



DESIGN AND DEVELOPMENT OF A HEAT TRANSFER SENSOR ON MOTORCYCLE BRAKE PADS

Amalia Aisyah Putri^{1*}, Yusep Sukrawan²

Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri,
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154
Correspondent e-mail: amalia.ap@upi.edu*

ABSTRACT/ABSTRAK

This study aims to analyze heat transfer on motorcycle brake pads using a specially designed temperature sensor. The background of this research is based on the high number of traffic accidents, one of which is caused by brake system failure due to overheating. Previous studies only measured heat transfer on brake pads using simple methods with limited motorcycle models, making the results less representative of current conditions. In this study, an experiment was conducted by rubbing the brake disc and brake pads at 14 rpm for 120 seconds. The results showed temperature differences (ΔT) at several points on the brake pads, which were then averaged based on the brake pad brand. The analysis revealed that AHM brake pads exhibited lower heat transfer rates and were less prone to overheating compared to other brands. Conversely, Daytona brake pads showed the highest heat transfer rate and were more susceptible to heating. These findings indicate that the selection of brake pad material significantly affects the performance of the braking system and overall riding safety.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perpindahan panas pada kampas rem sepeda motor dengan menggunakan sensor suhu yang dirancang khusus. Latar belakang penelitian ini didasari oleh tingginya angka kecelakaan lalu lintas yang salah satunya disebabkan oleh kegagalan sistem pengereman akibat panas berlebih (*overheating*). Penelitian sebelumnya hanya mengukur perpindahan panas pada kampas rem menggunakan metode sederhana dengan objek sepeda motor yang terbatas, sehingga hasilnya kurang representatif terhadap kondisi saat ini. Pada penelitian ini, percobaan dilakukan dengan menggesekkan piringan rem dan kampas rem pada putaran 14 rpm selama 120 detik. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan suhu (ΔT) pada setiap titik kampas rem, kemudian dihitung rata-ratanya berdasarkan merek kampas rem. Dari analisis diperoleh bahwa kampas rem merek AHM memiliki laju perpindahan panas yang lebih rendah dan bahan yang tidak mudah panas dibandingkan dengan merek lainnya. Sebaliknya, kampas rem merek Daytona memiliki laju perpindahan panas tertinggi dan bahan yang lebih mudah panas. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemilihan material kampas rem sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem pengereman dan keselamatan berkendara.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
11 Ags 2025

First Revised
13 Ags 2025

Accepted
21 Ags 2025

Online Date
01 Des 2025

Publication Date
01 Des 2025

Keywords:

Braking; brake lining; disc brakes; heat transfer; motorcycle; temperature sensor.

Kata kunci:

Kampas rem; pengereman; perpindahan panas; rem cakram; sensor suhu; sepeda motor.

1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan moda transportasi yang paling banyak digunakan di Indonesia, baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Kendaraan ini dipilih oleh mayoritas masyarakat, karena bentuknya yang ramping, praktis digunakan di jalan sempit, serta harganya yang relatif lebih terjangkau dibandingkan dengan mobil (Waluyo, 2022). Sepeda motor telah menjadi sarana transportasi sehari-hari untuk berbagai aktivitas, mulai dari mengantar anak sekolah, berangkat bekerja, kuliah, hingga kegiatan rekreasi seperti *touring* atau mudik (Mawardi *et al.*, 2022).

Jumlah sepeda motor di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Hingga Juli 2023, total kendaraan bermotor roda dua yang terdaftar mencapai 132.433.679 unit (BPS, 2023). Pertumbuhan tersebut berdampak langsung pada industri otomotif, di mana Honda menjadi produsen dengan penjualan tertinggi. Honda mendominasi pasar sepeda motor di Indonesia dengan pangsa pasar sebesar 78,7%, sedangkan Yamaha mengikuti di urutan kedua dengan 20,4% (Muldiansyah, 2023). Tingginya penggunaan sepeda motor turut berbanding lurus dengan angka kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Data Kepolisian Republik Indonesia mencatat lebih dari 528.000 kasus kecelakaan pada periode 2015–2020, dengan kegagalan sistem pengereman menjadi salah satu penyebab utama (Anisarida & Janizar, 2019; Amir & Kerlooza, 2021).

Peningkatan kebutuhan transportasi juga mendorong perkembangan teknologi otomotif, termasuk material dan komponen sepeda motor (Mukhlis, 2017). Mesin, rangka, serta sistem kelistrikan merupakan bagian yang dirancang untuk menunjang kinerja kendaraan. Salah satu komponen vital adalah sistem pengereman (Sinaga, 2024). Kinerja dari sistem pengereman merupakan faktor penting dalam kendaraan karena berdampak pada stabilitas kendaraan dan keamanan pengguna (Prameswari, 2019). Sistem pengereman bertujuan utama mengubah energi kinetik kendaraan menjadi bentuk lain, sehingga kendaraan melambat hingga berhenti (He, 2020).

Sistem pengereman dituntut untuk tidak mengalami kegagalan. Efektivitas rem sangat dipengaruhi oleh suhu kerja komponen. Biasanya pengereman mengalami kegagalan, karena *overheat* yang disebabkan gesekan dari kampas dan cakram rem yang bekerja keras pada saat kendaraan membawa beban berat (Muqa, 2023). Perkembangan teknologi pengereman menghasilkan inovasi seperti *Combi Brake System* (CBS) yang digunakan pada Honda BeAT. *Combi Brake System* (CBS) dapat meningkatkan kestabilan dan meredam jarak pengereman dengan cara mendistribusikan gaya pengereman ke kedua roda meski hanya satu tuas ditekan, terutama bermanfaat di medan menurun atau di tikungan (Atmaja, 2016).

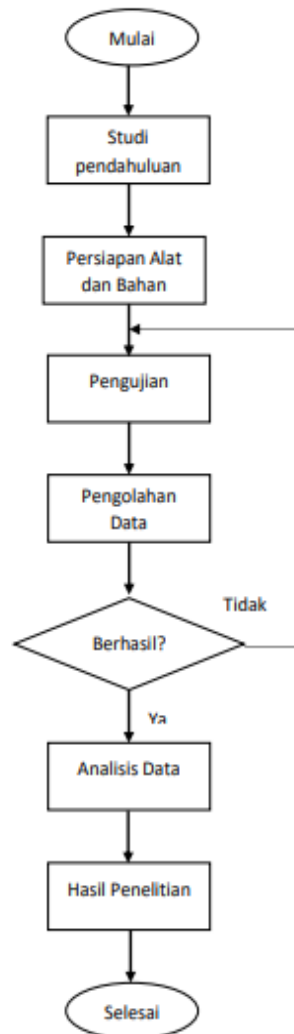
Selain sistem pengereman, ketahanan (*durability*) dan kualitas kampas rem juga menjadi faktor penting dalam keselamatan berkendara (Irawan, 2022). Namun, kampas rem yang baik harus mampu menahan suhu tinggi tanpa mengalami kerusakan akibat gesekan, terutama pada kondisi jalan menurun atau pengereman dalam durasi lama (Sandi *et al.*, 2019). Saat kendaraan direm, energi kinetik diubah menjadi energi panas melalui gesekan antara kampas rem dan cakram/tromol. Pada kecepatan tinggi, energi kinetik yang dilepaskan jauh lebih besar, otomatis menghasilkan kenaikan temperatur yang tinggi pada komponen rem (Towoju, 2019). Jika suhu mencapai batas maksimum material kampas (sekitar 300–600°C untuk kampas biasa), kampas rem mulai kehilangan kemampuan mencengkeram (koefisien gesek menurun). Fenomena ini disebut *brake fade*, yaitu kondisi rem terasa mengendur meskipun pedal rem ditekan kuat (Jeong, 2020). Panas berlebih (*overheating*) dapat membuat resin atau perekat pada kampas meleleh, yang menyebabkan gaya gesek berkurang drastis. Jika kondisi ini berlangsung terus, sistem rem kehilangan fungsi total atau dikenal sebagai rem blong (Delphi, 2021).

Setiap produsen menggunakan komposisi material yang berbeda, kemampuan kampas rem dalam menghantarkan panas juga akan bervariasi (Syska & Ropiudin, 2020; Dewadi *et al.*, 2022). Berdasarkan prinsip dasar perpindahan panas dalam sistem rem, analisis yang hanya memperbandingkan dua merek kampas saja belum mencakup variasi material dan desain secara menyeluruh (Da Silva *et al.*, 2021). Penelitian terdahulu oleh Sukamto (2014) hanya menitikberatkan pada perpindahan panas kampas rem merek AHM dan Indopart pada sepeda motor Honda Supra X 125. Keterbatasan penelitian tersebut terletak pada penggunaan alat yang tidak dirancang khusus untuk mengukur suhu kampas rem serta jenis sepeda motor yang kurang representatif dengan kondisi pasar saat ini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengembangkan alat yang dirancang khusus untuk mengukur suhu kampas rem pada sepeda motor. Sensor suhu ini diprogram agar pengendara dapat mengetahui kondisi termal kampas rem secara langsung (Progresstech, 2023). Inovasi ini diharapkan dapat membantu pengendara mengantisipasi risiko panas berlebih pada sistem pengereman (Aprianto *et al.*, 2023). Penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu, karena tidak hanya membuat sistem pengukuran suhu kampas rem, tetapi juga melakukan analisis konduktivitas panas pada beberapa merek kampas rem depan yang digunakan pada Honda Beat.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan proses penelitian analisis perpindahan panas pada kampas rem sepeda motor ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian.

a. Studi Pendahuluan

Penulis melakukan identifikasi masalah dan pengumpulan bahan referensi dari jurnal, buku, maupun situs internet. Penulis mencari informasi mengenai perpindahan panas.

b. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini penulis menyiapkan alat (mesin bubut konvensional, mesin bor, gunting kabel, lem tembak dan laptop) dan bahan kelistrikan (kabel, resistor, Arduino, USB, kampas rem, sensor suhu, dll) yang menunjang dalam pembuatan dan pengambilan data.

c. Pengujian

Pada tahapan ini dilakukan menggunakan mesin bubut yang diatur sedemikian rupa sehingga dapat mengambil data pada penelitian penulis. Proses pengujiannya yaitu

menempelkan 4 sensor *thermocouple* dengan kampas rem. Kemudian mengatur bahan pada alat penguji, dan dekatkan kampas rem dengan permukaan piringan rem hingga menempel. Setelah menempel, nyalakan mesin bubut selama 120 detik dengan 140 rpm. Lalu amati suhu kampas rem pada monitor sebelum dan sesudah kampas rem bergesek dengan piringan rem. Setelah 120 detik, matikan mesin bubut, lalu ganti kampas rem dengan merk lain, dan lakukan kegiatan tersebut secara berulang dengan kedua kampas rem lain. Kemudian peneliti mencatat seluruh data suhu yang telah diukur selama kegiatan penelitian.

d. Pengolahan Data

Tahapan bertujuan untuk menghimpun data dari hasil pengujian ke dalam tulisan dan diolah menjadi tabel.

e. Analisis Data

Tahapan ini merupakan tahapan perhitungan perambatan panas.

f. Hasil Penelitian

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dalam proses penelitian ini yang bertujuan untuk menyimpulkan.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Hasil Pengukuran Menggunakan *Thermocouple*

Berikut ini merupakan data hasil pengukuran suhu kampas rem sebelum dan sesudah digesekkan dengan piringan rem menggunakan *thermocouple*. Pengukuran ini menggunakan 3 merek kampas rem yaitu rem AHM, Aspira, dan Daytona. Hasil pengukuran rem merek AHM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran merek AHM.

Titik	Temp. Awal (°C)	Temp. Akhir (°C)	ΔT
1	28.44	30.50	2.06
2	28.06	31.31	3.25
3	27.5	31.81	4.31
4	27.69	31.19	3.5
ΔT Rata – Rata			3.28

Berdasarkan Tabel 1 diketahui nilai ΔT rata-ratanya sebesar 3.28 yang terdiri dari 4 titik pengujian, sehingga laju perpindahan panas sekaligus bahan kampas rem pada kampas rem merk AHM tidak mudah panas. Hasil pengukuran rem merk Aspira dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran merek Aspira.

Titik	Temp. Awal (°C)	Temp. Akhir (°C)	ΔT (°C)
1	28.37	31.5	3.13
2	28	31.56	3.56
3	27.62	31.87	4.25
4	27.87	32.31	4.44
ΔT Rata – Rata			3.845

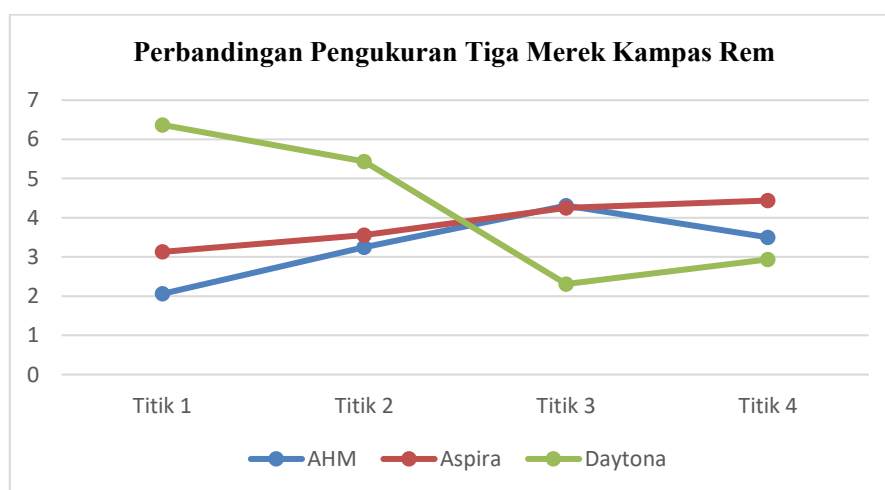
Berdasarkan Tabel 2 diketahui nilai ΔT rata-ratanya sebesar 3.845 yang terdiri dari 4 titik pengujian. Nilai ΔT rata-ratanya lebih besar daripada merek AHM, sehingga laju perpindahan panas sekaligus bahan kampas rem pada kampas rem merek Aspira lebih panas daripada merek AHM. Hasil pengukuran rem menggunakan merek Daytona ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran merek Daytona.

Titik	Temp. Awal (°C)	Temp. Akhir (°C)	ΔT
1	28.44	34.81	6.37
2	28.06	33.5	5.44
3	27.5	29.81	2.31
4	27.75	30.69	2.94
ΔT Rata – Rata			4.265

Berdasarkan Tabel 3 diketahui nilai ΔT rata-ratanya sebesar 4.265 yang terdiri dari 4 titik pengujian. Nilai ΔT rata-ratanya lebih besar daripada merek AHM dan Aspira, sehingga laju perpindahan panas sekaligus bahan kampas rem pada kampas rem merek Daytona lebih panas daripada merek AHM dan Aspira.

Perbandingan pengukuran tiga merek kampas rem tersebut ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran.

Gambar 3 menunjukkan bahwa kampas rem merek AHM menghasilkan hasil pengukuran yang lebih rendah dibandingkan merek Aspira dan Daytona. Kampas rem merek Daytona memiliki hasil pengukuran yang lebih tinggi laju perpindahan panasnya. Berikut ini merupakan keterangan ketebalan kampas rem pada setiap titik.

Keterangan ketebalan kampas rem:

- a. Titik 1: 0 mm
- b. Titik 2: 0,65 mm
- c. Titik 3: 1,5 mm
- d. Titik 4: 2,9 mm

3.2 Perhitungan Laju Perpindahan Panas

Setelah melakukan pengukuran menggunakan tiga merek kampas rem yang berbeda, peneliti melakukan perhitungan terhadap nilai laju perpindahan panas konduksi pada setiap merek kampas rem. Berikut ini merupakan persamaan perhitungan yang digunakan oleh peneliti.

$$q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

Keterangan:

q = Laju Perpindahan Panas (Watt)

k = Konduktivitas termal (Watt/mm. °C)

A = Luas Penampang Uji (mm²)

ΔT = Perbedaan Temperatur Antar Titik (°C)

Δx = Jarak Antar Titik (mm)

Diketahui luas permukaan benda uji yaitu 1.400 mm² dan jarak antar titik yaitu 3,5 mm. Konduktivitas termal tergantung pada komposisi bahan dari kampas rem dan perbedaan temperatur antar titik dilihat dari tabel hasil penelitian.

- a. AHM

$$k \text{ (Grafit)} = 233 \text{ Watt/mm. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 0,69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q = (233)(1.400) \frac{0,69}{3,5}$$

$$q = (326.200) \times (0,1971) = (64.308) \text{ Watt}$$

b. Aspira

$$k \text{ (ADC12)} = 100 \text{ Watt/mm. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 0,81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q = (100)(1.400) \frac{0,81}{3,5}$$

$$q = (140.000) \times (0,2314) = (32.400) \text{ Watt}$$

c. Daytona

$$k \text{ (Steel)} = 2,86 \text{ Watt/mm. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 4,12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q = (2,86)(1.400) \frac{4,12}{3,5}$$

$$q = (4.004) \times (1,177) = (4.713,278)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa kampas rem yang memiliki laju perpindahan panas sekaligus bahan kampas rem yang tidak mudah panas dibandingkan dua merek yang lain adalah kampas rem AHM. Kampas rem yang memiliki grafik perpindahan panas tertinggi sekaligus kampas rem dengan bahan yang paling mudah panas dibanding dua merek kampas rem lain yaitu kampas rem merek Daytona.

4. PEMBAHASAN

Tabel hasil penelitian menyebutkan suhu awal dan akhir setelah penelitian menggesekkan piringan rem dan kampas rem dengan 14 rpm dalam waktu 120 detik. Tabel menyajikan ΔT dari setiap titik kampas rem yang berarti perbedaan suhu awal sebelum penelitian dan suhu akhir setelah penelitian dilakukan. Pada tabel juga disebutkan ΔT rata-rata dari setiap kampas rem, itu berarti ΔT pada setiap titik kampas rem dirata-ratakan lagi berdasarkan setiap merek kampas rem.

Penelitian yang dilakukan oleh Sukamto pada penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Komposisi Struktur Bahan pada Perambatan Panas pada Kampas Rem Sepeda Motor” menyimpulkan bahwa perpindahan panas dibandingkan dengan konduktivitas termal (q/k) pada kampas rem dengan material berbahan asbestos lebih rendah dibandingkan kampas rem dengan material non-asbestos (Sukamto, 2014).

Kampas rem depan beat dengan bahan non – asbestos memiliki suhu maksimum 400°C , namun tentu saja tidak dianjurkan menggunakan kampas rem hingga bersuhu maksimal. Kampas rem tetap harus dijaga suhunya agar tidak terjadi overheating. Jika terjadi overheating akan menyebabkan masalah tidak hanya pada kampas rem, namun akan berpengaruh pada komponen lain sistem rem. Misalnya jika kampas rem terlalu panas, maka piringan rem juga

akan overheat dan berkemungkinan melenting yang menyebabkan kinerja sistem rem tidak maksimal. Kemungkinan terparahnya hingga piston seal menjadi bocor yang menyebabkan kebocoran minyak rem, dan piston rem tidak dapat bekerja dan menyebabkan rem blong.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari proses analisis perpindahan panas yang tersusun mulai dari persiapan alat dan bahan, membuat dan merangkai thermocouple, melubangi kampas rem, membuat dudukan kampas dan piringan rem, pengujian perpindahan panas kampas rem, dan analisis perhitungan laju perpindahan panas yang mana bertujuan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada kampas rem sebagai acuan masyarakat untuk membeli kampas rem dengan kualitas yang baik. Selain itu, berdasarkan penelitian ketiga kampas rem yang diuji coba, merek AHM merupakan kampas rem dengan grafik perpindahan panas yang paling rendah. AHM memiliki kampas rem yang tidak mudah panas dibandingkan merek lain. Kampas rem Daytona memiliki grafik perpindahan panas yang paling tinggi dan kampas rem yang paling mudah panas dibandingkan kampas rem merek AHM dan Aspira.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Allah Swt, kedua orang tua, dosen pembimbing, dosen pengampu mata kuliah, kepala program studi pendidikan teknik otomotif dan bagi semua pihak yang telah membantu dan berkontribusi dalam penelitian ini.

7. REFERENSI

- Amir, M. T. A., & Kerlooza, Y. Y. (2021). Sistem pendeteksi kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan Arduino dan smartphone Android. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 8(2), 105–112. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v8i2.4570>
- Anisarida, A. A., & Janizar, S. (2019). Besaran biaya korban kecelakaan sepeda motor di Kota Bandung [Victims fees of motorcycle accidents in Bandung City]. *Geoplanart*, 2(2), 62–74.
- Aprianto, M. H., Wisaksono, A., & Syahririni, S. (2023, April). Rancang bangun sistem peringatan overheating pada suhu kampas rem mobil dengan Telegram. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 2(1), 448–453.
- Atmaja, S. (2016). *Analisa Sistem Pengereman CBS (Combi Brake System) Pada Motor Honda Beat 110 ESP CBS ISS Dengan Kondisi Jalan Datar dan Menurun*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Jumlah kendaraan bermotor menurut provinsi dan jenis kendaraan (unit)*.
- Da Silva, F. R., Oliveira, L. N., & Almeida, S. J. (2021). Thermal performance of composite brake pads: influence of material composition and geometry on heat dissipation. *International Journal of Automotive Engineering*, 12(3), 145-158.

- Delphi Technologies. (2021). *What is brake fade and how to prevent it. Delphi Technologies*.
- Dewadi, F. M., et al. (2022). Perpindahan panas: Dasar dan praktis dari perspektif akademisi dan praktisi. *Indie Press*.
- He, H.; Wang, C.; Jia, H.; Cui, X. (2020). An intelligent braking system composed single-pedal and multi-objective optimization neural network braking control strategies for electric vehicle. *Applied Energy*, 259, 114172.
- Irawan, A. P., Fitriyana, D. F., Tezara, C., Siregar, J. P., Laksmidewi, D., Baskara, G. D., Hadi, A. E. (2022). Overview of the important factors influencing the performance of eco-friendly brake pads. *Polymers*, 14(6), 1180.
- Jeong, P., Lee, J., Oswald, M., & Kellner, S. (2020). *Model-based brake disc temperature prediction on high speed testing mode and circuit* (No. 2020-01-0214.). SAE Technical Paper.
- Mawardi, I., Turmizi, T., Zulkifli, Z., Taufik, T., Nahar, N., & Hatta, M. (2022). Pelatihan usaha perbengkelan sepeda motor di Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Vokasi*, 6(2), 127–132.
- Mukhlis, A., & Judianto, O. (2017). Kajian teknologi pada sepeda motor bertenaga listrik. *Jurnal Inosains*, 12(2), 36-41.
- Muldiansyah, M., Mulyadi, A., & Mulyadi, D. (2024). Analysis of the Sales Budget for Honda and Yamaha Motorcycles in Indonesia in 2023. *Jurnal Audit, Pajak, Akuntansi Publik (AJIB)*, 3(2), 90-96.
- Muqa, P. R. K. (2023). Studi material pada sistem pengereman sepeda motor Honda Megapro. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 12(2), 45–52.
- Prameswari, D., & Yohanes, Y. (2019). Analisa Sistem Pengereman Pada Mobil Multiguna Pedesaan. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), E67-E73.
- Progresstech. (2023, Desember 20). *Tutorial Arduino lebih dari satu sensor suhu DS18B20 – Bahasa Indonesia*. ProgressTech. <https://www.progresstech.id>
- Sandi, S. N., Isranuri, I., Sabri, M., Ariani, F., & Abda, S. (2019). Analisa simulasi performansi kampas rem komposit dengan variasi beban pemodelan metode elemen hingga. *Jurnal Dinamika*, 7(4), 21–27.
- Sinaga, M., & Suparta, I. (2024). Perancangan Alat Pengereman Cakram Pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 9(2), 25-30.
- Sukanto, S. (2014). Pengaruh komposisi struktur bahan pada perambatan panas pada kampas rem sepeda motor. *Jurnal Teknik*, 4(1).
- Syska, K., & Ropiudin, R. (2020). Perpindahan panas pada pengereng tipe drum berputar pada kondisi tanpa beban. *Agroteknika*, 3(1), 1–15.
- Towoju, O. A. (2019). Braking pattern impact on brake fade in an automobile brake system.
- Waluyo, T. A., Irawan, M. Z., & Dewanti. (2022). Adopting electric motorcycles for ride-hailing services: influential factors from driver's perspective. *Sustainability*, 14(19), 11891.