

## Pengaruh Massa dan Kecepatan Kendaraan Terhadap Suhu Pada Rem Drum

<sup>1</sup>Ridwan; <sup>2</sup>Afrizal Riyantono; <sup>3</sup>Rudi Irawan

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin FTI Universitas Gunadarma  
[ridwan@staff.gunadarma.ac.id](mailto:ridwan@staff.gunadarma.ac.id)

**Abstract:** In the transportation system, analyzing the heat generated by the vehicle's brakes is crucial for evaluating and enhancing braking system performance. This study used Abaqus software to conduct simulations on a minibus's brake rotor (drum brake) with vehicle masses of 3500 kg and 5000 kg. Five different speed variations were considered: 60 km/h, 70 km/h, 80 km/h, 90 km/h, and 100 km/h. The simulation results for the vehicle with a mass of 3500 kg showed progressively increasing maximum temperatures in the brake rotor: 87.82°C, 106.55°C, 163.69°C, 216.34°C, and 275.04°C for the respective speeds. In the simulation with a vehicle mass of 5000 kg, the maximum rotor temperatures were 108.45°C, 126.33°C, 207.9°C, 269.03°C, and 299.31°C. Higher braking speeds result in higher heat generation in the brake rotor. However, the temperature increase is not linear concerning vehicle speed. The vehicle's mass significantly influences the heat generated in the rotor during braking. At the same speed, a higher-mass vehicle will produce more heat.

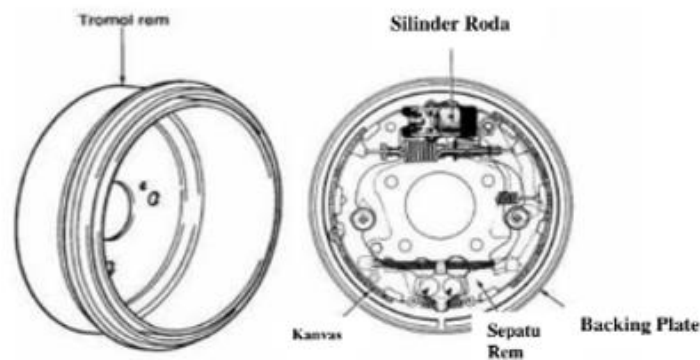
**Keywords:** Drum Brakes, Friction, Brake, Thermal

**Abstrak:** Dalam sistem transportasi, menganalisis panas yang dihasilkan rem kendaraan merupakan hal penting untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem pengereman. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pada rotor rem (drum brake) minibus dengan massa kendaraan 3500 kg dan 5000 kg, dengan menggunakan software Abaqus. Lima variasi kecepatan berbeda yakni: 60 km/jam, 70 km/jam, 80 km/jam, 90 km/jam, dan 100 km/jam. Hasil simulasi pada kendaraan bermassa 3500 kg menunjukkan temperatur/suhu maksimum pada rotor rem semakin meningkat: 87,82°C, 106,55°C, 163,69°C, 216,34°C, dan 275,04°C untuk masing-masing kecepatan. Pada simulasi dengan massa kendaraan 5000 kg diperoleh temperatur rotor maksimum sebesar 108,45°C, 126,33°C, 207,9°C, 269,03°C, dan 299,31°C. Kecepatan pengereman yang lebih tinggi menghasilkan panas yang lebih tinggi pada rotor rem. Kenaikan suhu tidak linier terhadap kecepatan kendaraan. Massa kendaraan secara signifikan mempengaruhi panas yang dihasilkan rotor pada saat pengereman. Pada kecepatan yang sama, kendaraan bermassa lebih tinggi, akan menghasilkan panas yang lebih tinggi.

*Kata Kunci : Rem Tromol, Gesekan, Rem, suhu*

### I. PENDAHULUAN

Ketika dua permukaan saling bersentuhan dan bergerak maka akan timbul gesekan. Akibat dari gesekan dapat mengakibatkan bunyi yang mengganggu, kenaikan temperatur/suhu dan keausan pada permukaan. Gesekan permukaan terjadi diantaranya seperti pada gesekan antara roda gigi, gesekan akibat perputaran roda, bantalam dan gesekan pada rem kendaraan. Massa dan kecepatan permukaan saat mengalami gesekan sangat mempengaruhi hasil gesekan yang ditimbulkan seperti bunyi, suhu dan ausnya permukaan [1]. Rem merupakan sebuah alat untuk memperlambat atau menghentikan kendaraan pada saat kendaraan melaju, juga sebagai alat pengaman apabila kendaraan sedang diparkir atau berhenti. Sistem atau metode kerja rem adalah adalah terjadinya gesekan pada kampas rem, sekaligus terjadi perubahan tenaga kinetik menjadi panas pada dua buah permukaan benda yang berbeda berputar, akibat pergesekan ini putaran roda akan melambat/berhenti. Rem juga dapat mengubah energi kinetik dan energi potensial menjadi panas melalui proses gesekan permukaan antara sepatu rem (kampas rem) dengan rotor disertai dengan proses perpindahan panas [2].



Gambar.1 Rem Drum [2]

Rem drum atau bisa disebut rem tromol seperti terlihat pada Gambar 2. Rem drum terdiri dari dua komponen utama yaitu tromol rem dan sepatu rem (kampas rem). Kampas rem berada didalam tromol rem. Pada saat roda atau ban berputar maka tromol rem juga ikut berputar mengelilingi kampas rem. Pada saat terjadi pengereman (pedal rem ditekan) silinder roda menekan kanvas rem kearah tromol yang sedang berputar, akibat gesekan ini maka akan timbul panas. Gesekan antara sepatu rem dan drum menyebabkan kendaraan melambat atau berhenti [2]. Rem drum memiliki beberapa keunggulan, seperti kesederhanaan, daya tahan, dan kemampuan mengatasi gaya pengereman yang tinggi [3]. Rem drum juga kurang rentan terhadap redaman rem saat digunakan secara berat. Namun, jenis rem ini memiliki beberapa kekurangan dibandingkan dengan rem cakram, yang lebih umum digunakan pada kendaraan modern. Rem drum cenderung kurang efektif dalam menghilangkan panas, yang dapat mengakibatkan kinerja pengereman yang menurun saat pengereman berkepanjangan [4]

Memahami distribusi panas yang dihasilkan oleh rem saat digunakan sangat penting, distribusi panas yang terjadi mengidentifikasi *area-area* atau daerah yang rentan terhadap panas berlebihan atau keausan yang berlebihan, dengan demikian dapat diantisipasi dan mengoptimalkan desain untuk mencegah masalah seperti *fading* yaitu kondisi terjadinya penurunan efektivitas pengereman, atau terjadi deformasi pada komponen rem [5].

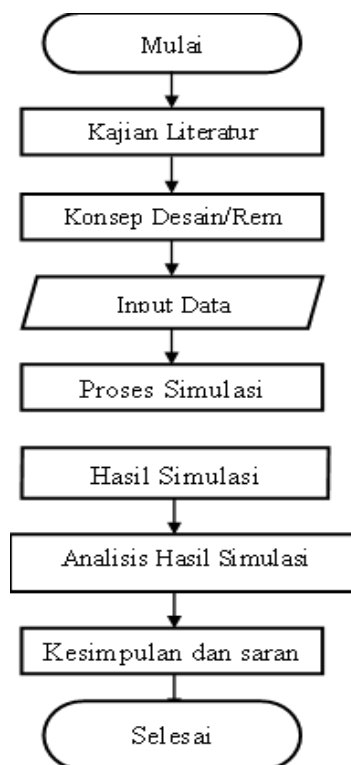
Fenomena gesekan dan timbulnya keausan dan suhu pada permukaan benda sangat penting diketahui dan dianalisis dan menjadi suatu cabang ilmu yang terus berkembang, yang dikenal dengan Tribologi. Secara terminologi, tribologi berasal dari bahasa Yunani *tribos* yang artinya menggaruk atau mendorong [6]. Ketika dua permukaan saling bersentuhan dan bergerak maka akan timbul yang disebut gesekan. Akibat dari gesekan bermacam-macam, yaitu bunyi yang mengganggu, kenaikan temperatur pada permukaan dan juga ausnya permukaan. Banyak aplikasi/penerapan teknologi yang terkait dengan terjadinya gesekan, seperti gesekan antara roda gigi, gesekan perputaran roda, dan gesekan pada rem kendaraan. Besarnya kerugian energi atau energi terbuang akibat dari gesekan permukaan sangat signifikan sehingga perlu ada perlakuan khusus pada permukaan kontak dua material tersebut [7].

Upaya menurungkan dampak dari permukaan gesekan dua material atau lebih, terus diteliti oleh para ahli karena hal ini sangat berpengaruh pada kehandalan dan efektifitas seperti kehilangan energi dan timbulnya panas pada permukaan yang terjadi kontak atau bergesekan tersebut. Biaya energi yang hilang akibat dari gesekan diberbagai peralatan pada industri bila diakumulasikan cukup tinggi. Berbagai Negara terutama negara yang industrinya sudah maju pesat sangat konsen dalam hal kerugian energi, termasuk kerugian mekanis (gesekan). Pada praktiknya konsep tribologi lebih tua dari pada revolusi industri. Aplikasi tribologi sudah dimanfaatkan untuk berbagai keperluan mulai dari yang sederhana dalam kehidupan sehari-hari, maupun untuk industri. Rem pada kendaraan mengkonversi energi kinetik dan energi potensial kendaraan ke dalam panas akibat dari gesekan permukaan [7]. Dampak yang ditimbulkan dari pergesekan dua material dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya jenis material yang bergesekan, lamanya terjadi gesekan, dan massa material tersebut.

Material yang digunakan pada kampas rem drum adalah material Asbestos. Kampas rem pada umumnya terbuat dari material - material komposit seperti asbestos (SiC, Mn, Zn dan Co), Serbuk alumunium fiber glass, dan serat alam. Kampas rem yang mengandung asbes menunjukkan kelemahan basah, rem berbahan asbes akan gagal pada suhu 250 °C [8]. Material yang sering digunakan pada pad tromol rem adalah besi tuang. Material ini memiliki beberapa kelebihan yaitu mampu tuang (castability) yang baik, sifat mampu dimesin (machineability), kemudahan proses produksi dan rendahnya temperatur tuang, sedangkan kerugiannya : getas (brittle) dan kekuatan (strength) yang rendah dibandingkan dengan baja [9]. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis panas pada rem adalah dengan menggunakan perangkat lunak simulasi yakni Abaqus *software*. Abaqus adalah platform simulasi berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk otomotif, untuk memodelkan dan menganalisis kinerja suatu sistem. Melalui Abaqus, kita dapat memprediksi perubahan suhu pada komponen sistem pengereman [10]. Berdasarkan uraian di atas masalah yang akan diselesaikan dalam kegiatan penelitian ini adalah, bagaimana pengaruh massa dan kecepatan kendaraan terhadap panas yang timbul pada rem.

## II. METODE PENELITIAN

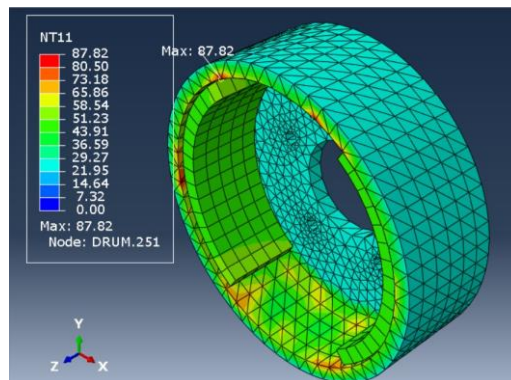
Metode penelitian yang digunakan adalah metode simulasi dengan Abaqus *software*. Penelitian dimulai dengan mengkaji literatur/referensi yang terkait dengan tema penelitian ini, khususnya desain rem. Proses simulasi dimulai dengan membuat gambar 2D dan 3D sesuai dengan kondisi rem pada kendaraan minibus, selanjutnya menginput/memasukkan data yang diperlukan pada simulasi diantaranya, kecepatan putaran, waktu yang diperlukan. Selanjutnya karakteristik material/bahan rem, diantaranya konduktifitas termal material, massa jenis, kondisi udara sekitar/lingkungan. Dua Variasi beban kendaraan yaitu 3500 kg dan 5000 kg, dan masing-masing lima variasi kecepatan yakni: 60 km/jam, 70 km/jam, 80 km/jam, 90 km/jam, dan 100 km/jam, setelah hasil simulasi didapatkan, dilanjutkan dengan analisis dan dibuat kesimpulan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 Diagram alir Penelitian/proses simulasi

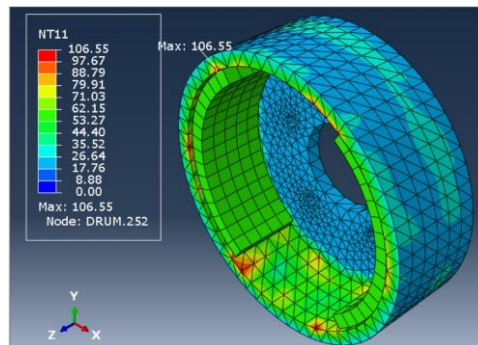
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi Untuk kendaraan dengan massa 3500 kg, dengan kecepatan masing-masing 60 km/jam, 70 km/jam, 80 km/jam, 90 km/jam, dan 100 km/jam, hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 7. Pada kecepatan yang masih relatif sedang yaitu 60 km/jam, terlihat temperatur pada tromol tersebar secara merata. Temperatur maksimum berada pada nilai 87.82°C. Warna hijau-kuning mendominasi permukaan tromol. Pada simulasi ini nilai temperatur/suhu yang terjadi direpresentasikan oleh perubahan warna. Warna biru tua mewakili temperatur paling rendah dan warna merah merupakan suhu tertinggi. Perubahan warna atau suhu terjadi pada saat pengereman, hal ini terjadi karena gesekan antara kampas rem dan tromol akibat tekanan silinder roda. Pada simulasi kecepatan 60 km/jam masih relatif rendah, yang mengakibatkan timbul panas pada permukaan tersebut, panas yang timbul masih relatif rendah yakni pada kisaran suhu 60°C.



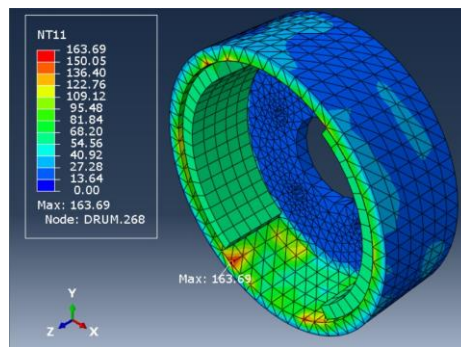
Gambar 3. Hasil simulasi Kecepatan 60 km/Jam untuk kendaraan 3500 kg

Untuk kendaraan 3500 kg dengan kecepatan 70 km/jam, pada Gambar 4 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 106.55°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan kampas rem (pad) yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 70°C. Panas yang timbul lebih tinggi dari sebelumnya.



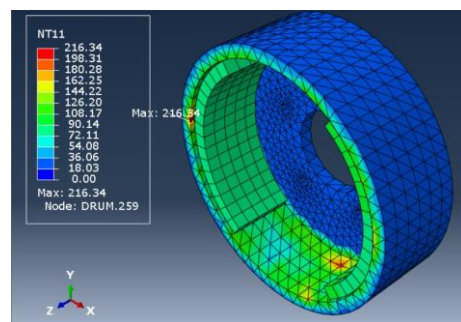
Gambar 4. Hasil simulasi Kecepatan 70 km/Jam untuk kendaraan 3500 kg

Untuk kendaraan 3500 kg dengan kecepatan 80 km/jam, pada Gambar 5 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 163.69°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 100°C. Semakin naiknya kecepatan yang disimulasikan, meskipun massa kendaraan tetap. Kenaikan temperatur pada rem tetap mengalami peningkatan, hal ini disebabkan karena pada kecepatan yang lebih tinggi silinder roda menekan kampas rem lebih tinggi dibanding pada kecepatan yang lebih rendah, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur seiring kenaikan kecepatan [5].



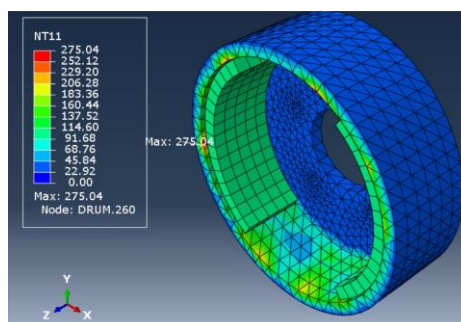
Gambar 5. Hasil simulasi Kecepatan 80 km/Jam untuk kendaraan 3500 kg

Untuk kendaraan 3500 kg dengan kecepatan 90 km/jam, pada Gambar 6 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 216.34°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 140°C.



Gambar 6. Hasil simulasi Kecepatan 90 Km/Jam untuk kendaraan 3500 Kg

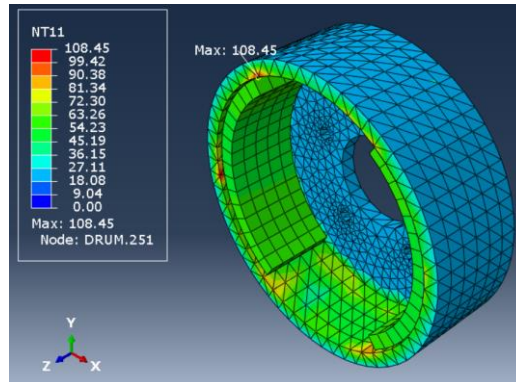
Untuk kendaraan 3500 kg dengan kecepatan 100 km/jam, pada Gambar 7 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 275.04°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 185°C. Pada kecepatan kendaraan semakin tinggi, hasil simulasi memperlihatkan kenaikan temperatur juga yang signifikan. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tinggi saat terjadi pengereman silinder roda menekan kanvas rem lebih kuat sehingga timbul panas/suhu yang lebih tinggi, hal ini bersesuaian dengan referensi [6]. Pengereman yang berlangsung lama dan menekan kanvas rem terlalu kuat pada kecepatan tinggi dapat menimbulkan panas yang tinggi sehingga hal ini perlu dihindari agar tidak timbul panas yang berlebih pada tromol rem.



Gambar 7. Hasil simulasi Kecepatan 100 km/Jam untuk kendaraan 3500 kg

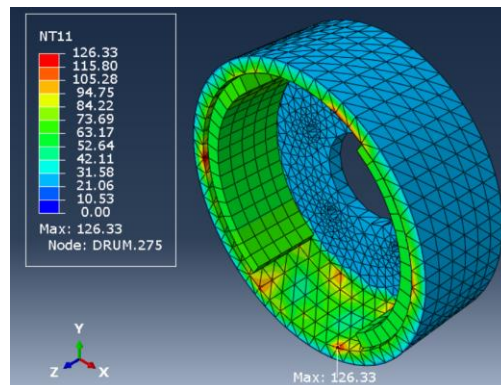
Sebagaimana pada simulasi kendaraan dengan massa 3500 kg, maka dilakukan simulasi yang sama untuk kendaraan dengan massa 5000 Kg, juga dengan lima variasi kecepatan yaitu: 60 km/jam, 70

km/jam, 80 km/jam, 90 km/jam, dan 100 km/jam. Hasil simulasi untuk kecepatan kendaraan 60 Km/jam, dapat dilihat pada gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 108.45°C. Warna hijau-kuning mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 63°C.



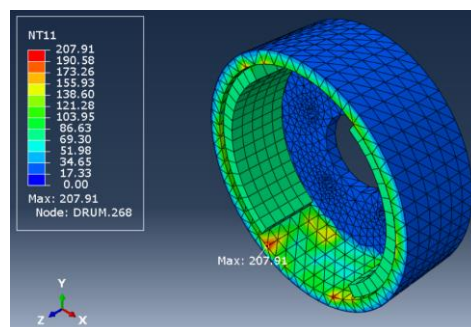
Gambar 8. Hasil simulasi Kecepatan 60 Km/Jam untuk kendaraan 5000 kg

Untuk kendaraan 5000 Kg dengan kecepatan 70 Km/jam, Pada gambar 9 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 126.33°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 73°C.



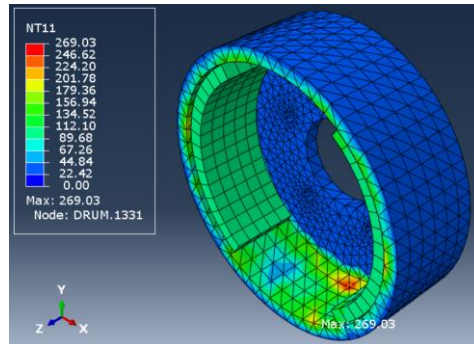
Gambar 9. Hasil simulasi Kecepatan 70 Km/Jam untuk kendaraan 5000 kg

Untuk kendaraan 5000 Kg dengan kecepatan 80 Km/jam, Pada gambar 10 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 207.9°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 120°C.



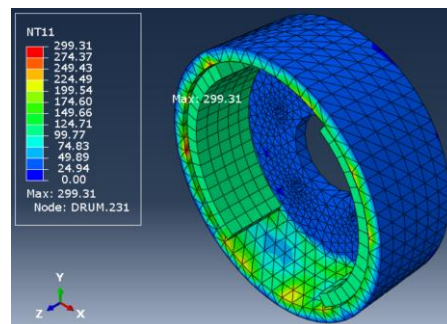
Gambar 10. Hasil simulasi Kecepatan 80 Km/Jam untuk kendaraan 5000 kg

Untuk kendaraan 5000 Kg dengan kecepatan 90 Km/jam, Pada gambar 11 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 269.03°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 156°C



Gambar 11. Hasil simulasi Kecepatan 90 Km/Jam untuk kendaraan 5000 kg

Untuk kendaraan 5000 Kg dengan kecepatan 100 Km/jam, Pada Gambar 12 terlihat temperatur maksimum ada pada nilai 299.31°C. Warna hijau mendominasi permukaan gesekan antara rotor dengan pad yang berarti permukaan tersebut ada pada suhu sekitar 199°C, terlihat temperatur sudah sangat tinggi pada seluruh permukaan tromol/drum rem. Panas yang timbul pada rem untuk kendaraan dengan massa 5000 Kg, dibanding dengan massa 3500 kg, pada kecepatan yang sama masing-masing terlihat kenaikan temperatur yang signifikan. Massa kendaraan sangat mempengaruhi panas/suhu yang timbul saat dilakukan pengereman, sejalan dengan refrensi [5-6]. Hal ini dapat terjadi karena dua material yang bergesekan memberikan reaksi dan aksi satu terhadap lainnya, dengan bertambahnya massa maka tekanan pada kedua material tersebut semakin tinggi sehingga, gaya gesek semakin besar yang mengakibatkan timbul panas yang juga mengalami kenaikan.



Gambar 12. Hasil simulasi Kecepatan 100 Km/Jam untuk kendaraan 5000 kg



Gambar 13. Perbandingan Hasil Simulasi 3500 Kg dan 5000 Kg

Pada Gambar 13 terlihat perbandingan hasil simulasi kendaraan dengan massa Kendaraan masing-masing 3500 kg dan 5000 kg. Pada kecepatan 60 km/jam terlihat ada kenaikan suhu sebesar 20,63 °C, dengan bertambahnya massa kendaraan dari 3500 kg menjadi 5000 kg. Perbedaan temperatur tertinggi terjadi pada kecepatan kendaraan 90 km/jam, yaitu sebesar 52,69 °C. Pada simulasi ini terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan pada saat dilakukan pengereman, maka akan timbul suhu yang lebih tinggi, hal ini terjadi karena pada kecepatan yang lebih tinggi, dibutuhkan tekanan yang lebih besar dan waktu yang lebih lama untuk menghentikan kendaraan, sehingga timbul panas yang lebih besar. Kenaikan temperatur/suhu yang terjadi tidak linier terlihat ada perbedaan temperatur yang signifikan untuk dua variasi massa kendaraan yang disimulasikan terjadi pada kecepatan 90 km/ Jam. Pada kecepatan yang lebih tinggi bila dilakukan pengereman tetaptetperatur tetapa naik namun sudah mendekati temperaturatur kritis, sehingga akan menyebabkan kerusakan pada material rem.

#### IV. KESIMPULAN

1. Berdasarkan Analisis dan hasil simulasi pada kendaraan dengan massa 3500 Kg dengan variasi kecepatan 60 km/jam, 70 km/jam, 80 km/jam, 90 km/jam, dan 100 km/jam secara berturut-turut akan menghasilkan temperatur maksimum pada rotor sebesar 87.82°C; 106.55°C; 163.69°C; 216.34°C; dan 275.04°C.
2. Kendaraan dengan massa 5000 Kg berturut-turut menghasilkan temperatur maksimum pada rotor sebesar 108.45°C; 126.33°C; 207.9°C; 269.03°C; dan 299.31°C.
3. Massa dan kecepatan kendaraan sangat mempengaruhi panas yang timbul pada rotor saat pengereman dilakukan. Pada kecepatan yang sama dengan massa yang lebih tinggi akan memberikan/menghasilkan panas yang lebih tinggi,

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. N. Setyawan, Doni, Kardiman Kardiman, "Perancangan Ulang Rem Tromol Pada Mobil Daihatsu Sirion," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 5, pp. 370–375, 2022.
- [2] H. M. W. Purwanto, *Sistem Kemudi, Rem dan Suspensi*. UNP Press, 2020.
- [3] D. A. Fithry and Selviyanty, "Sistem Pengendalian Panas Rem Tromol dengan Water Cooler sebagai Solusi Losse Brake pada Truck," *J. Surya Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 511–515, 2022.
- [4] Sudarmanto, "Pengaruh Penambahan Nikel Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Besi Tuang Nodular 50," pp. 41–46, 2016.
- [5] Ransey Gohar; Homer Rahnejat, *Fundamentals of Tribology*. World Scientific Publishing, 2019.



- [6] L. I. Farfan-cabrera, “Tribology International Tribology of electric vehicles : A review of critical components , current state and future improvement trends,” *Tribology Int.*, vol. 138, no. April, pp. 473–486, 2019, doi: 10.1016/j.triboint.2019.06.029.
- [7] T. Dwiwati and A. Kholil, “Pengaruh Penambahan Karbon Pada Karakteristik Kampas Rem Komposit Serbuk Kayu,” pp. 108–114, 2017.
- [8] M. H. Muhammad Lazuardi, “Pengaruh Komposisi dan Temperatur Material Biokomposit Terhadap Kinerja Kampas Rem Non Asbestos.,” *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 29–34, 2022.
- [9] G. Le Gigan, “Modelling of grey cast iron for application to brake discs for heavy vehicles.,” *J. Automob. Eng.*, vol. 23, no. 1, pp. 35--49, 2017.
- [10] S. G. Pegg, Elise C., “An open source software tool to assign the material properties of bone for ABAQUS finite element simulations,” *J. Biomech.*, vol. 49, no. 13, pp. 3116–3121, 2016.