



Brake Heat Distribution in The Drum Brake System

Distribusi Panas Pengereman pada Sistem Rem Tromol

Faisal Amri¹, Wanda Afnison^{1*}, Toto Sugiarto¹, Wagino¹

Abstract

This study discusses the distribution of heat in the drum brake system using the experimental method using drums as the braking medium. The test was carried out using the brake test prototype process with the application of press and release. The test data collection technique is using three methods, namely by applying the same amount of press and release of the brake (20 seconds of pressure and 20 seconds of release), the application of press and release of the brake is released more than pressed (30 seconds is released and 10 seconds is pressed), and the application of press and release is more pressed than released (20 seconds pressed and 10 seconds released). The results showed that the highest temperature obtained in the application of brakes for 20 seconds and release for 20 seconds on standard drum brakes reached 61.8 °C, while applying the brakes for 10 seconds and releasing them for 30 seconds reached 46.3 °C, and applying the brakes for 20 seconds and releasing them for 10 seconds achieved a temperature increase of 73.5 °C.

Keywords

Drum Brakes, Heat Distribution, Car Brakes

Abstrak

Penelitian ini berdiskusi tentang distribusi panas pada sistem rem tromol dengan metode eksperimen menggunakan tromol sebagai media pengereman. Adapun teknik pengambilan data pengujian yaitu dengan tiga metode, yaitu dengan pengaplikasian tekan dan lepas rem sama banyak (20 detik tekan dan 20 detik lepas), pengaplikasian tekan dan lepas rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan (30 detik dilepas dan 10 detik ditekan), dan pengaplikasian tekan dan lepas rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas (20 detik ditekan dan 10 detik dilepas). Hasil penelitian menunjukkan suhu tertinggi yang didapatkan pada pengaplikasian rem selama 20 detik dan lepas selama 20 detik pada rem tromol standard mencapai 61,8°C, sementara pengaplikasian rem 10 detik dan lepas selama 30 detik mencapai 46,3°C, dan pengaplikasian rem 20 detik dan lepas selama 10 detik mencapai kenaikan suhu 73,5°C.

Kata Kunci

Rem Tromol, Distribusi Panas, Rem Mobil

¹Departemen Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. DR. Hamka, Air Tawar Barat, Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25132

*wandaafnison@ft.unp.ac.id

Submitted : June 26, 2023. Accepted : August 22, 2023. Published : December 29, 2023



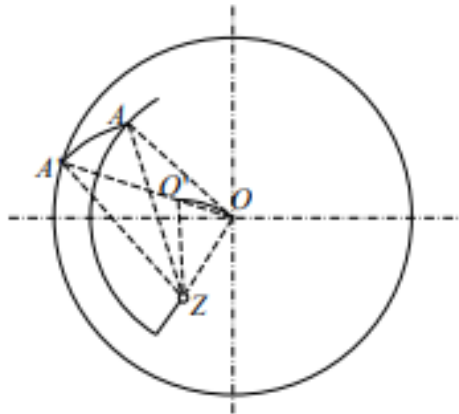
PENDAHULUAN

Sistem pengereman tidak bisa dilepaskan dari bentuk panas yang dihasilkan dari proses pengereman. Semakin besar gaya pengereman yang diberikan, maka semakin besar potensi panas yang diperoleh [1]. Didalam literatur ada tiga proses perpindahan panas yang dikenal, yaitu ; konduksi, konveksi, dan radiasi. Proses perpindahan panas konduksi yaitu proses perpindahan melalui medium stasioner, seperti; tembaga, air atau udara. Perpindahana panas radiasi yaitu perpindahan panas oleh pancaran foton yang tidak terorganisir. Perpindahan panas konveksi merupakan perpindahan energi dari benda-benda padat dan fluida yang bergerak [2]. Panas rem yang berlebihan menyebabkan masalah serius seperti penguncian uap minyak rem, rem memudar dan sampai menyebabkan terjadi kegagalan pada sistem pengereman [3].

Pada saat rem bekerja, suhu kerja yang ada pada rem sangat mempengaruhi tingkat pengereman. Dimana suhu kerja yang berlebih (*overheating*) dapat menyebabkan rem blong, dikarenakan kerja rem yang tidak lagi bekerja dengan maksimal. Gesekan antara sepatu rem dan tromol akan menghasilkan panas, yang dapat meningkatkan suhu kampas rem dan tromol rem [4]. Sehingga panas yang berlebih tersebut mengakibatkan rem mengalami peningkatan keausa, retak termal, dan bahkan penguapan minyak rem [5]. Energi panas yang terjadi selama pengereman kendaraan diserap dan disimpan sementara pada piringan, dan bagian lainnya masuk ke lingkungan melalui radiasi atau konveksi, dan satu bagian ditransfer ke komponen yang berdekatan [6]. Selama pengereman, suhu pengoperasian komponen berpengaruh signifikan terhadap tingkat pengereman [7]. Temperatur yang sangat tinggi, maka akan menyebabkan kerusakan rem total dan biasa disebut dengan *fading* [8]. Yang mana ini merupakan masalah keselamatan dan keamana yang sangat penting. Selain itu, komponen-komponen yang lain seperti suspensi, roda, penutup roda atau ban, juga dapat terkena suhu tinggi yang diakibatkan panas yang berlebih pada saat pengereman [9].

Dari beberapa faktor penyebab kecelakaan karena gagalnya salah satu fungsi kendaraan, salah satu fungsi yang sering terjadi ialah gagalnya sistem pengereman kendaraan [10]. Kegagalan pada sistem rem tromol dihasilkan dari kelelahan thermal dan kelelahan keausan pada rem [11]. Temperatur komponen sistem rem yang terlalu tinggi dapat menyebabkan situasi berbahaya dijalan bagi penumpang dan pengemudi lain dijalan. Oleh karena itu sistem rem tromol perlu dirancang sedemikian rupa agar mampu menyerap panas dalam jumlah besar dan memindahkan panas keluar dari sistemnya secara konveksi, konduksi, dan radiasi [12]. Perpindahan panas dapat didefenisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah kedaerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut [13]. Oleh sebab itu juga, temperatur yang tinggi juga dapat menyebabkan minyak rem, seal, dan komponen lainnya menjadi terlalu panas hingga membuat kinerja dari pada rem itu sendiri kurang maksimal sehingga mengakibatkan kegagalan fungsi pada sistem pengereman [14].

Dalam proses kerja pada rem tromol, torsi pengereman yang dihasilkan antara tromol rem dan sepatu rem menghentikan kendaraan. Namun, struktur rem tromol memiliki kekurangan. Pertama, tegangan gesek pada plat gesek tidak terdistribusi secara merata. Kedua, jarak bebas rem membuat pelat gesekan tidak dapat sepenuhnya bertepatan dengan tromol rem dalam proses pengereman, hanya terjadi kontak sebagian pada pelat gesekan [15].

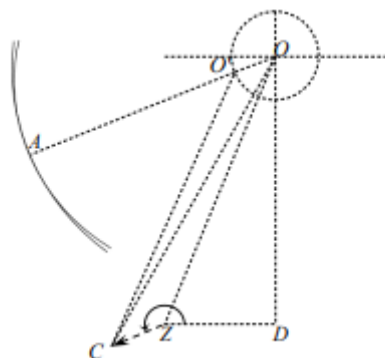


Gambar 1. Diagram Struktur Rem Tromol

Seperti terlihat pada Gambar 1 dimana O , adalah pusat tromol, O' adalah pusat permukaan garis luar pelat gesek. Ketika mulai mengerem, hanya A yang bersentuhan antara pelat gesek dan tromol, dan O, O', A adalah kolinear.



Gambar 2. Rem Mengambang



Gambar 3. Diagram Struktur Sepatu Terdepan

Rem drum sepatu mengambang di tunjukkan pada Gambar 2, ada perangkat mengambang di pin pendukung. Perangkat memungkinkan sepatu melayang kearah tertentu, sehingga mengubah posisi kontak awal. Ketika arah mengambang berada disisi kiri pin pendukung, diagram struktur sepatu utama bagian dari rem mengambang ditunjukkan pada Gambar 3, O' adalah pusat pelat gesek. Seperti terlihat pada Gambar 3 bahwa Ketika kontak dimulai, A, O' ,

O adalah kolinear, DZC adalah sudut apung, CZ adalah jarak terapung, C adalah posisi pin penyangga setelah terapung, AOC adalah posisi kontak awal. Pada Gambar 3 terlihat bahwa AOC ditentukan oleh jarak mengambang dan arah mengambang. Persamaan gerak model adalah sebagai berikut:

$$CZO = DZC - \left(\frac{\pi}{2} - ZOD\right) \tag{1}$$

$$CO^2 = CZ^2 + ZO^2 - 2 \times CZ \times ZO \times \cos CZO \tag{2}$$

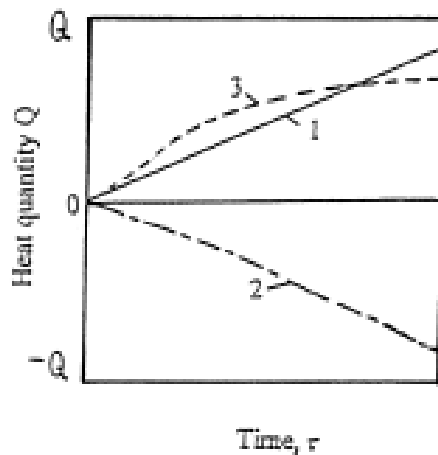
$$OO' = AO - AO' \tag{3}$$

$$\cos O'OC = \frac{(OO'^2 + CO^2 - OC^2)}{(2 \times OO' \times CO)} \tag{4}$$

$$\cos O'CO = \frac{(CO^2 + CO^2 - OO'^2)}{2 \times CO' \times CO} \tag{5}$$

$$AO'C = O'OC + O'CO \tag{6}$$

Berdasarkan suhu permukaan tromol rem didasarkan pada mode variasi suhu tromol sebagai fungsi momen pengereman pada kondisi pengereman tunak (waktu rotasi roda yang direm tidak lebih dari 10 - 15 detik) [16].



Gambar 4. Kuantitas panas

Q dikirim dan dipancarkan oleh mekanisme dibawah parameter kerja konstan dari waktu ke waktu: (1) panas yang dikirim (2) panas yang dipancarkan (3) resultan kurva [17]. Gaya pengereman diubah menjadi panas, yang sebagian besar dihilangkan melalui tromol rem. Selama interval waktu yang sangat kecil, keseimbangan panas dari tromol rem adalah:

$$FdL = mcdT + Sk(T - T_0)d\tau + S\sigma T^4 d\tau \tag{7}$$

Dimana F adalah gaya pengereman (N), L, jarak pengereman (m), m, massa tromol rem (kg), c, kapasitas panas spesifik (J/kg K), T, temperatur tromol rem (K), S, luas permukaan pendinginan tromol rem (m²), k, koefisien perpindahan panas antara tromol rem dan udara (W/m² K), T₀, temperatur udara sekitar (K), τ, waktu pengereman (s), σ(konstanta Stefan-Boltzmann) 5.7 × 10⁻⁸ (W/m² K⁴).

Panas saat tromol rem bekerja berasal dari proses gesekan anantara permukaan bagian dalam tromol rem. Sebagian panas dipancarkan oleh beberapa pendekatan dan sisanya terakumulasi dalam tromol rem dan gesekan patch, ini akan menyebabkan kenaikan suhu rem tromol. Menurut mekanisme perpindahan panas, mode pertukaran panas pada tromol rem terdiri dari perpindahan panas secara konduksi, perpindahan panas radiasi dan perpindahan panas konveksi [15]. Adapun persamaan dari perhitungan kenaikan suhu rem tromol adalah:

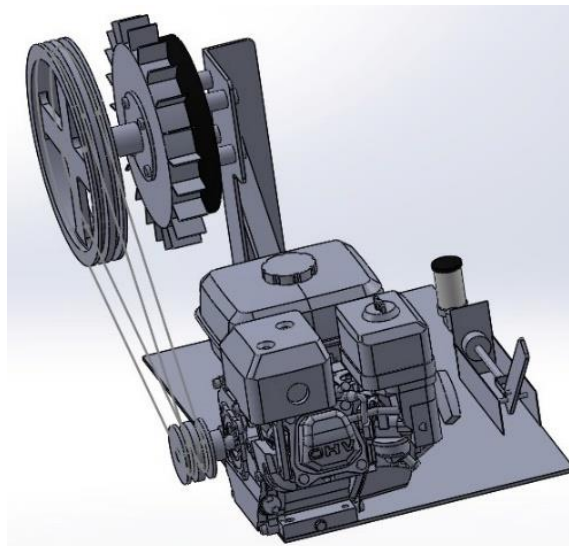
$$\Delta T = \frac{(Q-Q^1-Q^2)}{mc} \quad (8)$$

Panas gesekan selama proses kerja tromol rem adalah Q , panas yang pindahkan oleh radiasi adalah Q^1 dan kalor yang dipindahkan secara konveksi adalah Q^2 . Berat tromol rem adalah m dan kapasitas kalor jenis tromol rem adalah c .

Secara alami panas berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, sehingga terjadi percampuran suhu dari kedua benda tersebut [18]. Naiknya suhu suatu material, akan mengakibatkan perubahan susunan atom yang mengiringi pencairan dan pengaturan kembali susunan atom-atom yang diakibatkan oleh perubahan suhu, yang selanjutnya akan mengganggu daya hantar panas bahan tersebut [19]. Suhu menunjukkan derajat benda, semakin tinggi suhu suatu benda maka semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan ditempat getaran. Semakin tingginya energi atom-atom penyusun benda, maka semakin tinggi suhu benda tersebut [20].

METODE

Penelitian ini merupakan metode eksperimen, metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan pengaplikasian tekan dan lepas rem sama banyak selama 20 detik ditekan dan selama 20 detik dilepas, pengaplikasian tekan dan lepas rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan selama 30 detik dilepas dan selama 10 detik ditekan, dan pengaplikasian tekan dan lepas rem lebih banyak ditekan selama 20 detik dan dilepas selama 10 detik. Metode pengujian yang dilakukan yaitu dengan pengujian statis dengan alat uji yang telah dirancang sedemikian rupa. Adapun objek yang dipakai dalam penelitian ini yaitu rem tromol mobil Toyota Sigra standard. Penggerak yang dipakai dalam melakukan pengujian ini untuk mengetahui distribusi panas terhadap rem tromol yaitu dengan memakai mesin Robin Honda seri GX 160T2 SD.



Gambar 5. Desain alat uji rem



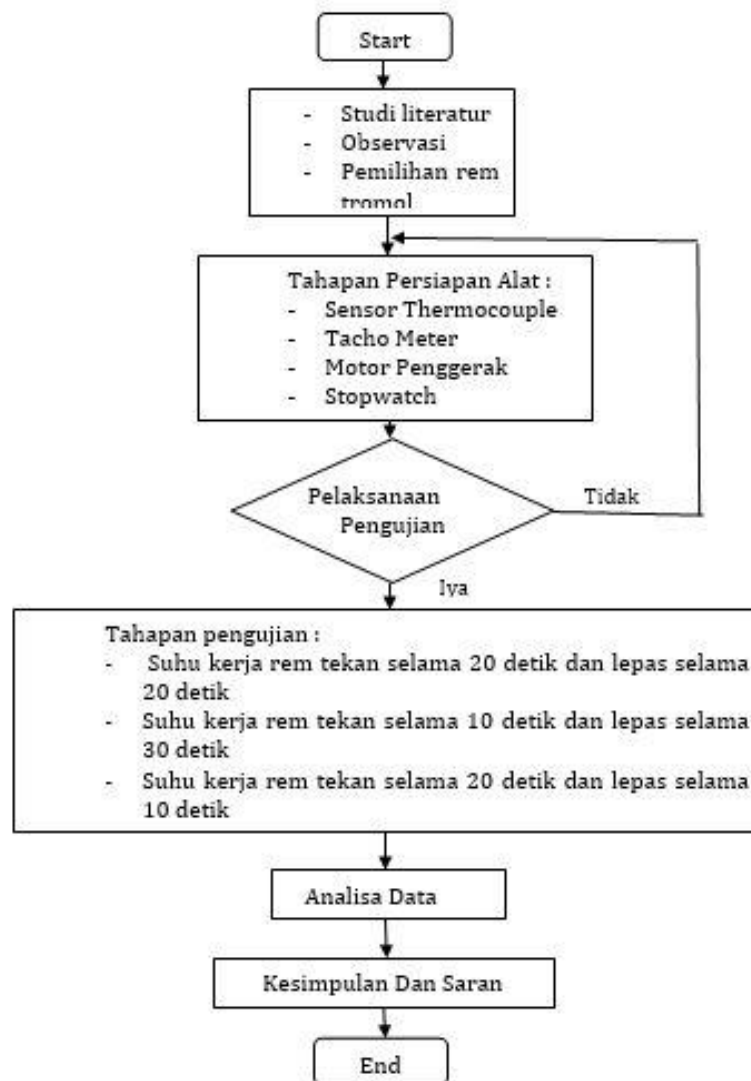
Gambar 6. Alat uji rem : 1) Motor penggerak, 2) Rem tromol, 3) Thermocouple

Tabel 1. Spesifikasi mesin penggerak

Tipe Mesin	Air Cooled, 4-Stroke, OHV 250 Inclied, Single Cylinder, Horizontal Shaft
Isi Silinder	163 cm ³
Diameter X Langkah	68.0 X 45.0 mm
Rasio Kompresi	9.0 : 1
Tenaga Output Kotor (SAE J1995)	4 kW (5.5 HP)/360rpm
Tenaga Output Bersih (SAE J1349)	3.6 kW (4.8 HP)/3600rpm
Torsi Maksimum (SAE J1349)	10.3 N.m (1.05 Kgf.M, 7.6 Lbf.Ft)/2500 Min-1 Rpm
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	3.1 / 3.6 Liters Gasoline Oktan 86 Or Higher
Sistem Pengapian	Transistorized Magneto Ignition
Tipe Busi	BPR6ES, (NGK) W20EPR-U (DENSO)
Sistem Penyalaan	Recoil Stater
Pembersih Udara	Semi Dry Type
Kapasitas Oli	0.58 Liters SAE 10W-30 (API SE Or Later)
Dimensi	312 X 362 X 346 mm
Berat Kering	15 kg

Metode penelitian eksperimen adalah sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dan dalam kondisi yang terkendalikan [21]. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pendistribusian panas yang terjadi pada rem tromol. dan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan pengaplikasian tekan dan lepan pada alat uji prototipe yang telah dirancang. Penelitian eksperimen ini pada prinsipnya dapat didefinisikan sebagai metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat (*Causal-Effect Relationship*) [22].

Sebelum melakukan pengujian dalam melihat pendistribusian panas pada rem tromol ada beberapa persiapan atau tahapan yang harus dilakukan terlebih dahulu, seperti yang terlihat pada Gambar 7 pada *Flow Chart* dibawah ini:



Gambar 7. Flow chart

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berikut ini hasil penelitian dari distribusi panas pada rem tromol yang telah dilakukan. Pengujian ini dilakukan dengan pengaplikasian tekan dan lepas. Ada tiga metode yang dipakai dalam pengujian ini. Pertama, dengan pengaplikasian rem sama banyak, dengan waktu 20 detik ditekan dan 20 detik dilepas, dengan hasil pendistribusian suhu tertinggi panas pada rem tromol sekitar 61,8 °C. Kedua, rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan, dengan waktu 30 detik dilepas dan 10 detik ditekan, dengan hasil pendistribusian suhu tertinggi pada rem tromol sekitar 46,3 °C. Dan yang ketiga, yaitu dengan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas, dengan waktu 20 detik ditekan dan 10 detik dilepas, dengan hasil pendistribusian suhu tertinggi panas pada rem tromol sekitar 73,5 °C. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada rem tromol Toyota Sigra yang dilihat pendistribusian panas terhadap rem tromol. Hasil yang telah didapat dari hasil pengujian bisa dilihat pada [Tabel 2](#), [3](#), dan [4](#) dibawah ini:

Tabel 2. Pengujian suhu pengereman dengan pengaplikasian (tekan dan lepas) rem sama banyak

No	Tekan dan lepas	Second	Temperatur (°C)
			Rem sama banyak (20 detik rem 20 detik lepas)
1	Rem	0	30,5
2	Lepas	20	31,1
3	Rem	40	32,2
4	Lepas	60	33,5
5	Rem	80	34,7
6	Lepas	100	36,4
7	Rem	120	37,8
8	Lepas	140	39,7
9	Rem	160	41,4
10	Lepas	180	43,6
11	Rem	200	45,0
12	Lepas	220	47,3
13	Rem	240	48,4
14	Lepas	260	50,2
15	Rem	280	51,4
16	Lepas	300	53,3
17	Rem	320	54,8
18	Lepas	340	56,9
19	Rem	360	58,0
20	Lepas	380	60,3
21	Rem	400	61,3
22	Lepas	420	61,8

Tabel 3. Pengujian suhu pengereman dengan pengaplikasian (tekan dan lepas) rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan

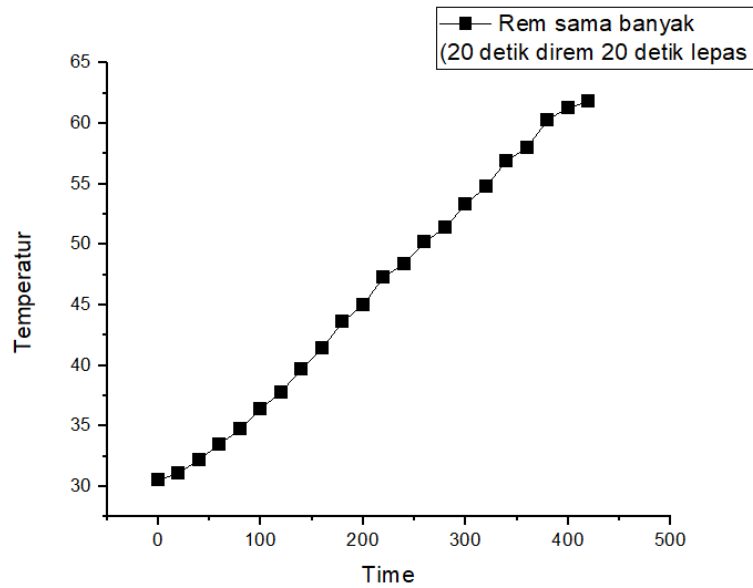
No	Tekan dan lepas	Second	Temperatur (°C)
			Rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan (10 detik rem 30 detik lepas)
1	Rem	0	29,3
2	Lepas	10	29,3
3	Rem	40	29,9
4	Lepas	50	30,2
5	Rem	80	31,1
6	Lepas	90	31,1
7	Rem	120	32,5
8	Lepas	130	33,1
9	Rem	160	34,4
10	Lepas	170	34,9
11	Rem	200	36,3

12	Lepas	210	36,9
13	Rem	240	38,4
14	Lepas	250	38,8
15	Rem	280	40,3
16	Lepas	290	40,9
17	Rem	320	42,1
18	Lepas	330	42,5
19	Rem	360	43,9
20	Lepas	370	44,5
21	Rem	400	45,5
22	Lepas	410	46,3

Tabel 4. Pengujian suhu pengereman dengan pengaplikasian (tekan dan lepas) rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas

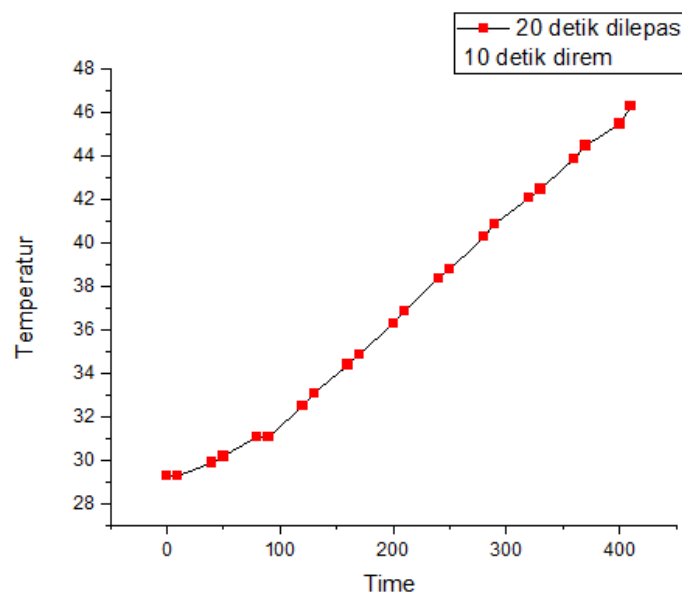
No	Tekan dan lepas	Second	Temperatur (°C)
			Rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas (20 detik rem 10 detik lepas)
1	Rem	0	28,6
2	Lepas	20	29,5
3	Rem	30	30,3
4	Lepas	50	32,2
5	Rem	60	33,3
6	Lepas	80	36,2
7	Rem	100	38,2
8	Lepas	120	41,4
9	Rem	130	42,8
10	Lepas	150	43,3
11	Rem	160	44,1
12	Lepas	180	46,8
13	Rem	190	48,1
14	Lepas	210	51,2
15	Rem	220	51,4
16	Lepas	240	55,6
17	Rem	250	56,8
18	Lepas	270	60,2
19	Rem	280	62,7
20	Lepas	300	66,8
21	Rem	310	69,4
22	Lepas	330	73,5

Pengujian rem tromol dengan pengaplikasian rem sama banyak. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap pendistribusian panas pada rem tromol di [Tabel 1](#), maka dapat dijelaskan dalam bentuk grafik seperti yang dapat dilihat pada [Gambar 5](#).



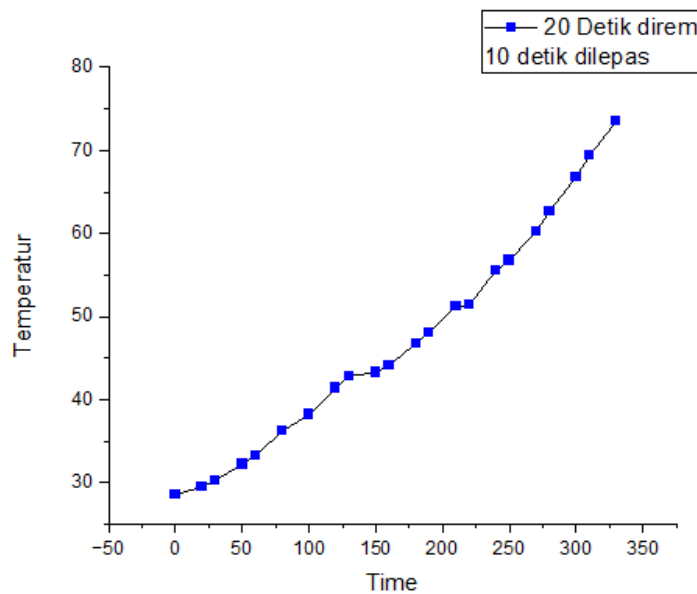
Gambar 8. Grafik hasil pengujian rem sama banyak 20 detik lepas dan 20 detik tekan

Pengujian rem dengan pengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap pendistribusian panas pada rem tromol di [Tabel 2](#), maka dapat dijelaskan dalam bentuk grafik pada [Gambar 9](#) dibawah ini.



Gambar 9. Grafik hasil pengujian rem lebih banyak dilepas selama 30 detik dan ditekan selama 10 detik.

Pengujian rem dengan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap pendistribusian panas pada rem tromol di [Tabel 3](#), maka dapat dijelaskan dalam bentuk grafik pada [Gambar 10](#) dibawah ini.



Gambar 10. grafik hasil pengujian rem lebih banyak ditekan selama 20 detik dan dilepas selama 10 detik

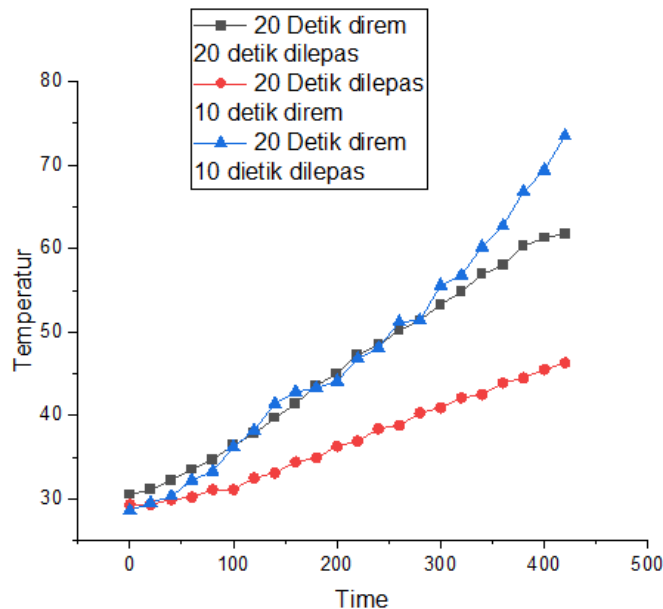
Pembahasan

Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil untuk pengujian dengan pengaplikasian rem sama banyak. Dengan selisih waktu antara 20 detik ditekan dan 20 detik dilepas didapatkan hasil suhu tertinggi pencapai suhu yaitu sekitar 61,8°C. Pengujian dengan pengaplikasian rem sama banyak ini dilakukan selama 420 detik dengan pengaplikasian tekan dan lepas. Selanjutnya yaitu hasil pengujian dengan pengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan, pengujian ini memiliki selisih waktu yang berbeda dengan pengujian rem sama banyak. Pengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan memiliki selisih waktu 30 detik dilepas dan 10 detik ditekan. Hasil rata-rata yang didapatkan pada pengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan yaitu sekitar 46,3°C. Dimana temperatur suhu rem dipengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan disini mengalami penurunan dari yang sebelumnya dengan pengaplikasian rem sama banyak (tekan dan lepas), pengujian pengaplikasian ini dilakukan selama 420 detik.

Kemudian berikutnya yaitu hasil yang didapat dengan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas. Pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas memiliki selisih waktu 20 menit ditekan dan 10 menit dilepas. Suhu tertinggi yang didapatkan dari pengujian ini yaitu 73,5°C, dimana pengujian dengan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas mengalami kenaikan rata-rata temperatur yang sangat tinggi dari pengujian yang sebelumnya. Kenaikan temperatur pada pengujian pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas ini disebabkan oleh selisih waktu yang berbeda, dimana pada pengujian pengaplikasian ini remnya lebih banyak ditekan dengan waktu 20 detik, sementara remnya dilepas hanya memiliki lama waktu 10 detik. Pengujian dengan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas ini dilakukan selama 330 detik. Pertimbangan dengan memilih waktu yang lebih rendah pada pengaplikasian rem lebih banyak tekan dari pada dilepas yaitu dikarenakan dengan selisih waktu yang lebih banyak ditekan dari pada dilepas.

Penelitian yang telah dilakukan pada rem tromol Toyota Sigras Standard, terlihat hasil pada Tabel 2, 3, dan 4 dengan metode perlakuan yang berbeda pada pengaplikasian tekan dan lepas. yaitu dengan pengaplikasian rem sama banyak dengan selisih waktu lepas 20 detik dan tekan 20 detik, kemudian dengan pengaplikasian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan dengan selisih waktu 30 detik dilepas dan 10 detik ditekan, yang terakhir yaitu dengan pengaplikasian

rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas dengan selisih waktu 20 detik ditekan dan 10 detik dilepas. Pengambilan penelitian dengan pengujian metode dengan pangaplikasian yang berbeda dan selisih waktu yang berbeda-beda ini merupakan menyesuaikan dengan realita kondisi jalan pada saat berkendara. Dimana ada sebagian kondisi jalan yang menurun, kondisi ini sering dijumpai pada saat penurunan digunung, maka pada saat kondisi ini pengendara akan sering melakukan pengereman (tekan lebih lama dari pada dilepas). Maka konsep pengambilan metode penelitian ini merupakan situasi kondisi jalan yang ada.



Gambar 11. Distribusi panas pada rem tromol

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari penelitian dengan pengaplikasian rem sama banyak, rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas dan rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan. Dimana hasil tertinggi suhu yang didapatkan pada pengaplikasian rem sama banyak pada rem tromol standard yaitu 61,8 °C, sementara pengalikasiian rem lebih banyak dilepas dari pada ditekan didapatkan suhu tertinggi 46,3 °C, dan pengaplikasian rem lebih banyak ditekan dari pada dilepas didapatkan hasil suhu tertinggi kenaikan suhunya yaitu 73,5 °C, dengan RPM 1000 dan tekanan rem pada handle rem mencapai 80 psi.

Saran

Pada pengujian yang dilakukan pada rem tromol standard dengan hasil suhu tertinggi yang diperoleh seperti pada Tabel 2, 3 dan 4, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam upaya pengurangan panas yang terjadi pada rem tromol. memodifikasi rem tromol dengan penambahan udara paksa yang diarahkan pada rem tromol serta dengan memberikan alur pada rem tromol salah satu dari solusi pengurangan panas pada rem. Dimana penelitian lanjutan pada rem tromol ini berupaya mengurangi angka kecelakaan, salah satu penyebabnya yaitu rem blong.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Afnison, W., Wagino, W., Hidayat, N., Muslim, M., & Masykur, M, " Analisis Thermal Pada Solid dan Ventilated Disk Brake Pada Mobil Hemat Energy Pagaruyuang Team UNP". Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi, 7(1), 44-49. 2021.

-
- [2] Munthaha, M., Cahyono, GR, & Ansyah, “ Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Laju Perpindahan Panas Pada Pendinginan Panel Surya”, *Poros Teknik*, 12 (1), 29-34. 2020.
- [3] Kawashima, R., & Kanemoto, T, "Automotive Wheels With Cooling Fans For Brake Systems And Wheel Motors", *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27, 1687-1692, 2013.
- [4] Irsyad, M, “Karakteristik Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada Pemodelan Biji Kakao dengan Naphthalene Menggunakan Analogi Perpindahan Panas dan Massa”, *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, 137-145, 2012.
- [5] Vdovin, A., Gustafsson, M., & Sebben, S, “A Combined Approach To Simulating Vehicle Brake Cooling Performance”, *Jurnal Internasional Ilmu Termal*, 132, 257-266, 2018.
- [6] Stojanović, N, Ghazaly, NM, Grujić, I, Glišović, J, & Narayan, S, “Effect Of Ventilated Brake Disc Rib Size On Air Flow Velocity.”, *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 29, No. 1, pp. 637 – 647, 2019.
- [7] Aprianto, M. H., Wisaksono, A., & Syahririni, S, “Rancang Bangun Sistem Peringatan Overheating pada Suhu Kampas Rem Mobil dengan Telegram”, In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, Vol. 1, No. 1, pp. 448-453, 2023.
- [8] Grkic, A., Muzdeka, S., Arsenik, Z., & Duboka, C, "Model Estimation Of The Coefficient Of Friction In Automotive Brakes At Very High Temperatures", *Int. J. Eng. Tech. Res*, 2, 290-294, 2014.
- [9] Vdovin, A., & Le Gigan, G, “Aerodynamic and Thermal Disc Brake Modeling challenges and limitations”, *Energy*, vol. 13, no. 1, 203, 2020.
- [10] Faradila, F., Risqiwati, D., & Sari, Z, “Sistem Kontrol Suhu Rem Hidrolik Pada Kendaraan Bermotor Dengan Metode Logika Fuzzy”, *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, vol. 4, no. 1, 235-240, 2019.
- [11] Yu, D., Zhou, T., Zhou, H., Bo, H., & Lu, H, “Model Of Non-Single Bionic Clutch For Thermal Fatigue And Wear Resistance Of Gray Cast Iron Drum Brakes. *Optics & Laser Technology*”, 111, 781-788, 2019.
- [12] Sun, S., Liao, G., Fu, Q., Lu, K., Zhao, J., Li, Z, & Li, B, “A Combined Approach To Truck Drum Brake Cooling”, *Technical Paper SAE*, No. 2015-01-290, 2015.
- [13] Chi, Z., Naterer, GF, & Dia, Y, “Thermal Performance Analysis of Ventilated Automotive Disc Brakes”, *Small*, 510, 3, 2008.
- [14] Liu, T., & Li, YL, “Study of Performance Of New Drum Brake Discs”, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 504, no. 1, p. 012074, 2019.
- [15] Segal, L, "Diagnostic Methods For Vehicle Brakes.", *Ndt & E International*, vol. 32, no. 7, 369-373, 1999.
- [16] Sulaiman, *Perpindahan Kalor Dan Massa*, Banda Aceh: Syiah Kuala University Press, 2015.
- [17] Sari, *Material Teknik*, Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [18] Rahayu, W. I., Fauzan, M. N., & Wulansari, T. R, “Analisis Penerapan Fuzzy Logic Monitoring Suhu Tromol Untuk Mencegah Kecelakaan Pada Mobil Tangki (Studi Kasus Pt. Pertamina Patra Niaga)”, *Jurnal Teknik Informatika*, vol.12, no. 1, 29-35,2020.
- [19] Raja, T., Mathiselvan, G., Sreenivasulureddy, M., & Xavier, XG, “Design And Analysis Of Airflow Channels To Improve Disc Brake Rotor Thermal Performance”, In *IOP Conference Series, Materials Science and Engineering*, Vol.197, No. 1, p. 012086, 2017.
- [20] Viertel, J., & Wulandana, R, “Two-Dimensional CFD Analysis and Optimization of Transmission Cooling Scoop Flow for Longitudinal Powertrain Applications”, *International Journal of Advanced Technology in Mechanical, Mechatronics and*

Materials, vol.2, no.1, 11-21, 2021.

[21] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif R&D, Bandung: Alfabeta, 2012.

[22] Sukardi, Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi Dan Praktiknya, Jakarta: Bumi Aksara, 2013.