

**PENGARUH JARAK Pengereman DAN KONDISI JALAN
TERHADAP SUHU KAMPAS REM PADA SEPEDA MOTOR 150 CC**

**(THE EFFECT OF BRAKING DISTANCE AND ROAD CONDITIONS
ON BRAKE PAD TEMPERATURE ON 150 CC MOTORCYCLE)**

Dewandryo Putra Mahardika⁽¹⁾, Moh. Hartono⁽²⁾

^(1,2) Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 09 Malang - 65141

Email: dewandryoputramahardika2600@gmail.com

ABSTRAK

Keselamatan berkendara di jalan merupakan hak seluruh pengguna jalan. Namun faktanya hingga saat ini tingginya angka kematian disebabkan oleh kecelakaan saat berkendara di jalan. Salah satu faktor kecelakaan adalah kurangnya tanda peringatan yang terjadi ketika sistem pengereman bermasalah. Penelitian ini bertujuan untuk memantau atau monitoring suhu saat terjadi pengereman dan memberi sistem keamanan peringatan dini (early warning sign) pada pengendara sepeda motor berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu thermocouple type-K modul MAX6675. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan melakukan percobaan pada 3 medan jalan yaitu: jalan datar, jalan turunan landai, jalan turunan curam dan akan dilakukan pengereman dengan jarak berupa kelipatan 30 meter dengan batas akhir pengereman 300 meter. Dalam penelitian ini, Jarak dan kondisi jalan berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Eksperimen menunjukkan peningkatan suhu yang sangat signifikan pada jarak pengereman 300 meter dengan nilai 99.75°C pada jalan datar, 115.50°C pada jalan turunan landau, dan 129.00°C pada jalan turunan curam.

Kata Kunci: *Early warning* Sign keselamatan berkendara, Mikorkontoler ESP32, Monitoring suhu, Sensor suhu.

ABSTRACT

Road safety is the right of all road users. However, the reality is that the high number of deaths is still caused by accidents while driving on the road. One of the contributing factors to these accidents is the lack of warning signs when the braking system malfunctions. This study aims to monitor the temperature during braking and provide an early warning safety system for motorcycle riders based on the ESP32 microcontroller and the MAX6675 thermocouple type-K temperature sensor module. The method in this study, employed a quantitative experimental approach by conducting experiments on three types of road terrains: flat road, gentle downhill road, and steep downhill road. Braking was performed at intervals of 30 meters, with a final braking distance of 300 meters. The findings of this study indicate that the distance and road conditions have an impact on the increase in brake pad temperature. The experiments showed a significant temperature increase at a braking distance of 300 meters, with values of 99.75°C on flat roads, 115.50°C on gentle downhill roads, and 129.00°C on steep downhill roads.

Keywords: *Early warning sign; ESP32 microcontroller, Temperature monitoring; Temperature sensor, Rroad safety.*

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Komite Nasional Keselamatan Kerja (KNKT) Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2007 – 2016 telah terjadi 64 kali kecelakaan transportasi lalu lintas jalan. Jadi, ± 6 kali terjadi kecelakaan per tahun. Tingginya angka kematian dan kecelakaan kendaraan bermotor khususnya roda dua salah satunya disebabkan oleh Sistem Pengereman yang bekerja tidak baik. Ketua Komite Nasional Keselamatan Kerja (KNKT), Soerjanto Tjahjono pada tahun 2020 tengah fokus memperhatikan keselamatan penggunaan sepeda motor matic di medan – medan tertentu. Kasus rem blong sering terjadi diberbagai jalanan tanjakan tinggi dan turunan curam yang banyak mengakibatkan kecelakaan [1].

Rem merupakan komponen yang sangat penting dalam kendaraan bermotor, karena rem merupakan satu – satunya perangkat yang mampu menurunkan laju atau kecepatan kendaraan bermotor hingga berhenti. Rem cakram adalah salah satu jenis rem yang banyak digunakan pada sistem pengereman kendaraan bermotor saat ini. Pada prinsipnya rem cakram bekerja karena adanya gesekan antara kampas rem (brake pad) dengan piringan (disc rotor). Pada saat kedua komponen itu bergesekan maka suhu yang bekerja sangat mempengaruhi tingkat pengereman. Dimana panas dari suhu kerja yang berlebih (overheating) dapat menimbulkan rem blong, karena kerja dari sistem pengereman menjadi berkurang [2].

Maka untuk memantau suhu yang terjadi pada saat pengereman, sehingga dibutuhkan alat memantau atau monitoring suhu rem untuk mencegah terjadinya rem blong yang mengakibatkan kecelakaan. Jadi, salah satu alat yang digunakan untuk memantau suhu rem yakni sebuah mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan chip mikrokomputer berupa sebuah IC (Integrated Circuit). Mikrokontroler bekerja berdasarkan program (perangkat lunak) yang ditanamkan didalamnya. Mikrokontroler memiliki jalur – jalur masukan (pin in) serta jalur – jalur keluaran (pin out) yang memungkinkan mikrokontroler dapat digunakan untuk pembacaan data, pengontrolan serta penyajian informasi [3].

Tujuan penelitian ini untuk memantau atau monitoring suhu saat terjadi pengereman dan memberi sistem keamanan peringatan dini (early warning sign) pada pengendara sepeda motor berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor suhu thermocouple type-K modul MAX6675. Maka salah satu pengaplikasian mikrokontroler dapat digunakan pada sistem pengereman untuk memantau kondisi suhu pada kampas rem (brake pad) agar pengemudi dapat mengetahui tanpa harus memegang dan kapan harus berhenti untuk mendinginkan kondisi kampas rem.

Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dari M. Faris Anjasmara, Yusuf Bronto Laras, Wildan Habiburrohman Azrie, Lolyta Prima Wardiana, & Sigit Setijo. (2015) yang berjudul “Rancang Bangun Sistem

Peringatan Suhu Pengereman Berbasis Mikrokontroller ATmega 16” dari Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu untuk mendeteksi suhu kerja pengereman dan memberikan sistem peringatan dini (early warning system) overheating kepada pengemudi [4].

Penelitian terdahulu dari (Xueping Yao, Ji Bingkui, Zhong Yuexi, and Li Mingda, 2021) dengan judul “System of monitoring and early warning for temperature of truck Brake shoe”. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi peringatan dini suhu dinamis pada sepatu rem truk berbasis mikrokontroler MC9S12XEP100 sebagai terminal mobil, merancang dan mengembangkan platform sistem peringatan deteksi suhu dinamis sepatu rem, dengan menggunakan metode analisis elemen hingga ANSYS untuk menganalisis rem tromol, kampas sepatu rem dalam proses lokasi suhu maksimum, dan menentukan suhu rem ambang batas keselamatan rem [5].

Penelitian terdahulu dari (Bakonyi-Kiss, Gyula, and Zoltan Szucs, 2007) dengan judul “Low cost, low power, intelligent brake temperature sensor system for automotive applications”. IEEE Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk sistem sensor suhu rem cerdas terintegrasi pada PCB yang dapat dengan mudah diimplementasikan dalam satu chip silikon untuk memaksimalkan kinerja dan meminimalkan biaya sistem. Prototipe

sistem sensor suhu rem berbiaya rendah dan berdaya rendah dirancang dan direalisasikan di BUTE [6].

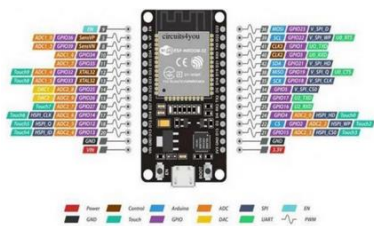
Penelitian terdahulu dari (Fengyuan Wang, Jian Zhong, Mingjie Zhang, Chaohui Yang, and Lichao Yang, 2019) dengan judul "Design of Wireless Monitoring and Pre-warning System of Brake Temperature for Truck Safety Operation". In Green Intelligent Transportation Systems: Proceedings of the 8th International Conference on Green Intelligent Transportation Systems and Safety. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi suhu multi-rem truk secara real time, mencapai peringatan hierarkis keadaan suhu tinggi, membantu pengemudi dalam menyelesaikan perilaku rem dan memastikan keselamatan rem truk, pemantauan nirkabel dan sistem pra-peringatan suhu untuk operasi keselamatan truk dikembangkan. Berdasarkan MCU, sinyal tegangan level mili volt yang dihasilkan dengan mendeteksi suhu rem melalui sensor suhu ketahanan termal platinum PT1000 dikirim ke LM2904 untuk amplifikasi sinyal [7].

Penelitian terdahulu dari (Septiana, Hanny Widura, Gunawan Dwi Haryadi, and Mochammad Ariyanto, 2017) dengan judul "Pembuatan dan Pengujian Alat Pengukur Temperatur pada Rem Tromol Kendaraan Roda Dua dengan Remote Measuring System". Di Universitas Diponegoro. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh temperatur pengereman terhadap koefisien gesek, pengurangan ketebalan, dan waktu pengereman [8].

Penelitian terdahulu dari (Mohammad Adhitya, Rolan Siregar, Danardono A Sumarsono, Ghany Heryana, Sonki Prosetyo, and Fuad Zainuri, 2020) dengan judul “Experimental analysis in the test rig to detect temperature at the surface disc brake rotor using rubbing thermocouple”. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model algoritma untuk mengetahui performa rem kendaraan [9].

MATERIAL DAN METODOLOGI
ESP32

ESP32 adalah board development populer untuk proyek IoT. Dilengkapi dengan Wi-Fi, Bluetooth, dan berbagai interface perifer, ESP32 mendukung komunikasi nirkabel dan kontrol. Board ini memiliki jumlah pin I/O yang besar dan hemat energi, cocok untuk berbagai sensor dan aktuator. Dalam bentuk breakout board kecil, ESP32 hadir dengan modul ESP-WROOM-32, antarmuka pemrograman USB-ke-Serial, dan komponen pendukung tambahan seperti pengatur tegangan dan tombol tekan.



Gambar 1. ESP32 DEVKIT-V1
Thermocouple type-K dan Modul
MAX6675

Thermocouple adalah sensor suhu berdasarkan prinsip termoelektrik yang menghasilkan tegangan. Terbuat dari kombinasi logam, seperti nickel-chromium dengan constantan, thermocouple banyak digunakan di industri. Dalam penelitian

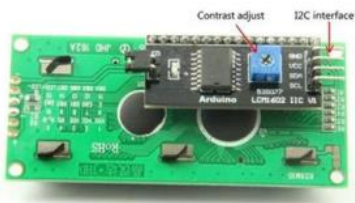
ini, digunakan thermocouple tipe K dengan range suhu 0°C hingga 400°C. Pembacaan dilakukan melalui MAX6675, yang memiliki ADC 12 bit, kompensasi cold-junction, dan komunikasi SPI. Sinyal thermocouple diproses dengan pengkondisian sinyal sebelum masuk ADC. Kombinasi thermocouple dan MAX6675 memberikan akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2. Thermocouple type-K dan
Modul MAX6675

LCD I2C

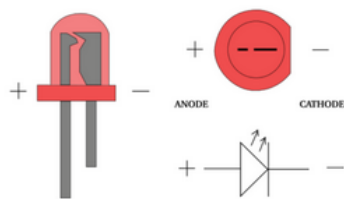
LCD I2C adalah jenis LCD yang menggunakan terminal I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroler atau komputer. I2C memungkinkan koneksi beberapa perangkat ke satu mikrokontroler dan mengontrol kontras serta backlight LCD. Keuntungan LCD I2C adalah penggunaan port yang lebih sedikit dibandingkan dengan LCD tanpa I2C, karena hanya menggunakan 4 pin untuk komunikasi dan 2 pin untuk ground dan Vcc.



Gambar 3. LCD I2C
Light-Emitting Diode (LED)

LED atau Light Emitting Diode adalah komponen elektronika yang terbuat dari dioda semikonduktor yang mampu memancarkan cahaya. Strukturnya juga

sama dengan dioda. Tetapi dalam LED, elektron bertabrakan melalui sambungan P-N (positif-negatif). LED memiliki dua kaki yang terbuat dari semacam kawat. Kawat yang panjang adalah anoda sedangkan yang pendek adalah katoda. Dalam bagian dalam LED, terlihat berbeda antara kiri dan kanan. Yang berukuran lebih besar adalah katoda atau yang ujungnya lebih panjang adalah katoda.



Gambar 4. *Light-Emitting Diode (LED)*
Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bunyi beep. *Buzzer* terdiri dari dua bagian utama yaitu *driver* (pengendali) dan *speaker* (pembuat suara). *Driver* berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi suara, sedangkan *speaker* berfungsi untuk mengeluarkan suara. *Buzzer* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti sistem alarm, pemberitahuan, indikator dalam peralatan elektronik, dan lain-lain.



Gambar 5. *Buzzer*

Step Down LM-2596

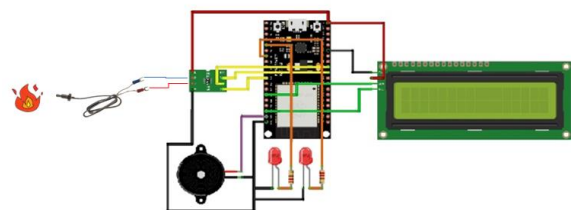
Modul Step Down LM-2596 adalah jenis transformator yang digunakan untuk

menurunkan tegangan output. Modul ini memiliki kemampuan untuk mengatur tegangan DC output sesuai dengan preferensi pengguna menggunakan trimpot yang tersedia di komponen. Rentang tegangan output yang dapat dihasilkan oleh modul ini adalah antara 1,2V hingga 37V, dengan kemampuan untuk mengalirkan arus hingga 3A.



Gambar 6. Modul Step Down LM-2596
Setting Peralatan

Setting peralatan ditunjukkan seperti Gambar 7. Dimana terdapat beberapa komponen dengan fungsinya masing-masing.



Gambar 7. Setting Peralatan

1. ESP32 DEVKIT-V1
2. Thermocouple type-K dan Modul MAX6675
3. Step Down LM-2596
4. Monitor LCD I2C
5. LED
6. Buzzer
7. Smartphone

Modul MAX6675 Thermocouple type-K untuk mengukur suhu yang ada pada kampas rem. ESP32 sebagai modul utama untuk menjalankan sistem yang bekerja. Monitor LCD I2C, LED, Buzzer, dan

Smartphone sebagai pemantau suhu. Dan juga modul stepdown LM2596 untuk penurun tegangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Data Pengujian Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Datar

Kondisi Jalan	Jarak (Meter)	Suhu (°C)			Rata-Rata
		Replikas i 1	Replikas i 2	Replikas i 3	
Jalanan Datar	30	45.00	39.25	42.00	42.08
	60	51.50	48.75	46.25	48.83
	90	55.25	53.00	51.50	53.25
	120	62.75	60.50	60.50	61.25
	150	67.00	67.00	67.00	67.00
	180	74.75	73.75	74.50	74.33
	210	83.25	77.00	80.75	80.33
	240	86.50	84.75	86.25	85.83
	270	94.25	90.25	94.75	93.08
	300	97.00	97.25	99.75	98.00

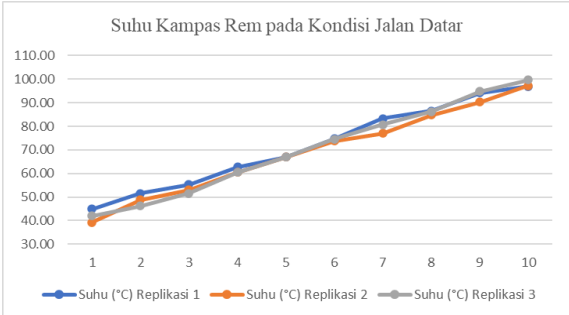
Tabel 2. Hasil Data Pengujian Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Turunan Landai

Kondisi Jalan	Jarak (Meter)	Suhu (°C)			Rata-Rata
		Replika si 1	Replika si 2	Replika si 3	
Jalanan Turunan Landai	30	48.25	45.75	47.75	47.25
	60	52.00	50.75	52.25	51.67
	90	61.00	55.00	54.25	56.75
	120	62.75	60.25	60.25	61.08
	150	65.00	65.00	67.00	65.67
	180	71.25	71.25	71.25	71.25
	210	80.00	80.00	86.25	82.08
	240	92.25	90.25	95.75	92.75
	270	104.75	102.00	105.50	104.08
	300	108.50	112.75	115.50	112.25

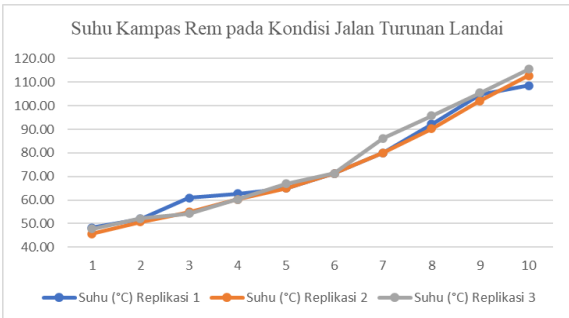
Tabel 3. Hasil Data Pengujian Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Turunan Curam

Kondisi Jalan	Jarak (Meter)	Suhu (°C)			Rata-Rata
		Replika si 1	Replika si 2	Replika si 3	
Jalanan Turunan Curam	30	48.50	48.00	49.00	48.50
	60	60.25	54.75	54.25	56.42
	90	64.25	62.75	61.50	62.83
	120	74.75	67.00	74.50	72.08
	150	84.50	71.25	80.75	78.83
	180	92.25	80.00	92.25	88.17

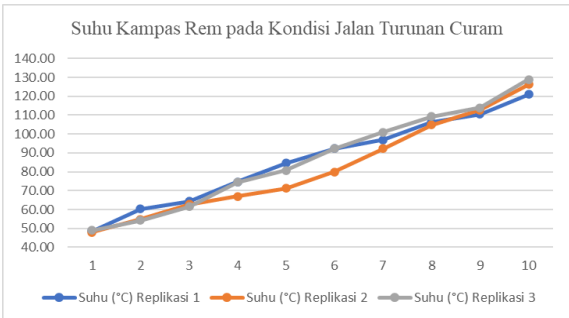
	210	97.00	92.25	101.00	96.75
	240	106.25	104.75	109.25	106.75
	270	110.50	112.75	114.00	112.42
	300	121.00	126.25	129.00	125.42



Gambar 8. Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Datar



Gambar 9. Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Turunan Landai



Gambar 10. Suhu Kampas pada Kondisi Jalan Turunan Curam

Grafik data di atas menampilkan data peningkatan suhu kampas rem dalam replikasi 1, replikasi 2, dan replikasi 3. Data tersebut memberikan gambaran tentang suhu kampas rem pada berbagai titik pengukuran.

Dari data tersebut, dapat diamati bahwa suhu kampas rem umumnya meningkat seiring dengan peningkatan jarak. Pada setiap replikasi, suhu rata-rata kampas rem cenderung naik seiring dengan

jarak yang ditempuh. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh, suhu kampas rem akan cenderung lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan:

1. Jarak pengereman berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Jarak pengereman paling optimal terjadi pada replikasi ketiga yaitu pada jarak 300 meter. Sedangkan jarak pengereman paling tidak optimal berada pada jarak 30 meter di replikasi dua.
2. Kondisi jalan berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Turunan curam sangat berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem, sedangkan kondisi jalan yang memiliki pengaruh kecil terhadap peningkatan suhu kampas rem adalah kondisi jalan yang datar.
3. Jarak dan kondisi jalan berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Replikasi ketiga pada jarak 300 meter pada turunan curam sangat berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Untuk kondisi jalanan datar pada jarak 30 meter di replikasi kedua memiliki pengaruh minimum terhadap peningkatan suhu kampas rem.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abadi Dwi Saputra, “Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari Tahun 2007-

2016’, Warta Penelitian Perhubungan, 29(2), 179-190, 2018

[2] Arief Budijanto, Slamet Winardi, Kunto Eko Susilo, INTERFACING ESP32 (S. Arief Budijanto, MT., Slamet Winardi, Dr. Kunto Eko Susilo, Ed.). Scopindo Media Pustaka, 2021

[3] Fahmizal, Afrizal Mayub, Muhammad Arrofiq, & Febrian Ruciyanti, Mudah Belajar Arduino dengan Pendekatan berbasis Fritzing, Tinkercad dan Proteus. Deepublish, 2022

[4] Fengyuan Wang, Jian Zhong, Mingjie Zhang, Chaohui Yang, and Lichao Yang, “Design of Wireless Monitoring and Pre-warning System of Brake Temperature for Truck Safety Operation. In Green Intelligent Transportation Systems: Proceedings of the 8th International Conference on Green Intelligent Transportation Systems and Safety”, (pp. 507-515), Springer Singapore, 2019

[5] Gyula Bakonyi-Kiss, and Zoltan Szucs, “Low cost, low power, intelligent brake temperature sensor system for automotive applications”, In 2007 IEEE Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems (pp. 1-4), IEEE, 2007

[6] Hanny Widura Septriana, Gunawan Dwi Haryadi, and Mochammad Ariyanto, “Pembuatan dan Pengujian Alat Pengukur Temperatur pada Rem Tromol

- Kendaraan Roda Dua dengan Remote Measuring System”, *JURNAL TEKNIK MESIN*, 5(1), 66-72, 2017
- [7] Hari Arief Dharmawan, *Mikrokontroler: konsep dasar dan praktis*, Universitas Brawijaya Press, 2017
- [8] Lalita Chandiany Adiputri, Mohamad Nurkamal Fauzan, & Noviana Riza, *Tutorial Pembuatan Protipe Prediksi Ketinggian Air (PKA) Dan Augmented Reality Berbasis IoT Versi 2*, Kreatif, 2020
- [9] M. Faris Anjasmar, Yusuf Bronto Laras, Wildan Habiburrohman Azrie, Lolyta Prima Wardiana, & Sigit Setijo, “Rancang Bangun Sistem Peringatan Suhu Pengereman Berbasis Mikrokontroller ATmega 16”, In *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO) 2015 Bandung*, 10-11 Desember 2015 (p. 1), 2015
- [10] Muhammad Mushlih Elhafid, Didik Djoko Susilo, & Purwadi Joko Widodo, “Pengaruh bahan kampas rem terhadap respon getaran pada sistem rem cakram”, *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 12(1), 1-7, 2017
- [11] Mohammad Adhitya, Rolan Siregar, Danardono A Sumarsono, Ghany Heryana, Sonki Prosetyo, and Fuad Zainuri, “Experimental analysis in the test rig to detect temperature at the surface disc brake rotor using rubbing thermocouple”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(5), 104, 2020
- [12] Nenden Ranuma Ratri, Jeki Kuswanto, & Wahid Miftahul Ashari, “Perancangan Perangkat Modul Konektivitas Bluetooth Pada Valvetronic Knalpot Racing Mobil”, *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, 7(2), 50-57, 2022
- [13] Wahyu Setyo Pambudi, *Aplikasi Akuisisi Data Sensor dengan InstrumentLab, PlotLab, Chart pada Arduino Uno* (D. Arum, Ed.), Penerbit Andi, 2021
- [14] Xueping Yao, Ji Bingkui, Zhong Yuexi, and Li Mingda, “System of monitoring and early warning for temperature of truck Brake shoe”, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 714, No. 4, p. 042050). IOP Publishing, 2021
- [15] Zulfikar A. Salam, *Mudahnya Menjadi Programer With Arduino* (R. Awahita, Ed.), CV Jejak, 2020