

SIMULASI GANGGUAN SAAT TERJADI GANGGUAN UNDERVOLTAGE DAN UNBALANCE LOAD PADA SUB-SUB DISTRIBUSI PANEL

Oktavinna Dwi Pratiwi¹, Annas Singgih Setiyoko², Anggara Trisna
Nugraha³, Rama Arya Sobhita⁴, Widi Nur Hidayat⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Fakultas Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan manusia saat ini. Untuk meningkatkan kualitas listrik seperti alat penunjang repair kapal harus dilengkapi dengan alat proteksi yang digunakan untuk melindungi peralatan yang sensitif akan kerusakan. Dalam masalah ini adalah gangguan undervoltage yang menyebabkan beban harus bekerja keras karena voltase pendorong arus menurun. Kondisi ini dapat juga menyebabkan kabel menjadi panas berlebih dan terbakar. Selain permasalahan tersebut terdapat juga gangguan seperti unbalance load dan arus netral. Batas tegangan untuk gangguan undervoltage yaitu 4% dari tegangan nominal yang merujuk pada standar PUIL 2011, sedangkan untuk besaran nilai ketidakseimbangan arus setiap fasa tidak boleh melebihi 25% yang merujuk pada SPLN 2014. Pada penelitian ini menggunakan software MATLAB untuk simulasi gangguan undervoltage, dan unbalance load. Berdasarkan dari hasil simulasi yang telah dilakukan akan terjadi gangguan ketidakseimbangan beban apabila terdapat selisih arus setiap fasa lebih dari 25% dan terjadi gangguan undervoltage apabila tegangan kurang dari 365V.

Kata Kunci: *Undervoltage, unbalance load*

ABSTRACT

of electricity, such as supporting equipment for ship repair, it must be equipped with protective devices that are used to protect equipment that is sensitive to damage. In this problem is an undervoltage fault which causes the load to work hard because the current driving voltage drops. This condition can also cause the cable to overheat and catch fire. Apart from these problems, there are also disturbances such as unbalanced loads and neutral currents. The voltage limit for undervoltage faults is 4% of the nominal voltage which refers to the PUIL 2011 standard, while the magnitude of the current unbalance value for each phase may not

exceed 25% which refers to the 2014 SPLN. In this study, MATLAB software was used to simulate undervoltage and unbalanced loads. Based on the simulation results that have been carried out, there will be a load unbalance disturbance if there is a difference in the current of each phase of more than 25% and an undervoltage disturbance occurs if the voltage is less than 365V.

Keywords: *Undervoltage, unbalance load*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah salah satu energi yang paling banyak dimanfaatkan manusia saat ini. Penggunaan energi listrik sangat bervariasi seperti halnya di industry, tempat-tempat umum, pendidikan, serta rumah tangga. Peralatan yang menggunakan energi listrik harus memiliki kualitas daya yang baik seperti tegangan, arus, frekuensi.

Disalah satu perusahaan galangan kapal yang di Indonesia terdapat studi kasus dengan adanya gangguan pada sub – sub distribusi panel 3 fasa yaitu *undervoltage, unbalance load*, dan arus netral. Terutama dalam masalah ini adalah gangguan *undervoltage* yang menyebabkan beban harus bekerja keras karena voltase pendorong arus menurun, sedangkan daya yang diperlukan tidak berubah. Kondisi ini dapat juga menyebabkan kabel menjadi panas berlebih dan terbakar bahkan bisa merusak peralatan penunjang *repair* kapal. Terdapat juga permasalahan seperti arus netral yang disebabkan karena adanya ketidakseimbangan beban, beban listrik 1 fasa, kebocoran pada kabel netral. Kondisi ini dapat menyebabkan tegangan sentuh pada *body* peralatan/*equipment* yang bisa berakibat fatal terhadap manusia. Selain permasalahan tersebut terdapat juga gangguan seperti *overcurrent, unbalance load*, arus netral, dan *phase failure*.

Berdasarkan beberapa penelitian dan studi kasus yang ada bahwa alat proteksi listrik sangatlah penting untuk melindungi peralatan atau beban – beban listrik. Menurut PUIL 2011 bahwa nilai tegangan jatuh yang diperbolehkan yaitu tidak lebih dari 4% dari tegangan nominal, sedangkan menurut SPLN 2014 besaran nilai ketidakseimbangan arus antar fasa tidak boleh melebihi 25%.

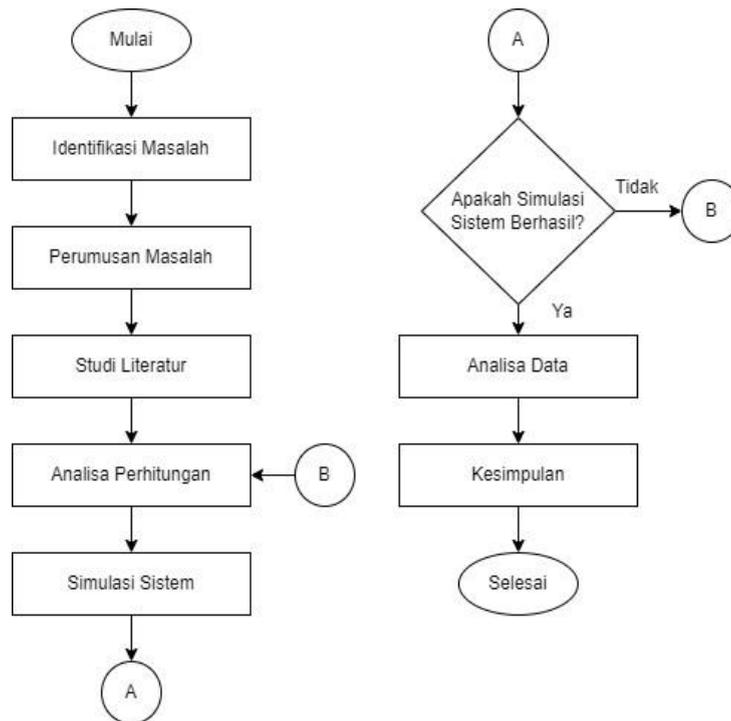
Maka dari itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengidentifikasi gangguan tersebut secara *realtime* sehingga dapat dipantau secara langsung dan data tersebut dapat disimpan pada *database*. Pada penelitian ini dirancang sebuah

sistem untuk proteksi dan *monitoring undervoltage, unbalance load*, dan arus netral dengan menggunakan sensor PZEM-004T untuk mendeteksi tegangan, arus, dan frekuensi. Alat ini juga dapat menampilkan data tersebut secara *realtime* dengan mengirimkan data tersebut ke *server* sehingga dapat dilakukan pemantauan jarak jauh menggunakan *WebServer*.

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 yang digunakan untuk *monitoring* dan arduino Mega2560 sebagai kontrol data yang terbaca oleh sensor, sedangkan sensor yang digunakan adalah PZEM-004T. Terdapat 3 indikator yang menjadi acuan kondisi kestabilan jaringan yang terpasang yaitu indikator *undervoltage, unbalance load*, dan arus pada netral dengan *setting* yang diinginkan. Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode *naïve bayes* yang mana hasil klasifikasinya menjadi acuan untuk mengaktifkan sistem proteksi.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada diagram dibawah ini. Tahapan pertama adalah dengan melakukan identifikasi permasalahan yang digunakan untuk merumuskan sebuah permasalahan. Tahapan berikutnya merupakan studi literatur dari semua referensi yang bersumber dari buku, jurnal, prosiding, internet, dan sebagainya. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa perhitungan set point proteksi pada sistem . Hasil dari perhitungan ini akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan simulasi pada software MATLAB. Hasil dari perhitungan beban skala industriakan dilakukan simulasi untuk menguji coba antara perhitungan yang telah dilakukan pada rangkaian sistem proteksi. Jika pada saat simulasi sistem tidak berhasil berhasil maka akan dilakukan pemeriksaan ulang pada perhitungan. Namun, jika pada saat pengujian sistem berhasil maka dapat dilanjutkan dengan tahapan selanjutnya yaitu analisis data. Tahapan analisis data dilakukan untuk pemeriksaan dan pengolahan data untuk diubah menjadi sebuah informasi yang nantinya dapat digunakan untuk menarik kesimpulan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan *Set Point* Sistem Proteksi

Undervoltage adalah penurunan tegangan AC sebesar lebih dari 90% tegangan nominal dalam waktu yang cukup lama atau lebih dari 1 menit, juga termasuk gangguan *long duration*. Untuk batas proteksi yang digunakan dalam Tugas Akhir yaitu menurut PUIL 2011 bahwa nilai tegangan jatuh yang diperbolehkan yaitu tidak lebih dari 4% dari tegangan nominal.

$$\begin{aligned}
 4\% \text{ dari tegangan nominal} &= 380\text{V} \times 4\% \\
 &= 15.2\text{V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas } \textit{undervoltage} &= 380\text{V} - 15.2\text{V} \\
 &= 365\text{V}
 \end{aligned}$$

Salah satu penyebab *undervoltage* adalah terjadinya *voltage drop* dimana *voltage drop* ini adalah perkalian antara arus dan tahanan konduktor seperti pada persamaan rumus 2.1.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{loss}} &= I \times R_{\text{konduktor}} \\
 &= 436 \times 0.0762 \\
 &= 33.22 \text{ Volt}
 \end{aligned}$$

Sehingga V_{load} dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{load} &= V_{sekunder} - V_{loss} \\ &= 380 - 33.22 \\ &= 346.78 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa $V_{load} <$ batas undervoltage yang telah ditetapkan, maka dalam kondisi ini telah terjadi gangguan undervoltage dan sistem proteksi undervoltage akan bekerja

Untuk persamaan rumus yang digunakan untuk menentukan persentase ketidakseimbangan beban rata-rata dengan data beban yang terdapat pada Tabel 1. Untuk pembagian beban di setiap fasa terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 1. Pembagian Beban

Trafo Las	Blower	Lampu	Fasa R	Fasa S	Fasa T
27A			9A	9A	9A
	14A		4.66A	4.66A	4.66A
		0.86A	0.86A		
		0.86A		0.86A	
		0.86A			0.86A
Total Arus Setiap Fasa			14.52A	14.52A	14.52A

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan nilai untuk a, b, dan c sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{rata-rata} &= \frac{14.52 + 14.52 + 14.52}{3} \\ &= 14.52 \text{ A} \end{aligned}$$

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{14,52}{14,52} = 1$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{14,52}{14,52} = 1$$

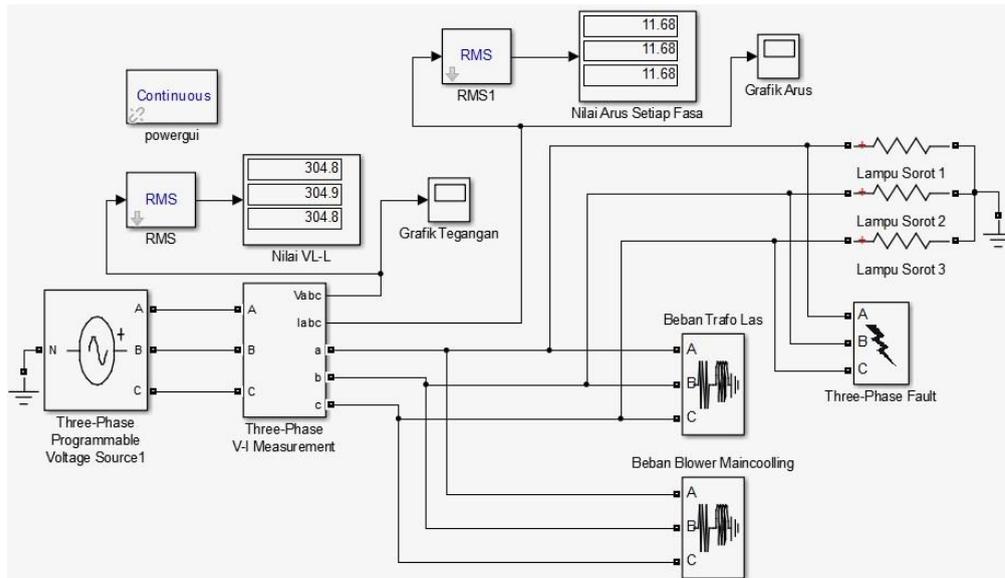
$$c = \frac{I_r}{I_{rata-rata}} = \frac{14,52}{14,52} = 1$$

Sehingga didapatkan keadaan seimbang dengan nilai $a = b = c = 1$. Apabila hasil perhitungan a, b , dan c terdapat selisih lebih dari 25% dengan menggunakan rumus dibawah ini maka akan terjadi gangguan *unbalance load*.

$$\text{Prosentase ketidakseimbangan} = \frac{\{|0.82-1| + |1.39-1| + |0.80-1|\}}{3} \times 100\%$$

B. Simulasi MATLAB

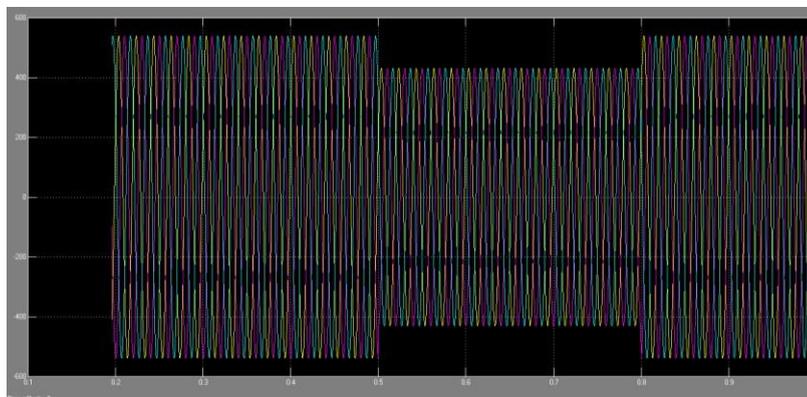
Simulasi gangguan *undervoltage* dan *unbalance load* dengan menggunakan aplikasi MATLAB. Untuk mengetahui gelombang ketika terjadi *undervoltage* dan *unbalance load* maka dibutuhkan simulasi pada saat proses tegangan normal 3 fasa yaitu 380V terhadap adanya gangguan tersebut. Berikut merupakan rangkaian simulasi dan hasil gelombang simulasi.



Gambar 2 Rangkain Simulasi *Undervoltage*

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai VL-L sebesar 304.8V, maka dapat dianggap sebagai gangguan *undervoltage* karena batas yang diperbolehkan adalah 365V.

Dari hasil gelombang pada Gambar 3 dilakukan dengan simulasi yang digunakan adalah 0.1s bahwa terjadi gangguan *undervoltage* pada 0.5s – 0.8s.

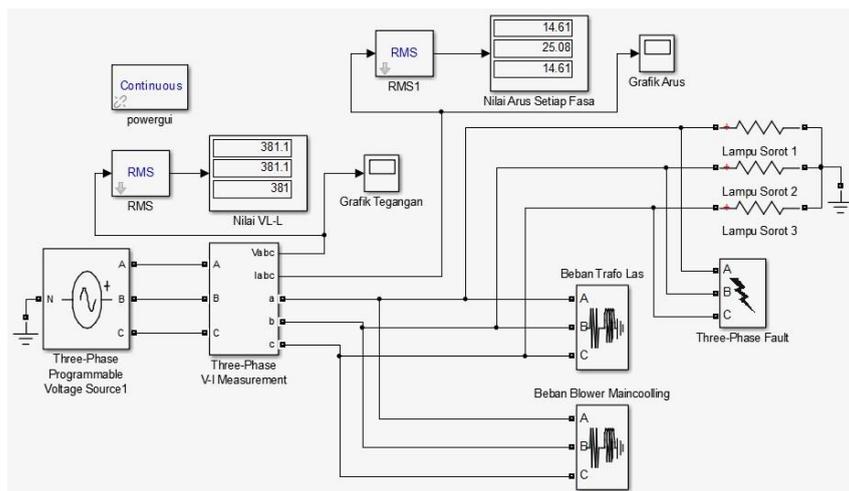


Gambar 3. Hasil Simulasi Gelombang *Undervoltage*

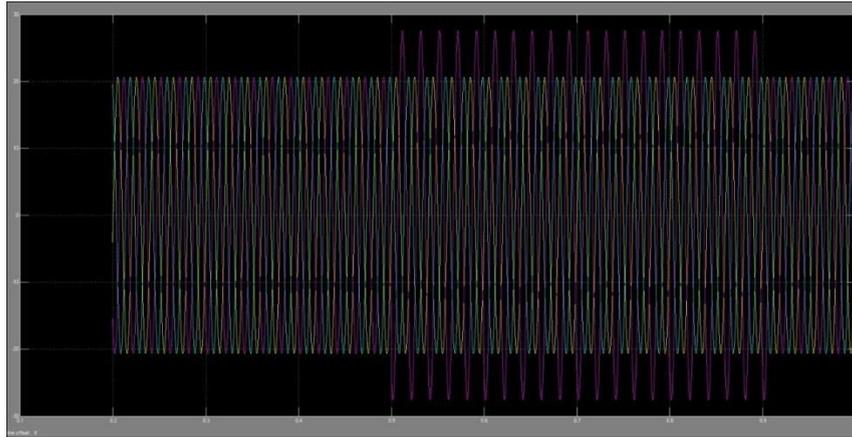
Tabel 2 Data Simulasi Gangguan *Undervoltage*

No.	Tegangan Terbaca	Prosentase	Keterangan
1.	152.4V	-6%	<i>Undervoltage</i>
2.	190.5V	-5%	<i>Undervoltage</i>
3.	228.6V	-4%	<i>Undervoltage</i>
4.	266.7V	-3%	Normal
5.	304.8V	-2%	Normal
6.	342.9V	-1%	Normal
7.	381.1V	0%	Normal
8.	762.1V	1%	Normal
9.	1143V	2%	Normal
10.	1524V	3%	Normal

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadi gangguan *undervoltage* sebesar 228.6V, 190.5V, dan 152.4V. Pada percobaan 1 sampai dengan percobaan 3 dapat dianggap sebagai gangguan *undervoltage* karena batas yang diperbolehkan menurut

**Gambar 4.** Rangkain Simulasi *Unbalance Load*

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai arus pada fasa R sebesar 14.61A, arus fasa S sebesar 25.08A dan arus fasa T sebesar 14.61A, maka dapat dianggap sebagai gangguan *unbalance load* karena terdapat selisih arus antar fasa sebesar 26% yang melebihi batas toleransi dari SPLN sebesar 25%.



Gambar 5. Hasil Simulasi Gelombang *Unbalance Load*

Dari hasil gelombang pada Gambar 5 dilakukan dengan simulasi yang digunakan adalah 0.1s bahwa terjadi gangguan *unbalance load* pada 0.5s – 0.9s.

Tabel 3. Data Simulasi Gangguan *Unbalance Load*

No.	I_R Terbaca	I_S Terbaca	I_T Terbaca	Prosentase Selisih Arus Antar Fasa	Keterangan
1.	14.61	28.35	14.61	32%	<i>Unbalance Load</i>
2.	27.55	14.61	14.61	30%	<i>Unbalance Load</i>
3.	26.83	14.61	14.61	29%	<i>Unbalance Load</i>
4.	14.61	26.18	14.61	28%	<i>Unbalance Load</i>
5.	14.61	25.08	14.61	26%	<i>Unbalance Load</i>
6.	14.61	24.60	14.61	25%	Normal
7.	14.61	23.77	14.61	23%	Normal
8.	14.61	23.07	14.61	21%	Normal
9.	14.61	22.46	14.61	20%	Normal
10.	14.61	21.94	14.61	19%	Normal

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa terjadi gangguan *unbalance load*. Pada percobaan 1 sampai dengan percobaan 5 terdapat selisih arus antar fasa yang melebihi dari 25% sesuai dengan SPLN 2014.

4. KESIMPULAN

- A. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Dari hasil perhitungan didapatkan *set point* untuk gangguan *undervoltage* tidak kurang dari 365V dan untuk gangguan *unbalance load* selisih arus setiap fasa tidak lebih dari 25%.
- B. Hasil simulasi pada MATLAB menunjukkan bahwa terjadi gangguan *unbalance load* apabila terdapat selisih arus setiap fasa lebih dari 25% dan apabila tegangan kurang dari 365V maka terjadi gangguan *undervoltage*. Sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan sistem proteksi pada panel distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, T., & Sunardiyo, S. (2013). Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara. 5(2).
- Junaidi. (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Penyulang Pangsuma Pt. PIn (Persero) Rayon Mempawah. 1(1).
- Sentosa Setiadji, J., Machmudsyah, T., & Isnanto, Y. (2008). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. Jurnal Teknik Elektro, 7(2), 68–73.
- Wara, B., & Kurniawan. (2021). SISTEM PROTEKSI DAN MONITORING KESEIMBANGAN PHASE 3 PADA PANEL DISTRIBUSI BERBASIS IOT. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Widarsono, K., Jauhari, M., & Dzuhuri, A. L. (2019). Relay Protection of Over Voltage , Under Voltage and Unbalance Voltage Magnitude Based on Visual Basic Using Arduino Mega. 39–48.
- Widiantoro, A. (2018). Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Listrik dan Tegangan Pada Kabel Line Listrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega. Jurnal TRIAC, 1–8.

- Shiddiq, Muhammad Jafar, and Anggara Trisna Nugraha. "Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- Febrianti, Chusnia, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- Ivannuri, Fahmi, Anggara Trisna Nugraha, and Lilik Subiyanto. "Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- Shiddiq, Muhammad Jafar, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "The Design of Uncontrolled Rectifier Three Phase Half Wave with Single Phase AC Generator Source." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.2 (2022).
- Agna, Diego Ilham Yoga, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "The Single-Phase Controlled Half Wave Rectifier with Single-Phase Generator Circuit Model to Establish Stable DC Voltage Converter Result." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.3 (2022).
- Yuniza, Salsabila Ika, Diego Ilham Yoga Agna, and Anggara Trisna Nugraha. "The Design of Effective Single-Phase Bridge Full Control Resistive Load Rectifying Circuit Based on MATLAB and PSIM." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.3 (2022).
- As'ad, Reza Fardiyan, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "The Effect of 3 Phase Full Wave Uncontrolled Rectifier on 3 Phase AC Motor." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.2 (2022).
- Bintari, Ayu, Urip Mudjiono, and Anggara Trisna Nugraha. "Analisa Pentahanan Netral dengan Tahan Menggunakan Sistem TN-C." *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro* 12.02 (2022): 92-108.
- Sheila, Sindy Yurisma, et al. "Desain and Build a Medium Voltage Cubicel Temperature and Humidity Optimization Tool to Minimize the Occurrence of Corona Disease with the PLC-Based Fuzzy Method." *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 4.4 (2022):192-198.

AY, Hafizh Ahmad Dzul, Urip Mudjiono, and Anggara Trisna Nugraha. "Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Suhu dan Ketinggian Air pada Mesin Extruder." *Elektrise: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro* 12.02 (2022):117-125.

Nugraha, Anggara Trisna, and Rachma Prilian Eviningsih. *Konsep Dasar Elektronika Daya*. Deepublish, 2022.

Nugraha, Anggara Trisna, and Rachma Prilian Eviningsih. *Penerapan Sistem Elektronika Daya: AC Regulator, DC Chopper, dan Inverter*. Deepublish, 2022.