

Analisis *Thermal Transient* dan *Static Structure* Pada *Disc Brake* Berbasis *Finite Element*

Kartinasari Ayuhikmatin Sekarjati^{1,*}, Toto Rusianto², Angger Bagus Prasetyo³, Iman Pradana
A Assagaf⁴,

¹Program Studi Teknologi Industri, Program Pendidikan Vokasi, Universitas AKPRIND
Indonesia, Jl. Kalisahak No.28 Klitren Gondokusuman Yogyakarta, 55222

²Program Studi Rekayasa Mesin, Fakultas Pascasarjana, Universitas AKPRIND Indonesia, Jl.
Kalisahak No.28 Klitren Gondokusuman Yogyakarta, 55222

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman No.39,
Potrobangsang Magelang Jawa Tengah, 56116

⁴Program Studi Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makasar, Jl. Sunu No.220
Suangga Tallo Makassar, Sulawesi Selatan 90211

^{1,*}sekar@akprind.ac.id,

Diterima: 13 05 2025

Direvisi: 23 06 2025

Disetujui: 03 07 2025

ABSTRAK

Rem merupakan elemen penting untuk menjaga kemampuan manuver dan keselamatan pada kendaraan apa pun, baik yang berputar maupun linier. Sistem pengereman bekerja dengan memanfaatkan gesekan antara cakram dan bantalan, untuk memperlambat kendaraan yang bergerak. Tujuan penelitian ini untuk pembaruan dengan mengintegrasikan analisis thermal transient dan static structure secara bersamaan pada model rem cakram berbasis finite element. Desain disc brake menggunakan software solidwork dan materialnya menggunakan cast iron steel. Parameter yang digunakan adalah temperatur lingkungan, heat power dan convection. Hasil kualitas mesh yang dengan elemen yang bervariasi untuk menyesuaikan bentuk geometri kompleks, sehingga mendukung akurasi simulasi. Hasil analisis thermal transient menunjukkan adanya distribusi temperatur suhu maksimum mencapai sekitar 101,47°C dan suhu minimum hingga -149,28°C. Kemudian analisis static structure menunjukkan nilai tegangan minimum sekitar $9,53 \times 10^2 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai maksimum sekitar $3,42 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Dari sisi mekanis, tegangan von Mises maksimum yang terjadi jauh di bawah batas leleh material dan mampu menahan beban kerja normal tanpa risiko kegagalan struktural.

Kata kunci: *Thermal Transient, Static Structure, Disc Brake, Finite Element.*

ABSTRACT

(Brakes are a crucial component for preserving safety and mobility on any vehicle, whether it is rotational or linear. In order to slow down a moving vehicle, the braking system uses friction between the disc and the pad. This study aims to improve a disc brake model based on finite elements by concurrently integrating thermal transient and static structural analysis. Cast iron steel is used in the disc brake design, which is designed using SolidWorks software. Convection, heat power, and ambient temperature are the parameters that are used. The simulation's accuracy is supported by the mesh quality outcomes, which use several elements to modify the intricate geometric shape. The thermal transient analysis's findings reveal a temperature distribution with a low temperature of -149.28 °C and a maximum temperature of around 101.47 °C. According to the static structure study, the stress value ranges from a minimum of approximately $9.53 \times 10^2 \text{ N / m}^2$ to a maximum of approximately $3.42 \times 10^6 \text{ N / m}^2$. Mechanically speaking, the highest von Mises stress that can happen is much below the material's yield point, so that regular working loads can be supported without running the risk of structural failure.

Keywords: Thermal Transient, Static Structure, Disc Brake, Finite Element.

PENDAHULUAN

Rem merupakan elemen penting untuk menjaga kemampuan manuver dan keselamatan pada kendaraan apa pun, baik yang berputar maupun linier. Sistem pengereman bekerja dengan memanfaatkan gesekan antara dua permukaan (cakram dan bantalan), untuk memperlambat kendaraan yang bergerak. Ada berbagai jenis rem: tromol, pita, cakram, dan kerucut, dan semuanya memiliki aplikasi yang berbeda. Secara khusus, yang paling umum di sektor otomotif adalah jenis cakram berventilasi sendiri di bagian depan kendaraan dan jenis tromol untuk bagian belakang [1].

Sistem pengereman pada sepeda motor merupakan mekanisme penting yang berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan laju kendaraan dengan cara mengubah energi kinetik menjadi energi panas melalui gesekan [2]. Sistem ini umumnya terdiri dari dua jenis utama, yaitu rem cakram dan rem tromol. Rem cakram bekerja dengan menjepit cakram (*disc*) yang terpasang pada roda menggunakan kaliper dan kampas rem, sedangkan rem tromol menggunakan sepatu rem yang menekan bagian dalam tromol [3]. Tekanan gesekan antara bantalan rem dan cakram memberikan torsi pengereman pada cakram, yang berhubungan dengan roda, dan gesekan berikutnya antara ban dan jalan membuat mobil melambat. Contoh pertemuan rem cakram yang mencakup cakram berventilasi, penampang kaliper geser dengan satu piston, dan dua bantalan rem. Misalnya, variasi 30% dalam koefisien gesekan, yang merupakan kondisi normal di lingkungan lembab, menyebabkan setidaknya 50% peningkatan gaya sistem pengereman [5]. Rem cakram lebih sering digunakan pada roda depan karena memberikan daya pengereman yang lebih responsif dan stabil, terutama dalam kondisi kecepatan tinggi. Efektivitas sistem pengereman sangat bergantung pada desain komponen, jenis material yang digunakan, serta kondisi operasional seperti suhu dan gaya pengereman yang diterapkan. Pada proses pengereman, rem cakram mengalami beban termal dan mekanik yang signifikan akibat gesekan antara kampas rem dan cakram. Oleh karena itu, penting untuk memahami analisis termal dan struktural dari cakram rem, serta mengetahui frekuensi alami (*natural frequency*) untuk mencegah terjadinya resonansi yang dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan performa komponen [6]–[9]. Analisis termal merupakan tahap awal dalam studi sistem rem, karena suhu menentukan perilaku termomekanis struktur [10].

Pada fase pengereman, suhu dan gradien termal sangat tinggi. Hal ini menimbulkan tegangan dan deformasi yang konsekuensinya ditunjukkan dengan munculnya dan menonjolnya retakan [11]. Pada penelitian yang sebelumnya menjelaskan bahwa penting untuk mengevaluasi gradien termal dalam pemodelan tiga dimensi [12]. Beban termal direpresentasikan oleh fluks panas yang memasuki cakram melalui bantalan rem. Sejumlah besar panas yang dihasilkan pada antarmuka bantalan/cakram selama pengereman darurat tidak dapat disangkal membangkitkan distribusi suhu yang tidak seragam dalam domain rotor, sedangkan elemen bantalan terus-menerus dipanaskan selama saling meluncur [13]. Analisis termal transien untuk menentukan distribusi suhu pada permukaan kontak rem cakram dilakukan. Masalah efek pemanasan gesekan yang tidak seragam dari saling tergelincirnya cakram di atas bantalan tetap diuji menggunakan model FE dengan beberapa kemungkinan yang terjadi dalam koefisien perpindahan panas aplikasi otomotif [14]. Untuk memiliki kemungkinan perbandingan distribusi suhu cakram selama aplikasi rem siklik, energi yang ditransformasikan selama waktu setiap kasus proses pengereman yang dianalisis dan periode pelepasan berikutnya adalah sama [15].

Prosedur *time-stepping* digunakan untuk mengembangkan sumber panas bergerak sebagai fluks panas batas yang bekerja secara bergantian dengan istilah pendinginan konvektif. Kesulitan yang disebabkan oleh simulasi pemanasan yang akurat selama putaran rotor dihilangkan dengan penggunaan kode, yang memungkinkan pembentukan kurva yang bertanggung jawab atas *fluks thermal* yang memasuki cakram pada saat-saat berikutnya [16]. Oleh karena itu, penting untuk menentukan medan suhu cakram rem dengan tepat. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Belhocine dan Bouchetara [17] menganalisis perilaku termal cakram rem padat dan berventilasi kendaraan otomotif menggunakan perangkat lunak simulasi ANSYS. Distribusi suhu pada rem cakram dimodelkan untuk mengidentifikasi semua faktor dan parameter masukan yang sesuai pada saat operasi pengereman, seperti jenis pengereman, desain geometris cakram, dan material yang digunakan. Studi ini menyimpulkan bahwa FEA memberikan hasil yang memuaskan. Belhocine dan Afzal [18] melakukan analisis termal transien dari dua jenis rem cakram, satu padat dan satu berventilasi. Analisis ini dilakukan menggunakan metode elemen hingga (FEM). Selama proses pengereman, material harus memiliki konduktivitas termal yang

lebih rendah, yang menghasilkan gradien termal yang besar dan, akibatnya, peningkatan suhu permukaan rem cakram.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembaruan dalam analisis performa rem cakram dengan mengintegrasikan pendekatan thermal transient dan static structural analysis secara simultan pada model rem cakram yang dirancang khusus untuk sepeda motor Honda Supra X 125. Proses perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD yang dilengkapi dengan fitur *Finite Element Analysis* (FEA), guna memperoleh gambaran yang komprehensif terhadap respons termal dan mekanik sistem rem saat mengalami pembebanan dinamis. Penggunaan versi terbaru dari perangkat lunak ini juga memberikan keunggulan dalam akurasi simulasi serta fleksibilitas dalam pengolahan geometri dan material. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil analisis dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja termal dan dinamis dari rem cakram, serta menjadi dasar pengembangan desain yang lebih tahan terhadap beban operasional sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Perpindahan panas pada sistem disc brake

Suatu sistem berada pada suhu yang berbeda dengan atmosfernya, maka akan berusaha mempertahankan keseimbangan termal. Untuk melakukannya, seperti yang dijelaskan dalam hukum termodinamika kedua, energi termal selalu bergerak dari sistem bersuhu lebih tinggi ke sistem bersuhu lebih rendah [4]. Perpindahan energi termal ini terjadi karena satu atau kombinasi dari tiga mekanisme dasar perpindahan panas: Konduksi, Konveksi, dan Radiasi.

Perpindahan secara konduksi

Perpindahan panas melalui perpindahan molekul secara langsung, yaitu melalui hubungan fisik partikel-partikel dalam suatu medium atau antar medium yang terjadi dalam gas, cairan, dan padatan, sedangkan dalam konduksi, tidak ada pergerakan dari medium material mana pun [19].

Persamaan yang mengatur konduksi disebut hukum Fourier tentang konduksi panas dan menyatakan bahwa aliran panas per satuan luas sebanding dengan gradien suhu normal, di mana konstanta proporsionalitas adalah konduktivitas termal:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

q adalah fluks panas tegak lurus ke lantai tempat A , [W]; A adalah permukaan sekitar tempat perpindahan panas terjadi, [m^2]; k adalah konduktivitas termal, [W/(mK)]; T adalah suhu, [K] atau [$^{\circ}C$]; dan x adalah jarak tegak lurus ke permukaan yang ditempuh oleh fluks panas.

Perpindahan secara konveksi

Perpindahan panas melalui gerakan massa suatu fluida, ketika fluida yang dipanaskan bergerak menjauh dari sumber panas. Ini menggabungkan konduksi dengan dampak fluida kontemporer yang menggerakkan partikel-partikelnya yang dipanaskan ke daerah yang lebih dingin dan memperbaruinya melalui daerah yang lebih dingin [19]. Pengapungan dapat terjadi karena gaya apung (konveksi alami) atau karena arus yang ditimbulkan secara artifisial (konveksi paksa)[4]. Persamaan yang menggambarkan konveksi berasal dari hukum pendinginan Newton dan berbentuk:

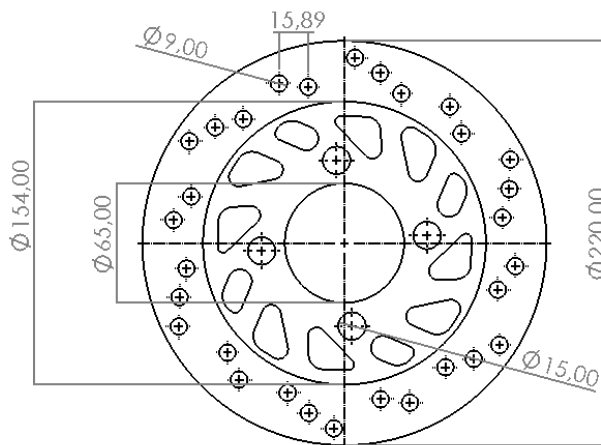
$$q = hA (T_{\infty} - T_s)$$

h adalah koefisien perpindahan panas konveksi [W/ ($m^2.K$)]; T_{∞} adalah suhu fluida dingin; dan T_s adalah suhu permukaan benda.

Model disc brake

Penggunaan praktis pemodelan elemen hingga dikenal sebagai FEA yang paling baik dipahami selama pemecahan masalah nyata [20]–[22]. FEA telah banyak digunakan oleh industri otomotif [19]. Ini adalah alat yang sangat populer bagi para insinyur desain dalam metode pembesaran produk [23]–[27]. FEA memungkinkan para insinyur desain untuk menganalisis desain mereka saat desain masih dalam prosedur model desain berbantuan komputer yang dapat membantu dan memberikan fleksibilitas kepada para insinyur desain [28]–[32]. Penting untuk memahami dasar-dasar FEA, teknik pemodelan, kesalahan inheren dan pengaruhnya terhadap kualitas hasil

sehingga menjadikan FEA sebagai alat desain yang berhasil [33]–[37]. FEA juga digunakan sebagai alat komputasi untuk melakukan analisis masalah teknik. Pada penelitian ini proses analisis dilakukan dengan pemberian variasi dan material terhadap thermal pada *disc brake* sepeda motor supra dengan menggunakan *software Solidworks 2022* [6], [9], [38], [39]. Simulasi ini menggunakan program analisis *thermal static* dan *frequency natural* yang tersedia pada *software* yang digunakan [9], [40], [41]. Bentuk geometri *disc brake* yang digunakan untuk simulasi diadaptasi dari bentuk rem cakram belakang sepeda motor supra X 125 seometri yang dilakukan yaitu *disc brake tipe drilled and slotted rotor* bentuk geometri da pat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. 3D *disc brake*

Pada penelitian ini, material yang digunakan untuk perancangan dan analisis *disc brake* adalah *cast carbon steel*. Pemilihan material ini didasarkan pada beberapa keunggulan yang dimiliki oleh baja karbon cor, terutama dalam hal kekuatan mekanik, ketahanan terhadap beban termal, serta biaya produksi yang relatif rendah [42]. *Cast carbon steel* memiliki kemampuan menahan tegangan tinggi dan mampu mempertahankan stabilitas bentuknya meskipun mengalami perubahan suhu yang signifikan akibat proses pengereman. Sifat termal dari material ini juga cukup baik, di mana konduktivitas termalnya memungkinkan penyebaran panas secara merata, sehingga dapat mengurangi risiko deformasi akibat konsentrasi panas berlebih (*thermal stress*) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Selain itu, *cast carbon steel* memiliki karakteristik kekakuan yang cukup tinggi, yang mendukung kestabilan struktural rem cakram saat menerima gaya pengereman secara berulang-ulang.

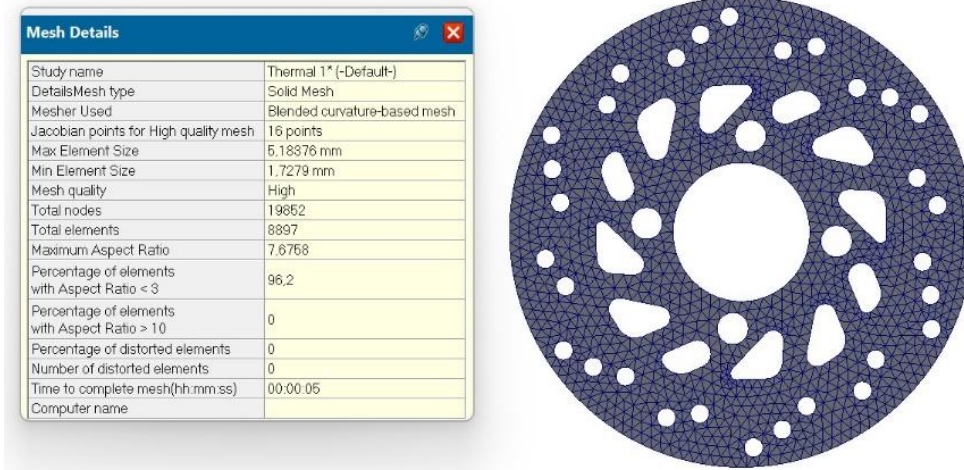
Tabel 1. Sifat – sifat *cast carbon steel*

No	Property	Value	Units
1	Elastic Modulus	2e+11	N/m ²
2	Poisson's Ratio	0.32	N/A
3	Shear Modulus	7.6e + 10	N/m ²
4	Mass Density	7800	kg/m ³
5	Tensile Strength	482549000	N/m ²
6	Yield Strength	248168000	N/m ²
7	Thermal Expansion Coefficient	1,2e-05	/K
8	Thermal Conductivity	30	W/(m.K)
9	Spesific Heat	500	J/(kg.K)

HASIL DAN PEMBAHASAN

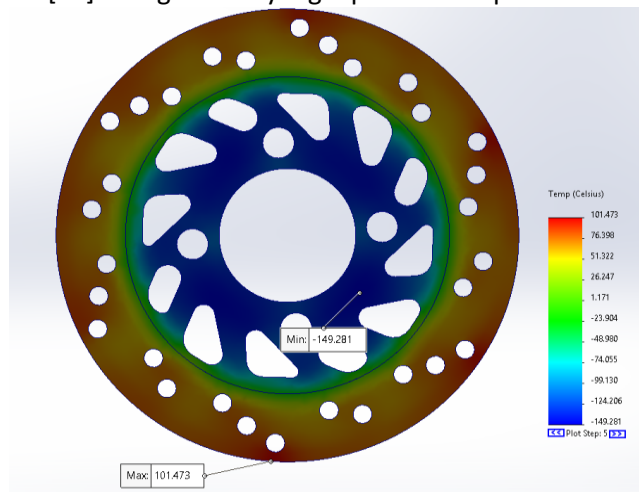
Hasil *mesh* pada simulasi analisis *thermal transient* dan *static structure disc brake* menunjukkan bahwa ukuran elemen maksimum adalah 5,18376 mm dan ukuran minimum adalah 1,7279 mm sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2, menunjukkan adanya variasi elemen yang cukup untuk menyesuaikan bentuk geometri yang kompleks. Kualitas *mesh* dikategorikan sebagai "High", dengan total node sebanyak 19.852 dan elemen sebanyak 8.897. Rasio aspek maksimum tercatat sebesar 7,6758, namun 96,2% elemen memiliki rasio aspek kurang dari 3,

yang menunjukkan bahwa semakin kecil nilai aspek rasio dalam elemen *mesh*, maka semakin baik kualitas elemen tersebut dalam hal kestabilan dan akurasi numerik [43]–[45]. Jika aspek rasio terlalu besar, maka dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam simulasi [46].



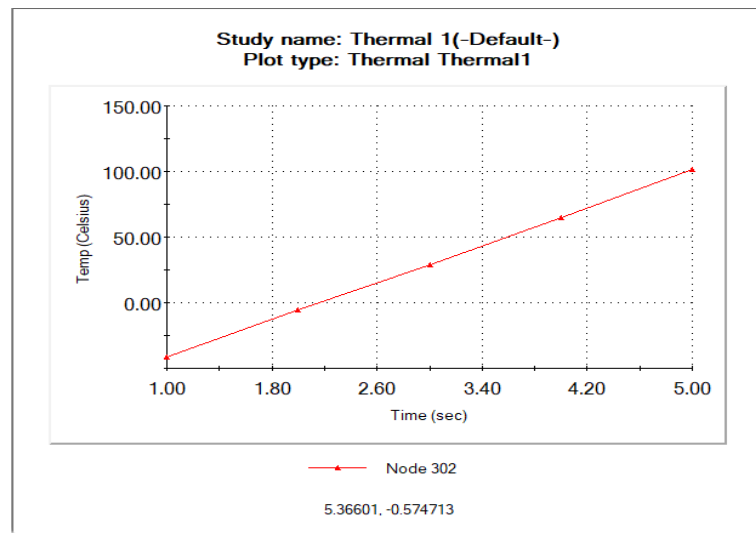
Gambar 2. Hasil mesh

Pada hasil simulasi analisis *thermal transient* menunjukkan temperatur tertinggi, sebesar 101,473°C, sedangkan warna biru tua menunjukkan temperatur terendah, sebesar -149,281°C. Distribusi ini menunjukkan adanya perbedaan suhu yang signifikan antara bagian luar dan bagian dalam komponen, yang dapat mengindikasikan efek pemanasan akibat gesekan [10] sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3.



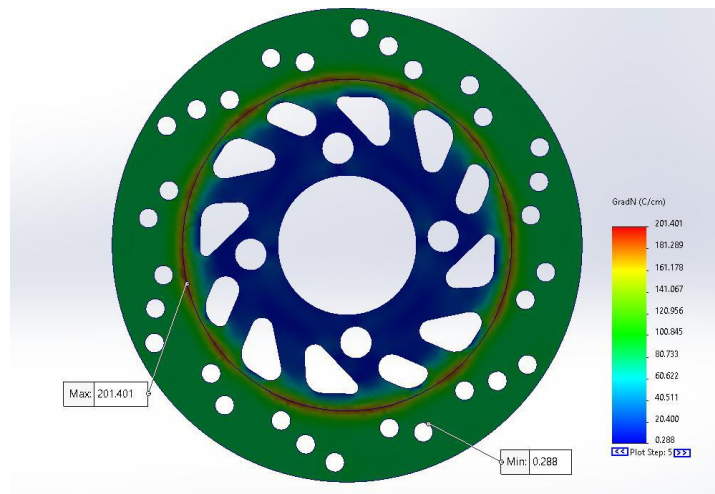
Gambar 3. Kontur temperatur *disc brake*

Pada Gambar 4 merupakan grafik hasil simulasi *thermal transient* pada simpul (*node*) nomor 302 dari model yang sama. Grafik ini menunjukkan perubahan temperatur terhadap waktu dari detik ke-1 hingga detik ke-5. Terlihat bahwa temperatur meningkat secara linear dari nilai negatif mendekati -20°C pada detik ke-1 hingga mencapai sekitar 100°C pada detik ke-5. Hal ini mengindikasikan adanya pemanasan kontinu pada titik tersebut, karena adanya beban termal konstan atau peningkatan suhu lingkungan selama periode tersebut [47].



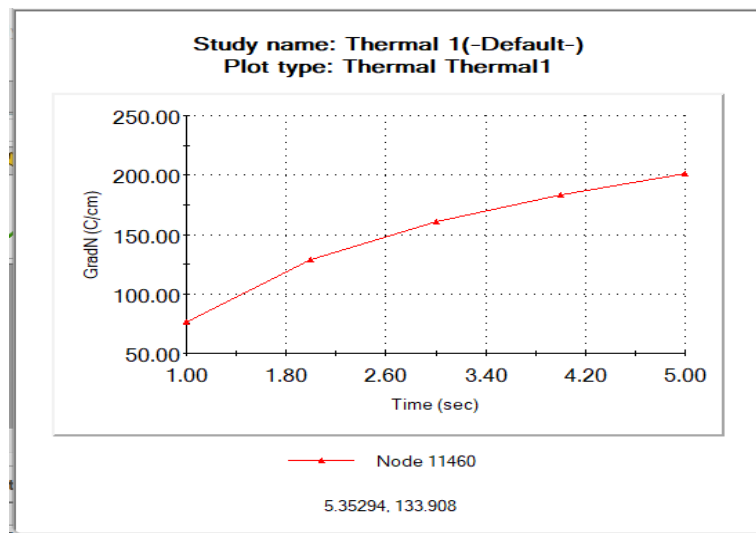
Gambar 4. Grafik temperatur terhadap waktu

Pada Gambar 5 merupakan visualisasi kontur gradien pada *disc brake*. Warna hijau menunjukkan daerah dengan suhu rendah, sedangkan warna merah menunjukkan daerah dengan suhu tertinggi, yaitu 201,4 °C, yang terletak di bagian tengah cakram. Sedangkan bagian luar cakram menunjukkan suhu yang lebih rendah dengan nilai minimum 0,288 °C.



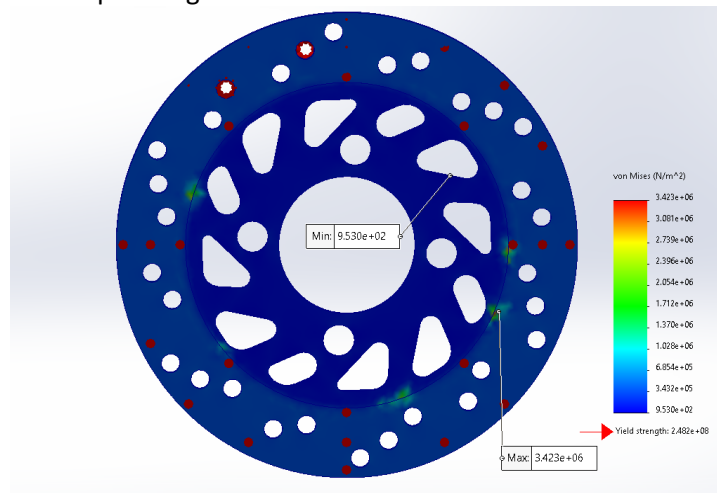
Gambar 5. Kontur gradien *disc brake*

Pada Gambar 6 menunjukkan hubungan antara gradien suhu (dalam C/cm) pada titik tertentu (Node 11460) terhadap waktu (dalam detik). Dari grafik ini, terlihat bahwa gradien suhu meningkat secara linear seiring berjalannya waktu, dimulai dari sekitar 50 C/cm dan naik menjadi sekitar 200 C/cm pada waktu 5 detik. Ini menunjukkan bahwa komponen tersebut mengalami kenaikan suhu secara bertahap dalam waktu yang diberikan, akibat proses pemanasan atau gesekan yang terjadi pada cakram rem tersebut [47].



Gambar 6. Grafik gradien pada rem cakram

Gambar 7 menunjukkan tingkat tegangan von Mises yang terjadi pada *disc brake*, warna biru merupakan daerah dengan tegangan paling rendah dan warna merah menunjukkan daerah dengan tegangan paling tinggi. Nilai tegangan minimum yang terukur sekitar $9,53 \times 10^2$ N/m², sedangkan nilai maksimum mencapai sekitar $3,42 \times 10^6$ N/m². Warna-warna di antara biru dan merah merepresentasikan tingkat tegangan yang bervariasi secara bertahap dari rendah ke tinggi. Dalam konteks keamanan material, nilai maksimum tegangan ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan batas leleh material rotor yang biasanya berada di kisaran $2,48 \times 10^8$ N/m². Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang dialami rotor masih sangat aman dan jauh dari risiko kegagalan atau deformasi permanen [48]. Distribusi tegangan yang terlihat pada gambar ini menandakan bahwa rotor mampu menahan beban kerja normal tanpa mengalami kerusakan struktural.



Gambar 7. Tegangan pada disc brake

KESIMPULAN

Hasil simulasi analisis *thermal transient* dan *static structure* dapat disimpulkan bahwa nilai rasio aspek yang kurang dari 3 sebesar 96,2%. Hasil analisis *thermal transient* menunjukkan adanya distribusi temperatur suhu maksimum mencapai sekitar 101,47°C dan suhu minimum hingga -149,28°C. Kemudian analisis *static structure* menunjukkan nilai tegangan minimum yang terukur sekitar $9,53 \times 10^2$ N/m², sedangkan nilai maksimum mencapai sekitar $3,42 \times 10^6$ N/m². Gradien suhu meningkat secara bertahap, menandakan kenaikan suhu yang konsisten pada cakram rem. Dari sisi mekanis, tegangan von Mises maksimum yang terjadi jauh di bawah batas leleh material, menunjukkan bahwa *disc brake* mampu menahan beban kerja normal tanpa risiko kegagalan struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. García-León, E. Flórez-Solano, dan C. Acevedo-Peñaloza, "Análisis termodinámico en frenos de disco (Bogotá: ECOE Ediciones Ltda)," 2018.
- [2] W. Afnison, W. Wagino, N. Hidayat, M. Muslim, dan M. Masykur, "Analysis Thermal Pada Solid dan Ventilated Disk Brake Pada Mobil Hemat Energy Pagaruyuang Team UNP," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, hal. 44, 2021, doi: 10.35308/jmkn.v7i1.3699.
- [3] J. Jusnita, D. Annisa Fithry, dan V. Selviyanty, "Sistem Pengendalian Panas Rem Tromol dengan Water Cooler sebagai Solusi Losse Brake pada Truck," *J. Surya Tek.*, vol. 9, no. 2, hal. 511–515, 2022, doi: 10.37859/jst.v9i2.4333.
- [4] P. S. Dhakad, "Thermal Analysis of Disc Brake Using Ansys Software," *Int. J. Adv. Eng. Res. Dev.*, vol. 3, no. 03, hal. 8–17, 2017, doi: 10.21090/ijaerd.030359.
- [5] R. A. G. León, E. F. Solano, dan Á. S. Quiñones, "Brake discs: A technological review from its analysis and assessment," *Inf. técnico*, vol. 83, no. 2, hal. 217–234, 2019.
- [6] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Desain dan Analisis Frekuensi Natural Rangka Mesin Penyiang Gulma Menggunakan Metode Finite Element Analysis Design and Analysis of Natural Frequency Weed Weeding Machine Frames Using the Finite Element Analysis Method," *J. Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, hal. 181–187, 2022, doi: 10.30595/jrst.v6i2.14428.
- [7] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Natural Frequency Analysis of Compost Processing Machin," *AIP Conf. Proc.*, vol. 020047, no. 1, hal. 1–9, 2024, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0214076>.
- [8] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan I. P. A. Assagaf, Sutrisna, "Analisis Frekuensi Natural Velg Ring 16 Menggunakan Finite Element Method," in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVII Tahun 2022 (ReTII)*, 2022, vol. 2022, no. November 2021, hal. 354–359.
- [9] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan Sutrisna, "Numerical analysis of the influence iron type on Von Mises Stress and safety parameters for compost processing machine frame construction," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1151, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1151/1/012058.
- [10] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan I. R. Putra, "Steady State Thermal dan Struktur Analisis Disc Brake Motor Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA)," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 4, no. 1, hal. 23–29, 2025, doi: <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v4i01.977>.
- [11] A. Belhocine dan M. Bouchetara, "Thermal analysis of a solid brake disc," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 32, no. 1, hal. 59–67, 2012, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.08.029.
- [12] A. Sukandi, K. Anggi Prayoga, dan K. Rasyid, "Modeling dan Simulasi Transient Thermal pada Rem Cakram Sepeda Motor," *Pros. Semnas Mesin PNJ*, vol. 2685, no. 9319, hal. 34–47, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.pnj.ac.id>.
- [13] A. Sainath, P. M. Dehadray, P. Bharath, dan L. B. Rao, "The thermal and stress analysis of disc brake," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1128, no. 1, hal. 012015, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1128/1/012015.
- [14] R. A. N. N. Soejatmiasih, H. Wicaksono, S. D. Wicaksono, dan R. Djoenaidi, "Analisis Struktur Pada Disc Brake Dengan Variasi Material Dan Jumlah Lubang Ventilasi Terhadap Temperatur Dan Tegangan Ekuivalen," *Otopro*, vol. 18, no. 1, hal. 33–43, 2022, doi: 10.26740/otopro.v18n1.p33-43.
- [15] M. A. Rahmansyah, "Analisa Pengaruh Media Pendingin Dan Pembebanan Disc Cakram Terhadap Putaran Dan Temperatur Kerja Pada Prony Brake," *Tek. J. Tek.*, vol. 6, no. 2, hal. 186–192, 2020.
- [16] D. I. Prima dan H. L. Guntur, "Desain Dan Analisa Thermomekanik Rotor Disc Brake Pada Kendaraan Electric Scooter Design," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 2, hal. 14–21, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://10.0.93.79/jptm.v10i2.51606>.
- [17] A. Belhocine dan M. Bouchetara, "Investigation of temperature and thermal stress in ventilated disc brake based on 3D thermomechanical coupling model," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 4, no. 3, hal. 475–483, 2013.
- [18] A. Belhocine dan A. Afzal, "FEA Analysis of coupled thermo-mechanical response of grey cast iron material used in brake discs," *Rev. científica*, vol. 36, no. 3, hal. 280–296, 2019.
- [19] C. Pinca-Bretotean, R. Bhandari, C. Sharma, S. K. Dhakad, P. Cosmin, dan A. K. Sharma, "An investigation of thermal behaviour of brake disk pad assembly with Ansys," *Mater. Today Proc.*, vol. 47, no. xxxx, hal. 2322–2328, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.04.296.
- [20] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan I. P. A. Assagaf, "Studi Numerik Pengaruh Variasi Pembebanan Troli Pengangkut Barang di Laboratorium Manufaktur ITNY Terhadap Analisis Struktur Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 2, no. 1, hal. 30–39, 2023, doi: <https://doi.org/10.1000/jemmtec.v2i01>.
- [21] A. Y. Candra *et al.*, "Desain Dan Analisis Varian Sudut Pisau Terhadap Uji Kinerja Mesin Pencacah Rumput," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 3, no. 2, hal. 41–50, 2024, doi: <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v3i01.751>.
- [22] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Design engineering and analysis of the horizontal and vertical type of power

- weeder machine claw cultivator on the safety factor using the FEA method," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2927, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0194013.
- [23] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan S. Haryo, "Design And Analysis of The Effect of Variation Of compression Force on Allen Key Using Finite Element Analysis Method," *SJME Kinemat.*, vol. 7, no. 1, hal. 39–52, 2022, doi: 10.20527/sjmekinematika.v7i1.
- [24] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Finite Element Simulation of Power Weeder Machine Frame," *Indones. J. Comput. Eng. Des.*, vol. 4, no. 2, hal. 26–34, 2022, doi: <https://doi.org/10.35806/ijoced.v4i2.291>.
- [25] H. Jakahadiyuda Prawira, D. Dwi Handoko, dan A. Bagus Prasetyo, "Rancang Bangun Animal Feed Grass Chopping Machine," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 2, no. 02, hal. 6–14, 2023, doi: 10.61844/jemmtec.v2i02.453.
- [26] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Analysis of The Vertical and Horizontal type Cultivator Claw on The Performance test of Tge Power Weeder Machine," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 18, no. 1, hal. 13–18, 2024, doi: 10.24853/sintek.18.1.13-18.
- [27] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan I. R. Putra, "Analisis Numerik Frekuensi Natural dan Mode Bentuk Rangka Mesin Pengaduk Gula Aren Menggunakan Metode Elemen Hingga," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 4, no. 1, hal. 1–9, 2025, doi: <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v4i01.970>.
- [28] A. B. Prasetyo *et al.*, "Finite Element Analysis (FEA) of blade weed design using Ansys workbench," *Sinergi*, vol. 26, no. 3, hal. 371, 2022, doi: 10.22441/sinergi.2022.3.012.
- [29] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Analisis Struktur Desain Pisau Pengupas Tempurung Kelapa Menggunakan ANSYS 19.2," in *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*, 2022, hal. 417–423.
- [30] A. J. Asmara, I. Nadiansyah, A. J. Magmadian, A. A. Dhombo, H. Sraun, dan A. B. Prasetyo, "Desain dan Analisis Tegangan Double Crane Hook Kapasitas 5 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga," in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVIII Tahun 2023 (ReTII)*, 2023, vol. 2023, no. November, hal. 121–125.
- [31] R. Alda, I. A. Ariesta, S. R. Aditya, A. Rahayu, F. Nurwimbo, dan A. Bagus, "Desain dan Analisis Struktur Variasi Paddock Motor Menggunakan Metode Elemen Hingga," in *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVIII Tahun 2023 (ReTII)*, 2023, vol. 2023, no. November, hal. 116–120.
- [32] A. B. Prasetyo dan F. Fauzun, "Numerical study of effect of cooling channel configuration and size on the product cooling effectiveness in the plastic injection molding," *MATEC Web Conf.*, vol. 197, hal. 8–11, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201819708019.
- [33] R. I. Yaqin, M. L. Umar, S. H. Pranoto, A. B. Prasetyo, dan B. H. Priyambodo, "Studi Perancangan Pisau Pada Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Finite Element Analysis," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 7, no. 1, hal. 44, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i1.320.
- [34] R. I. Yaqin, B. H. Priyambodo, A. B. Prasetyo, dan M. L. Umar, "Penerapan Metode Elemen Hingga Dalam Pemilihan Bahan Pada Desain Pisau Mesin Pencacah Plastik," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 6, no. 2, hal. 85–98, 2021, doi: 10.20527/sjmekinematika.v6i2.190.
- [35] R. I. Yaqin, A. B. Prasetyo, P. Pritiansyah, M. H. Amrullah, dan B. M. T. Pakpahan, "Studi Numerik Umur Kelelahan (Fatigue Life) Pada Propeller Kapal Penangkap Ikan Dengan Kapasitas Mesin 24 Hp," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 6, no. 1, hal. 8–17, 2020, doi: 10.31884/jtt.v6i1.245.
- [36] K. A. Sekarjati, T. Rusianto, A. A. P. Susatriawan, dan A. B. Prasetyo, "Analisis Variasi Desain Beriket Towing Bar Menggunakan Metode Elemen Hingga Terhadap Nilai Keamanan Desain," *J. Energy, Mater. Manuf. Technol.*, vol. 3, no. 2, hal. 22–28, 2024, doi: <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v3i02.776>.
- [37] A. B. Prasetyo dan K. A. Sekarjati, "Natural frequency analysis of compost processing machin shaft using ANSYS software," *AIP Conf. Proc.*, vol. 3145, no. 1, 2024, doi: 10.1063/5.0214076.
- [38] F. Arifin, M. S. Alaydrus, dan A. B. Prasetyo, "Desain dan analisis Cassava Chopper Machine Desain dan Analisis Cassava Chopper Machine," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 15, no. 1, hal. 97–102, 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i1.1638.
- [39] S. Sutrisna, A. B. Prasetyo, dan F. R. A. Juniar, "Design and Analysis of the Komatsu Pc400 Excavator'S Tooth Bucket Thickness Using the Finite Element Method," *Int. J. Mech. Eng. Technol. Appl.*, vol. 5, no. 2, hal. 130–138, 2024, doi: 10.21776/mechta.2024.005.02.2.
- [40] K. A. Sekarjati, E. Widuri Asih, M. Inayati Rif'ah, E. Sulistyaningsih, A. Emaputra, dan A. B. Prasetyo, "Pemberdayaan Usaha Mikro Produk Rumput Laut," *J. Sains Teknol. dalam Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 1, hal. 49–54, 2022, doi: 10.31599/jstpm.v3i1.1166.
- [41] A. B. Prasetyo, K. A. Sekarjati, dan Sutrisna, "Numerical analysis of the influence iron type on Von Mises Stress and safety parameters for compost processing machine frame construction," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1151, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1151/1/012058.
- [42] M. Nouby, J. Abdo, D. Mathivanan, dan K. Srinivasan, "Evaluation of disc brake materials for squeal reduction,"

Tribol. Trans., vol. 54, no. 4, hal. 644–656, 2011, doi: 10.1080/10402004.2011.587634.

- [43] A. B. Prasetyo, A. A. Azmi, D. S. Pamuji, dan R. Yaqin, “Pengaruh Perbedaan Mesh Terstruktur dan Mesh Tidak Terstruktur Pada Simulasi Sistem Pendinginan Mold Injeksi Produk Plastik,” *Pros. Nas. Rekayasa Teknol. Ind. dan Inf. XIV Tahun 2019*, vol. 2019, no. November, hal. 400–406, 2019.
- [44] A. B. Prasetyo, F. Fauzun, A. A. Azmi, dan R. I. Yaqin, “Studi Numerik Kontur Pola Aliran Fluida Pendinginan Pada Mold Injeksi Molding,” *Infotekmesin*, vol. 12, no. 1, hal. 104–109, 2021, doi: 10.35970/infotekmesin.v12i1.493.
- [45] A. B. Prasetyo, F. Fauzun, A. A. Azmi, dan S. H. Yaqin, Rizqi Ilmal, Pranoto, “Simultaneous Cooling Analysis of Injection Molding Plastic Products with Cooling System Variations,” *J. Penelit. Saintek*, vol. 25, no. 2, hal. 173–183, 2020, doi: 10.21831/jps.v25i2.34574.
- [46] A. B. Prasetyo, “Analisis Numerik Perpindahan Panas Pada Saluran Pendingin Plastik Injeksi Molding Menggunakan Polyhedral Mesh,” *Teknol. manufaktur*, vol. 11, no. 02, hal. 70–79, 2019, doi: <https://doi.org/10.33504/manutech.v11i02.113>.
- [47] T. Setiazi, M. Tauviquirrahman, dan Muchammad, “Analisis Elemen Hingga Karakteristik Suhu Solid Disc Brake Mobil,” *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 10, no. 4, hal. 547–550, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.01.437.
- [48] F. D. Popescu, S. M. Radu, A. Andraş, I. Brînaş, D. I. Budilică, dan V. Popescu, “Comparative Analysis of Mine Shaft Hoisting Systems’ Brake Temperature Using Finite Element Analysis (FEA),” *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 9, 2022, doi: 10.3390/ma15093363.