

ANALISIS PENGARUH GEOMETRI PAD DAN VARIASI KECEPATAN RODA TERHADAP TEMPERATUR KAMPAS REM CAKRAM

(ANALYSIS OF THE EFFECT OF PAD GEOMETRY AND WHEEL SPEED VARIATION ON DISC BRAKE PAD TEMPERATURE)

Mohammad Dzakiyul Fikri⁽¹⁾ & Eko Yudiyanto⁽¹⁾

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

Email: eko.yudianto@polinema.ac.id

Diterima: 15 September 2025. Disetujui: 25 November 2025. Dipublikasikan: 30 November 2025

ABSTRAK

Sistem pengereman adalah komponen penting pada kendaraan, di mana kinerjanya sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran roda dan geometri pad cakram. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak kecepatan putaran roda dan variasi geometri pad cakram terhadap temperatur kampas rem. Proses pengereman menghasilkan panas akibat gesekan, yang jika tidak dikelola dengan baik, dapat menurunkan performa pengereman dan mempercepat keausan kampas rem. Pengujian dilakukan pada empat tingkat kecepatan putaran roda, yaitu 1000 RPM, 1500 RPM, 2000 RPM, dan 2500 RPM. Sistem pengujian dirancang menggunakan alat peraga sistem pengereman yang dilengkapi dengan sensor kecepatan (LM393) dan sensor suhu (termokopel tipe K), yang kemudian dihubungkan ke mikrokontroler Arduino dan ditampilkan secara real-time melalui antarmuka Graphical User Interface (GUI) pada MATLAB. Dari hasil pengujian, diperoleh bahwa bentuk geometri kampas rem dan kecepatan putaran roda berpengaruh secara signifikan terhadap temperatur yang dihasilkan. Kampas rem standar cenderung menghasilkan temperatur paling tinggi pada kecepatan 2500 RPM yaitu mencapai 63,33°C, sedangkan kampas dengan lubang memberikan performa terbaik dengan temperatur paling rendah, yaitu hanya 43,00°C. Selain itu, peningkatan kecepatan putaran roda juga menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan, pada pad standar suhu naik dari 36,67°C (1000 RPM) menjadi 63,33°C (2500 RPM). Ini menandakan bahwa RPM merupakan faktor utama dalam pembentukan panas akibat gesekan. GUI MATLAB mampu memvisualisasikan hubungan antara RPM dan suhu dengan baik, sehingga memudahkan dalam proses analisis dan evaluasi data.

Kata Kunci: Kecepatan putaran roda, variasi geometri pad rem cakram, temperatur pad rem cakram, rem cakram

ABSTRACT

The braking system is a critical component of a vehicle, and its performance is significantly influenced by wheel rotational speed and disc pad geometry. This study aims to analyze the impact of wheel rotational speed and disc pad geometry variations on brake pad temperature. The braking process generates heat, which, if not properly managed, can degrade braking performance and accelerate brake padwear. Testing was conducted at four wheel speeds: 1000 RPM, 1500 RPM, 2000 RPM, and 2500 RPM. The test system was designed using a braking system

demonstration device equipped with a speed sensor (LM393) and a temperature sensor (K-type thermocouple), which were then connected to an Arduino microcontroller and displayed in real time via a MATLAB Graphical User Interface (GUI). The test results showed that the geometry of the brake pads and the wheel rotation speed significantly influenced the resulting temperature. Standard brake pads tended to produce the highest temperature at 2500 RPM, reaching 63.33°C, while perforated pads performed best with the lowest temperature of only 43.00°C. Furthermore, increasing wheel rotation speed also caused a significant increase in temperature, with the standard pad temperature rising from 36.67°C (1000 RPM) to 63.33°C (2500 RPM). This indicates that RPM is a major factor in heat generation due to friction. The MATLAB GUI is capable of visualizing the relationship between RPM and temperature well, facilitating data analysis and evaluation.

Keywords: Wheel rotational speed, disc brake pad geometry variation, disc brake pad temperature, disc brakes.

PENDAHULUAN

Kegagalan penggereman dapat menyebabkan musibah yang sangat fatal dan dapat berakibat kecelakaan di jalan dengan risiko korban luka ringan, luka berat, hingga meninggal dunia. Data Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ) yang memiliki oleh Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) dalam kurun waktu 1 tahun sejak tahun 2021 hingga 2022 adalah sebanyak 73 kali insiden kecelakaan yang terjadi di Indonesia dalam kasus gagal penggereman atau rem blong. Banyaknya jumlah insiden kecelakaan LLAJ tersebut mengakibatkan banyaknya korban jiwa yang meninggal ditempat (MD) saat kejadian. Jumlah insiden kecelakaan tersebut tidak menyeluruh akibat dari kegagalan sistem penggereman, namun ada juga faktor lain seperti *human error*, persyaratan naik jalan, dan faktor prasarana dan lingkungan.

Sistem penggereman adalah salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan secara efektif. Salah satu sistem penggereman yang sering digunakan pada

kendaraan modern adalah rem cakram, yang bekerja melalui gesekan antara pad rem dan cakram untuk menciptakan gaya penggereman. Proses penggereman ini menghasilkan panas akibat energi kinetik yang diubah menjadi energi termal, dan panas yang berlebihan dapat berdampak buruk pada efisiensi serta keandalan sistem penggereman.

Kecepatan putaran roda berperan signifikan dalam menentukan suhu yang dihasilkan pada kampas rem cakram selama proses penggereman. Peningkatan kecepatan putaran roda cenderung meningkatkan suhu pada cakram dan pad rem. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suhu rem meningkat secara signifikan pada kecepatan tinggi, yang dapat menyebabkan fenomena fading atau penurunan efisiensi penggereman akibat *overheating* [1]. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran roda adalah salah satu faktor kritis yang mempengaruhi performa termal sistem penggereman.

Selain kecepatan putaran roda, kontruksi permukaan cakram juga memengaruhi distribusi panas selama penggereman. Desain kontruksi tertentu, seperti

penggunaan alur atau lubang, dapat membantu mendistribusikan panas lebih merata, sehingga mengurangi suhu maksimum yang terjadi pada kampas rem. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi bentuk dan struktur permukaan kampas rem dapat memengaruhi karakteristik termal dan memperpanjang umur pakai kampas rem [2]. Dengan demikian, variasi kontruksi permukaan pada rem yang optimal dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi pendinginan dan mengurangi risiko *overheating*.

Mengingat pentingnya kedua faktor tersebut, yaitu kecepatan putaran roda dan bentuk geometri pada rem, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh keduanya terhadap suhu kampas rem cakram. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain yang lebih baik untuk sistem pengereman, sehingga meningkatkan efisiensi termal, keamanan, dan kenyamanan pengendara.

Referensi dan acuan bagi penulis untuk penelitian kali ini diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan mengenai kampas rem, dengan tujuan mengetahui jarak pengereman dan kondisi jalan dengan tujuan dapat memantau suhu saat terjadi pengereman dan memberi sistem keamanan peringatan dini (*early warning sign*) pada pengendara sepeda motor berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor *thermocouple* tipe-K modul Max6675. Penelitian tersebut menggunakan metode 3 percobaan pada jalan mendatar, menurun landai, dan menurun curam dan pengereman dilakukan dengan kelipatan jarak 30 meter dan batas akhir 300 meter.

Hasil dari penelitian tersebut adalah jarak dan kondisi jalan berpengaruh terhadap peningkatan suhu kampas rem. Eksperimen yang dilakukan 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 landai, dan 129°C pada jalan turunan curam [3].

Pengujian yang telah dilakukan pada rem cakram (*Disck Brake*) dan Minyak Rem Pada Sepeda Motor Honda Beat POP 2015,110cc. Hasilnya menunjukkan bahwa sebuah sepeda motor Honda Beat Pop berbobot 217 kg dan melaju dengan kecepatan 80 km/jam (22,22 m/s). Saat pengereman dilakukan, motor berhenti. Mesin sepeda motor Honda Beat Pop dapat mengirimkan daya maksimal 6,38 kw pada kecepatan tinggi dengan diameter master rem 6,5 mm karena asumsi bahwa motor melakukan perlambatan konstan.

Dengan daya maksimal 85,3 N pada 7.500 rpm, sepeda motor Honda Beat Pop memiliki gaya pengereman maksimal sebesar 85,3 N, dan waktu yang diperlukan untuk pengereman untuk mencapai 80 km/jam atau 22,22 m/s dengan gaya gesek pada kampas rem sebesar 535,99 N. Dengan bobot total sepeda motor sebesar 217 kg untuk dua orang, waktu yang aman untuk pengereman adalah 9 detik sampai motor benar-benar berhenti.

Penelitian yang dilakukan oleh A.Z. Zatmika, et.al. [4] pada Piringan Cakram. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh model cakram terhadap jarak dan waktu pengereman. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah

metode Eksperimen. Yang diuji adalah jarak dan waktu pengereman. Dengan menggunakan alat uji pengereman. Piringan yang digunakan adalah model A diameter 22 mm, model B diameter 280 mm. Hasil penelitian yang di dapat adalah model A memiliki jarak dan waktu pengereman terbaik. Pada kecepatan 20 km/jam dengan tekanan pengereman 30 bar menghasilkan jarak pengereman 2,36 meter dan waktu pengereman 2,2 detik. Pada kecepatan 30 km/jam dengan tekanan pengereman 30 bar menghasilkan jarak pengereman 2,78 meter dan waktu pengereman 3,3 detik. Pada kecepatan 40 km/jam dengan tekanan 30 bar menghasilkan jarak pengereman 2,95 meter dan waktu pengereman 4,3 detik.

Penelitian yang telah dilakukan oleh A.Saputra,et.al [5] mengenai sistem pengereman pada rem piringan sepeda motor Supra X 125, dengan fokus pada kinerja, efisiensi, dan faktor-faktor yang memengaruhi performa pengereman dengan tujuan untuk antara lain mengetahui jarak pengereman dengan 5 besaran kecepatan laju kendaraan, mengetahui gaya gesek yang didapat pada saat terjadinya pengereman, mengetahui torsi yang yang dihasilkan saat pengereman, dan mengetahui gaya tekan pada pedal rem dengan kecepatan laju kendaraan yang berbeda beda. Dari hasil penelitian di simpulkan bahwa besaran gaya yang diberikan pada pedal rem dengan variasi kecepatan laju kendaraan mempengaruhi jarak pengereman dari kendaraan tersebut. Hasil penelitian yang didapat dari simulasi proses pengereman pada model kampas rem motor honda supra

x 125 didapatkan bahwa lubang mempengaruhi distribusi temperatur pada kampas rem, hasil dari simulasi permukaan akhir kampas rem yang bergesekan dengan piringan cakram memiliki kenaikan temperatur tertinggi sedangkan pada permukaan awal terjadinya gesekan dengan piringan cakram menghasilkan kenaikan temperatur terendah. Permukaan piringan cakram tanpa lubang apabila dibandingkan permukaan piringan cakram dengan 40 lubang menghasilkan penurunan kenaikan temperatur yang signifikan. Dengan penambahan 8 lubang pada diameter 166 mm, 181 mm, dan 200 mm tidak mengubah kenaikan temperatur permukaan kampas rem secara signifikan, sedangkan merubah bentuk lubang dari bulat menjadi memanjang dan *elips* sedikit menurunkan kenaikan temperatur permukaan kampas rem.

Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan adalah dengan melakukan pengujian 4 variasi RPM dan 3 variasi geometri kampas. Dimana pada pengujian tersebut menggunakan sensor rpm dan temperatur berbasis mikrokontroler, dan data dari mikrokontroler dikirim ke GUI MATLAB guna menampilkan hasil grafik rpm dan temperatur secara realtime.

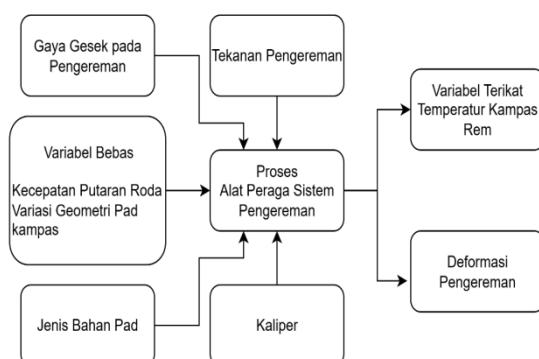
MATERIAL DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental untuk menguji pengaruh kecepatan putaran roda dan variasi geometri pad rem cakram terhadap temperatur kampas rem cakram. Penelitian dilakukan dengan menggunakan

alat berbasis mikrokontroler untuk pengukuran temperatur secara real-time pada kondisi yang terkendali dan dapat ditampilkan oleh GUI MATLAB dan LCD I2C.

Metode penelitian eksperimen dapat menguji hipotesis dengan pengamatan terkendali, karena data uang digunakan pada umumnya berupa data interval.

Berikut adalah kerangka konsep penelitian.

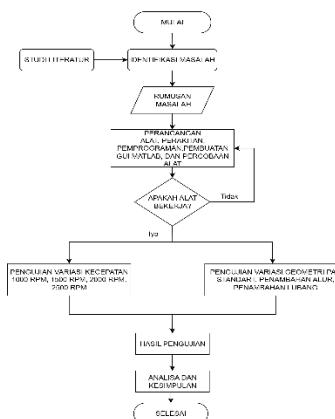


Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

Kerangka konsep penelitian pada gambar tersebut menjelaskan keterkaitan antara variabel-variabel yang memengaruhi temperatur kampas rem cakram dalam alat peraga sistem pengereman. Dalam penelitian ini, kecepatan putaran roda dan variasi bentuk geometri pad rem cakram berperan sebagai variabel bebas, yang diteliti pengaruhnya terhadap variabel terikat, yaitu temperatur kampas rem cakram. Untuk menjaga keakuratan hasil, beberapa variabel dikendalikan atau dibuat tetap, seperti jenis material pad dan cakram, kaliper, serta tekanan pengereman. Selain itu, gaya gesek saat pengereman menjadi faktor utama yang memicu peningkatan suhu pada kampas, sedangkan deformasi kampas rem merupakan salah satu dampak dari tingginya temperatur dan tekanan.

Seluruh elemen tersebut berada dalam satu sistem pengujian pengereman yang dikendalikan, dengan tujuan untuk menganalisis secara terfokus bagaimana variasi bentuk pad dan kecepatan roda memengaruhi temperatur kampas rem, yang kemudian divisualisasikan menggunakan GUI MATLAB sebagai media bantu analisis data.

Berikut diagram alir penelitian menjelaskan tahapan sistematis proses penelitian yang dilakukan hingga selesai.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pekerjaan ini meliputi mesin las, bor, gerinda, bubut, senai, bor tap + spy, impact, obeng (+) dan (-), solder, jangka sorong, laptop, rifet beserta paku rifet, dempul, tang potong, tang kombinasi, kunci L, kunci T8, kunci kombinasi ukuran 10, 12, dan 14, kunci ring 17, gunting, selotip, doubletip, kikir, sikat besi, kertas gosok, serta heat shrink. Sementara itu, komponen dan material yang digunakan terdiri dari brushless motor DC, DC speed controller, pulley 5 inch dan 6,5 inch, vanbelt, master rem, kaliper rem 2 piston, selang rem, kampas rem, piringan cakram, minyak rem, tromol roda depan, bushing as tromol roda depan, pen tromol roda depan, bearing

tromol, as roda, baut dan mur ukuran 10, baut 12, baut 14, baut L, timah, mur 17, plat stainless, spigot aluminium, besi hollow, papan kayu, stopper karet, flywheel, besi support, relay AC, terminal AC eksternal, Arduino UNO, modul MAX6675, termokopel tipe-K, breadboard, push button, kabel serabut, kabel jumper, serta kabel engkel.

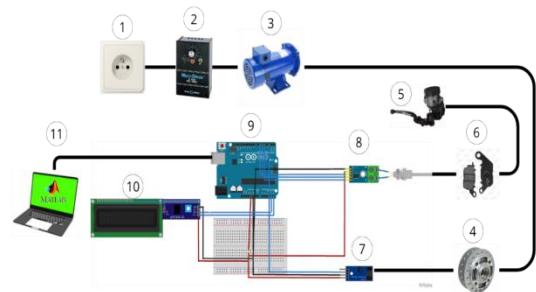
Spesimen uji pada penelitian menggunakan Motor DC, spesifikasi motor sebagai berikut:

Tabel 3. Spesifikasi Motor DC

	Spesifikasi
Jenis	DC
Merk	Pacific Scientific
Kode Produk	FGS 2434
Nomor Model	SR3642-4822-7-56BC-CU
Daya	½ HP / 375 Watt.
Volt	90 Volts.
Ampere	4.7 Ampere.
Putaran	1750 RPM
Torsi	18 (lb-in.) / 2034 Nm.
Resistensi	0.9 Ohm.
Panjang	12.10 Inch / 30.7 Cm.
Berat	21 lbs / 9.5 Kg.

Hipotesis diartikan sebagai jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian [8]. Penelitian ini menguji pengaruh variasi geometri pad rem (alur, berlubang, dan standar) serta variasi kecepatan putaran roda (1000, 1500, 2000, dan 2500 RPM) terhadap kenaikan temperatur kampas rem cakram yang dipantau melalui GUI MATLAB, dengan hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak ada pengaruh signifikan dan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan terdapat pengaruh signifikan.

Setting alat yang digunakan pada penelitian seperti pada gambar 3 berikut:

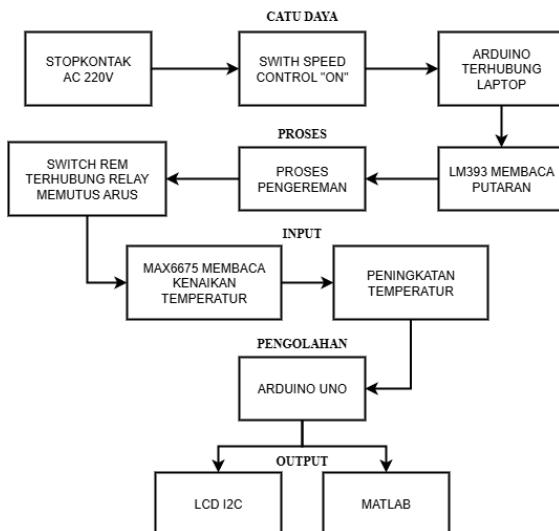


Gambar 3. Setting Peralatan

Komponen yang terdapat pada setting peralatan antara lain :

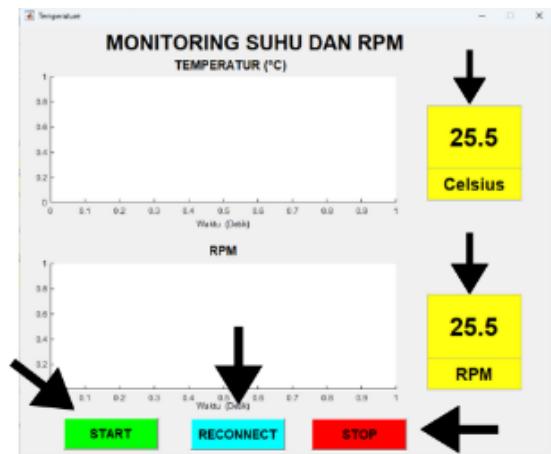
1.	Stopkontak AC	7.	Sensor Kecepatan LM393
2.	Speed Control DC	8.	MAX6675 Termokopel tipe-K
3.	Motor DC	9.	Arduino UNO
4.	Tromol roda depan	10.	LCD I2C
5.	Master rem	11.	Laptop
6.	Kampas Rem		

Perancangan sistem merupakan persiapan untuk rancang bangun implementasi yang menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk. Termasuk menyangkut atau mengkonfigurasi dari komponen-komponen perangkat lunak dan perangkat keras dari suatu sistem. Dalam penelitian ini penulis membuat perencanaan sistem menjadi blok diagram mulai dari catu daya alat hingga tahap output yang dapat ditampilkan oleh alat kepada penggunanya.



Gambar 4. Perancangan Sistem

Pada diagram perancangan sistem, proses dimulai dari catu daya yang menggunakan listrik AC, kemudian Arduino dihubungkan dengan laptop. Pada tahap operasional, sensor LM393 membaca putaran hingga mencapai nilai RPM tertentu, lalu sistem melakukan penggereman. Pada kondisi ini, switch rem berfungsi sebagai *normally open (N.O)* yang memberikan perintah kepada relay untuk memutus arus listrik, sehingga motor DC berhenti berputar. Setelah arus motor terputus, putaran hanya berasal dari sisa momen inersia flywheel. Selama penggereman, terjadi peningkatan suhu yang diukur oleh sensor MAX6675 dan dikirimkan ke Arduino sebagai mikrokontroler pemroses data. Hasil pemrosesan dari mikrokontroler kemudian diteruskan ke bagian output, di mana informasi temperatur dan kecepatan putaran awal ditampilkan melalui dua media, yaitu LCD I2C dan grafik MATLAB. Gambar 5 di bawah ini memperlihatkan tampilan antarmuka (GUI) sistem pemantauan suhu dan RPM pada alat uji kampas rem.



Gambar 5. Tampilan GUI MATLAB

Antarmuka menampilkan dua grafik utama yang merekam perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan kecepatan putaran (RPM) terhadap waktu (detik), meskipun pada kondisi awal belum ada data yang masuk. Di sisi kanan tiap grafik terdapat indikator digital berwarna kuning yang menampilkan nilai suhu dan RPM secara real-time, yang saat ini menunjukkan angka 25.5. Pada bagian bawah antarmuka tersedia tiga tombol utama: START (hijau) untuk memulai proses pemantauan, RECONNECT (biru muda) untuk menyambungkan ulang perangkat bila terjadi gangguan koneksi, serta STOP (merah) untuk menghentikan pemantauan. Desain tampilan ini dibuat agar operator dapat lebih mudah mengawasi kondisi termal dan dinamika sistem penggereman selama proses pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi geometri pad rem serta kecepatan putaran roda terhadap suhu pada kampas rem cakram. Pengujian dilakukan dengan memanfaatkan alat peraga sistem rem cakram yang dirancang menyerupai kondisi penggereman pada kendaraan bermotor. Alat uji tersebut dilengkapi motor

penggerak dengan pengaturan kecepatan untuk menghasilkan variasi RPM, serta sistem rem cakram dengan pad yang dapat diganti sesuai bentuk geometri yang akan diuji.

Berikut ini adalah hasil data yang telah di rata-rata dari tiap variasi geometri kampas (standart dengan penambahan alur, dengan penambahan lubang) dengan 4 variasi rpm yang telah ditentukan (1000,1500,2000,2500 rpm).

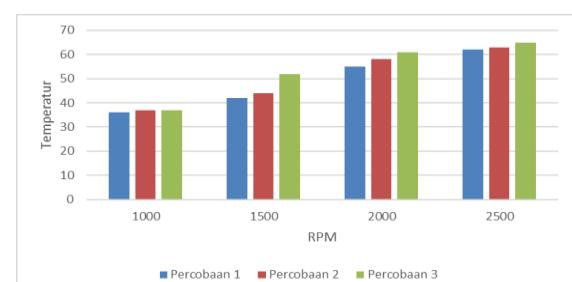
Tabel 2. Hasil Data Rata-Rata Pada Pengujian Temperatur Tiap Kampas

Variasi Geometri Kampas Rem	RPM	Temperatur (°C)
STANDART	1000	36,67
	1500	46,00
	2000	58,00
	2500	63,33
Dengan Menambahkan Alur	1000	32,33
	1500	40,00
	2000	44,33
	2500	52,33
Dengan Menambahkan Lubang	1000	31,00
	1500	37,33
	2000	40,67
	2500	43,00

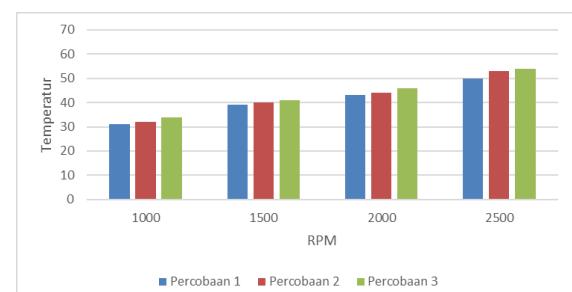
Tabel di atas menampilkan data rata-rata temperatur kampas rem berdasarkan tiga variasi bentuk geometri pada rem cakram, yaitu pad standar, pad beralur, dan pad berlubang, pada masing-masing tingkat putaran roda (RPM). Pengujian dilakukan pada empat variasi kecepatan, yakni 1000, 1500, 2000, dan 2500 RPM. Secara keseluruhan, terlihat bahwa suhu kampas rem cenderung meningkat seiring bertambahnya kecepatan putaran roda pada ketiga jenis pad tersebut. Sebagai contoh, pada pad standar, rata-rata temperatur naik dari 36,67°C pada 1000 RPM menjadi

63,33°C pada 2500 RPM. Pola serupa juga terjadi pada pad beralur maupun berlubang, meskipun kenaikan suhu yang dihasilkan relatif lebih rendah. Jika dibandingkan antarvariasi geometri, pad standar menghasilkan temperatur tertinggi pada semua tingkat RPM, sedangkan pad berlubang menunjukkan temperatur paling rendah. Misalnya, pada 2000 RPM, suhu rata-rata pada pad standar mencapai 58,00°C, sedangkan pada pad beralur sebesar 44,33°C, dan pada pad berlubang hanya 40,67°C.

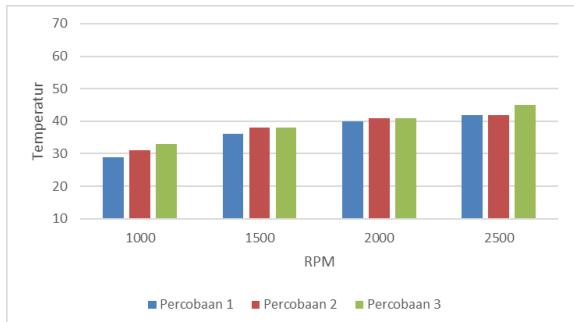
Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan alur maupun lubang pada permukaan pad rem dapat membantu mempercepat pelepasan panas, sehingga suhu kampas rem dapat ditekan lebih rendah.



Gambar 5. Grafik Variasi Kampas Standart



Gambar 6. Grafik Variasi Kampas Beralur

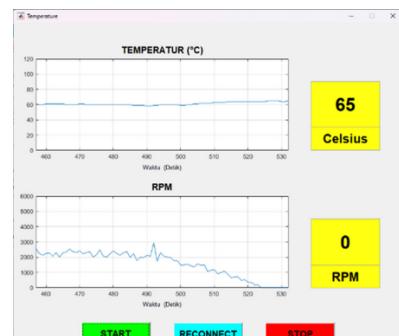


Gambar 7. Grafik Variasi Kampas Berlubang

Pada gambar di atas dapat disimpulkan dari tiga kali percobaan terhadap empat variasi kecepatan putaran (RPM) dengan tiga jenis geometri kampas rem, yaitu kampas standar, kampas dengan penambahan alur, dan kampas dengan penambahan lubang. Dari grafik terlihat bahwa geometri kampas rem sangat memengaruhi kenaikan temperatur akibat gesekan. Kampas rem dengan geometri standar menunjukkan kenaikan temperatur tertinggi, yaitu rata-rata mencapai 63°C pada putaran 2500 RPM. Sebaliknya, kampas dengan penambahan lubang menghasilkan temperatur rata-rata terendah, yaitu sekitar 43°C pada putaran yang sama.

Pada pembahasan grafik Matlab 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. Dibawah ini akan menunjukkan grafik matlab dengan 3 kali pengujian pada masing masing 4 variasi rpm (1000 rpm, 1500 rpm, 2000 rpm, dan 2500 rpm) dan 3 variasi geometri kampas

(kampas standart, kampas dengan penambahan alur, kampas dengan penambahan lubang). Masing-masing diambil tiap pengujian ke 3 pada 2500 RPM pada 3 variasi geometri kampas.



Gambar 8. Kampas Standart

Pada Gambar di atas menunjukkan pengujian 3 (P3) dengan menggunakan kampas rem standar pada kecepatan awal yang lebih tinggi, yaitu sekitar 2500 RPM. Hasil pembacaan menunjukkan bahwa putaran aktual motor adalah sebesar 2478 RPM, dengan suhu awal sebelum penggereman tercatat sebesar 60°C. Setelah dilakukan penggereman, putaran motor menurun secara bertahap hingga mencapai 0 RPM dan suhu akhir tercatat sebesar 65°C. Kenaikan temperatur sebesar 5°C menunjukkan bahwa proses gesekan antara kampas standar dan piringan menghasilkan akumulasi panas yang cukup signifikan, terutama karena kecepatan awal yang tinggi.

Namun, penurunan RPM yang berlangsung secara perlahan dan tidak curam mengindikasikan bahwa kampas rem standar memiliki gaya cengkram yang rendah, sehingga proses deselerasi membutuhkan waktu lebih lama. Hal ini tampak jelas pada grafik RPM yang menurun secara landai dari 2478 menuju 0 RPM. Karakteristik kampas standar yang

cenderung lunak dan kurang agresif dalam mencengkram piringan rem menjadi penyebab utama lambatnya proses penghentian putaran.

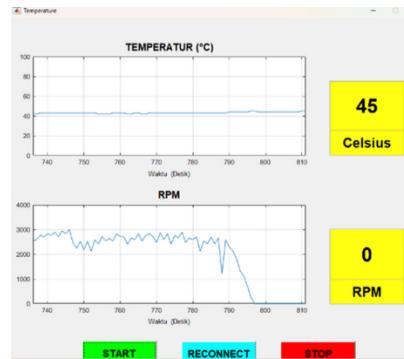


Gambar 9. Kampas Dengan Penambahan Alur

Gambar di atas menunjukkan hasil pengujian ke 3 (P3) dengan menggunakan variasi kampas penambahan alur pada permukaannya. Pada awal pengujian, kecepatan putaran roda terdeteksi sebesar 2301 RPM dengan suhu awal sebesar 52°C, itu dikarenakan pada saat pengujian ke-3 ini pembacaan sensor rpm tidak stabil, sehingga butuh beberapa waktu agar dapat di 2500 RPM. Setelah proses penggereman dilakukan, RPM menurun secara drastis hingga mencapai 0, dan suhu akhir tercatat sebesar 54°C. Kenaikan suhu sebesar 2°C menunjukkan bahwa kampas rem dengan alur mampu menjaga kestabilan temperatur selama penggereman. Hal ini mengindikasikan bahwa alur pada kampas berfungsi secara efektif dalam memperbaiki proses pelepasan panas, mengurangi akumulasi material gesek, serta meningkatkan sirkulasi udara di sekitar area gesekan.

Grafik RPM juga memperlihatkan penurunan putaran yang tajam mendekati akhir proses penggereman, menandakan adanya peningkatan gaya gesek saat

kecepatan menurun. Hal ini memperkuat bahwa penambahan alur pada kampas tidak hanya membantu menjaga kestabilan temperatur, tetapi juga meningkatkan kemampuan kampas dalam mencengkram cakram secara lebih kuat saat tekanan gesek meningkat.



Gambar 10. Kampas Dengan Penambahan Lubang

Pada gambar diatas menunjukkan pengujian 3 (3) pada kampas dengan variasi lubang, tampak bahwa proses penggereman berjalan dengan stabil. Grafik temperatur memperlihatkan bahwa suhu awal sebesar 43°C mengalami kenaikan perlahan hingga mencapai 45°C setelah putaran (RPM) turun menjadi 0. Grafik RPM menunjukkan bahwa sistem mulai dari kecepatan sekitar 2460 RPM dan secara bertahap menurun. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kampas berlubang memiliki kemampuan yang baik dalam menahan kenaikan suhu selama proses penggereman berlangsung.

Penggunaan kampas rem dengan variasi lubang terbukti paling optimal dalam meredam peningkatan temperatur dibandingkan dengan kampas beralur maupun kampas standart. Ini menunjukkan bahwa desain kampas berlubang lebih efektif dalam mempercepat pelepasan panas, sehingga membantu menurunkan

risiko terjadinya panas berlebih (overheating) saat pengereman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai hasil pengujian pada variasi rpm dan temperatur pada alat peraga sistem pengereman dan data yang di peroleh dari mikrokontroler di kirim ke GUI MATLAB guna menampilkan grafik secara realtime, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Variasi bentuk pad rem (standar, alur, dan lubang) memiliki pengaruh nyata terhadap suhu kampas rem saat pengereman. Pad standar menghasilkan suhu tertinggi, sedangkan pad dengan lubang menunjukkan performa termal terbaik karena mampu melepaskan panas lebih efektif. Pada kecepatan 2500 RPM, pad standar mencapai $63,33^{\circ}\text{C}$, sedangkan pad berlubang hanya $43,00^{\circ}\text{C}$. Ini membuktikan bahwa modifikasi geometri pad sangat penting dalam mengurangi akumulasi panas.
2. Kecepatan putaran roda (RPM) berbanding lurus dengan kenaikan suhu kampas rem. Semakin tinggi RPM, semakin besar panas yang dihasilkan akibat gesekan. Contohnya, pada pad standar suhu naik dari $36,67^{\circ}\text{C}$ (1000 RPM) menjadi $63,33^{\circ}\text{C}$ (2500 RPM). Tren serupa juga terjadi pada pad dengan alur dan lubang, walaupun suhu lebih rendah. Ini menunjukkan bahwa RPM adalah faktor dominan dalam beban termal rem dan perlu diperhatikan untuk mencegah risiko overheating dan brake fade.
3. GUI MATLAB berhasil menampilkan grafik hubungan antara RPM dan

temperatur secara real-time, berdasarkan data dari sensor RPM (LM393) dan temperatur (termokopel tipe-K). Antarmuka GUI ini memberikan kemudahan dalam pemantauan serta dokumentasi data selama pengujian, dan mempermudah analisis visual atas pengaruh geometri pad dan kecepatan roda terhadap temperatur rem. GUI juga meningkatkan efisiensi dalam proses penelitian berbasis sensor dan mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] KNKT, "Laporan Investigasi kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LAPORAN AKHIR KNKT 22.01.01.01)," Lap. Akhir, vol. 1, no. 201310200311137, pp. 78-79, 2022.
- [2] N. N. Hafizh, M. Yunus, and W. Wisnaningsih, "Pengaruh Gaya Rem Cakram (Disk Brake), Ketebalan Cakram, Minyak Rem Pada Sepeda Motor Honda Beat Pop 2015, 110CC," J. Rekayasa, Teknol. dan Sains, vol. 6, no. 2, pp. 83–87, 2022.
- [3] M. W. Al Hakim, "Pengaruh Lubang Pada Piringan Cakram Terhadap Distribusi Temperatur Kampas Rem Cakram," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [4] A. Z. Zatmika, K. Y. Utomo, and D. Ardiansyah, "Analisis Perbandingan Diameter Piringan Cakram Yang Bervariasi terhadap Jarak dan Waktu Pengereman pada Kendaraan Sepeda Motor Supra X1 25," KALPIKA, vol.19, no. 1, pp. 1–10,

- 2022, doi: 10.61488/kalpika.v19i1.31.
- [5] A. Saputra and R. Munandar, “Analisis Dinamik Rem Cakram (Disc Brake) atau Rem Piringan pada Sepeda Motor Supra X 125,” Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin, vol. 12, no. 2, pp. 83–90, 2022, doi: 10.35814/teknobiz.v12i2.3612.
- [6] G. Soebiyakto, “Pengaruh Jenis Kanvas Rem dan Pembebanan Pedal Terhadap Putaran Output Roda dan Laju Keausan Kanvas Rem pada Sepeda Motor,” Direktori J. Univ. Widyagama Malang, vol. 5, no. 1, pp. 118–138, 2020.
- [7] S. S. Suardi, “Analisa Kampas Rem Cakram Komposit Cangkang Kemiri, Serbuk Aluminium, Serat Kelapa Dan Poliuretan Dengan Tekanan 3 Ton,” RODA J. Pendidik. Dan Teknol. Otomotif, vol. 1, no. 2, pp. 55–64, 2021, doi: 10.24114/roda.v1i2.28142.
- [8] M. F. Tribakti, “Studi Eksperimental Penngaruh Variasi Model Piringan Cakram Terhadap Laju Keausan Kampas Rem dan Efek Pengereaman,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [9] D. Novandi, D. Sugiyanto, and R. Siregar, “Analisa Penyebab Getaran pada Sistem Rem Kendaraan Roda Empat Jenis Transmisi Otomatis,” Met. J. Manufaktur, Energi, Mater. Tek., vol. 1, no. 2, pp. 69–75, 2022, doi: 10.22236/metalik.v1i2.9976.
- [10] M. Arvani, “Optimalisasi Kinerja Sistem Rem Cakram Pada Gokart Detiga Untidar,” Universitas Tidar, 2022.
- [11] Y. N. I. Fathulrohman and A. Saepulloh, “Alat Monitoring suhu dan kelembaban menggunakan arduino uno. Jurnal Manajemen dan Teknik Informatika (JUMANTAKA), 2(1).,” J. Manaj. dan Tek. Inform., vol. 2, no. 1, 2019,[Online]. Available: <https://jurnal.stmik-dci.ac.id/index.php/jumantaka/article/view/361>
- [12] A. S. Ismailov and Z. Jo‘rayev, “Study of arduino microcontroller board,” Sci. J., vol. 3, no. 3, pp. 172–179, 2022, [Online]. Available: www.openscience.uz
- [13] A. Wicaksana, “Rancang bangun alat ukur kecepatan arus air laut berbasis Arduino Uno,” *Medium.com*, vol. 1, no. 1, pp. 1–40, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/>
- [14] A. Setiyoko and D. E. Yuliana, “Kendali Suhu Minyak Goreng Pada Penggorengan Sosis Menggunakan Kontrol PID,” JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng., vol. 3, no. 1, pp. 52–62, 2022, doi: 10.31328/jasee.v3i01.6.
- [15] Y. A. Cahyono, “Komponen Elektronika Dan Cara Kerjanya,” J. Portal Data, vol. 2, no. 4, pp.116–122,2022,[Online].Available: <http://portaldatal.org/index.php/portaldatal/article/view/122>
- [16] C. I. Martono, S. Sarwito, and I. R. Kusuma, “Analisa Tekno Ekonomis Penerapan Sistem Penerangan Lampu Light Emitting Diode (LED) Pada

- Kapal Penangkapan Ikan,” J. Tek. Its, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2019.
- [17] O. A. Firmansyah, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Akuisisi Data Rpm Fan, Temperatur Dan Kelembaban Pada Ducting Air Conditioning Laboratory Unit Pa Hilton A575,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2015.
- [18] H. Purwansyah, “Komparasi Pengukuran Kecepatan Putar Motor Dc Dengan Menggunakan Sensor Proximity LJ12A3-4-Z/BY Dan Sensor Hall Effect Ky-024,” Universitas Diponegoro, 2021.
- [19] P. Sokibi, R. A. Nugraha, and Catur, “Perancangan Prototype Sistem Peringatan Indikasi Kebakaran di Dapur Rumah Tangga Berbasis Arduino UNO,” J. Digit., vol. 10, no. 1, pp. 11–22, 2020.
- [20] R. Mardiat, F. Ashadi, and G. F. Sugihara, “Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32,” TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi Dan Kontrol, vol. 2, no. 1, pp. 53–61, 2019, doi: 10.15575/telka.v2n1.53- 61.
- [21] R. Hamdani, H. Puspita, and D. R. Wildan, “Pembuatan Sistem Pengamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Radio Frequency Identification (Rfid),” Indept, vol. 8, no. 2, pp. 56–63, 2019.
- [22] A. Puspawan, M. A. Pangestu, A. Suandi, and A. F. A. Sofwan, “The Heat Transfer Flow Analysis Of Standard Plate Stell Of Jis G3106 Grade Sm20b On Pre-Heating Joint Web Plate I- Girder Process Case Study In Pt . Bukaka Teknik Utama, Bogor Regency, West Java Province,” J. Rekayasa Mek., vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [23] J. Prihartono and R. Irhamsyah, “Analisis Konduktivitas Termal pada Material Logam (Tembaga, Alumunium dan Besi),” Presisi, vol. 24, no. 2, pp. 49–54, 2022.
- [24] F. M. Dewadi, Z. Lillahulhaq, Irwanto, and T. B. Karyasa, Teknik Pendingin dan Tata Udara. PT. Global Eksekutif Teknologi, 2023.
- [25] R. Pasila, S. Y. R. Rompis, and F. Jansen, “Pemodelan Akselerasi Kendaraan Roda Empat Dan Roda Dua Menggunakan Data Kendaraan Penyidik Di Kota Manado,” J. Sipil Statik, vol. 7, no. 5, pp. 505–512, 2019.
- [26] I. Namora, P. Siregar, and H. R. Gurning, “Pengaruh Rekrutmen dan Komitmen Organisasi terhadap Kinerja Karyawan pada PT. Budi Karya Perkasa,” J. Manaj., vol. 15, no. 1, pp. 71–80, 2019.
- [27] P. E. Niyanti, F. P. Setyaningrum, and G. W. Rachman, “Implementasi pembelajaran fisika topik usaha dan energi berdasarkan publikasi ilmiah,” SPEKTRA: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [28] F. M. Dewadi , Fisika Dasar I (Mekanika dan Panas), 1st ed., Padang: PT Global Eksekutif

Teknologi, June 2023, ISBN
978-623-198-347-3.

- [29] F. M. Dewadi , Fisika Dasar I
(Mekanika dan Panas), 1st ed.,
Padang: PT Global Eksekutif
Teknologi, June 2023, ISBN
978-623-198-347-3.