

ANALISIS ELEMEN HINGGA KARAKTERISTIK SUHU *SOLID DISC BRAKE* MOBIL

*Tian Setiazi¹, Mohammad Tauviqirrahman², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: tiansetiazi24@gmail.com

Abstrak

Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau memberhentikan laju kendaraan. Salah satu bagian penting dalam rem adalah *disc brake*. Pada saat proses pengereman *disk brake* akan mengalami kenaikan temperatur karena adanya transfer energi dari energi kinetik berupa laju kendaraan menjadi energi termal. Panas pada *disc brake* ini selanjutnya harus dibuang ke lingkungan untuk menghindari kerusakan *disc brake* atau bagian lainnya. Pembuangan panas yang efektif sangat menunjang performa pengereman yang baik. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis performa termal *solid disc brake* mobil untuk melihat temperatur maksimum pada setiap model dengan menggunakan ANSYS. Variasi material juga digunakan untuk melihat performa termal dari *disc brake*. Material yang digunakan adalah *gray cast iron*, *stainless steel 420* dan *carbon ceramic*. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa *solid disc brake* material *gray cast iron* memiliki temperatur maksimal paling kecil.

Kata kunci: ANSYS; *disc brake*; pembuangan panas

Abstract

Brakes are used to slow down or stop a moving object. The disc brake is a crucial component of the brake. The temperature of the disc brake will rise as a result of the conversion of kinetic energy from vehicle speed into thermal energy during the braking operation. To prevent harm to the disc brake or other components, the heat generated by this disc brake must then be released into the environment. A excellent braking performance is greatly supported by efficient heat dissipation. In this study, ANSYS will be used to analyze the solid disc brake's thermal performance to determine the highest temperature for each model. The thermal performance of the disc brakes is also observed using differences in the materials. Carbon ceramic, stainless steel 420, and gray cast iron were used. The gray cast iron material used in solid disc brakes has the lowest maximum temperature, according to the analysis's findings.

Keywords: ANSYS; *disc brake*; heat dissipation

1. Pendahuluan

Rem adalah bagian mekanis yang diperlukan dan penting yang membantu mobil berhenti dalam keadaan apa pun [1]. Fungsi rem adalah untuk menyerap energi kinetik dari elemen yang bergerak. Energi yang diserap rem dilepaskan sebagai panas. Untuk mencegah panas berlebih pada kampas rem, panas dilepaskan ke udara sekitar. Empat bagian penting dari rem cakram adalah rumah untuk piston, kaliper, rem cakram, dan bantalan rem [2-7]. Karena suhu mempengaruhi perilaku termo-mekanis struktur, analisis termal merupakan langkah mendasar dalam studi sistem rem [8]. Kemampuan untuk memastikan pembuangan panas yang cepat ke atmosfer adalah fitur utama dari rem cakram. Sistem rem menjadi terlalu panas, yang mengurangi efektivitas pengereman [9]. Distribusi panas yang tidak merata ke bahan rem cakram dapat menyebabkan keretakan. Rem cakram akan mengembang secara merata sebagai respons terhadap distribusi suhu yang tidak seragam, yang mengarah ke konsentrasi tegangan termal dan perambatan retak yang merusak cakram.

Belhocine dan Bouchetara [10] memeriksa cakram penuh dan cakram berventilasi ketika menganalisis perilaku termal cakram dalam keadaan transien. Berdasarkan simulasi numerik, terlihat bahwa ventilasi radial sangat penting untuk menjaga agar cakram tetap dingin selama operasi pengereman. Performa rem cakram sangat dipengaruhi oleh material juga. Performa rem cakram dapat ditingkatkan dengan memilih material berdasarkan kualitas material yang sesuai. Shanker [11] menegaskan bahwa cakram adalah komponen rem mekanis yang paling penting. Bahan cakram harus memiliki koefisien gesekan yang tinggi dan berulang, ketahanan lingkungan, stabilitas termal (kapasitas untuk mempertahankan suhu tinggi), ketahanan aus yang tinggi, fleksibilitas, dan kompatibilitas dengan permukaan apa pun. Menurut Maleque et al. [12] besi cor adalah bahan yang paling sering digunakan untuk rotor cakram. Tujuan makalahnya adalah untuk mengidentifikasi bahan pengganti yang optimal. Kekuatan material berfungsi sebagai dasar untuk analisis kinerja material. Setelah mengulangi simulasi dengan beberapa bahan, ditentukan bahwa komposit matriks logam timbal

dan aluminium dapat digunakan sebagai bahan rem cakram.

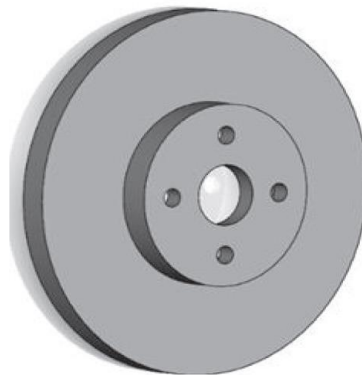
Berdasarkan beberapa studi literasi di atas, dapat disimpulkan bahwa pembuangan panas pada rem cakram merupakan poin utama dalam banyak penelitian. Penggunaan ventilasi pada rem cakram terbukti meningkatkan pembuangan panas ke lingkungan. Pemilihan material juga mempengaruhi performa pengereman, oleh karena itu perlu dipilih material yang terbaik. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini akan menganalisis pengaruh ventilasi dan material pada rem cakram mobil terhadap perilaku termal menggunakan metode elemen hingga.

2. Dasar Teori dan Metodologi

Pada kasus ini menganalisa pengaruh pemberian variasi sudut ventilasi dan material terhadap performa termal pada *disc brake* mobil dengan menggunakan metode elemen hingga. Simulasi ini menggunakan program *Transient Thermal Analysis* dalam ANSYS Workbench.

2.1 Geometri

Geometri *disc brake* yang digunakan untuk melakukan simulasi mengadopsi geometri dari *disc brake* milik Dubale, dkk. [1] dengan doi: 10.1016/j.matpr.2021.01.437. Geometri yang dilakukan simulasi yaitu disc brake solid type. Nomenklatur dan model geometri dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Geometri *Disc Solid Type*.

Tabel 1 Parameter *Disc Brake*.

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Jari-jari dalam	r_1	60	mm
Jari-jari luar	r_2	120	mm
Diameter poros	d_0	40	mm
Diameter mur roda	d_1	10	mm
Tebal <i>disc</i>	T	18	mm
Kecepatan sudut <i>disc</i>	ω	300	rad/s

2.2 Meshing

Sebuah mesh perlu dibuat untuk melakukan simulasi. Pendekatan tetrahedron digunakan selama proses meshing untuk membuat mesh yang cukup efektif. Untuk mengukur seberapa baik mesh akhir, kontrol kualitas mesh diperkenalkan. Pemeriksaan kualitas ini menggunakan metode skewness untuk mengevaluasi seberapa baik kinerja mesh. Seberapa dekat wajah atau sel menyerupai bentuk ideal (yaitu, sama sisi atau sama sisi) ditentukan oleh kemiringannya. Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa skewness maksimum sebesar 0,66 yang masih dalam kategori baik. Semua simulasi juga menggunakan elemen ukuran 4,5 mm karena mereka menawarkan jumlah mesh independen yang baik dan waktu komputasi yang dapat ditoleransi. Tabel 2 di bawah ini memberikan tampilan kriteria pembentukan mesh.

Tabel 2 Kriteria *Meshing Disc Brake Solid Type*.

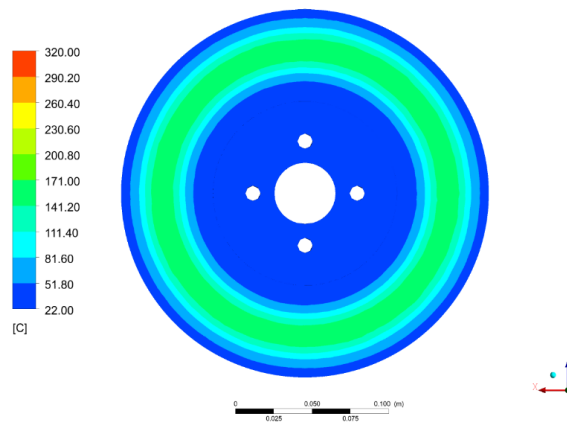
Mesh kriteria	Jumlah
<i>Method</i>	<i>Tetrahedrons</i>
<i>Mesh Type</i>	<i>Prism</i>

Ukuran Elemen	4.5 mm
Jumlah <i>element</i>	382,586
Jumlah <i>node</i>	81,976
<i>Maximum skewness</i>	0.69906
<i>Average skewness</i>	0.25986

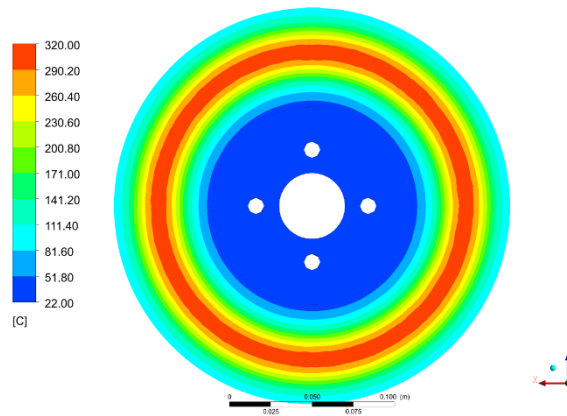
3. Analisis dan Pembahasan

Berikut adalah hasil simulasi *Transient Thermal Analysis* untuk mengetahui performa termal berupa temperatur maksimal. Hasil yang dapat dilihat adalah berupa kontur temperatur dengan menambahkan variasi material berupa *gray cast iron*, *carbon ceramic*, dan *stainless steel 420*.

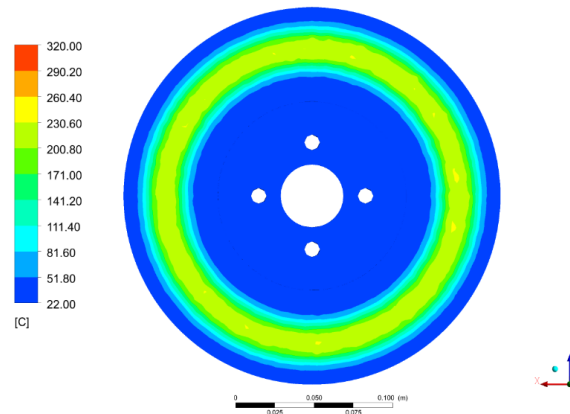
Dapat disimpulkan dari Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4 bahwa *disc brake* dengan material *carbon ceramic* memiliki nilai *temperature maximum over time* yang paling tinggi. *Disc brake solid type* material *stainless steel 420* dengan nilai *temperature maximum over time* kedua tertinggi dan *disc brake solid type* material GCI dengan nilai *temperature maximum over time* yang paling rendah.



Gambar 2. Kontur temperatur *disc brake* material CGI



Gambar 3. Kontur temperatur *disc brake* material CC



Gambar 4. Kontur temperatur *disc brake* material SS 420

4. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan terkait dengan penelitian penelitian ini :

1. Berdasarkan hasil simulasi pengaruh pemberian variasi material dengan material *cast gray iron*, *stainless steel* 420 dan *carbon ceramic*, didapati *gray cast iron* memiliki nilai temperatur maksimal yang paling kecil.
2. Material *carbon ceramic* mempunyai nilai temperature maksimal *over time* paling tinggi.
3. Performa termal sangat dipengaruhi sifat material dan nilai dari *thermal effusivity*.

5. Referensi

- [1] Dubale, H.; Paramasivam, V.; Gardie, E.; Chekol, E. T.; and Selvaraj, S. K. (2021). Numerical investigation of thermo-mechanical properties for disc brake using light commercial vehicle. *Material Today: Proceedings*, 46, 7548-7555. doi:10.1016/j.matpr.2021.01.437. doi:10.1016/j.matpr.2021.01.437.
- [2] Goo, Bc.; and Lim, Ch. (2012). Thermal fatigue of cast iron brake disk materials. *Journal Mechanical Science Technology*, 26, 1719–1724. doi:10.1007/s12206-012-0435-2. doi:10.1007/s12206-012-0435-2.
- [3] Didier, M. D.; Dufrenoy, P.; and Berthier, Y. (2007). Tribological, thermal and mechanical coupling aspects of the dry sliding contact. *Tribology International*, 40(5), pp.834-843. doi:10.1016/j.triboint.2006.08.004.
- [4] Tirovic, M.; and Ali, G. (2001). Design synthesis of non-symmetrically loaded high-performance disc brakes Part 1. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 215(2), 101-109. doi:10.1243/0954409011531431.
- [5] Talati, F.; and Jalalifar, S. (2009). Analysis of heat conduction in disk brake system. *Heat Mass Transfer*, 45, 1047–1059. doi:10.1007/s00231-009-0476-y.
- [6] Eslami, M.R.; Hetnarski, R.B.; Noda, N.; Ignaczak, J.; Sumi, N.; and Tanigawa, Y. (2013). Theory of elasticity and thermal stresses. *Dordrecht: Springer*, 197. doi:10.1080/01495739.2013.846763.
- [7] Khalid, M. K.; Mansor, M. R.; Kudus, S. A.; Tahir, M. M.; and Hassan, M. Z. (2011). Performance investigation of the UTeM eco-car disc brake system. *International Journal of Engineering & Technology*, 11(6), 1-6.
- [8] Belhocine, A.; and Bouchetara, M. (2012). Thermal analysis of a solid brake disc. *Applied Thermal Engineering*, 32, 59-67. doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.08.029.
- [9] Pinca-Bretotean, C. et al. (2021). An investigation of thermal behaviour of brake disk pad assembly with Ansys. *Material Today: Proceedings*, 47, 2322-2328. doi:10.1016/j.matpr.2021.04.296.
- [10] Belhocine, A.; and Bouchetara M. (2012). Thermomechanical modelling of dry contacts in automotive disc brake. *International Journal Thermal Science*, 1, 161–170. doi:10.1016/j.ijthermalsci.2012.05.006.
- [11] Shanker, P. S. (2018). A review on properties of conventional and metal matrix composite materials in manufacturing of disc brake. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 5864-5869. doi:10.1016/j.matpr.2017.12.184.
- [12] Maleque, M. A.; Dyuti, S.; and Rahman, M.M. (2010). Material selection method in design of automotive brake disc. In *Procees of the world congress on engineering*, London, UK.