

# Sistem Pendeteksian Kerusakan Lampu Sinyal Pada Stasiun Kereta Api Dengan *Metode Predictive Maintenance*

Andriana  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Langlangbuana  
[andriana6970@gmail.com](mailto:andriana6970@gmail.com)

Ida Hamidah  
Program Studi Pendidikan dan Kejuruan  
Universitas Pendidikan Indonesia

Tutin Aryanti  
Program Studi Pendidikan dan Kejuruan  
Universitas Pendidikan Indonesia

Heru Prambudiono  
Fakultas Teknik  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Langlangbuana  
[heru\\_dew@gmail.com](mailto:heru_dew@gmail.com)

**Abstrak** - Lampu sinyal adalah sistem persinyalan yang berfungsi untuk memberikan isyarat berupa cahaya yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu dan memberikan isyarat dengan arti tertentu untuk mengatur perjalanan kereta api. Isyarat tersebut yaitu cahaya merah yang artinya tidak aman, cahaya kuning artinya berjalan dengan hati-hati dan cahaya hijau artinya berjalan dengan kecepatan yang ditentukan. Lampu sinyal sangat berperan penting dalam sistem perkeretaapian, oleh karena itu lampu sinyal harus dapat dideteksi apabila tidak berfungsi dengan normal. Untuk mengatasi hal itu penulis membuat suatu sistem lampu sinyal yang dapat mendeteksi apabila lampu mengalami kerusakan, dan juga dapat memprediksi apabila lampu sinyal berpotensi rusak dengan metode pemantauan berkala (*predictive maintenance*) yang disesuaikan secara akurat memprediksi masalah tersebut. Komponen yang digunakan untuk mendeteksi dengan menggunakan *Sensor CZ3700* dan *INA219* yang dapat mendeteksi arus 0-5A dan tegangan 0-36Vdc pada lampu sinyal. Selain itu juga dilengkapi sensor suhu untuk mengukur suhu pada modul lampu sinyal, yang dapat membaca suhu 0-85°Celsius. Hasil pembacaan sensor diproses dengan menggunakan *Arduino ESP32*, dan hasil pembacaan dikirimkan ke *Human Machine Interface* dalam hal ini menggunakan Computer / Laptop melalui jaringan nirkabel. Harapannya ketika sudah menerapkan sistem *predictive maintenance* ini dapat mengidentifikasi dan memperbaiki masalah sebelum lampu sinyal rusak.

**Kata kunci** - *Sensor CZ3700, INA219, Arduino ESP32, Human Machine Interface:*

## 1. PENDAHULUAN

Peralatan persinyalan adalah seperangkat fasilitas yang berfungsi untuk memberikan isyarat berupa bentuk, warna atau cahaya yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu dan memberikan isyarat dengan arti tertentu untuk mengatur dan mengontrol pengoperasian kereta api. Kata sinyal berasal dari bahasa latin "*signum*" yang artinya tanda. Sinyal adalah pembawa berita tentang keadaan jalan bagi kereta api bagi awak kereta api. Ketika kereta api pertama diluncurkan, hal yang dipikirkan manusia adalah segi keselamatannya karena seperti alat transportasi lain maka kereta api juga mempunyai kelemahan kelemahan misalnya kereta api tidak dapat belok untuk

menghindar tabrakan jika ada halangan di tengah jalan atau kereta api tidak dapat berhenti seketika untuk menghindari benturan. Untuk itu manusia menciptakan tanda yang kemudian didukung kemajuan teknologi dan berpikir sekarang ini disebut sinyal.

Tanda atau sinyal sebenarnya adalah pesan atau informasi kepada masinis tentang kondisi jalan kereta api yang akan dilalui oleh kereta api. Pesan tersebut umumnya dapat dikelompokkan menjadi tiga kondisi yaitu tidak aman, aman dengan berjalan hati-hati dan aman sesuai kecepatan yang ditentukan Jenis sinyal pada perkeretaapian digolongkan dalam:

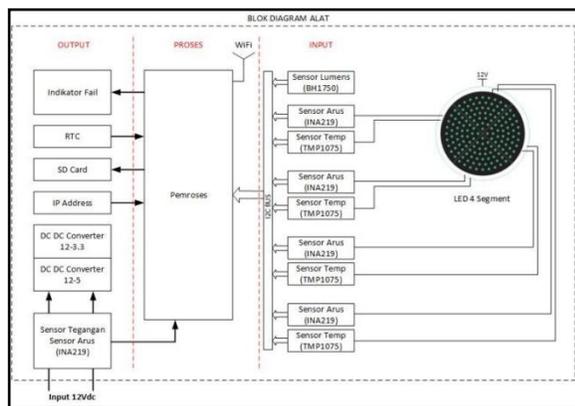
1. Sinyal mekanik adalah perangkat sinyal yang digerakkan secara mekanik, disini ada papan-lengan instruksi yang dinaikkan dan diturunkan untuk memberi perintah kepada masinis kereta api.
2. Sinyal mekanik dengan blok elektro mekanik hampir sama dengan sinyal mekanis namun
3. lengan isyarat dinaikkan dan diturunkan dengan perangkat elektro mekanis.
4. Sinyal elektrik adalah isyarat lampu seperti halnya lampu lalu lintas untuk mengatur jalan tidak jalannya kereta api.

Lampu sinyal merupakan salah satu komponen penting dalam sistem perkeretaapian, karena masinis hanya dapat melihat lampu sinyal sebagai rambu-rambu dalam sistem perkeretaapian. Namun, apabila terjadi kerusakan atau ketidak wajaran pada lampu sinyal akan berakibat fatal terhadap keselamatan kereta api. oleh karena itu dibutuhkan sistem pendeteksian apabila lampu tersebut mengalami kerusakan dan dapat memberikan prediksi apabila lampu tersebut berpotensi rusak. Oleh karena itu, diperlukan suatu lampu sinyal yang dapat memberikan data mengenai parameter- parameter sebagai tolak ukur apakah lampu sinyal tersebut rusak atau berpotensi rusak.

## 2. METODE

### 2.1. Perancangan Alat

Untuk merancang alat yang akan dibuat, diperlukan alat dan bahan yang dapat membantu dalam proses pembuatannya, diantaranya *fuse 0805 1A*, IC RTC DS3231, Module ESP32-WROOM, IC INA219, Terminal Blok 5mm 2P, LED dan IC TMP107. Selain itu diperlukan perancangan *hardware* dan *software* agar alat dapat mencapai berfungsi yang diinginkan.



Gambar 1. Blok Diagram

Keterangan Alat:

Arduino ESP : Adalah salah satu keluarga Mikrocontroller yang dikenalkan dan dikembangkan oleh *Espressif System*. ESP32 ini merupakan penerus dari mikrocontroller ESP8266. Pada mikrocontroller ini sudah dilengkapi modul WiFi dan BLE (*Bluetooth Low Energy*) dalam chip.

Sensor INA219 : INA219 merupakan modul elektronik sensor yang keren yang tidak hanya memungkinkan kita untuk mengukur arus, tetapi juga tegangan. Dengan sedikit rumus perkalian, kita bahkan dapat mengukur Power / Daya.

Sensor TMP102 : Perangkat TMP102 adalah sensor suhu digital ideal untuk penggantian termistor NTC / PTC di mana tinggi diperlukan akurasi. Perangkat ini menawarkan akurasi  $\pm 0,5^\circ \text{C}$  tanpa memerlukan kalibrasi atau eksternal pengkondisian sinyal komponen. Suhu perangkat sensor sangat linier dan tidak memerlukan kompleks perhitungan atau tabel pencarian untuk memperoleh suhu. ADC 12-bit on-chip menawarkan resolusi turun ke  $0,0625^\circ \text{C}$ .

Sensor BH1750 : adalah sebuah modul sensor cahaya berbasis IC BH1750. BH1750 adalah sebuah IC sensor cahaya dengan antarmuka I<sup>2</sup>C. Modul ini memberikan nilai output digital melalui I<sup>2</sup>C bus, sehingga Anda tidak perlu lagi menambahkan konverter ADC.

Power Supply : adalah Power Supply Mini yang mengkonversi tegangan AC 220V ke tegangan

DC 12V.

Relay : adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun, pada aplikasi ini digunakan sebagai indikator kegagalan lampu sinyal.

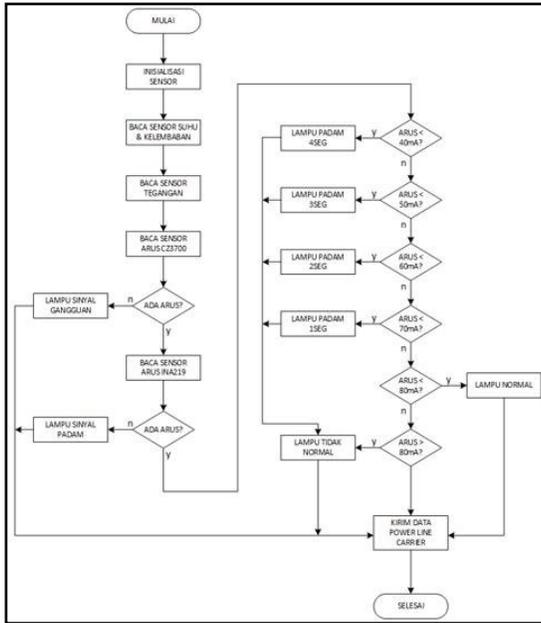
## 2.2. Perancangan Software

Untuk membuat perangkat keras yang sudah dibuat bekerja diperlukan perangkat lunak pada modul mikrokontroler. Perancangan perangkat lunak terdiri dari algoritma, *flowchart*, dan program..

Cara kerja *flowchart* program :

1. Ketika program dijalankan pertama yang dilakukan adalah inialisasi semua *input output* yang terpasang pada alat yang dibuat.
2. Setelah semua di inialisasi maka akan membaca sensor suhu dan kelembaban.
3. Selanjutnya sensor yang pertama dibaca yaitu sensor tegangan dan sensor arus yang mengalir pada sistem.
4. Apabila tidak ada arus yang terbaca artinya ada gangguan lampu sinyal.
5. Selanjutnya membaca sensor arus INA219 untuk mengecek kondisi lampu sinyal apakah nyala atau padam. Jika tidak ada arus yang terbaca artinya lampu dalam keadaan mati total.
6. Ketika ada arus yang mengalir kurang dari 10mA itu berarti lampu hanya menyala satu *segment* saja.
7. Apabila arus yang terbaca kurang dari 20mA itu artinya lampu yang nyala dua *segment*, begitu seterusnya sampai kondisi nyala semua (4 *segment*) maka arus yang terbaca 80mA.
8. Akan tetapi jika arus melebihi 40mA artinya ada lampu LED yang tidak normal, atau *over current* yang dapat mengakibatkan lampu sinyal rusak.
9. Apabila lampu dalam keadaan rusak maka akan mengeluarkan *output logic* ke *relay*. Selanjutnya semua parameter hasil pembacaan dikirimkan ke *human machine interface* melalui jaringan nirkabel dengan menggunakan WiFi
10. Kemudian program kembali lagi ke awal.

Dibawah ini merupakan flowchart program untuk perancangan dan pembuatan alat pendeteksi kualitas jalan :



Gambar 2. Flowchart Program

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pengukuran dan pengujian dilakukan untuk mengetahui cara kerja sistem secara keseluruhan dan bagian-bagian didalamnya.

3.1

No	Suhu (°C)	Pembacaan Arduino (°C)	Pembacaan alat ukur (°C)	Error (%)
1	30	30.21	30.19	0.02
2	40	40.23	40.18	0.05
3	50	50.12	50.04	0.08
4	60	60.23	60.10	0.13
5	70	70.32	70.23	0.09
6	80	80.33	80.22	0.11
7	90	90.41	90.32	0.09
8	100	100.1	99.95	0.15

array. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan tegangan *power supply* 12V 6A merk *Meanwell*. Hasil yang diperoleh kemudian di tampilkan pada sebuah aplikasi *webserver* dan di simpan pada *memory SD card*. Sebelum melakukan pengujian fungsi pada lampu sinyal, dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap

Simulasi Kegagalan	Pengukuran		Indikator pada ESP32		Tampilan Server	SD card
	Arus	Tegangan	LED Fail	LED Pred	Sesuai	Tersimpan
1 LED (not good)	197.6	11.45		√	√	√
1 LED (short)	206.5	11.43		√	√	√
1 LED (open)	192.8	11.46		√	√	√
1 Segment	0.11	11.53	√		√	√

karakteristik dari masing masing sensor untuk mendapatkan nilai akurasi dari sensor tersebut.

Sensor yang akan di uji diantaranya adalah sensor arus dan tegangan, *sensor temperature*.

Tabel 1. Pengujian Power Input, Arus, Daya pada modul control ESP32

No	Sumber	Tegangan (Volt)	Arus (mA)
1	Input Tegangan Sumber	12.50	831.2
2	Power ESP32	3.32	40
3	Power Sensor	5.03	30
4	Power LED Segment 1	12.02	207.2
5	Power LED Segment 2	12.03	208.3
6	Power LED Segment 3	12.02	207.9
7	Power LED Segment 4	12.01	207.8

Tabel 2. Pengujian Sensor Arus INA219

Beban	Sumber Arus (mA)	Pembacaan Arduino (mA)	Alat Ukur (mA)	Error (%)
100 Ohm	10	9.85	10.45	0.6
	20	19.96	20.32	0.7
	30	30.02	30.40	0.2
	40	40.30	40.53	0.23
	50	50.44	50.65	0.21
	60	60.37	60.09	0.53
	70	70.32	70.21	0.11
	80	80.21	80.20	0.01
	90	90.11	90.43	0.32
	100	100.12	100.44	0.31

Tabel 3. Pengujian Sensor Suhu TMP1075

Tabel 4. Pengujian fungsi kegagalan lampusinyal Segment 1

Simulasi Kegagalan	Pengukuran		Indikator pada ESP32		Tampilan Server	SD card
	Arus	Tegangan	LED Fail	LED Pred	Sesuai	Tersimpan
1 LED (not good)	199.4	11.46		√	√	√
1 LED (short)	208.2	11.45		√	√	√
1 LED (open)	193.4	11.46		√	√	√
1 Segment	0.10	11.52	√		√	√

Tabel 5. Pengujian fungsi kegagalan lampusinyal Segment 2

Tabel 6. Pengujian fungsi kegagalan lampusinyal Segment 3

Simulasi Kegagalan	Pengukuran		Indikator pada ESP32		Tampilan Server	SD card
	Arus	Tegangan	LED Fail	LED Pred	Sesuai	Tersimpan
1 LED (not good)	196.4	11.44		√	√	√
1 LED (short)	206.4	11.45		√	√	√
1 LED (open)	191.7	11.47		√	√	√
1 Segment	0.10	11.52	√		√	√

Tabel 7. Pengujian fungsi kegagalan lampusinyal Segment 4

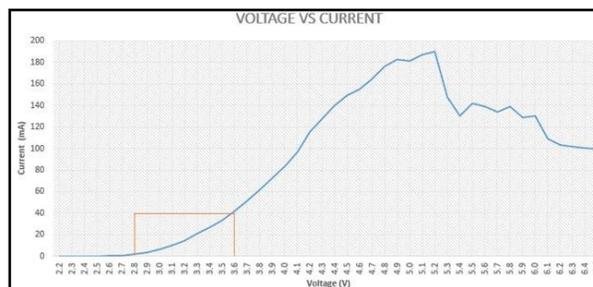
Simulasi Kegagalan	Pengukuran		Indikator pada ESP32		Tampilan Server	SD card
	Arus	Tegangan	LED Fail	LED Pred	Sesuai	Tersimpan
1 LED (not good)	198.6	11.46		√	√	√
1 LED (short)	205.7	11.45		√	√	√
1 LED (open)	193.5	11.42		√	√	√
1 Segment	0.12	11.55	√		√	√

**3.2. Pengukuran Suhu Pada PCB Lampu Sinyal**

Pada metode pengukuran suhu bertujuan untuk mengetahui suhu normal pada lampu sinyal. Sehingga dilakukan pengukuran suhu pada PCB lampu sinyal, yang nantinya akan di tempatkan sensor suhu untuk membaca titik terpanas pada PCB. Berikut adalah hasil pengukuran suhu pada PCB lampu sinyal. Pada suhu ruang ±27.5°C dengan alat ukur fluke VT02 Visual IR Thermometer

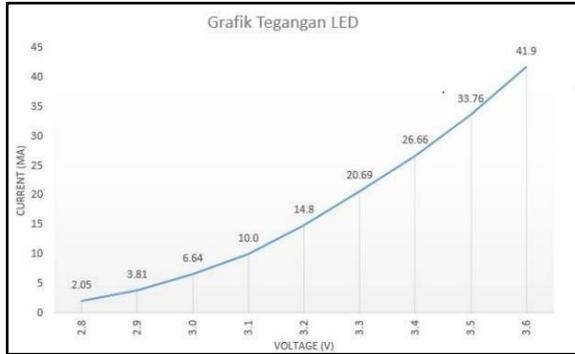
Tabel 8. Hasil pengukuran Tegangan, Arus, Temperature dan Intensitas Cahaya

V LED (Volt)	Arus (mA)	Temp (°C)	Lumen (lx)
2.2	0.02	27.3	0.2
2.3	0.02	27.3	0.2
2.4	0.01	27.3	0.2
2.5	0.06	27.3	2.2
2.6	0.34	27.3	14.5
2.7	0.97	27.2	40
2.8	2.05	27.4	87
2.9	3.81	27.4	153
3.0	6.64	27.3	233
3.1	10.0	27.5	339
3.2	14.8	27.6	465
3.3	20.69	27.7	580
3.4	26.66	28.2	706
3.5	33.76	28.8	847
3.6	41.9	28.9	976

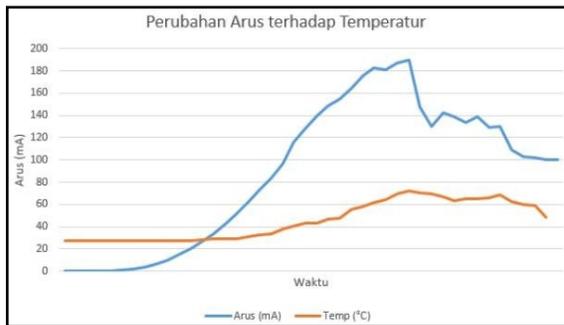


Gambar 3. Grafik pengukura arus dan tegangan

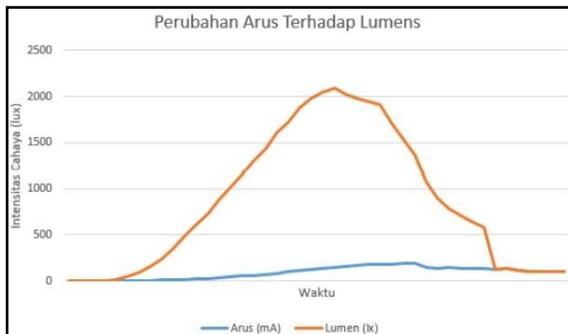
Pada gambar 3 dapat dijelaskan bahwa area kuning yang ditandai memiliki arti area tegangan kerja LED yang memiliki rentang tegangan 2.8V – 3.6V



Gambar 4. Grafik tegangan kerja LED



Gambar 5. Grafik perubahan arus terhadap temperature



Gambar 6. Grafik perubahan arus terhadap intensitas cahaya

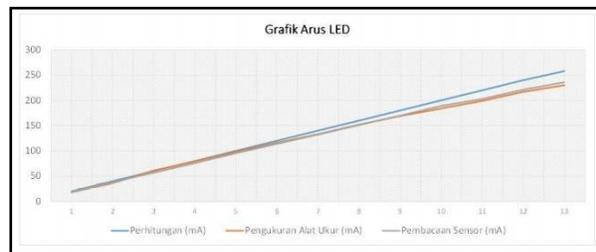
Selanjutnya adalah pengukuran LED yang sudah dirakit dengan jumlah LED 35pcs dengan kombinasi seri parallel. Pengukuran dilakukan dengan membaca arus dengan membandingkan Antara hasil perhitungan,

pembacaan program dan juga hasil pengukuran dengan alat ukur standar.

Pada gambar dibawah ini hasil percobaan LED dari mulai nyala 1 LED sampai 35 LED

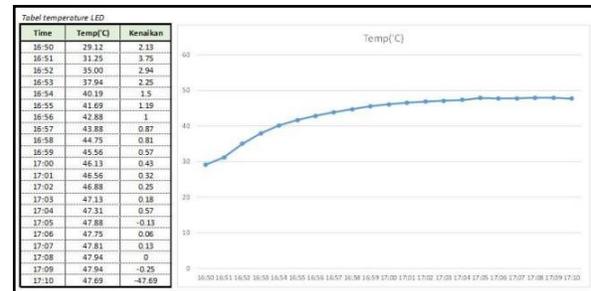
Tabel 9. Pengukuran arus dan temperature suhu ruang 29.12 celcius

Tabel pengukuran arus dan temperature pada suhu ruang 29.12 Celcius					Start at 4:30 PM
No	Vled 3V / 25mA	Arus (I)	Perhitungan (mA)	Pengukuran Alat Ukur (mA)	Pembacaan Sensor (mA)
1	Series 3	1	20	18	18.3
2	Series 3	1+2	40	36	36.1
3	Series 3	1+2+3	60	61	56.7
4	Series 3	1+2+3+4	80	79	75.8
5	Series 3	1+2+3+4+5	100	98	95.3
6	Series 3	1+2+3+4+5+6	120	116	113.9
7	Series 3	1+2+3+4+5+6+7	140	133	132.2
8	Series 3	1+2+3+4+5+6+7+8	160	152	151.2
9	Series 3	1+2+3+4+5+6+7+8+9	180	169	169.7
10	Series 3	1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	200	184	189
11	Series 3	1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11	220	199	202.9
12	Series 3	1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12	240	217	221.5
13	Series 2	1 Total setup segment	248	230	236.8



Gambar 7. Grafik pengukuran arus dengan alat ukur dan pembacaan Arduino

Dari gambar grafik diatas dapat di ambil kesimpulan bahwa nilai error hasil pembacaan sensor dengan alat ukur memiliki nilai rata rata sebesar 0.29 %.



Gambar 8. Grafik pengukuran arus dan temperature

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap Lampu sinyal dengan jenis LED 333/G1C1-AVYB/X/MS dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengukuran arus LED dengan

- menggunakan sensor INA219 menghasilkan nilai error rata rata 0.322% sehingga cocok dalam mendeteksi perubahan arus yang sangat kecil.
2. Pada percobaan LED dari mulai T awal sampai T akhir bahwa arus naik berbanding lurus dengan suhu kondisi short circuit, mensimulasikan kerusakan LED dengan kondisi open circuit, dan terakhir mensimulasikan kegagalan lampu sinyal 1 segment. Dari semua percobaan tersebut dapat berfungsi dengan semestinya dan dapat di tampilkan pada aplikasi webserver
  4. Pendeteksian kegagalan lampu sinyal dapat mendeteksi kerusakan LED 0.71% Padam, yang disyaratkan dalam Peraturan Menteri No.44 tahun 2018 BAB IV Pasal 14, dimana lampu sinyal harus dapat dideteksi apabila padam hingga 30%.
- sehingga nilai arus selalu berubah tergantung suhu sekitar.
3. Hasil uji coba dilakukan dengan kondisi, yaitu pendeteksian prediksi kerusakan dengan menggunakan komponen LED yang reject, mensimulasikan kerusakan LED dengan
 

Perumahan,” *J. Resti*, vol. 1, no. 10, pp. 6–9, 2019.
- [5] H. T. Monda, F. Feriyonika, and P. S. Rudati, “Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network,” *Pros. Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, vol. 9, pp. 28–31, 2018.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. N. Rohmat, Rachmatullah, D. Canra, and Suliono, “Analisis Perancangan Jadwal Preventive Dan Predictive Maintenance Pada Mesin Kapal Di Daerah,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. dan Rekayasa*, pp. 1–7, 2017.
- [2] S. Y. Chuang, N. Sahoo, H. W. Lin, and Y. H. Chang, “Predictive maintenance with sensor data analytics on a Raspberry Pi-based experimental platform,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 18, 2019, doi: 10.3390/s19183884.
- [3] “Using ‘Unscheduled’ Oil Analysis for Early Predictive Maintenance.” <https://www.machinerylubrication.com/Read/29398/unscheduled-oil-analysis> (accessed Aug. 26, 2020).
- [4] A. Setiawan and A. I. Purnamasari, “Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan

- [6] “Arduino and LM75 *temperaturee* sensorexample - Arduino Learning.” [http://arduinolearning.com/code/arduino-lm75-temperaturee-sensor-example.php#codesyntax\\_2](http://arduinolearning.com/code/arduino-lm75-temperaturee-sensor-example.php#codesyntax_2) (accessed Aug.26, 2020).
- [7] “Construction and Initialization Function” <https://learn.adafruit.com/adafruit-ina219-current-sensor-breakout/libraryreference> (accessed Aug. 27, 2020).
- [8] “Weibull distribution” [https://en.wikipedia.org/wiki/Weibull\\_distribution](https://en.wikipedia.org/wiki/Weibull_distribution) (accessed Aug. 27, 2020).