

RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT MONITORING TEGANGAN, ARUS, DAYA, DAN SUHU PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)

Siti Fatmalia Tuanany¹⁾, Elisabeth T. Mbitu²⁾, Marselin Jamlaay³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon

¹⁾fatmaliatuanany1@gmail.com, ²⁾elisabethtansianambitu@gmail.com, ³⁾marselin90@gmail.com

ABSTRACT

Transformers play a very important role in the distribution of electrical energy because they function to increase and decrease voltage. Therefore, maintenance in the form of monitoring and measurement on distribution transformers is necessary to maintain their performance. However, under certain conditions, faults in transformers are detected late because their locations are sometimes difficult to reach. Based on these limitations, remote monitoring of transformers is needed to improve efficiency and to know the condition of the transformer in real-time. The aim of this research is to design and build a prototype device that can monitor voltage, current, power, and temperature on distribution transformers in real-time using IoT. The research method used is an experimental method with research stages including literature study and observation, prototype design, collection of tools and materials, construction of the device and program, and prototype testing. The monitoring device prototype is also equipped with a temperature sensor that will provide a hazard notification if the temperature exceeds 40°C. The monitoring device readings will be displayed on the device's LCD and the Blynk application on a smartphone. The test results show that the monitoring device prototype works well. Comparison with digital measuring instruments shows a voltage measurement difference of 0.02%, a current measurement difference of 0.04%, and a power measurement difference of 0.03%.

ABSTRAK

Transformator memiliki peran yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik hal ini dikarenakan transformator berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemeliharaan berupa pemantauan dan pengukuran pada transformator distribusi hal ini dilakukan untuk menjaga kinerja transformator. Namun, pada kondisi tertentu gangguan pada transformator terlambat untuk dideteksi dikarenakan posisi transformator kadang sulit dijangkau. Berdasarkan keterbatasan tersebut maka diperlukan adanya monitoring pada transformator dari jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi serta dapat mengetahui kondisi transformator secara *real-time*. Tujuan dari penelitian ini untuk merancang dan membangun sebuah prototipe alat yang dapat memonitoring tegangan, arus, daya, dan suhu pada transformator distribusi secara real-time dengan memanfaatkan IOT. Metode penelitian ini adalah metode eksperimental dengan tahapan penelitian yaitu studi literatur dan observasi, perancangan prototipe, pengumpulan alat dan bahan, pembuatan alat dan program, dan pengujian prototipe. Prototipe alat monitoring juga dilengkapi dengan sensor suhu yang akan memberikan notifikasi bahaya apabila suhu melebihi 40°C. Nilai pembacaan alat monitoring akan ditampilkan pada LCD alat dan aplikasi Blynk pada smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe alat monitoring yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Perbandingan dengan alat ukur digital memperlihatkan nilai perbedaan pengukuran tegangan sebesar 0.02%, pengukuran arus sebesar 0.04% dan pengukuran daya yaitu 0.03%.

Kata kunci : transformator distribusi; alat monitoring; Internet Of Things (IOT); Blynk

1. PENDAHULUAN

Transformator memiliki peran yang penting dalam penyaluran energi listrik karena berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan pada sistem tenaga listrik. (Zuhal, 2000). Salah satu contoh gangguan yang sering terjadi pada transformator distribusi yaitu arus lebih yang disebabkan oleh beban lebih/overload. Gangguan yang terjadi ini dapat menurunkan kinerja pada transformator sehingga menyebabkan kegagalan pada sistem distribusi tenaga listrik. Untuk menjaga kinerja transformator maka perlu dilakukan pemeliharaan transformator. Pemeliharaan yang dilakukan berupa pemantauan dan pengukuran pada transformator distribusi. Namun,

pada kondisi tertentu gangguan pada transformator terlambat untuk dideteksi dikarenakan posisi transformator kadang sulit dijangkau. Berdasarkan keterbatasan tersebut maka diperlukan adanya monitoring pada transformator dari jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi serta dapat mengetahui kondisi transformator secara *real-time*. Monitoring transformator jarak jauh menggunakan jaringan internet untuk memantau besar tegangan, arus, pemakaian daya, serta suhu transformator.

Penelitian rancang bangun prototipe alat monitoring suhu pada transformator distribusi berbasis IOT telah dilakukan oleh sejumlah Peneliti, diantaranya oleh Suprpto, (2019). Pada penelitian ini,

mampu mengatasi permasalahan terjadinya overload pada transformator dengan bantuan IOT. Sistem ini telah menggunakan modul GSM SIM800L dalam proses pengiriman data ke Web. Namun, masih mengalami kendala yaitu sering terjadi keterlambatan waktu saat sistem melakukan pengiriman data ke Web. Selain itu, Madjid & Suprianto (2019) telah merancang prototipe alat untuk monitoring arus dan suhu pada transformator distribusi, tetapi hasil yang ditampilkan belum lengkap karena tidak dapat memonitoring parameter tegangan dan daya. Penelitian selanjutnya oleh Adam, Amri, H., & Miswan (2019) untuk perancangan sistem monitoring arus dan tegangan menggunakan SMS gateway. Penelitian ini membuat sistem monitoring yang mampu mengukur arus dan tegangan, namun masih menggunakan GSM SIM 800L dengan berbasis SMS Gateway dan mengalami kendala dalam keterbatasan menangkap sinyal. Penelitian oleh Sandi, dkk. (2020) yakni perancangan pemonitor Transformator Daya menggunakan Mikrokontroler secara wireless. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring transformator distribusi dengan berbasis IOT. Sistem ini mampu memonitoring parameter suhu, tegangan, daya dan arus. Tetapi, masih mengalami kendala pada proses pengiriman datanya karena menggunakan modul Bluetooth sehingga jangkauan pengiriman dan penerimaan data sangat terbatas. Pada tahun 2022, Zulfitra melakukan penelitian untuk membangun prototype monitoring ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi dengan system IoT. Penelitian ini mampu memonitoring ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi sehingga dapat membantu mengatasi masalah overload. Namun, sensor arus SCT 013-000 memerlukan perbaikan akurasi agar memenuhi standar *error* alat ukur.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu tersebut, maka Penulis dalam penelitian ini akan merancang dan membangun prototipe alat monitoring arus, daya dan suhu pada transformator dengan menggunakan system *Internet Of Things* (IOT) berbasis WiFi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Transformator Distribusi

Transformator distribusi berperan dalam menyalurkan tenaga listrik dari tegangan menengah ke tegangan rendah yang dapat dipakai konsumen. Transformator pada jaringan distribusi yang digunakan di Indonesia, yaitu spesifikasi 20 kV – 400 V untuk transformator tiga fasa dan spesifikasi 20 kV / $\sqrt{3}$ – 231 V untuk transformator satu fasa.

Berbagai operasi dan gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dapat menurunkan kinerja transformator dan bahkan menyebabkan kerusakan. Penyebab kerusakan transformator distribusi yang paling umum adalah pembebanan berlebih dan ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban merupakan penyebab yang tidak dapat diantisipasi oleh alat proteksi, sehingga diperlukan pemantauan

arus yang mengalir pada setiap fasa transformator distribusi (Soedjarwanto, N., & Nama, G. F., 2019).

2.2. Internet Of Things (IOT)

IOT merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan IOT dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan dan bekerjasama dalam internet.

Cara kerja dari IOT yaitu setiap benda harus memiliki sebuah alamat Internet Protocol (IP) dimana alamat Internet Protocol (IP) dalam benda-benda tersebut akan dikoneksikan ke jaringan internet. Teknologi IoT bisa digunakan untuk kebutuhan pemantauan, pengendalian, dan otomatisasi (Soedjarwanto, N., & Nama, G. F., 2019).

2.3. Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi dan *power factor*.

Sensor PZEM-004T adalah modul sensor elektronik yang berfungsi untuk mengukur arus, tegangan, frekuensi, daya, energi, serta faktor daya. Sensor ini juga dilengkapi dengan CT yang sudah terintegrasi (Syhari, A., & Bintoro, A., 2023). Bentuk fisik sensor PZEM 004T ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Muharam, F. A., 2024

Gambar 1. Sensor PZEM 004T dengan CT Split Core

2.4. Sensor Suhu DS18B20

Sensor Suhu DS18B20 adalah sebuah sensor suhu digital one wire atau hanya membutuhkan 1 pin jalur data komunikasi. DS18B20 memiliki 12-bit ADC internal dan sangat presisi dalam pengukurannya terhadap suhu (Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022).

2.5 Modul ESP32

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System (Widyatmika, 2021). Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh ESP32 adalah sudah terdapat WiFi dan Bluetooth di dalamnya, yang akan sangat mempermudah pembuatan sistem IOT yang memerlukan koneksi *wireless*.

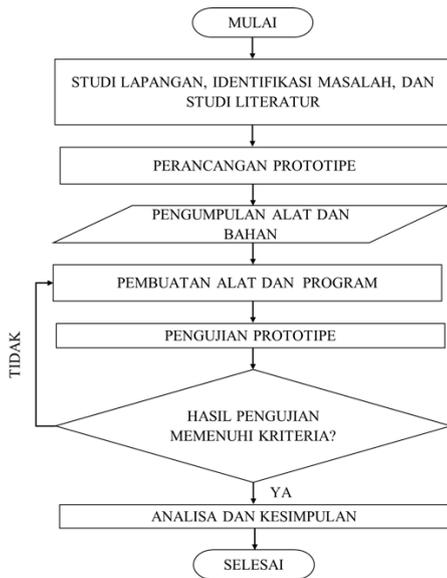
2.6. Blynk

Aplikasi Blynk adalah platform untuk IOS atau ANDROID yang digunakan untuk mengendalikan dan mengontrol modul Arduino, ESP, Rasbery Pi, Wemos

dan modul sejenisnya melalui jaringan internet (Artiyasa et al., 2021). Aplikasi ini mampu mengontrol perangkat keras dari jarak jauh.

3. METODOLOGI

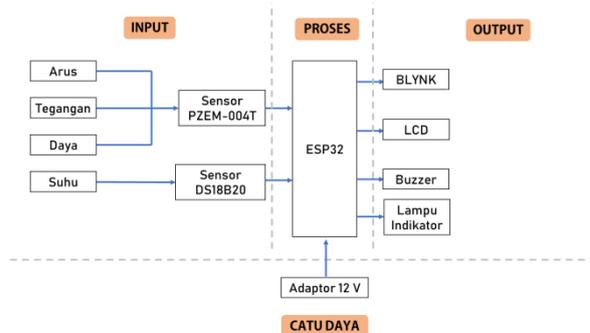
Penelitian ini menggunakan metode *Riset and Development* yaitu suatu metode yang digunakan untuk mengembangkan suatu model alat tertentu berdasarkan proses penelitian. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dijelaskan pada Gambar 2. Perancangan dilakukan pada dua bagian yakni perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem monitoring.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 2. Prosedur Kerja Penelitian

3.1 Perancangan Sistem

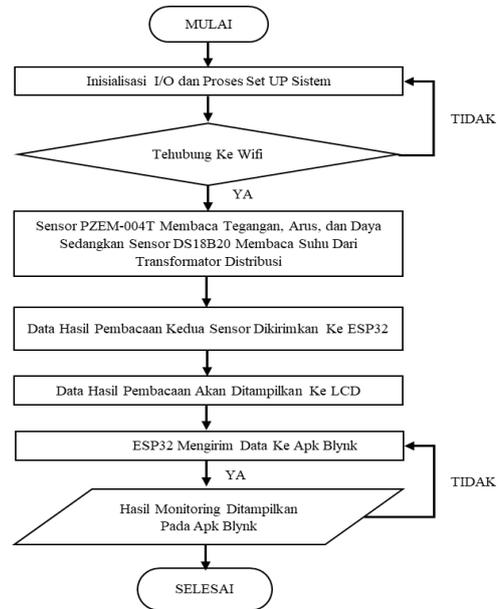
Diagram blok pada prototipe alat monitoring transformator distribusi ini terdiri dari empat bagian, yaitu blok input (masukan), blok proses, blok output (keluaran), dan blok catu daya. Gambar 3 menunjukkan diagram blok prototipe alat monitoring transformator distribusi.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 3. Rangkaian Elektronika Perancangan Prototipe Alat

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan prototipe alat monitoring ini adalah Arduino IDE dan aplikasi Blynk. Arduino IDE digunakan untuk membuat pemrograman pada ESP32. Aplikasi Blynk digunakan untuk menampilkan data hasil monitoring transformator distribusi secara real-time dari jarak jauh melalui jaringan WiFi. Diagram alir perancangan software ditunjukkan pada Gambar 4.

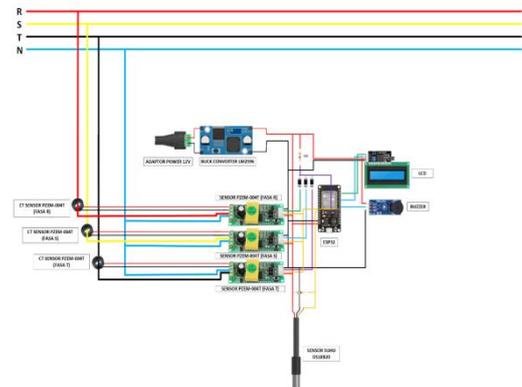


Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 4. Diagram alir perancangan perangkat lunak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

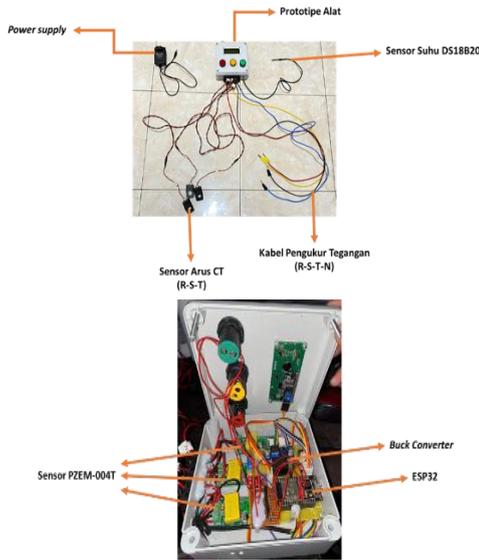
4.1 Hasil Perancangan Prototipe Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya dan Suhu Pada Transformator Distribusi Dengan Berbasis IOT

Skema rangkaian alat monitoring yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 5. Rangkaian Elektronika Perancangan Prototipe Alat

Bentuk fisik alat monitoring, sebagai hasil dari perancangan ditunjukkan pada Gambar 6.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 8. Prototipe Alat (Hardware)

4.2. Hasil Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak atau aplikasi yang digunakan pada prototipe alat monitoring transformator distribusi ini adalah Blynk. Aplikasi ini dapat diakses melalui perangkat Android/IOS. Tampilan aplikasi Blynk hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 6.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 9. Interface Blynk

4.3. Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, dilakukan peninjauan program yang telah dibuat dengan menggunakan software Arduino IDE. Program diinput pada mikrokontroler (ESP32) yang terdapat pada prototipe alat.

4.3.1. Pengujian Prototipe Alat Monitoring Transformator Distribusi (Hardware dan Software) Pada Papan Trainer Simulasi Transformator 3 Fasa dan Transformator UPS.

Pengujian prototipe alat ini dilakukan selama kurang lebih 30 menit dengan 5 kali pengambilan data pada masing-masing fasa dengan beban yang berubah-ubah guna untuk mengetahui kemampuan serta tingkat keakuratan dari prototipe alat.



Sumber: Tuanany, S., 2023
Gambar 11. Proses Pengujian Prototipe Alat

1) Pengujian Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya pada masing-masing fasa. Data hasil pengujian dari sensor ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sensor PZEM-004T

Beban	Fasa	Alat Ukur Digital			LCD		
		V	I	P	V	I	P
Rheostat 470 Ω / 300 W Max 0.79 A	R	112	0,46	51,5	111,3	0,48	53,0
		111	0,53	58,8	111,1	0,55	60,6
		111	0,54	59,9	111,0	0,55	60,5
		111	0,55	61,1	110,9	0,56	62,6
		111	0,60	66,6	110,8	0,62	68,3
	S	111	0,55	61,1	111,1	0,56	61,9
		111	0,64	71,0	110,5	0,65	71,4
		111	0,64	71,0	110,6	0,65	71,7
		111	0,67	74,4	110,3	0,69	75,6
		111	0,67	74,4	110,4	0,69	75,7
	T	110	0,55	60,5	111,2	0,56	61,8
		109	0,55	60,0	111,1	0,56	61,6
110		0,55	60,5	111,0	0,56	61,6	
109		0,59	64,3	110,8	0,60	66,0	
		109	0,62	67,6	110,5	0,63	69,9

Sumber: Tuanany, S., 2023

Berdasarkan data hasil pengukuran yang didapatkan, dengan membandingkan nilai parameter (V, I, dan P) yang terukur pada alat ukur digital dan LCD maka didapatkan nilai error dari sensor PZEM-004T yang ditentukan dengan menggunakan persamaan 1:

$$Error (\%) = \left| \frac{x-y}{x} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan persamaan 1

x = Nilai yang terukur di Alat Ukur Digital Papan

Trainer Simulasi Transformator 3 Fasa

y = Nilai yang terukur di LCD dan Blynk

Data error pengukuran dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Error Pengukuran Sensor PZEM-004T

Beban	Fasa	Error Pengukuran (%) Alat Ukur Digital dan LCD		
		V (V)	I (A)	P (W)
Rheostat 470 Ω / 300 W Max 0,79 A	R	0,01 %	0,04 %	0,03 %
		0,00 %	0,04 %	0,03 %
		0,00 %	0,02 %	0,01 %
		0,00 %	0,02 %	0,03 %
		0,00 %	0,03 %	0,03 %
	S	0,00 %	0,02 %	0,01 %
		0,00 %	0,02 %	0,01 %
		0,00 %	0,02 %	0,01 %
		0,01 %	0,03 %	0,02 %
		0,01 %	0,03 %	0,02 %
	T	0,01 %	0,02 %	0,02 %
		0,02 %	0,02 %	0,03 %
		0,01 %	0,02 %	0,02 %
		0,02 %	0,02 %	0,03 %
		0,01 %	0,02 %	0,03 %

Sumber: Tuanany, S., 2023

Berdasarkan perbandingan hasil pengukuran parameter (V, I, dan P) antara modul digital dengan LCD prototipe maka diperoleh hasil bahwa sensor PZEM-004T layak digunakan.

2) Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 akan ditempelkan pada bodi transformator UPS untuk dapat mengukur suhu pada transformator. Hasil pengukuran yang didapatkan oleh sensor suhu DS18B20 ditampilkan pada aplikasi Blynk pada layar handphone. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sensor Suhu DS18B20

Tegangan Suplai (V) Transformator UPS	Tampilan Suhu BLYNK (°C)	Indikator
216 V	31,75	Lampu Hijau ON
	32,00	Lampu Hijau ON
	32,31	Lampu Hijau ON
	34,13	Lampu Hijau ON
	33,94	Lampu Hijau ON
	34,06	Lampu Hijau ON
	35,50	Lampu Kuning ON
	35,94	Lampu Kuning ON
	36,31	Lampu Kuning ON
	36,63	Lampu Kuning ON
	37,19	Lampu Kuning ON
	39,50	Lampu Kuning ON
	23,44	Lampu Merah ON
	23,50	Lampu Merah ON
	23,50	Lampu Merah ON
41,50	Lampu Merah ON	
41,81	Lampu Merah ON	

Sumber: Tuanany, S., 2023

Berdasarkan data pada Tabel 3, diperoleh bahwa hasil pengukuran suhu yang terukur pada Blynk sesuai dengan batas suhu yang telah diatur dan lampu indikator (pilot lamp) bekerja (ON)

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- 1) Prototipe alat monitoring transformator distribusi dapat membaca dan mengukur nilai tegangan, arus, daya, dan suhu dengan nilai error yang tidak lebih dari 10% dimana nilai error maksimum yang didapatkan untuk pengukuran tegangan yaitu 0,02%, pengukuran arus yaitu 0,04%, dan pengukuran daya yaitu 0,03%.
- 2) Sistem monitoring dengan berbasis Internet Of Things (IOT) bekerja dengan baik sehingga data monitoring yang terbaca pada LCD prototipe alat dapat ditampilkan pada aplikasi Blynk

DAFTAR PUSTAKA

Adam, Amri, H., & Miswan. (2019). *Sistem Monitoring Arus Dan Tegangan Menggunakan SMS Gateway*. Jurnal Multitek Indonesia Vol. 13, No. 1, Bengkalis: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis.

Artiyasa, M., Nita Rostini, A., Edwinanto, & Anggy Pradifita Junfithrana. (2021). *Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk*. Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra Vo. 7, No. 1, Sukabumi: Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra.

Fitriyah, Q., & Putr, T. V. (2020, December). Pemanfaatan Aplikasi Blynk Sebagai Alat Bantu Monitoring Energi Listrik Pada Kulkas 1 Pintu. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 1, No. 1, pp. 84-92).

Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(02), 18-23.

Muharam, F. A. (2024). PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KONTROL DAN MONITORING PERALATAN LISTRIK PADA RUMAH TANGGA MENGGUNAKAN SENSOR PZEM-004T BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).

Sandi, R. A., Turahyo, T., & AbdulZain, A. (2020). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Transformator Daya Secara Wireless Berbasis Mikrokontroler*. *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi* Vol. 3, No. 3, Bontang: Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Bontang.

Soedjarwanto, N., & Nama, G. F. (2019). Monitoring Arus, Tegangan dan Daya pada Transformator Distribusi 20 KV Menggunakan Teknologi Internet of Things. *Jurnal EECCIS*, 13(3).

- Suprpto, D. E. (2019). *Monitoring Temperatur Trafo Distribusi 220V Dengan Arduino Berbasis IOT*. Jurnal Inovtek Polbeng Vol. 9, No. 1, Malang: Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang.
- Syhari, A., & Bintoro, A. (2023). Monitoring dan Controlling Daya Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor PZEM-004T. *Jurnal Energi Elektrik*, 12(1), 43-51.
- Widyatmika, I. P. A. W., Indrawati, N. P. A. W., Prastya, I. W. W. A., Darminta, I. K., Sangka, I., & Saptaka, A. A. N. G. (2021). Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 13(1), 35-47.
- Zuhal. (2000). *Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Zulfitra. (2022). *Rancang Bangun Prototype Monitoring Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Medan: Universitas Medan Area.