

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTARAN RODA DAN BAHAN KAMPAS
TERHADAP TEMPERATUR OPERASIONAL REM CAKRAM

**(EFFECT OF WHEEL ROTATION SPEED VARIATIONS AND PAD MATERIAL
ON THE OPERATIONAL TEMPERATURE OF DISC BRAKE)**

Dias Muhammad Zaidan Rizky⁽¹⁾ & Eko Yudiyanto⁽¹⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang 65141.

Email: eko.yudiyanto@polinema.ac.id

Diterima: 6 Agustus 2025. Disetujui: 29 April 2026. Dipublikasikan: 31 Mei 2026

ABSTRAK

Kecelakaan karena gangguan kendaraan terbilang sangat besar. Penelitian ini merujuk pada kemampuan pengereman terhadap adanya panas yang ditimbulkan gesekan kampas rem dan cakram. Pengaruh kecepatan putaran roda dan jenis bahan kampas rem cakram diamati dengan rancangan sebuah sistem menggunakan sensor kecepatan LM393 dan sensor temperatur MAX6675 yang terhubung ke Arduino dengan output tampilan antarmuka dan LCD. Pengujian dilakukan dengan empat variasi kecepatan 1000, 1500, 2000, 2500 rpm dan tiga jenis bahan kampas rem organik, semi metalik, dan full metalik. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putaran roda, semakin tinggi suhu yang dihasilkan. Pada 2500 rpm, suhu tertinggi 83,3°C pada kampas full metalik, 59°C pada semi metalik, dan 47°C pada kampas organik. Variasi bahan kampas rem dan putaran kecepatan berpengaruh signifikan terhadap kenaikan temperatur pengereman.

Kata Kunci: Kampas rem, LM393, MAX6675, Putaran roda, Temperatur pengereman

ABSTRACT

Accidents caused by vehicle malfunctions are quite common. This study examines braking performance in response to heat generated by friction between the brake pads and rotors. The effects of wheel rotational speed and brake pad material type were observed using a system design that incorporates an LM393 speed sensor and a MAX6675 temperature sensor connected to an Arduino, with output displayed via an interface and an LCD screen. The experiment was conducted with four rotational speed variations 1000, 1500, 2000, 2500 rpm and three types of brake pad materials organic, semi-metallic, and full-metallic. The results show that the higher the wheel rotational speed, the higher the temperature generated. At 2500 rpm, the highest temperatures were recorded at 83.3 °C for the full-metallic pads, 59 °C for the semi-metallic pads, and 47 °C for the standard pads. Variations in brake pad material and rotational speed significantly affect the increase in braking temperature.

Keywords: Brake pads, LM393, MAX6675, Wheel rotation, Braking temperature

PENDAHULUAN

Kegagalan sistem pengereman dapat mengakibatkan kecelakaan di jalan raya, dengan risiko korban luka hingga meninggal dunia. Berdasarkan data pusiknas.polri.go.id, selama periode tahun 2025 kecelakaan yang disebabkan karena kendaraan sebesar 7078 kejadian [1]. Kejadian kecelakaan, 80 persen pada angkutan umum dan barang terjadi akibat adanya kegagalan sistem rem dan kelelahan pengemudi [2]. Meskipun tidak seluruhnya disebabkan oleh kegagalan pengereman karena ada faktor lain seperti *human error*, kelaikan kendaraan, serta lingkungan. fakta ini menegaskan bahwa kecepatan putaran roda merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi performa termal sistem rem.

Sistem rem merupakan perangkat penting dalam kendaraan yang berfungsi untuk memperlambat hingga menghentikan laju kendaraan. Dengan adanya perkembangan industri otomotif modern, performa mesin kendaraan terus ditingkatkan, sehingga dibutuhkan sistem pengereman yang baik, salah satunya adalah rem cakram. Rem cakram bekerja berdasarkan gesekan antara kampas rem dan cakram *rotor* yang menghasilkan panas. Jika gesekan ini terjadi secara terus-menerus, maka terjadi peningkatan temperatur kerja pengereman. Peningkatan temperatur yang tidak terkendali akan mengakibatkan *overheating* dan dapat menyebabkan kegagalan pengereman. Temperatur kampas yang tinggi menyebabkan menurunnya kemampuan

cengkram antara kampas rem dan cakram [3][4]. Seiring meningkatnya temperatur, bahan gesekan pada kampas rem mengalami degradasi termal, yang menurunkan kekerasan dan koefisien gesekannya. Perluasan termal kampas rem menyebabkan perubahan pada geometri permukaan dan interaksi, yang berakibat penurunan efisiensi. Selain itu, suhu tinggi memicu reaksi oksidasi pada bahan kampas rem, yang mengakibatkan kerusakan struktural dan peningkatan keausan. Kondisi ini menyebabkan penurunan yang signifikan pada baik gaya pengereman maupun efisiensinya [5].

Pemantauan temperatur kampas dapat digunakan untuk mengantisipasi kegagalan pengereman karena *overheat*. Untuk pengendalian temperatur yang meningkat dengan cepat, saat pengereman, maka diperlukan alat yang dapat memantau kenaikan temperatur. Saat proses pengereman peningkatan temperatur perlu dipantau untuk mencegah kemungkinan rem blong akibat panas yang berlebih. Pengaruh kecepatan awal yang berbeda dari kendaraan dan tekanan kontak terhadap perilaku perubahan termal transien menunjukkan bahwa suhu permukaan mencapai nilai maksimum saat diterapkan awal pengereman dengan tekanan tertinggi. Selain itu, perilaku termal transien menunjukkan bahwa suhu permukaan meningkat hingga puncaknya dan kemudian menurun secara bertahap hingga mencapai titik terendah pada akhir waktu pengereman [6].

Peningkatan temperatur juga dapat berakibat peningkatan potensi emisi partikel karena keausan rem. Peningkatan temperatur cakram dapat digunakan untuk menentukan keausan sistim pengereman cakram. Potensi pengurangan emisi yang ditunjukkan sepanjang siklus pengereman disebabkan oleh ketahanan aus material yang tinggi dari cakram, komposisi kampas dan temperatur kerja di area kontak gesekan [7].

Pemantauan temperatur membawa arah kebutuhan untuk mendapatkan perangkat yang lebih mudah dalam pengukuran temperatur. Alat pendeteksi didesain menggunakan sensor sebagai masukan, Arduino uno sebagai mikrokontroler, LCD sebagai pemantauan secara langsung, serta luarannya adalah lampu LED dan buzzer. Ketika temperatur kaliper rem sudah mulai memanas maka sensor bekerja dan apabila mencapai batas suhu 100 C buzzer berbunyi serta menyalakan pompa air yang nantinya akan menyemprot bagian sistem pengereman [8]. Penelitian ini dikembangkan oleh peneliti sebelumnya dengan memasukkan pengaruh jarak pengereman dan kondisi jalan terhadap temperatur rem dengan tujuan dapat memantau temperatur saat terjadi pengereman dan memberi sistem keamanan peringatan dini (*early warning sign*) pada pengendara sepeda motor berbasis *micro-controller* ESP32 dan sensor termokopel Tipe-K modul Max6675. Hasil dari penelitian tersebut adalah jarak dan kondisi jalan berpengaruh terhadap peningkatan temperatur kampas rem [9]. Pengaruh masa

kendaraan mempengaruhi kebutuhan energi pengereman dan tekanan [10].

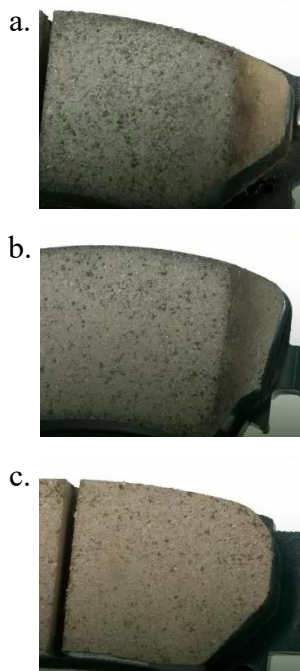
Pengembangan penelitian terdahulu dilakukan oleh lubis dengan menggunakan MSC Nastran V9 untuk meningkatkan performa pembacaan temperatur pada proses pengereman dan mensimulasikan distribusi temperatur pada sepatu rem [11]. Pengembangan yang akan adalah dengan melakukan simulasi perubahan kecepatan roda kendaraan berjalan dan variasi jenis bahan kampas rem cakram. Dimana pada pengujian tersebut dilakukan pengujian menggunakan sensor rpm dan temperatur lalu diproses dalam Arduino dan dikirim ke GUI Matlab guna menampilkan hasil RPM dan temperatur berupa grafik dan angka secara real-time.

MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen kuantitatif dengan melakukan percobaan dengan 3 jenis bahan kampas rem yaitu: organik, semi metalik, dan full metalik yang akan dilakukan dengan melakukan pengereman pada 4 variasi putaran motor yaitu: 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan motor DC dengan spesifikasi daya ½ HP dengan tegangan kerja 90 Volt dan 4.7 Ampere juga torsi 2034 Nm. Kampas rem digunakan sebagai variabel bebas kedua adalah jenis bahan kampas rem organik, semi metalik, dan *full* metalik. Penampang kampas sesuai dengan jenisnya ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk mengatur kecepatan putaran juga terdapat relay AC yang terhubung dengan

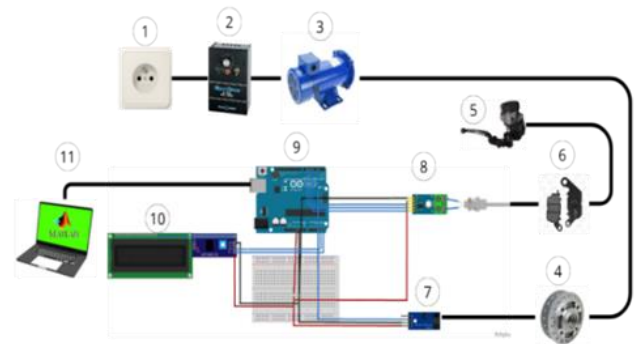
switch tuas rem untuk memutus daya motor sehingga ketika dilakukan pengereman hanya sisa momen putar dari *flywheel* yang terpasang pada tromol roda. Pada poros terpasang cakram yang menjadi media gesekan dengan kampas rem. Susunan kampas terpasang pada kaliper 2 piston yang digerakkan karena tekanan minyak rem DOT 3 yang dipompa dari master rem dan disalurkan melalui selang rem. Putaran motor disalurkan menggunakan *V belt* yang terpasang pada *pulley* 5 inch dan 6,5 inch. Gambar 1 merupakan tampilan penampang kampas yang digunakan dalam eksperimen.



Gambar 1. Penampang dan tekstur kampas rem, a. organik, b. semi metalik, c. metalik

Untuk pengaturan putaran dan pengereman dipasang perangkat elektronik yang terdapat *microcontroller* Arduino dan *bread board*. Pada *bread board* terpasang kabel jumper yang menghubungkan sensor LM393 sebagai sensor rpm dan MAX6675. Pembacaan temperatur menggunakan LCD I2C yang digunakan untuk menampilkan kenaikan temperatur dan putaran RPM.

Pada ujung sensor temperatur dipasang baut yang telah dilubang dan ditutup dengan timah hingga ujungnya rata. Letak sensor temperatur adalah dipasangkan pada kampas rem rata permukaan pad. Gambar 2 adalah tampilan dari setting peralatan yang dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 2. Setting peralatan

Tabel 1. Komponen setting peralatan

1. Stopkontak AC	7. Sensor Kecepatan LM393
2. Speed Control DC	8. Termokopel tipe-K
3. Motor DC	9. Arduino UNO
4. Tromol roda depan	10. LCD I2C
5. Master rem	11. Laptop
6. Kampas Rem	

Data pembacaan dari dua sensor yaitu sensor rpm LM393 dan sensor temperatur MAX6675 tipe-K yang akan dimasukkan pada Arduino sebagai *micro-controller* proses yang selanjutnya ditujukan menjadi 2 keluaran pada GUI Matlab yang ditampilkan berupa grafik dan angka, juga ditampilkan pada LCD I2C berupa angka pembacaan putaran dan temperatur secara real-time.

Pembacaan pengukuran sistem pengereman dimulai dari input catu daya alat menggunakan listrik AC lalu pada Arduino terhubung dengan laptop. Pada tahapan proses, LM393 mulai membaca putaran hingga pada rpm tertentu dilakukan pengereman yang dimana *switch* rem menjadi *Normally Open* sehingga memerintah relly untuk memutus arus

listrik yang menyebabkan putaran dari motor DC menjadi mati. Ketika arus motor DC mati maka putaran hanya dari momen yang tersisa dari *flywheel*, pada saat pengereman terjadi peningkatan temperatur yang diukur oleh MAX6675 untuk dikirim menuju Arduino sebagai *micro-controller* pemroses. Ketika proses dari *micro-controller* selesai maka akan diteruskan kepada output yaitu temperatur yang terbaca dan putaran saat proses awal akan ditampilkan menuju 2 output, yaitu LCD I2C dan grafik GUI Matlab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah perpindahan panas pada sistem pengereman bersifat sangat kompleks, akibat adanya keterlibatan sifat konduksi, konveksi, dan radiasi yang terjadi saat proses pengereman. Dalam waktu singkat pengereman penuh, cakram mengalami tekanan yang besar untuk menghasilkan deselerasi cepat untuk keamanan berkendara. Hasil penelitian ini melihat perbedaan jenis bahan kampas rem dan variasi kecepatan putaran roda memengaruhi suhu pada kampas rem cakram. Pengujian dilakukan menggunakan alat eksperimen yang dibuat menyerupai sistem pengereman kendaraan bermotor dengan variasi kecepatan dan sistem cakram dengan variasi kampas sesuai jenis bahan yang diuji.

Hasil data pengujian menampilkan perbedaan temperatur kampas rem dengan bahan organik, semi metalik, dan full metalik yang diuji fungsinya dalam pengereman pada putaran motor 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm dengan suhu awal kampas pengujian pada suhu

ruang 27°C sampai 29°C. Tabel 2 berikut ini adalah hasil data yang telah di rata-rata dari tiap variasi jenis bahan kampas rem cakram

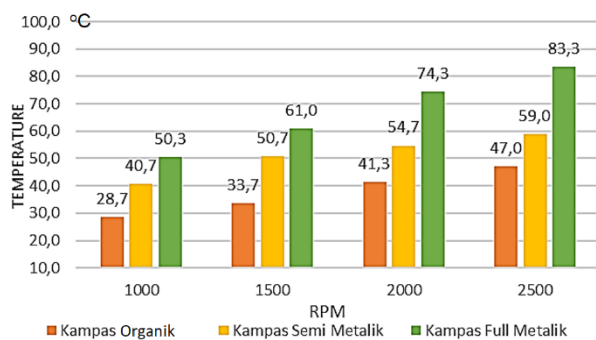
Tabel 2. Data rata-rata temperatur seluruh jenis bahan kampas rem

Material Kampas Rem	RPM	Temperatur (°C)
Organik	1000	28,67
	1500	33,67
	2000	41,33
	2500	47,00
Semi Metalik	1000	40,67
	1500	50,67
	2000	54,67
Full Metalik	2500	59,00
	1000	50,33
	1500	61,00
	2000	74,33
	2500	83,33

Hasil yang diperoleh dari eksperimen menyatakan bahwa kampas rem organik mempunyai suhu paling rendah pada 27°C dan suhu paling tinggi pada 51°C. Lalu pada kampas rem berjenis bahan semi metalik mendapat temperatur paling rendah pada 37°C dan paling panas pada 63°C. Dilanjutkan dengan pengujian kampas rem berjenis bahan *full* metalik mendapat temperatur paling rendah pada 47°C dan temperatur paling tinggi pada 86°C. Temperatur tersebut diambil dari seluruh percobaan uji.

Dengan melihat hasil data dari seluruh replikasi uji dan seluruh bahan uji dapat diketahui bahwa kampas rem diciptakan sesuai dengan fungsinya, kampas rem yang baik untuk kendaraan harian, kampas rem jenis apa yang memiliki ketahanan lebih yang menunjang performa kendaraan balap,

dan masih banyak lagi jenis bahan kampas rem yang digunakan untuk fungsi tertentu.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian temperatur pada variasi putaran roda

Gambar 3 merupakan hasil rata-rata dari 3 replikasi pengujian pada 4 variasi kecepatan yang berbeda dengan 3 jenis bahan kampas. Dari grafik dapat dilihat karakter kampas rem dengan kenaikan temperatur yang paling rendah adalah kampas jenis bahan organik atau standard dengan hasil rata-rata 47°C pada putaran 2500 rpm. Sedangkan kenaikan temperatur paling tinggi ada pada kampas jenis bahan full metalik yaitu rata-rata 83,3°C pada putaran 2500 rpm.

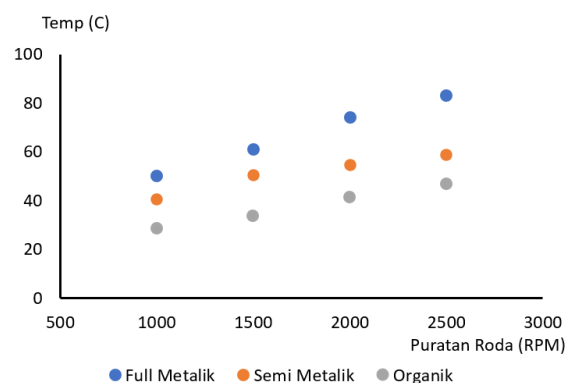
Gaya dalam pengereman

Gaya gesek dalam proses pengereman berbanding lurus dengan gaya tekan sesuai persamaan

$$F = \mu \times N \quad (1)$$

dimana gaya F merupakan perkalian dari koefisien gesek μ dan gaya normal tekanan kampas rem N . Semakin besar gaya tekan (gaya normal) kampas, maka semakin besar pula gaya gesek yang dihasilkan. Peningkatan gaya gesek ini menyebabkan energi kinetik kendaraan lebih banyak diubah menjadi energi panas melalui kontak antara permukaan kampas rem dan cakram. Ketika gaya tekan meningkat, gaya gesek

ikut meningkat. Energi yang terdisipasi juga semakin besar dan panas yang dihasilkan bertambah. Nilai koefisien gesek yang lebih tinggi juga memperbesar gaya gesek, yang pada akhirnya meningkatkan jumlah panas yang timbul. Besarnya energi panas yang dihasilkan selama pengereman sebanding dengan gaya gesek yang terjadi serta jarak atau lamanya proses pengereman berlangsung. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Thao dimana energi yang digunakan selama pengereman memiliki pengaruh besar terhadap jumlah panas yang dihasilkan dan ditentukan oleh tekanan pada permukaan kontak melalui distribusi tekanan konstan dan laju keausan gesekan bahan gesekan [12]. Dari uji eksperimental dari Gambar 3, juga sejalan dengan penelitian Bellini dkk yang menyatakan bahwa perubahan jenis material akan mengalami perubahan peningkatan temperatur. koefisien gesek yang meningkat akan meningkatkan kenaikan temperatur kampas rem [13].



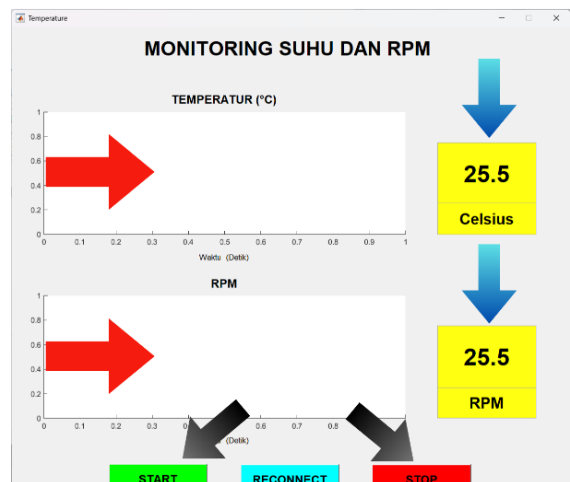
Gambar 4. Grafik Peningkatan temperatur terhadap perubahan putaran roda

Indikator penting dalam kinerja sistem pengereman adalah suhu pengereman dan jarak henti. Untuk meningkatkan kinerja pengereman, diperlukan metode yang

efektif untuk menurunkan temperatur rem dan memperpendek jarak henti. Gambar Gambar 4. Menunjukkan peningkatan temperatur terhadap perubahan putaran roda sampai mencapai kondisi berhenti. Pengukuran dibandingkan dengan beberapa material kampas rem standar sebagai acuan, serta dua jenis yang berbeda untuk melihat kinerja pengereman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan purat roda mempengaruhi peningkatan temperatur kampas rem. Kondisi ini memperkuat penelitian Lapisa dkk yang menyatakan peningkatan temperatur kampas rem dipengaruhi oleh kecepatan kendaraan dan kondisi kampas [14][15]. Material organik memberikan pendinginan yang lebih baik dibandingkan dengan semi metalic dan metalic. Pendinginan pada kampas rem dapat meningkatkan efektivitas kinerja pengereman pada berbagai kecepatan.

Penggunaan monitoring temperatur memberikan kemudahan dalam mengendalikan temperatur melalui berbagai perangkat yang dapat dikembangkan. Pengujian prototipe menghasilkan respon yang cukup cepat sebagai *output* dalam bentuk grafik dan angka yang ditampilkan pada LCD dan GUI Matlab. Perhitungan ini menjelaskan peran program Matlab dalam menampilkan hasil pembacaan rpm melalui sensor LM393 dan pembacaan temperatur melalui Modul sensor MAX6675 yang di tempatkan pada kampas rem dengan posisi yang rata dengan permukaan kampas agar dapat membaca kenaikan temperatur yang akurat saat bergesekan dengan permukaan piringan

cakram. Gambar 5. menunjukkan tampilan antarmuka (GUI) sistem monitoring suhu dan RPM pada alat uji kampas rem.



Gambar 5. Tampilan *interface* GUI Matlab

Interface ini menampilkan dua grafik utama yang merekam perubahan temperatur dalam °C dan kecepatan putaran dalam satuan RPM, meskipun grafik masih dalam kondisi awal. Pada sisi kanan grafik terdapat indikator digital berwarna kuning yang menunjukkan nilai temperatur dan RPM secara *real-time*, yang saat ini keduanya berada pada angka 25.5. Pada bagian bawah antarmuka, terdapat tiga tombol kontrol utama: *START* (hijau) untuk memulai pemantauan dan *STOP* (merah) untuk menghentikan proses pemantauan. Tampilan ini dirancang untuk memudahkan operator dalam memantau kondisi termal dan dinamis dari sistem pengereman selama pengujian berlangsung

KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan dengan variasi putaran 1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, 2500 rpm dan variasi jenis bahan *kampas rem* yaitu organik semi metalik, dan metalik, didapat kesimpulan menunjukkan bahwa peningkatan putaran mesin berdampak

langsung pada kenaikan temperature kampas rem. Semakin tinggi putaran, semakin lama waktu gesekan antara kampas rem dan piringan cakram. Jenis bahan kampas rem juga memengaruhi suhu yang dibangkitkan. Kampas rem berbahan organik menghasilkan suhu paling rendah dibandingkan dengan bahan semi metalik maupun metalik. Kampas rem metalik menghasilkan suhu tertinggi dengan penurunan RPM yang cepat, artinya memiliki daya cengkeram yang kuat cocok untuk kendaraan berkecepatan tinggi yang membutuhkan pengereman cepat. Pada sistem, program yang digunakan berhasil mengolah data dari sensor kecepatan dan suhu, ditampilkan secara real-time dalam bentuk grafik dan angka melalui GUI MATLAB, menunjukkan bahawa hubungan sensor, mikrokontroler, dan sistem *interface* berhasil dalam mengolah keseluruhan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat Informasi Kriminal Nasional, Info Laka, www.pusiknas.polri.ac.id
- [2] Bisnisnews. 80 Persen Kecelakaan di Jalan Raya Akibat Rem Blong, 12 Ribu Orang Tewas, Pengemudi Ceroboh. www.bisnisnewsid.com.
- [3] Jusnita, Denur, Analisis Perbandingan Suhu Rem Tromol dengan Penggunaan Fluida Sebagai Pendingin: Pendekatan Eksperimental, *Jurnal Surya Teknik* Vol. 10 No. 2, Desember 2023: 908-911
- [4] Dewanto, J., dan Wijaya, A., Sistem Pendingin Paksa Anti Panas Lebih (Over Heating) pada Rem Cakram (Disk Brake) Kendaraan, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 12, No. 2, Oktober 2010: 97-101
- [5] Shofiah, S.; Syah, I. N., Hadi, H., Widiandaru, N. O., dan Asmin, L. O., Statistical Analysis of Temperature Effects on Brake Force and Efficiency in Vehicle Braking Systems: A Comprehensive Study, *E3S Web of Conferences* 622, 01003 (2025), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562201003>
- [6] Hassan, M. A., Ali, M., Abdullah, O. I., Numerical analysis of the thermal behaviour and performance of a brake system with temperature-dependent material properties, *Archives of Materials Science and Engineering*, Volume 122, Issue 2, August 2023, Pages 58-69, DOI: 10.5604/01.3001.0053.9592
- [7] Hesse, D., Hamatschek, C., Augsburg, K., Weigelt, T., Prahst, A., Gramstat, S., 2021, Testing of Alternative Disc Brakes and Friction Materials Regarding Brake Wear Particle Emissions and Temperature Behavior. *J. Atmosphere* 2021, 12, 436. <https://doi.org/10.3390/atmos12040436>
- [8] Sujanarko, M. dan Jamaaluddin, J., “Rancang Bangun Pengaman Rem Pada Sepeda Motor Matic Berbasis Arduino Uno,” *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, no. December, pp. 1-5, 2023.
- [9] Mahardika, D. P., Hartono, M., Pengaruh Jarak Pengereman dan Kondisi Jalan terhadap Suhu Kampas Rem pada Sepeda Motor 150 CC *Journal of Mechanical Engineering (J-MEEG)*, vol. 1, no. 1, pp. 49-56, 2022. <https://doi.org/10.33795/jmeeg.v1i1.3411>
- [10] Lubis, S., Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 5 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V.9, *Jurnal Ilmiah “MEKANIK” Teknik Mesin ITM*, Vol. 5 No. 1, Mei 2019, hal: 10 -19
- [11] Ridwan, Riyantono, A., Irawan, R., Pengaruh Massa dan Kecepatan Kendaraan Terhadap Suhu pada Rem Drum, *jurnal SINERGI* Vol. 21, No.2, pp.337-345, Oktober 2023 DOI : <http://dx.doi.org/10.31963/sinergi.v21i2.4600>
- [12] Thao, V.T.P., Analysis of the Influence of Brake Disc Material on Temperature Distribution Using Analytical and Numerical Methods, *International Journal of Future Engineering Innovations*, Vol 02, Issue 03, <https://doi.org/10.54660/IJFEI.2025.2.3.183-186>

- [13] Bellini, C.; Di Cocco, V.; Iacoviello, D.; Iacoviello, F. Temperature Influence on Brake Pad Friction Coefficient Modelisation. *Journal Materials* 2024, 17, 189. <https://doi.org/10.3390/ma17010189>
- [14] Lapisa, R., Fernandez, D., Tarihoran, C., Milana, Arif, A., Purwantono, Jasman, Experimental Study of the Effect of Brake Drum Cooling Grooves on Motorcycle Braking Performance, *Journal EUREKA: Physics and Engineering*, No. 3, DOI: 10.21303/2461-4262.2022.001983
- [15] Fikri, M.D., Yudiyanto, E., Analisis Pengaruh Geometri PAD dan Variasi Kecepatan Roda terhadap Temperatur Kampas Rem Cakram, *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, Volume 3, Nomor 6, Desember 2025, Hal. 30-49, <https://doi.org/10.61132/mars.v3i6.1195>