada rangkaian PHB-TR gedung D terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

N o.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1	Current Transformer	TAB MSQ-30 100/5A	1 unit
2	NH-Fuse	NT-0 125A gG ~660V + Fuse Holder 160A	1 unit
3	Fuse Blok	SF-III A 500V Sekring 2A	1 unit
4	Selector Switch Voltage	Selector Volt 7 posisi 3 pole LW26-20A/3	1 unit

5	Amper meter	TAB SF-72 100/5A ISO9001	1 unit
6	Voltmeter	TAB SF-72 500V ISO9001	1 unit
7	Power Meter	ZGCJ, PD-3ST3 5A Class 0,5 ~3x220/3 80V baud rate 9600	1 unit
8	UART TTL to RS485	TTL-RS485 converter , chipset 74HC0D, Up to 1 km -40°C to 85°C	1 unit
9	NodeMCU ESP32	LUA WiFi maks. 64MB 32pin GPIO + Baseboard ESP32	1 unit
10	Adaptor 12VDC	Samsung Switching Power Supply SW-5515 ~100-240V to	1 unit

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

		12VDC 2,0A	
11	MCB	Scheinder r 1 Phase 10A	1 unit
12	Kotak Kontak	Uticon stop kontak arde outbow 230V 16A	1 unit

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Menentukan Presentase Ketidakseimbangan Beban

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (3.1)$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan [13] :

$$a = \frac{I_R}{I} \quad (3.2)$$

$$b = \frac{I_S}{I} \quad (3.3)$$

$$c = \frac{I_T}{I} \quad (3.4)$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\% \quad (3.5)$$

3.2 Pengujian

A. Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan saat tegangan menengah sudah siap mengirim tegangan ke tegangan rendah. Setelah siap, MCCB dapat dinyalakan dan outputnya akan mengirim ke 3 busbar (R,S,T). Masing-masing busbar akan mengirim tegangan ke 3 jurusan melalui 1 phase. Output dari MCB 1 phase akan memberikan tegangan ke beban sehingga beban dapat hidup. Setelah semua sudah

selesai, maka nilai tegangan 3 fasa, tegangan 1 fasa dan arus akan keluar di *powermeter*. data parameter kelistrikan pada *powermeter* ditransfer ke mikrokontroller ESP32 melalui jaringan komunikasi modbus dengan Module RS485. Mikrokontroller ini dapat menerima data dan juga mentransfer data yang telah diterima dari *powermeter* ke smartphone melalui jaringan internet berupa wifi, data yang diterima ke smartphone melalui aplikasi blynk..

B. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian pengambilan data secara manual

1. Pastikan *powermeter* dapat berfungsi dengan baik.
2. Tekan icon “^” yang berfungsi untuk melihat parameter kelistrikan.
3. Catat parameter kelistrikan pada *powermeter* dengan mengisi tabel yang telah dibuat.
4. Lalu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan.
5. Setelah mendapatkan hasil perhitungan, lakukanlah analisa.

Prosedur pengujian pengambilan data secara otomatis

1. Nyalakan MCB 1 fasa .
2. Sambungkan *input* RS485 ke *powermeter* .
3. Sambungkan output RS485 ke Mikrokontroller ESP32 menggunakan kabel jumper.
4. Masukkan dan menjalankan program dari laptop ke Mikrokontroller ESP32.
5. Data akan terlihat di serial monitor laptop dan terlihat pada smartphone melalui aplikasi blynk.
6. Lalu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan.
7. Setelah mendapatkan hasil perhitungan, lakukanlah analisa

C. Data Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian baik pengambilan data secara manual yaitu berupa powermeter maupun pengambilan data secara otomatis yaitu berupa smartphone lewat aplikasi blynk, terlihat pada Tabel 2. *Data Hasil Pengujian*

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Pengambilan Data	Tanggal	Jam	Tegangan 1 Fasa			Tegangan 3 Fasa			Arus				
			RN	SN	TN	RS	ST	TR	R	S	T	Rata-rata	N
Powemeter	01/08/2023	Pagi	211	226	216	378	380	375	23,5	3	17,4	14,63333	18,2
		Siang	211	226	216	378	380	370	19,3	3,1	34,1	18,83333	26,9
		Sore	210	229	213	379	381	375	20	2,7	14,9	12,53333	15,4
Blynk	01/08/2023	Pagi	211	226	216	378	380	375	23,5	3	17,4	14,63333	18,2
		Siang	211	226	216	378	380	370	19,3	3,1	34,1	18,83333	26,9
		Sore	210	229	213	379	381	375	20	2,7	14,9	12,53333	15,4
Powemeter	02/08/2023	Pagi	215	227	216	373	395	375	37	2,4	22,2	20,53333	30,1
		Siang	215	226	218	372	391	373	32,1	3	14,2	16,43333	25,4
		Sore	218	223	217	381	384	374	7,6	2,8	1,5	3,966667	5,57
Blynk	02/08/2023	Pagi	215	227	216	373	395	375	37	2,4	22,2	20,53333	30,1
		Siang	215	226	218	372	391	373	32,1	3	14,2	16,43333	25,4
		Sore	218	223	217	381	384	374	7,6	2,8	1,5	3,966667	5,57
Powemeter	03/08/2023	Pagi	214	227	215	371	393	374	29,2	2,1	15,3	15,53333	23,5
		Siang	213	226	217	370	392	376	22,8	2,3	14,6	13,23333	17,9
		Sore	219	222	216	380	385	375	4,5	0,9	1,5	2,3	3,34
Blynk	03/08/2023	Pagi	214	227	215	371	393	374	29,2	2,1	15,3	15,53333	23,5
		Siang	213	226	217	370	392	376	22,8	2,3	14,6	13,23333	17,9
		Sore	219	222	216	380	385	375	4,5	0,9	1,5	2,3	3,34

D. Perhitungan Hasil Pengujian

❖ Perhitungan Beban Pagi

Dengan menggunakan persamaan (3.1) dan berdasarkan data pada penulis dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R : 24 \text{ A}$$

$$I_S : 3 \text{ A}$$

$$I_T : 17 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{24 + 3 + 17}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 14,6 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan (3.2)(3.3)(3.4) koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya. Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang, (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ($I_{\text{Rata-rata}}$).

$$I_R = a \cdot I \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{24}{14,6}$$

$$a = 1,643$$

$$I_S = b \cdot I \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{3}{14,6}$$

$$b = 0,205$$

$$I_T = c \cdot I \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{17}{14,6}$$

$$c = 1,164$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.5) adalah :

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$\frac{\{[1,643-1]+[0,205-1]+[1,164-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$\frac{[0,643]+[0,795]+[0,164]}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$= 53,4\%$$

❖ Perhitungan Beban Siang

$$I_R : 19,3 \text{ A}$$

$$I_S : 3,1 \text{ A}$$

$$I_T : 34,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{19,3+3,1+34,1}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 18,8 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya.

$$I_R = a \cdot I \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{19,3}{18,8}$$

$$a = 1,026$$

$$I_S = b \cdot I \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{3,1}{18,8}$$

$$b = 0,164$$

$$I_T = c \cdot I \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{34,1}{18,8}$$

$$c = 1,813$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.5) adalah :

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$\frac{\{[1,026-1]+[0,164-1]+[1,813-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$\frac{[0,026]+[0,836]+[0,813]}{3} \times 100\%$$

$$=$$

$$= 55,83\%$$

❖ Perhitungan Beban Sore

$$I_R : 20 \text{ A}$$

$$I_S : 2,7 \text{ A}$$

$$I_T : 14,9 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{20+2,7+14,9}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 12,5 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$I_R = a \cdot I \text{ maka : } a = \frac{I_R}{12,5} = \frac{20}{12,5}$$

$$a = 1,6$$

$$I_S = b \cdot I \text{ maka : } b = \frac{I_S}{12,5} = \frac{2,7}{12,5}$$

$$b = 0,216$$

$$I_T = c \cdot I \text{ maka : } c = \frac{I_T}{12,5} = \frac{14,9}{12,5}$$

$$c = 1,192$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.5) adalah :

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{[1,6-1]+[0,216-1]+[1,192-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{0,6\}+[0,784]+[0,192]}{3} \times 100\%$$

$$= 52,53\%$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan

Tanggal	Waktu	Pengukuran Arus (A)			Perhitungan Ketidakseimbangan (%)		
		R	S	T	Pagi	Siang	Sore
01-Agu-23	Pagi	24	3	17	53,40%	55,83%	52,53%
	Siang	19,3	3,1	34,1			
	Sore	20	2,7	14,9			
02-Agu-23	Pagi	37	2,4	22,2	58,87%	63,55%	61,06%
	Siang	32,1	3	14,2			
	Sore	7,6	2,8	1,5			
03-Agu-23	Pagi	29,2	2,1	15,3	58,65%	55,08%	63,76%
	Siang	22,8	2,3	14,6			
	Sore	4,5	0,9	1,5			

E. Analisis hasil data perhitungan

Pada Tabel 2. Data Hasil Pengujian, ketidakseimbangan ditunjukkan oleh arus netral. Suatu tiga fasa yang dibebani seimbang, idealnya tidak akan memiliki nilai arus netral atau arus netralnya sama dengan nol. Semakin besar ketidakseimbangan beban, maka semakin besar pula arus netralnya. Nilai ketidakseimbangan ini dihitung dari arus rata-rata antara tiga arus yaitu IR, IS, dan IT. Jadi, ketidakseimbangan ditentukan berdasarkan selisih beban antar fasa yang terbesar. Nilai ketidakseimbangan beban berkisar dari angka 0% sampai 100%.

Ketidakeimbangan sebesar 0% jika seluruh beban sama nilainya, sedangkan ketidakseimbangan sebesar 100% jika ada salah satu fasa yang tidak berbeban dan fasa yang lain memiliki suatu nilai. Pada tabel tersebut fasa yang dibebani terlihat kecil yaitu fasa “S”, sedangkan fasa “R dan T” terlihat besar pembebanannya. Nilai arus fasa

S terlihat kecil karena dari segi pemakaian arusnya lebih sedikit dari fasa “R & T”, sehingga harus diseimbangkan dengan menyetarakan arus fasanya / pindah beban.

Pada Tabel 2. *Data Hasil Pengujian* pengambilan data baik secara manual dengan *powermeter* maupun secara otomatis dengan aplikasi *blynk*, terlihat bahwa tidak ada perbedaan hasil antara tampilan di *powermeter* dengan tampilan di aplikasi *blynk*. Setelah dilakukan pengambilan data, maka dilakukanlah perhitungan untuk mengetahui berapa persen ketidakseimbangan beban pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Setelah memperoleh hasil perhitungan terlihat pada Tabel 3. *Hasil Perhitungan* bahwa nilai presentase ketidakseimbangan beban di waktu pagi, siang, dan sore dari tanggal 1 Agustus 2023 sampai 3 Agustus 2023 sudah melebihi batas dari standarisasi PT. PLN (Persero) SPLN D3.002-1, 2007 yaitu $\geq 20\%$ [14] dan standarisasi IEEE std 446 – 1980 yaitu sebesar 5% - 20% [15]. Ternyata terbukti setelah penulis menghitung ketidakseimbangan beban sampai mendapatkan hasil presentase. Beban di waktu pagi hari terbiasa ruangan-ruangan banyak yang terpakai sehingga beban di waktu pagi lebih besar dari sore hari. Beban disiang hari terbiasa ruangan-ruangan lebih banyak terpakai sehingga beban di waktu siang hari lebih besar dari pada beban pagi dan sore. Bisa dikategorikan dengan $I_{Siang} \geq I_{Pagi} \geq I_{Sore}$, dan sudah semestinya beban gedung D ini perlu diseimbangkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pada waktu siang hari ketidakseimbangan beban pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta lebih besar yaitu (55,83%) dari pada dibandingkan pada waktu pagi hari yaitu (53,40%) dan pada waktu sore hari yaitu (52,53%). Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh pemakaian atau penggunaan listrik yang tidak merata. Dapat dikatakan beban pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta tidakseimbang.
2. Nilai arus netral disebabkan terjadinya ketidakseimbangan beban sehingga dipenghantar netral memiliki arus yang

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

cukup tinggi. Seharusnya jika seimbang bebannya maka arus netral sama dengan nol.

3. Penyebab ketidakseimbangan beban terjadi karena beban yang tidak merata pada sistem distribusi tenaga listrik, beban yang tidak merata dalam sistem beban tenaga listrik, dan pembagian beban per fasa yang tidak merata.
4. Solusi bila terjadi ketidakseimbangan beban adalah memindahkan fasa atau arus yang tinggi dibagi sama rata ke masing – masing fasa, supaya beban mendekatiimbang.

DAFTAR PUSAKA

- [1] M. D. T. Sogen, “ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT PLN (PERSERO) AREA SORONG,” *Jurnal Electro Luceat*, vol. IV, p. 1, 2018.
- [2] T. J. Pramono, I. Hajar dan S. Wahyuni, “STUDI ANALISIS GANGGUAN PERANGKAT HUBUNG BAGI TEGANGAN RENDAH DAN UPAYA MENGATASINYA DI PLN AREA TANJUNG PRIOK,” *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 9, p. 2, 2017.
- [3] M. Suartika dan I. W. A. Wijaya, “Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung,” *Teknologi Elektro*, pp. 1-7, 2010.
- [4] A. Aprianto, *Pemeliharaan Trafo Distribusi*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2012.
- [5] S. Yondri, T. Artono dan H. P. Sari, “PENGARUH PENYEIMBANGAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI,” *Jurnal Elektron*, vol. 5, no. 1, 2013.
- [6] H. Tanamal, A. Herawati, N. Darath dan I. N. Anggraini, “Analisis Pengaruh Beban Tak Seimbang Terhadap Arus Netral Pada Trafo IV GI Sukamerindu Bengkulu,” *Jurnal Amplifier*, vol. 9, 2019.
- [7] G. Saktiadi, “Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Dan Suhu,” *Repository PNJ*, p. 1, 2022.
- [8] T. J. Pramono, I. Hajar dan S. Wahyuni, “STUDI ANALISIS GANGGUAN PERANGKAT HUBUNG BAGI TEGANGAN RENDAH DAN UPAYA MENGATASINYA DI PLN AREA TANJUNG PRIOK,” *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 9, 2017.
- [9] I. Pratomo, “Universitas Muhammadiyah Surakarta,” *Monitoring Tegangan pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah Berbasis IoT*, 2020.
- [10] I. Malik dan M. H. Mulyawan, “ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRAFODISTRIBUSI ULP PANAKKUKANG,” 2021.
- [11] A. Rizki, “ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2021.
- [12] J. S. Setiadji, T. Macmudsyah dan Y. Isnanto, “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, 2006.
- [13] M. R. Marling dan M. Mujahidin, “ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI DAYA PADA TRAFODAYA PLN GARDU INDUK BULUKUMBA,” Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, 2018.
- [14] S. P. Firdaus dan D. Fauziah, “PENYEIMBANGAN BEBAN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

GARDU DISTRIBUSI PT. PLN TARAKAN (KALIMANTAN),” dalam *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi SNETO*, Kalimantan, 2021.

- [15] A. D. Tambunan dan R. Salman, “ANALISIS RUGI-RUGI DAYA AKIBAT ADANYA ARUS PADA TITIK NETRAL TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV - PT. PLN (PERSERO) UP3 MEDAN,” *JURNAL ENGINEERING DEVELOPMENT*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2021.

