

Sistem Tapping Fasa Keseimbangan Beban Berbasis Internet of Things

Satria Utomo, Agus Adhi Nugroho, Muhammad Khosyi'in*

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

* email: chosyi@unissula.ac.id

Abstract

Abstract— Load imbalance that occurs continuously will decrease in the reliability of a system. The maximum limit for load imbalance, according to IEEE Std 446-1995 is 20% in each phase. The design of a prototype for the management of 1-phase loading electrical energy using the Blynk platform as a user interfaces, monitor and controller. The phase shift method reduces the percentage value of the load imbalance in the electrical energy distribution system. An Energy Meter is used for measuring the electrical quantities and detecting unbalanced phases. Arduino Mega and ESP 8266-01 are used to communicate data as sending and receiving commands from Blynk, testing before balancing the measured load on the Energy Meter. The R phase has a current of 0.36 Ampere, the S phase is 0.71 Ampere, and 0.00 Ampere in the T phase. The percentage before load imbalance shows a value of 100%. After balancing the load, the measured current becomes 0.41 Ampere in the R phase, 0.44 Ampere in the S phase, and the 0.39 Ampere for T phase. The value of the load imbalance decreased to 17.7%.

Keywords — Blynk, IoT, Load Unbalanced, Tapping Phase.

1. Pendahuluan

PT PLN (Persero) merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang menyediakan layanan penyediaan energi listrik untuk seluruh masyarakat Indonesia. Dalam perkembangan teknologi, listrik telah menjadi kebutuhan utama untuk menjalankan berbagai aktivitas baik untuk sektor industri, perkantoran serta penggunaan pada rumah tangga.

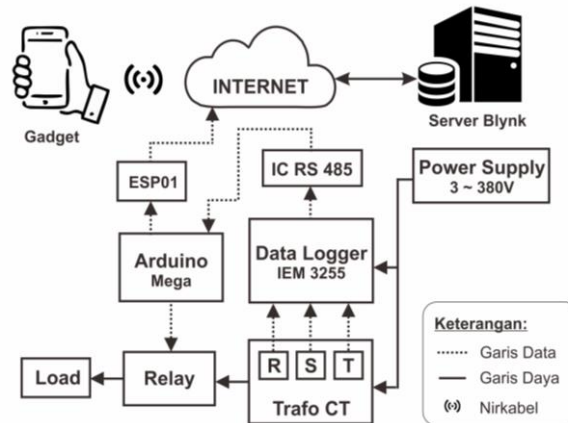
Sistem pendistribusian yang lazim digunakan yaitu sistem 3 fasa dengan 4 kawat yang terdiri dari 3 kawat fasa dan 1 kawat netral. Salah satu permasalahan non teknis dalam sistem distribusi yang sering dijumpai adalah ketidakseimbangan beban pada tiap fasanya (R,S,T). Ketidakseimbangan beban yang terjadi secara terus-menerus akan menyebabkan sistem tenaga mengalami penurunan keandalan, Seperti halnya yang terjadi pada gedung FTI UNISSULA, menurut penelitian yang dilakukan oleh Hari Setiawan ternyata pada gedung tersebut mempunyai nilai ketidakseimbangan beban sebesar 48% [1]. Nilai tersebut adalah nilai yang cukup besar, karena selain dapat menurunkan efisiensi motor 3 fase [2] merusak peralatan elektronik yang tidak dapat bekerja secara optimal serta menimbulkan kerugian secara ekonomis dalam jumlah yang besar pada sebuah gedung. Dalam rangka konservasi energi, maka perlu adanya proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi [3].

Penelitian ini akan membahas tentang bagaimana cara mengalihkan beban fasa pada gedung dengan membuat rancang bangun prototipe penyeimbangan beban 3 fasa menggunakan metode pemindahan saluran cabang 1 fasa yang memiliki beban tidak seimbang [4-5]. Dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* sebagai media monitoring serta pengendalian sistem, rugi-rugi daya yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban dapat diminimalisir dengan lebih mudah [6].

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Blok Sistem

Berikut ini adalah mekanisme dari keseluruhan sistem yang disajikan dalam bentuk diagram blok sebagaimana yang tertampil pada Gambar 1

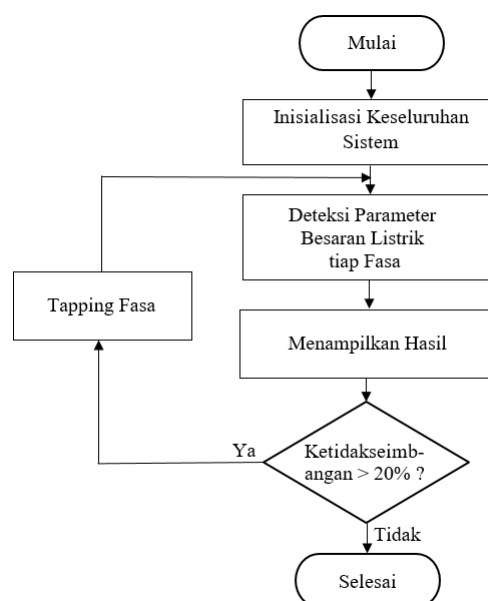


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1, trafo CT digunakan untuk mengidentifikasi arus beban apakah dalam keadaan seimbang atau tidak. Data pengukuran IEM 3255 tersebut dikirimkan ke Arduino Mega untuk ditampilkan ke Blynk yang sebelumnya dikonversikan terlebih dahulu pembacaannya menggunakan IC RS 485. Modul ESP-01 digunakan untuk mengkomunikasikan Arduino Mega dengan jaringan internet agar dapat terhubung dengan Server Blynk dan hasil pengukuran dari IEM 3255 akan tertampil pada Gadget. Apabila terjadi ketidakseimbangan beban, maka Relay akan bekerja dengan melakukan aksi pengalihan beban yang mempunyai nilai beban terbesar ke nilai beban terkecil pada *Push Botton* dalam platform Blynk.

2.2 Diagram Alir Sistem

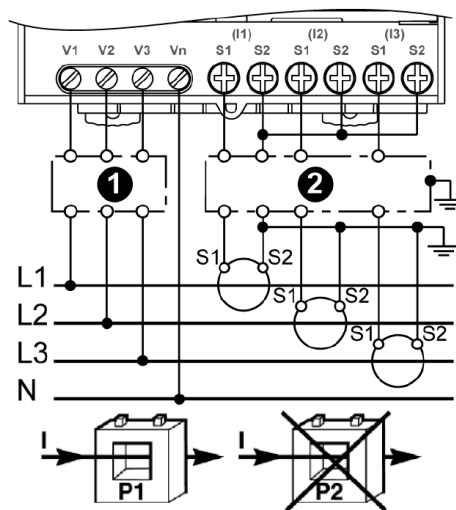
Gambar 2 merupakan alur dari keseluruhan sistem yang disajikan dalam bentuk diagram alir sistem.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

2.3 Konfigurasi Trafo Arus Dengan Energi Meter

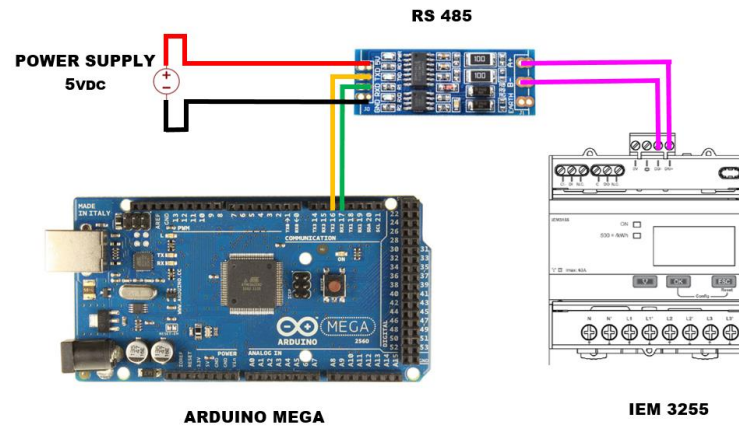
Sesuai dengan buku panduan manual seperti yang di tampilkan pada Gambar 3., untuk pengukuran kuat arus listrik digunakan trafo arus/CT (*Current Transformer*) yang dihimpitkan ke penghantar yang disambungkan dengan beban. S_1 (terminal pada trafo CT yang terhubung dengan jalur fasa) pada Transformator dihubungkan secara serial pada terminal S_1 yang terdapat pada Power Logic Schneider IEM 3255, baik pada I_1 , I_2 maupun I_3 . Kemudian S_2 (terminal pada trafo CT yang terhubung dengan jalur netral) juga dihubungkan dengan terminal S_2 Power Logic Schneider IEM 3255 secara serial namun juga dihubungkan secara paralel pada tiap terminal S_2 [7]. P1 merupakan label yang berada pada sisi yang berhadapan dengan sumber daya listrik dan P2 merupakan label yang berada pada sisi yang berhadapan dengan beban. Penempatan posisi label P1 dan P2 tidak boleh terbalik [8]. Label V_1 , V_2 dan V_3 merupakan terminal yang terhubung pada fasa R, S dan T [7].



Gambar 3. Konfigurasi CT dengan IEM 3255

2.4 Konfigurasi Energi Meter Dengan IC RS485 dan Arduino Mega

Pada Gambar 4. yaitu menampilkan cara mengkomunikasikan Energi Meter dengan Arduino Mega dengan konfigurasi: keluaran terminal komunikasi PowerLogic IEM 3255 D0/-dihubungkan secara serial pada IC RS 485 pada terminal B, kemudian terminal D1/+ PowerLogic IEM 3255 dihubungkan juga secara serial ke terminal A pada IC RS 485. Terminal RX pada IC RS485 dihubungkan secara serial ke terminal RX_2 Arduino Mega pin 17. Begitu juga dengan terminal TX pada IC RS 485, dihubungkan secara serial ke terminal TX_2 Arduino Mega pin 16. Agar modul IC RS 485 dapat bekerja dengan baik, maka terminal VCC perlu dihubungkan ke *Power Supply* 5VDC dan GND ke *Ground* pada *Power Supply*. Konfigurasi seperti ini juga pernah dilakukan pada referensi penelitian ini, yaitu monitoring pengukuran parameter besaran listrik seperti Arus dan Tegangan pada tiap fasa (R, S, T), Daya, Frekuensi serta Faktor Daya yang dikirimkan ke platform *IoT Cayenne* [9-10].



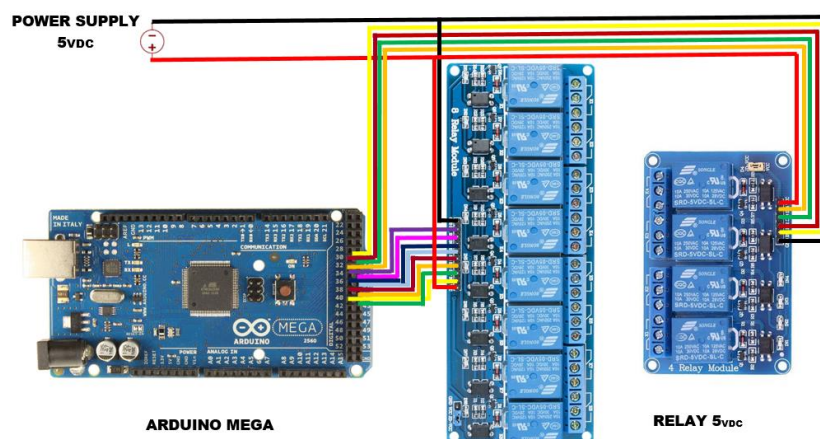
Gambar 4. Konfigurasi IEM 3255 dengan IC RS485 dan Arduino

2.5 Konfigurasi Arduino Mega Dengan Relay

Untuk konfigurasi pin Arduino Mega dengan Relay menggunakan perangkat dengan spesifikasi *trigger* sinyal masukkan sebesar 5 V_{DC}, lalu kemampuan kontak terminal dapat digunakan maksimal pada 10 Ampere untuk tegangan 250 V_{AC} dan maksimal 10 Ampere untuk tegangan 30 V_{DC}. Kemudian hubungan pin Arduino dengan Relay disajikan dalam Tabel 1 serta Gambar 5 berikut ini [11].

Tabel 1. Pengalamatan pin Arduino Mega dengan Relay

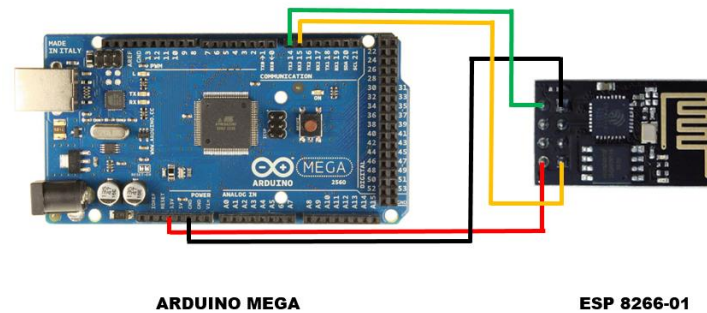
Pin	Keterangan	Pin	Keterangan
D33	Relay 1	D39	Relay 7
D31	Relay 2	D36	Relay 8
D30	Relay 3	D32	Relay 9
D34	Relay 4	D40	Relay 10
D35	Relay 5	D41	Relay 11
D37	Relay 6	D38	Relay 12
Vcc	5 V _{DC}	GND	Ground
Com	Fasa R/S/T	NO	Out Load 1/2/3/4



Gambar 5. Konfigurasi Arduino dengan Relay

2.6 Konfigurasi Arduino Mega Dengan ESP-01

Pengiriman data dari *board* Arduino Mega ke platform Blynk menggunakan modul wifi ESP 8266-01 dengan konfigurasi yang disajikan pada Gambar 6. VCC dihubungkan ke sumber daya yang terdapat pada pin Arduino Mega sebesar 3,3 Volt DC dan GND dihubungkan ke *Ground* yang ada pada *board*. Untuk out TX ESP 8266-01 dihubungkan secara serial dengan pin 14 atau TX₁ di *board* Arduino, sedangkan untuk out RX-nya dihubungkan ke pin 15 atau RX₁ pada *board* Arduino [12].

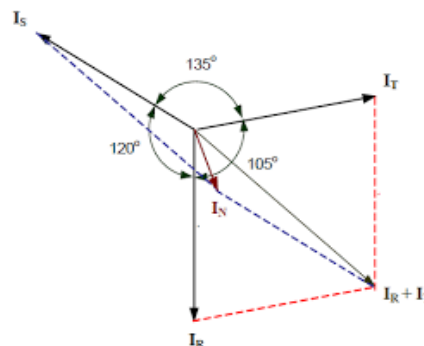


Gambar 6. Konfigurasi Arduino dengan ESP-01

2.7 Ketidakseimbangan Beban

Dengan melihat Gambar 7, ketidakseimbangan beban adalah kondisi di mana memenuhi beberapa syarat seperti berikut [13]:

- ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain,
- ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain,
- ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



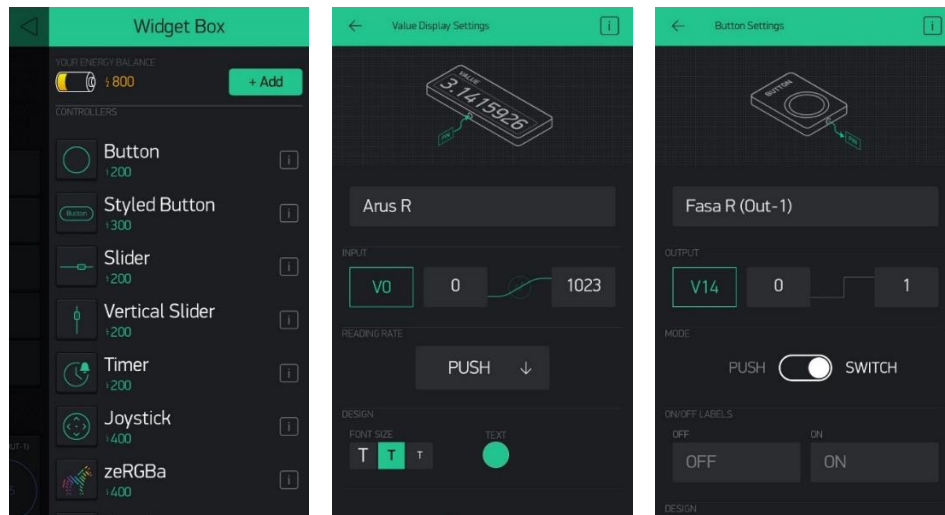
Gambar 7. Vektor arus beban tidak seimbang

$$\text{ketidakseimbangan beban} = \frac{I_{\text{Maks}} - I_{\text{Min}}}{I_{\text{Maks}}} \times 100\% \quad (1)$$

Nilai persentase dari ketidakseimbangan beban yang diijinkan menurut IEEE Std 446–1996 adalah 5-20% [14-15].

2.8 Platform Blynk

Gambar 8 menyajikan tampilan piranti antarmuka yang digunakan untuk memantau serta mengendalikan prototipe secara jarak jauh yang berbasiskan *Internet of Things*, dengan cara menyesuaikan pin yang digunakan untuk *Value Display* dan *Botton Setting* disesuaikan pada pemrograman yang ada di Arduino IDE. Penelitian yang serupa adalah perancangan alat untuk mengontrol beban lampu dengan menggunakan Arduino Mega yang dilakukan oleh Rahmi Berlianti beserta Fibriyanti pada tahun 2020 [16].

Gambar 8. Konfigurasi *Widget Box* platform Blynk

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Daya Beban Lampu Pijar

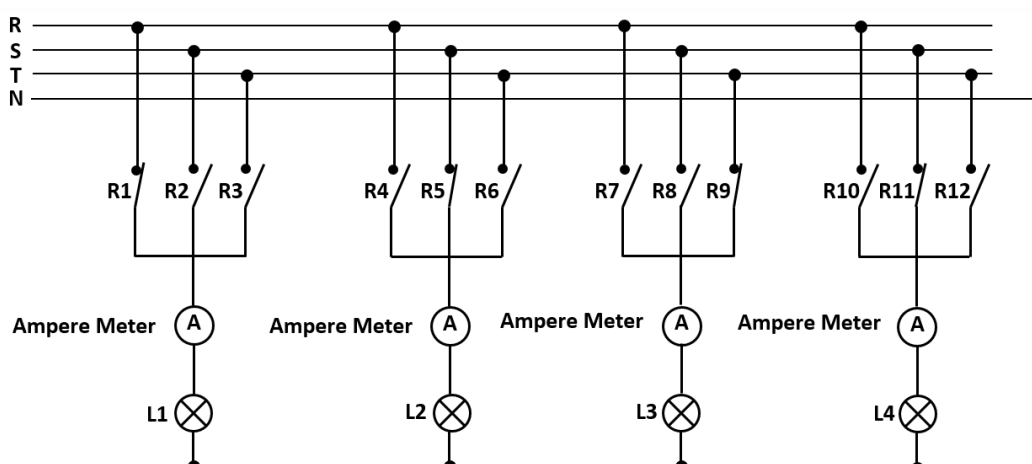
Pengukuran daya beban lampu pijar tersaji pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Pengukuran Daya Beban Lampu Pijar

Nameplate	Terukur			
	Arus	Tegangan	Daya	$\cos \varphi$
100 W	0,41	207	83	1
75 W	0,30	203	62	1
25 W	0,11	203	22	0,9

3.2 Pengujian Sebelum Penyeimbangan Beban

Pengujian sebelum penyeimbangan beban dilakukan menggunakan konfigurasi dengan Skema pengawatan beban yang tertampil pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Skema Pengawatan Garis Tunggal Sebelum Tapping Fasa

Penggunaan lampu pijar sebagai beban dalam menguji prototipe ini dengan besar beban daya yang berbeda-beda, yaitu: 83 Watt untuk keluaran Stopkontak 1 yang terhubung pada fasa R, 83 Watt untuk keluaran Stopkontak 2 yang terhubung pada fasa S, 22 Watt untuk keluaran

Stopkontak 3 yang terhubung pada fasa T dan 62 Watt untuk keluaran Stopkontak 4 yang terhubung pada fasa S. Kuat arus yang terukur tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sebelum Penyeimbangan Fasa

Fasa	R	S		T
Beban	83 W	83 W	62 W	22 W
Arus	0,41 A	0,41 A	0,30 A	0,10 A

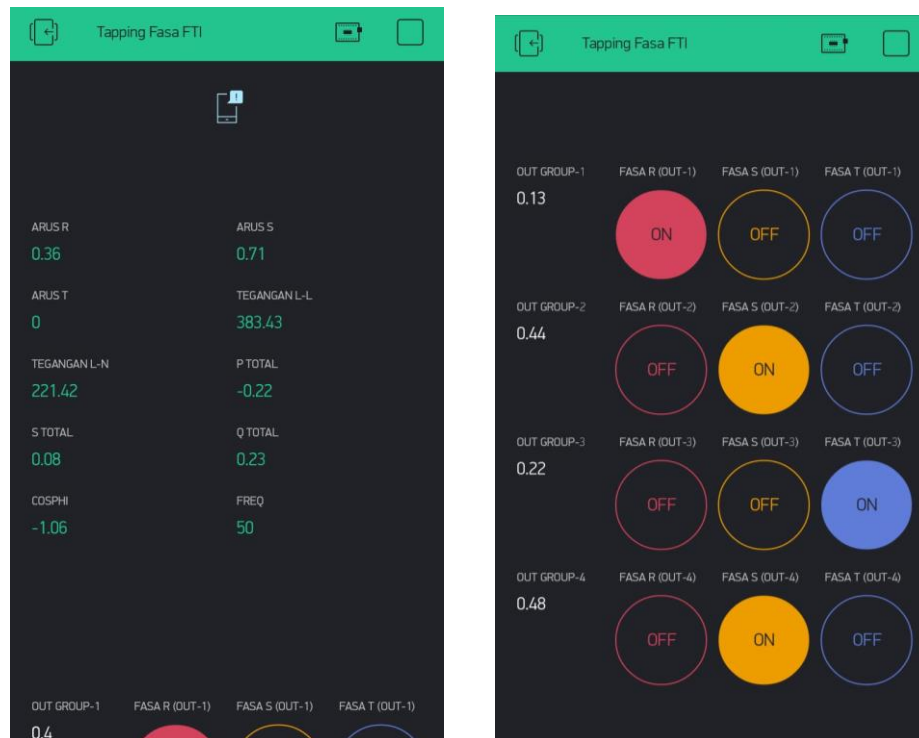
Akumulasi beban arus pada tiap fasa berdasarkan Tabel 3 di atas dengan menggunakan acuan pengukuran arus menggunakan Clamp Meter Krisbow seri KW06-286 yaitu: Fasa R mempunyai besar arus 0,41 Ampere, Fasa S mempunyai besar arus $0,41 + 0,30 = 0,71$ Ampere dan Fasa T sebesar 0,10 Ampere. Dengan begitu dapat diketahui fasa mana yang mempunyai beban arus paling tinggi yaitu fasa S dan fasa T mempunyai beban arus yang paling rendah.

Tabel 4. Pengukuran Dengan PowerLogic IEM 3255 Sebelum Penyeimbangan Fasa

Besaran Listrik	Nilai Terukur
Tegangan L-L	383 V
Tegangan L-N	221 V
Arus R	0,36 A
Arus S	0,71 A
Arus T	0,00 A
Daya Nyata	152 W
Daya Reaktif	61 VAR
Daya Semu	164 VA
Frekuensi	50 Hz
Chosphi	0,96

Dari Tabel 4 di atas maka dapat diketahui, fasa mana yang mempunyai pembebanan tidak seimbang adalah fasa S dengan fasa T, di mana fasa S mempunyai besaran arus yang lebih tinggi sedangkan untuk fasa yang mempunyai besaran arus yang lebih rendah yaitu fasa T.

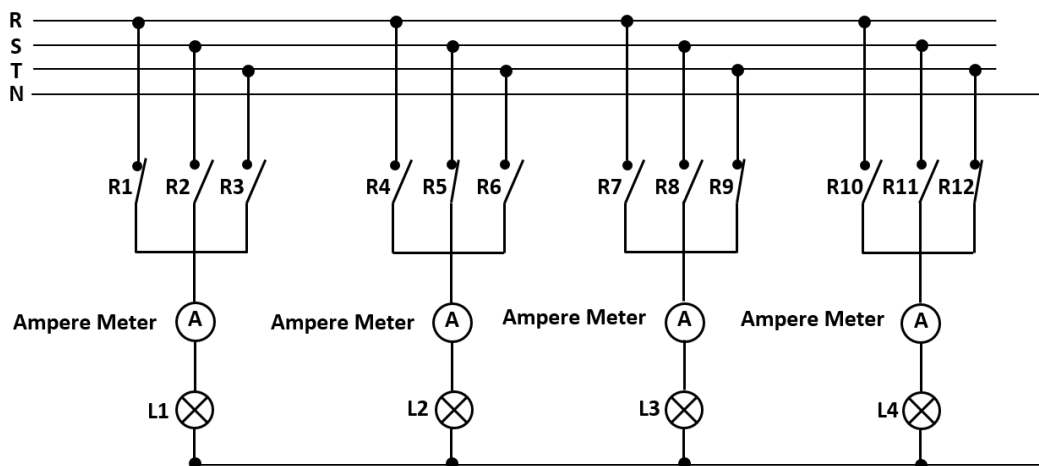
Hasil pengukuran IEM 3255 yang ditampilkan dalam aplikasi Blynk, apabila terdapat keadaan beban yang tidak seimbang maka pembebanan akan diatur secara manual oleh operator dari jarak jauh dengan menekan tombol yang ada pada aplikasi Blynk. Mengacu skema rangkaian pengawatan garis tunggal dalam Gambar 9, maka keluaran beban pada Stopkontak 1 terhubung pada fasa R, kemudian untuk Stopkontak 2 terhubung pada fasa S, untuk Stopkontak 3 terhubung pada fasa T dan Stopkontak 4 terhubung dengan fasa S. Konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Plaform Blynk Pengujian Sebelum Penyeimbangan Beban Fasa

3.3 Pengujian Sesudah Penyeimbangan Beban

Untuk pengujian sesudah penyeimbangan beban menggunakan konfigurasi yang tertampil seperti Gambar 11.



Gambar 11. Skema Pengawatan Garis Tunggal Sesudah Tapping Fasa

Beban pada tiap fasa yang tidak seimbang tersebut dapat dilakukan pengalihan pembebanan dengan cara memindahkan keluaran StopKontak yang dapat digunakan untuk akumulasi pembebanan agar terjadi keseimbangan beban pada tiap fasanya. Berikut tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Sesudah Penyeimbangan Fasa

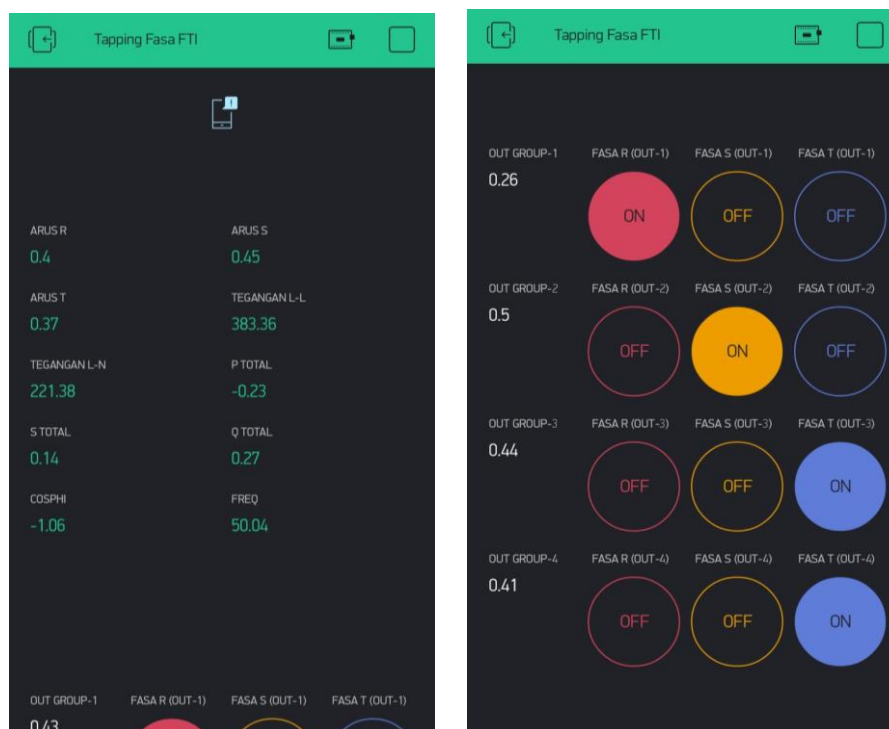
Fasa	R	S	T	
Beban	83 W	83 W	62 W	22 W
Arus	0,41 A	0,41 A	0,10 A	0,30 A

Dengan mengamati Tabel 6, maka didapati pembacaan Energi Meter pada Arus tiap fasanya baik Fasa R, S serta Fasa T dalam keadaan yang mendekati nilai yang sama dengan melihat Tabel 6, yaitu: 0,41 Ampere untuk Arus fasa R, 0,41 Ampere untuk fasa S dan pada fasa T sebesar 0,40 Ampere.

Tabel 6. Pengukuran Dengan PowerLogic IEM 3255 Sesudah Penyeimbangan Fasa

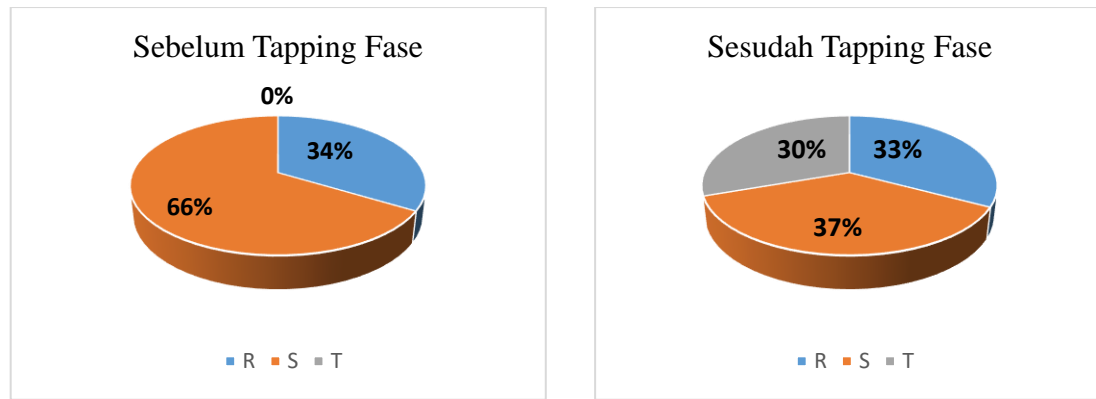
Besaran Listrik	Nilai Terukur
Tegangan L-L	383 V
Tegangan L-N	221 V
Arus R	0,40 A
Arus S	0,45 A
Arus T	0,37 A
Daya Nyata	152 W
Daya Reaktif	61 VAR
Daya Semu	164 VA
Frekuensi	50 Hz
Chosphi	0,96

Untuk proses *tapping fasa* yang dilakukan yaitu dengan mengalihkan keluaran beban Stopkontak 4 yang awalnya terhubung dengan fasa S kemudian dialihkan ke fasa T yang konfigurasi pada platform Blynk dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Plaform Blynk Pengujian Sesudah Penyeimbangan Beban Fasa

Dalam Gambar 13, dapat dilihat persentase ketidakseimbangan beban dari ketiga fasa antara sebelum dan sesudah mempunyai perbedaan yang signifikan.



Gambar 13. Grafik Pengujian Penyeimbangan Beban Fasa
 Persentase Sebelum Penyeimbangan Beban Menurut Persamaan (1):

$$\text{ketidakseimbangan beban} = \frac{0,71 - 0,00}{0,71} \times 100\%$$

$$\text{ketidakseimbangan beban} = 100\%$$

Persentase Sesudah Penyeimbangan Beban Menurut Persamaan (1):

$$\text{ketidakseimbangan beban} = \frac{0,45 - 0,37}{0,45} \times 100\%$$

$$\text{ketidakseimbangan beban} = 17,7\%$$

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap prototipe tapping fasa keseimbangan beban, maka dapat diambil kesimpulan yaitu: Sistem Tapping fasa Keseimbangan Beban berbasis Internet of Things ini dapat digunakan untuk menyeimbangkan pembebanan antar fasa dengan cara mengalihkan beban yang mempunyai nilai beban fasa tinggi ke beban fasa yang rendah dari jarak jauh. Dari percobaan yang dilakukan, persentase ketidakseimbangan beban turun dari 100 % menjadi 17,7 %,

Referensi

- [1] Setiawan, H. (2020). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Netral Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Di Unissula*. Universitas Islam Sultan Agung.
- [2] Putra, R. R., Setiawan, P., & Sudibya, B. (2022). Analisis Pemodelan Dinamik Motor Sinkron Tiga Fasa Pada Percobaan Tegangan Tidak Seimbang. *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls*, 4(1), 43-60.
- [3] Nasional, B. S. (2000). *SNI 03-6196-2000 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Prosedur Audit Energi Pada Bagunan Gedung* (pp. 1–14).
- [4] Wicaksana, P., & Manan, S. (2017). Pemindahan Taping Fasa untuk Penyeimbangan Beban pada Jaringan 3 Fasa dengan Mendeteksi Arus Netral Berbasis Arduino Mega 2560. *Gema Teknologi*, 19(2), 1-5.
- [5] Zebua, O., Setiawan, A. H., Soedjarwanto, N., Anggara, J., & Haris, A. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Menengah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(3).
- [6] Putra, A. M., Partha, C. G. I., & Budiastira, I. N. (2016). Rancang Bangun Penyeimbang

- Arus Beban Pada Sistem 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler Atmega 2560. *Teknologi Elektro*, 16.
- [7] Schneider. (2022). *Energy Meters iEM3200 series- User Manual*.
 - [8] AC Solar Warehouse. (2016). *Current Transformers Installation Guide*. 1–6.
 - [9] STMicroelectronics. (2009). *Data Sheet Low Power RS-485/RS-422 Transceiver*.
 - [10] Khosyi'in, M., Nugroho, A. A., & Yulistiyo, A. (2019). Three-Phase Power Data Logger Using IEM 3255 Schneider Module Based On Internet Of Things (IoT). *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 5.
 - [11] Technology, H. (2018). *User Guide 8 Channel 5V Optical Isolated Relay Module*.
 - [12] Technology, S. A. (2015). *ESP-01 WiFi Module*.
 - [13] Syahputra Srg, R., & Harahap, R. (2017). Perhitungan Arus Netral, Rugi-Rugi, dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban. *Journal of Electrical Technology*, 2(3), 79–85.
 - [14] Bao, G., & Ke, S. (2019). Load Transfer Device for Solving a Three Phase Unbalance Problem Under a Low Voltage Distribution Network. *Energies*, 12(15).
 - [15] Engineers, I. of E. and E. (1996). *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commerical Applications. Revision of Std 1987*, 1–320.
 - [16] Berlianti, R., & Fibriyanti. (2020). Perancangan Alat Pengontrolan Beban Listrik Satu Fasa Jarak Jauh Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Arduino Mega. *SainETIn*, 5, 17–26.