

Sistem *Real-time* Monitoring Transformator Distribusi Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Bima Bryan Adam¹, Hilda², Hendro Priyatman³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak^{1,2,3}

Abstrak

Saat ini pemantauan kondisi transformator masih dilakukan secara manual oleh petugas lapangan. Pemantauan secara manual membutuhkan waktu yang lama sehingga gangguan transformator tidak dapat diketahui sejak dini. Padahal transformator merupakan bagian penting dalam jaringan distribusi energi listrik. Gangguan pada transformator dapat menyebabkan kegagalan distribusi energi listrik ke pelanggan. Oleh karena itu dirancang sistem monitoring waktu-nyata (*real-time*) transformator dengan mengimplementasikan modul mikrokontroler arduino nano dan modul WiFi ESP8266. Sistem monitoring ini mampu menampilkan kondisi arus, tegangan dan suhu transformator melalui LCD (*Liquid Crystal Display*) dan situs web Cayenne. Pengiriman data ke situs web Cayenne dilakukan secara daring menggunakan modul WiFi ESP8266. Sistem monitoring waktu-nyata (*real-time*) transformator hasil perancangan mampu mengirim data setiap 3 detik dengan durasi rata-rata 1,087 detik.

Kata kunci: *Transformator distribusi; monitoring; waktu-nyata; Internet of Things*

Abstract

[Title: Real-time Monitoring System of Distribution Transformer Using Internet of Things (IoT)] At present monitoring of transformer is still done manually by field officers. Manually monitoring requires a long time so the transformer's failure can not be known early. Though the transformer is an important part in the electrical energy distribution network. Transformer's failure can cause interference with the electrical energy distribution to customer. So the transformer real-time monitoring system is designed by implementing the arduino nano microcontroller module and the ESP8266 WiFi module. This monitoring system is able to display the current, voltage and temperature conditions of the transformer via the LCD (Liquid Crystal Display) and the Cayenne website. Data transmission to the Cayenne website is done online using the ESP8266 WiFi module. The real-time monitoring system of the designed transformer is able to send data every 3 seconds with an average duration of 1.087 seconds.

Keywords: *Distribution transformer; monitoring; real-time; Internet of Things*

1. Latar Belakang

Transformator berfungsi menaikkan dan menurunkan tegangan pada sistem tenaga listrik (Zuhail, 2000). Transformator harus selalu berada dalam kondisi baik untuk menjaga keandalan dan kualitas distribusi energi listrik. Kondisi transformator yang tidak normal dapat menyebabkan kegagalan sistem distribusi energi listrik. Untuk menjaga kondisi transformator, dibutuhkan upaya pemeliharaan transformator.

Pemeliharaan berupa pemantauan dan pengukuran parameter kondisi transformator. Saat ini pemeliharaan transformator masih dilakukan secara manual oleh petugas lapangan sehingga kondisi transformator tidak dapat dipantau dalam rentang waktu yang singkat. Akibatnya, gangguan pada transformator tidak dapat diketahui sejak dini.

2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

A. Penelitian Terkait

Penelitian tentang sistem monitoring perangkat listrik telah dilakukan dalam beberapa

*) Bima Bryan Adam

E-mail: bimabryanadam@student.untan.ac.id

tahun terakhir. Perangkat yang menjadi objek penelitian serta parameter energi listrik yang diukur pada setiap penelitian bervariasi. Selain itu, setiap penelitian menggunakan mikrokontroler, sensor dan perangkat antarmuka yang berbeda. Adapun beberapa penelitian sejenis yang telah ada sebelumnya yang menjadi referensi penelitian ini adalah:

1. *Monitoring Kondisi Transformator Daya Berbasis Analisis Data Suhu, Tegangan, dan Arus pada Transformator Distribusi* oleh Bryan Rahardy, dkk (2012).

Penelitian oleh Bryan Rahardy (2012) menghasilkan rancangan sistem monitoring transformator distribusi. Parameter kondisi transformator yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu transformator serta tegangan dan arus pada fasa R, fasa S, fasa T keluaran transformator. Sistem monitoring transformator pada penelitian ini menggunakan modul GPRS sebagai media pengiriman data ke situs web.

2. *Perancangan Prototipe monitoring Beban Transformator Distribusi 20KV Berbasis Mikrokontroler* oleh Lia Frisila, dkk (2017).

Penelitian ini menghasilkan sistem *real-time* monitoring transformator distribusi 20KV. Parameter transformator yang diukur pada penelitian ini adalah tegangan, arus dan suhu. Data hasil pengukuran parameter transformator ditampilkan melalui *Liquid Crystal Display*. Sistem monitoring transformator ini dilengkapi dengan sistem informasi gangguan transformator berbasis *Short Message Service* (SMS).

3. *A Review on Health Condition monitoring of Distribution Transformer* oleh Rohit R Pawar, dkk (2017).

Rohit R Pawar, dkk (2017) melakukan perancangan sistem *real-time* monitoring transformator distribusi menggunakan Modul *Global System for Mobile* (GSM). Parameter kondisi transformator yang diukur adalah arus, tegangan, suhu dan level minyak transformator. Data kondisi transformator ditampilkan pada *Liquid Crystal Display*. Sistem monitoring ini dilengkapi dengan sistem peringatan gangguan pada transformator berbasis Modul GSM.

B. Transformator

Transformator adalah perangkat listrik yang berfungsi mengubah nilai energi listrik. Perubahan nilai energi listrik tersebut tidak berpengaruh pada nilai frekuensi. Transformator mengubah nilai energi listrik dengan menggunakan prinsip kerja induksi medan elektromagnetik. Transformator terdiri dari dua atau lebih kumparan dan inti besi. Kumparan-kumparan tersebut tidak saling terhubung secara langsung. Namun terhubung melalui medan magnet yang timbul pada inti besi (Chapman, 2012).

Penggunaan transformator dalam bidang energi listrik dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Transformator Daya
2. Transformator Pengukuran
3. Transformator Distribusi



Gambar 1. Transformator distribusi (CENTRADO, 2010)

Transformator distribusi merupakan transformator yang menerima tegangan masukan dari jaringan transmisi dan menyalurkannya ke jaringan distribusi tenaga listrik atau ke pelanggan (Harlow, 2004). Keluaran transformator distribusi berupa tegangan 220V/380V tiga fasa dengan empat kawat, yaitu fasa R, fasa S, fasa T dan Netral.

Transformator bekerja menggunakan prinsip kerja induksi medan magnet induksi medan elektromagnetik antara kumparan primer dan sekunder. Induksi medan elektromagnetik menyebabkan kenaikan suhu pada kumparan. Batas maksimal suhu transformator adalah 65°C pada suhu lingkungan 30°C (Harlow, 2004). Oleh karena itu, tangki dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menjaga suhu transformator.

C. Real-time Monitoring

Sistem waktu-nyata (*Real-time system*) merupakan proses monitoring, interaksi, kendali atau respon terhadap lingkungan fisik yang bekerja berdasarkan waktu atau penjadwalan. *Real-time* monitoring bekerja secara otomatis tanpa instruksi dari pengguna dan dilakukan secara daring. Ruang lingkup kerja sistem monitoring bersifat lokal, yaitu hanya terbatas pada objek yang spesifik. Perubahan parameter kondisi lingkungan harus mampu dideteksi dalam rentang waktu yang spesifik. Parameter kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan kriteria akan dikenali oleh sistem sebagai gangguan. Sistem akan merespon gangguan dengan mengirimkan pesan peringatan gangguan atau melakukan de-aktivasi sistem untuk menghindari kerusakan yang lebih parah (Noack, 2011).

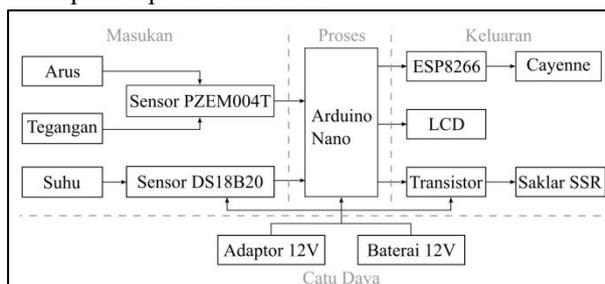
D. Internet of Things

Internet of Things adalah hubungan antara perangkat fisik dan aplikasi yang menyediakan sarana untuk mengakses dan mengendalikan perangkat tersebut (Zhou, 2013). Data dari perangkat fisik yang dikirim melalui jaringan internet akan ditampilkan melalui aplikasi (Sukaridhoto, 2016). Hubungan antar perangkat dalam *Internet of Things* bertujuan mencapai kinerja perangkat yang terintegrasi, aman, cepat (waktu-nyata) dan memiliki layanan personal seperti pemantauan jarak jauh, pengukuran, pencarian, penjadwalan, perekaman, pencatatan, pemeliharaan dan pelaporan.

3. Hasil Perancangan

A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok sistem monitoring transformator terdiri dari empat bagian, yaitu blok masukan, proses, keluaran dan catu daya. Berikut diagram blok sistem monitoring transformator yang ditampilkan pada Gambar 2.

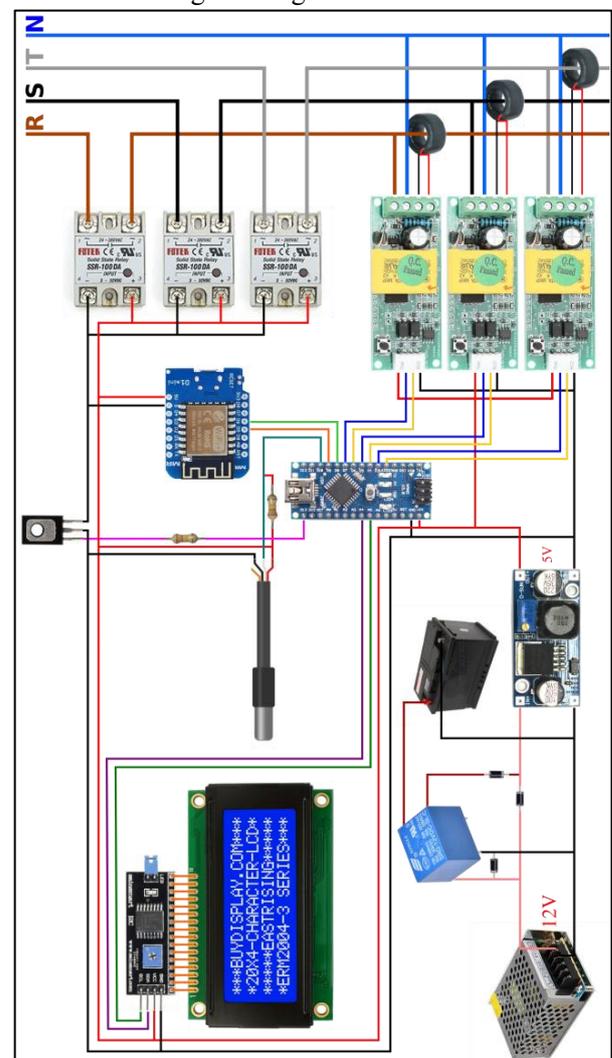


Gambar 2. Diagram blok sistem monitoring transformator

Komponen elektronika yang digunakan pada perancangan ini sebagai berikut:

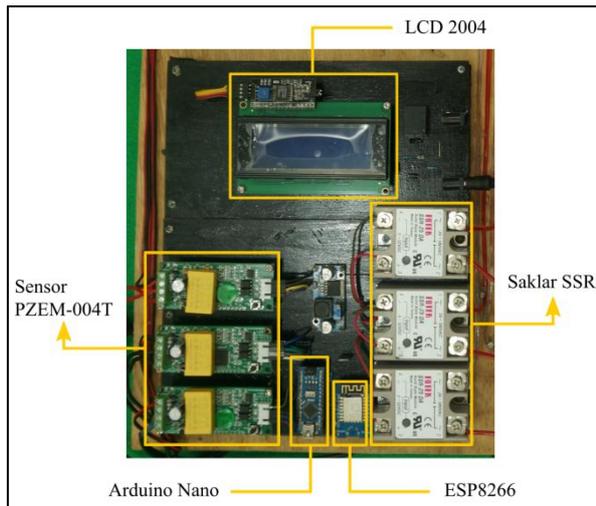
1. Arduino Nano
2. Sensor PZEM-004T
3. Sensor DS18B20
4. Modul WiFi ESP8266
5. LCD 2004
6. Transistor BD139
7. Saklar SSR (*Solid State Relay*)
8. Adaptor 12V
9. Baterai 12V

Komponen elektronika tersebut dihubungkan berdasarkan diagram rangkaian elektronika berikut.



Gambar 3. Diagram rangkaian elektronika

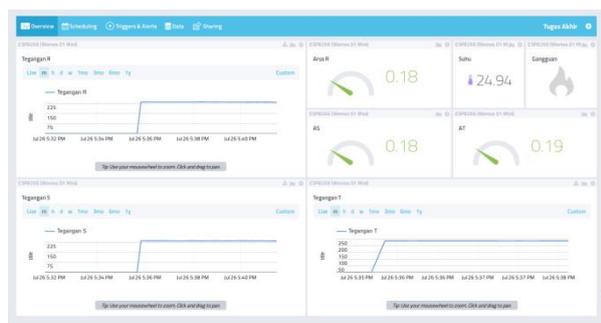
Hasil perancangan sistem monitoring transformator pada papan PCB dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Tampilan fisik sistem monitoring transformator

B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

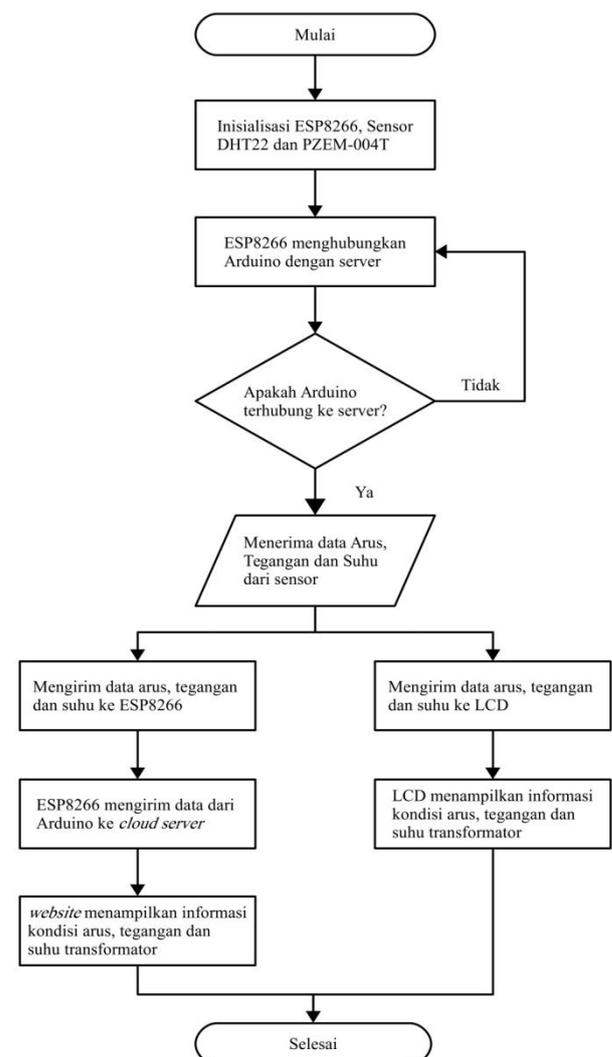
Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan ini adalah Arduino IDE dan situs web Cayenne. Situs web Cayenne digunakan untuk menampilkan informasi kondisi transformator dari jarak jauh. Data tegangan transformator ditampilkan dalam bentuk grafik sedangkan data arus dan suhu tangki transformator ditampilkan dalam bentuk angka. Dasbor Cayenne yang digunakan untuk menampilkan informasi kondisi transformator dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan dasbor Cayenne

Arduino IDE merupakan aplikasi berbasis bahasa C++ yang digunakan untuk menulis kode program. Kode program ditulis berdasarkan diagram alir kerja sistem. Sistem bekerja diawali dengan inialisasi sensor-sensor serta modul WiFi ESP8266 oleh Arduino Nano. Kemudian ESP8266 melakukan uji konektivitas antara Arduino Nano dengan situs web Cayenne. Jika Arduino Nano telah terhubung dengan situs web serta pengiriman data siap dilakukan, maka sensor-sensor mulai

melakukan pengukuran. Sensor PZEM-004T mengukur nilai arus dan tegangan sedangkan sensor DS18B20 mengukur nilai suhu tangki transformator. Arduino Nano menerima informasi kondisi transformator berupa data arus, tegangan dan suhu hasil pengukuran sensor. Arduino Nano lalu mengirim data tersebut untuk ditampilkan melalui LCD 2004. Selain itu, Arduino Nano juga meneruskan data ke modul WiFi ESP8266 untuk dikirim ke situs web Cayenne melalui jaringan internet. Data yang diterima oleh peladen Cayenne divisualisasikan pada dasbor Cayenne. Diagram alir kerja perangkat keras sistem monitoring transformator ditampilkan pada Gambar 6.

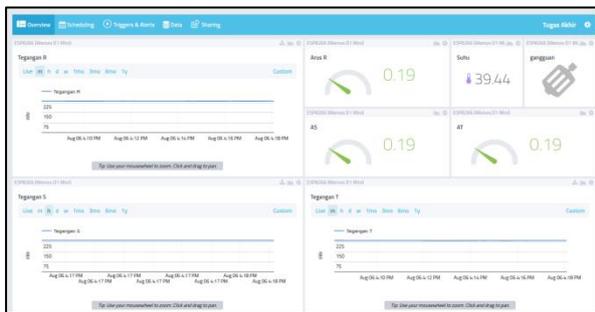


Gambar 6. Diagram alir kerja perangkat keras sistem monitoring transformator

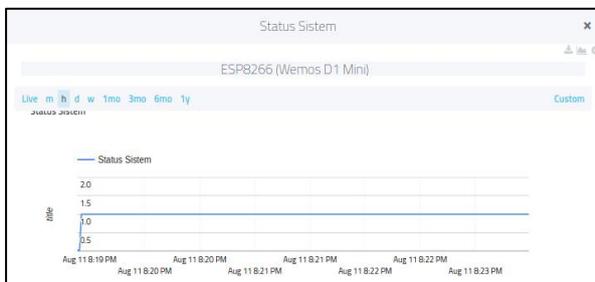
4. Hasil Pengujian

1. Pengujian keberhasilan pengiriman data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengiriman data secara daring. Tingkat keberhasilan diketahui dari jumlah data yang hilang selama pengiriman data. Pengujian dilakukan dengan membandingkan jumlah data yang dikirim dengan data yang diterima oleh situs web Cayenne. Pengiriman data pada pengujian ini dilakukan sebanyak 100 kali dengan jeda waktu pengiriman selama tiga detik. Tampilan situs web Cayenne hasil pengujian pengiriman data dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan situs web Cayenne hasil pengujian pengiriman data



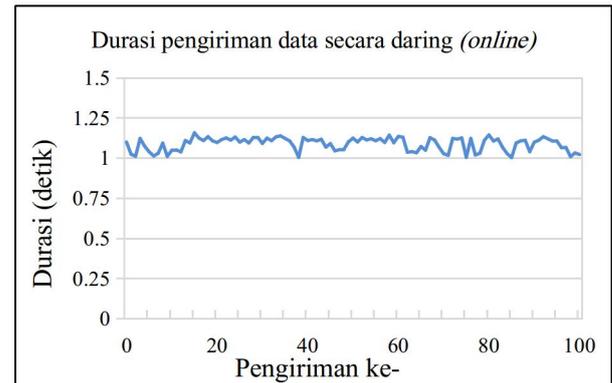
Gambar 8. Grafik status pengiriman data

Gambar 8 menampilkan grafik status pengiriman data selalu berada pada angka 1 yang menunjukkan bahwa data berhasil terkirim. Sistem melakukan pengiriman data sebanyak 100 paket data dan situs web Cayenne berhasil menerima 100 paket data. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa seluruh data yang dikirim oleh modul WiFi ESP8266 berhasil diterima oleh Cayenne. Hal ini menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 100%.

2. Pengujian durasi pengiriman data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui durasi pengiriman data secara daring dari perangkat

fisik ke situs web Cayenne. Durasi pengiriman data dihitung dari selisih antara waktu terima data oleh situs web Cayenne dengan waktu pengiriman data oleh sistem. Data yang dikirim berupa informasi kondisi tegangan, arus dan suhu transformator. Pengiriman data pada pengujian ini dilakukan sebanyak 100 kali dengan jeda waktu pengiriman tiga detik. Grafik hasil pengujian durasi pengiriman data ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik durasi pengiriman data

Berdasarkan grafik hasil pengujian durasi pengiriman data pada Gambar 8 diketahui bahwa durasi pengiriman data terlama dihasilkan pada pengiriman ke-16 dengan durasi 1,145 detik. Sedangkan pengiriman data paling singkat terjadi pada pengiriman ke-85 dengan durasi 1,002 detik. Pengiriman data secara daring sebanyak 100 kali menghasilkan nilai rata-rata durasi pengiriman sebesar 1,087 detik.

5. Penutup

A. Kesimpulan

1. Modul mikrokontroler arduino nano dan modul WiFi ESP8266 dapat diimplementasikan dalam perancangan sistem *real-time* monitoring untuk mengukur kondisi tegangan, arus dan suhu tangki transformator.
2. Sistem *real-time* monitoring transformator hasil perancangan mampu melakukan pengiriman data dari perangkat fisik ke situs web Cayenne setiap tiga detik dengan tingkat keberhasilan 100%. Durasi pengiriman data dari ESP8266 ke situs web Cayenne selama 1,087 detik.

B. Saran

1. Menambahkan kondisi minyak transformator sebagai parameter yang dipantau.
2. Menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi dengan kecepatan kerja yang lebih tinggi dan telah dilengkapi (*built-in*) modul WiFi.

6. Daftar Pustaka

- Chapman, Stephen J. 2012. *Electric Machinery Fundamentals*. New York: The McGraw-Hill Companies
- Frisila, Lia dan Chairul G. Irianto. 2017. Perancangan Prototipe Monitoring Beban Tranformator Distribusi 20KV Berbasis Mikrokontroler. *JETri*. Vol. 15 No. 1. Hlm. 55-64.
- Noack, Tino. 2011. Real-Time Monitoring and Long-Term Analysis by Means of Embedded Systems. *Proceedings of the CAiSE Doctoral Consortium 2011*. London, United Kingdom, June 21. Vol. 731.
- Pawar, Rohit R.; Priyanka A. Wagh dan Dr. Shankar Deosarkar. A Review on Health Condition Monitoring of Distribution Transformer. *International Journal of Current Engineering And Scientific Research (IJCESR)* Volume-4, Issue-3. Hlm. 47-54.
- Rahardy, Bryan; Ardyono Priyadi dan Mauridhi Hery P. 2012. Monitoring Kondisi Transformator Daya Berbasis Analisis Data Suhu, Tegangan, dan Arus pada Transformator Distribusi. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 1, No. 1. Hlm. 1-6.
- Sukaridhoto, Sitrusta. 2016. *Bermain dengan Internet of Things dan Big Data*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Zhou, Honbo. 2013. *The Internet of Things in the Cloud A Middleware Perspective*. Florida: CRC Press.
- Zuhal. 2000. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- PT. Centrado Prima International. Januari 2010. *Distribution & Power Transformers*. 17 Maret 2019. <https://centrado.co.id/trafo-medium-voltage/trafo-distribusi.html>



Biografi

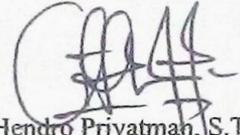
Bima Bryan Adam, menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2014. Memperoleh gelar Sarjana (S1) Teknik Elektro pada tahun 2019 dengan konsentrasi Teknik Kendali.

Mengetahui,
Pembimbing Utama



Hilda, S.T., M.T.
NIP196907091995012001

Pembimbing Pembantu



Hendro Priyatman, S.T., M.T.
NIP196806011995031003