



**MODELING DAN SIMULASI PERPINDAHAN PANAS PADA
REM CAKRAM MOBIL MENGGUNAKAN *SOFTWARE FINITE
ELEMENT ANALYSIS***

TESIS

**RAMA WIDJAYA SIKUMBANG
55823120004**

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**MODELING DAN SIMULASI PERPINDAHAN PANAS PADA
REM CAKRAM MOBIL MENGGUNAKAN *SOFTWARE FINITE
ELEMENT ANALYSIS***

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister
Teknik Mesin**

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
**RAMA WIDJAYA SIKUMBANG
55823120004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rama Widjaya Sikumbang
NIM : 55823120004
Fakultas/Program Studi : Magister Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tesis berjudul:

“MODELING DAN SIMULASI PERPINDAHAN PANAS PADA REM CAKRAM MOBIL MENGGUNAKAN SOFTWARE FINITE ELEMENT ANALYSIS”

adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 09 April 2026



Penulis,

RAMA WIDJAYA SIKUMBANG

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : RAMA WIDJAYA SIKUMBANG
NIM : 55823120004
Program Studi : Magister Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : MODELING DAN SIMULASI PERPINDAHAN
PANAS PADA REM CAKRAM MOBIL
MENGUNAKAN SOFWARE FINITE ELEMENT
ANALYSIS

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 8 April 2026** dengan hasil presentase sebesar **17 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 8 April 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Rama Widjaya Sikumbang
NIM : 55823120004
Fakultas/Program Studi : Magister Teknik Mesin
Judul Tesis : Modeling dan Simulasi Perpindahan Panas pada Rem Cakram Mobil Menggunakan Software Finite Element Analysis

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 13 Februari 2026 di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:
Pembimbing



(Ir. Hadi Pranoto, S.T., M.T., IPM. Ph.D.)

NIDN:0302077304

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 09 April 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasri, MT)

NIDN:0307037202

Ketua Program Studi
Magister Teknik Mesin



(Ir. Muhammad Fitri, M.Si., Ph.D)

NIDN: 1013126901

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana Jakarta
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta
3. Ir. Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta
4. Ir. Hadi Pranoto, S.T., M.T., IPM. Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam proses pengerjaan tesis ini
5. Kedua orang tua Bapak Ulfardyanis dan Ibu Azijah yang telah memberikan doa dan restunya dan dukungan semangat moril kepada penulis.
6. Teman-teman Mahasiswa MTM R2 angkatan 2024 yang telah memberikan kebersamaan selama perkuliahan

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 09 April 2026

RAMA WIDJAYA SIKUMBANG

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rama Widjaya Sikumbang
NIM : 55823120004
Fakultas/Program Studi : Teknik/Magister Teknik Mesin
Judul Tesis : Modeling dan Simulasi Perpindahan Panas pada Rem Cakram Mobil Menggunakan Software Finite Element Analysis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 9 April 2026

Yang menyatakan,



(Rama Widjaya Sikumbang)

Modeling dan Simulasi Perpindahan Panas pada Rem Cakram Mobil Menggunakan Software Finite Element Analysis

Rama Widjaya Sikumbang

ABSTRAK

Sistem pengereman cakram menghasilkan panas akibat gesekan yang berpotensi menyebabkan overheating, distribusi *heat flux* tidak merata, serta tegangan termal yang dapat memicu retak dan deformasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik termal dan termomekanik cakram rem menggunakan tiga material, yaitu Aluminium Alloy, *Grey Cast Iron*, dan *Stainless steel* pada tiga model desain: (a) ventilasi standar, (b) cross drilled, dan (c) cross drilled–ventilated. Metode penelitian menggunakan simulasi ANSYS 2021 R2 yang divalidasi melalui perhitungan manual transient thermal, steady-state thermal, dan equivalent von-Mises stress. Hasil menunjukkan ketiga material mencapai suhu puncak mendekati 220°C dan tervalidasi manual $\pm 219,9^\circ\text{C}$, mengindikasikan potensi overheating apabila pelepasan panas tidak optimal. Analisis total *heat flux* menunjukkan model (c) memiliki pelepasan panas paling baik dengan suhu steady-state terendah: *Grey Cast Iron* 75–90°C, *Aluminium alloy* $\pm 75^\circ\text{C}$, dan *Stainless steel* 60,16°C. *Aluminium alloy* pada model (c) memberikan performa termal paling efektif meskipun *heat flux* maksimum tinggi ($3,9077 \times 10^6 \text{ W/m}^2$) karena distribusi paling merata. Analisis equivalent von-Mises stress menunjukkan desain sangat memengaruhi keamanan mekanik; pada *Grey Cast Iron* model (a) paling aman dengan 220,05 MPa, pada *Aluminium alloy* model (b) terbaik dengan 327,08 MPa, sedangkan *Stainless steel* menunjukkan tegangan sangat tinggi ($>1000 \text{ MPa}$) pada seluruh model sehingga paling berisiko deformasi plastis. Dengan demikian, bahwa model (c) merupakan desain terbaik untuk optimasi pelepasan panas, sementara dari sisi tegangan kombinasi paling aman adalah Aluminium Alloy–model (b) dan *Grey Cast Iron*–model (a), menegaskan bahwa keberhasilan sistem pengereman ditentukan oleh sinergi material dan desain geometris.

Kata kunci: Rem Cakram, Analisis Termal, Overheating, Aluminium Alloy, Simulasi ANSYS

Modeling and Simulation of Heat Transfer on Car Disc Brakes Using Finite Element Analysis Software

Rama Widjaya Sikumbang

ABSTRACT

The disc brake system generates heat due to friction which may lead to overheating, non-uniform *heat flux* distribution, and thermal stress that can trigger cracks and deformation. This study aims to analyze the thermal and thermo-mechanical characteristics of disc brakes using three materials: Aluminium Alloy, *Grey Cast Iron*, and *Stainless steel* with three design models: (a) standard ventilated, (b) cross drilled, and (c) cross drilled–ventilated. The method employed ANSYS 2021 R2 simulations validated by manual calculations of transient thermal, steady-state thermal, and equivalent von-Mises stress. Results show that all materials reached peak temperatures close to 220°C, validated by manual calculation of $\pm 219.9^\circ\text{C}$, indicating potential overheating if heat dissipation is not optimal. Total *heat flux* analysis revealed that model (c) provided the best heat release with the lowest steady-state temperature: *Grey Cast Iron* 75–90°C, *Aluminium alloy* $\pm 75^\circ\text{C}$, and *Stainless steel* 60.16°C. *Aluminium alloy* on model (c) showed the most effective thermal performance despite high maximum *heat flux* ($3.9077 \times 10^6 \text{ W/m}^2$) due to the most uniform distribution. Von-Mises stress analysis indicated that geometry strongly affected mechanical safety; for *Grey Cast Iron* model (a) was safest at 220.05 MPa, for *Aluminium alloy* model (b) was best at 327.08 MPa, while *Stainless steel* exhibited very high stress ($>1000 \text{ MPa}$) on all models indicating high risk of plastic deformation. It is concluded that model (c) is optimal for heat dissipation, whereas the safest mechanical combinations are Aluminium Alloy–model (b) and *Grey Cast Iron*–model (a).

Kata kunci: Disc Brake, Thermal Analysis, Overheating, Aluminum Alloy, ANSYS Simulation

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL SIMILARITY	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH DI REPOSITORI UMB	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Pembatasan Masalah Penelitian	4
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Rem Cakram.....	5
2.2 Material	7
2.3 Jenis-Jenis <i>Disk brake</i>	11
2.4 Finite Element Analysis	14
2.5 Software FEA	21
2.6 Sumber Jurnal Penelitian.....	22
2.7 Novelty	24
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Pendahuluan	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.3 Tahapan proses penelitian	29
3.4 Diagram Alir	32
3.5 Prosedur Penelitian.....	33

3.6 Bagan Alir Simulasi Finite Element.....	38
3.7 Metode Simulasi Finite Element.....	39
3.8 Alat dan Bahan	49
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Simulasi.....	50
4.2 Pembahasan Hasil Simulasi	136
BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	177
5.2 Saran.....	178
DAFTAR PUSTAKA	180
LAMPIRAN	185



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Material Properties Aluminium Alloy	8
Tabel 2.2 Material Properties Gray Cast Iron	9
Tabel 2.3 Material Properties <i>Stainless steel</i>	10
Tabel 2.4 Sumber Penelitian	20
Tabel 2.5 Gap Penelitian Terdahulu Dan Novelty Penelitian	22
Tabel 3.1 Alat dan Bahan	44



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir	28
Gambar 3.2 Pengukuran <i>Disk brake</i>	30
Gambar 3.3 Desain <i>Disk brake</i> Model (a)	31
Gambar 3.4 Desain <i>Disk brake</i> Model (b)	31
Gambar 3.5 Desain <i>Disk brake</i> Model (c)	32
Gambar 3.6 Bagan Alir Simulasi	35
Gambar 3.7 Pembuatan Part pada Solidwork	36
Gambar 3.8 Impor Material pada Perangkat Lunak ANSYS.....	37
Gambar 3.9 Impor Geometri pada Perangkat Lunak ANSYS	39
Gambar 3.10 <i>Meshing</i>	40
Gambar 3.11 Pengaturan <i>current step number</i> dan <i>time step</i>	41
Gambar 3.12 Pengaturan <i>face temperature</i> dan <i>tabular data</i> temperature.....	42
Gambar 3.13 Hasil simulasi	43
Gambar 4.1 Hasil simulasi <i>transient thermal</i> material <i>Grey Cast Iron</i>	47
Gambar 4.2 Grafik (a) temperatur minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi <i>transient</i> <i>thermal Grey Cast Iron</i>	49
Gambar 4.3. Hasil simulasi <i>transient thermal</i> aluminium alloy	51
Gambar 4.4 Grafik (a) temperatur minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi <i>transient thermal</i> material aluminium alloy	54
Gambar 4.5 Hasil Simulasi <i>Transient thermal Stainless steel</i>	57
Gambar 4.6 Grafik (a) temperatur minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi <i>transient thermal material stainless steel</i>	59
Gambar 4.7 Hasil simulasi total <i>heat flux</i> material <i>Grey Cast Iron</i>	63
Gambar 4.8 Grafik (a) <i>heat flux</i> minimum vs waktu, grafik (b) <i>heat flux</i> maksimum vs waktu, grafik (c) <i>heat flux</i> rata-rata vs waktu total <i>heat flux</i> hasil material grey cast iron	66

Gambar 4.9 Hasil simulasi total <i>heat flux</i> material aluminium alloy...	69
Gambar 4.10 Grafik (a) <i>heat flux</i> minimum vs waktu, grafik (b) <i>heat flux</i> maksimum vs waktu, grafik (c) <i>heat flux</i> rata-rata vs waktu total <i>heat flux</i> hasil simulasi total <i>heat flux</i> material aluminium alloy	72
Gambar 4.11 Hasil simulasi total <i>heat flux</i> material <i>stainless steel</i>	75
Gambar 4.12 Grafik (a) <i>heat flux</i> minimum vs waktu, grafik (b) <i>heat flux</i> maksimum vs waktu, grafik (c) <i>heat flux</i> rata-rata vs waktu total <i>heat flux</i> hasil simulasi total <i>heat flux</i> material <i>stainless steel</i>	78
Gambar 4.13 Hasil simulasi steady-state material <i>Grey Cast Iron</i>	81
Gambar 4.14 Grafik (a) <i>heat flux</i> minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi steady-state material <i>Grey Cast Iron</i>	84
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Steady State Material Aluminium Alloy	87
Gambar 4.16 Grafik (a) temperatur minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi steady state material aluminium alloy	90
Gambar 4.17 Hasil simulasi steady-state material <i>stainless steel</i>	93
Gambar 4.18 Grafik (a) temperatur minimum vs waktu, grafik (b) temperatur maksimum vs waktu, grafik (c) temperatur rata-rata vs waktu hasil simulasi steady-state material <i>stainless steel</i>	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (a) Material Grey Cast Iron	131
Lampiran 2. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (b) Material Grey Cast Iron	133
Lampiran 3. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (c) Material Grey Cast Iron	136
Lampiran 4. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (a) Material Aluminium Alloy.....	139
Lampiran 5. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (b) Material Aluminium Alloy.....	142
Lampiran 6. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (c) Material Aluminium Alloy.....	144
Lampiran 7. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (a) Material <i>Stainless steel</i>	147
Lampiran 8. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (b) Material <i>Stainless steel</i>	147
Lampiran 9. Data Hasil Simulasi <i>Transient thermal</i> Model (c) Material <i>Stainless steel</i>	153
Lampiran 10. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (a) Material Grey Cast Iron	155
Lampiran 11. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (b) Material Grey Cast Iron	158
Lampiran 12. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (c) Material Grey Cast Iron	161
Lampiran 13. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (a) Material Aluminium Alloy.....	164
Lampiran 14. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (b) Material Aluminium Alloy.....	166
Lampiran 15. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (c) Material Aluminium Alloy.....	169
Lampiran 16. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (a) Material <i>Stainless steel</i>	172
Lampiran 17. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (b) Material <i>Stainless steel</i>	175

Lampiran 18. Data Hasil Simulasi Total <i>Heat flux</i> Model (c)	
Material <i>Stainless steel</i>	178
Lampiran 19. Data Hasil Simulasi Steady State Model (a)	
Material <i>Grey Cast Iron</i>	180
Lampiran 20. Data Hasil Simulasi Steady State Model (b)	
Material <i>Grey Cast Iron</i>	181
Lampiran 21. Data Hasil Simulasi Steady State Model (c)	
Material <i>Grey Cast Iron</i>	181
Lampiran 22. Data Hasil Simulasi Steady State Model (a)	
Material Aluminium Alloy.....	181
Lampiran 23. Data Hasil Simulasi Steady State Model (b)	
Material Aluminium Alloy.....	182
Lampiran 24. Data Hasil Simulasi Steady State Model (c)	
Material Aluminium Alloy.....	182
Lampiran 25. Data Hasil Simulasi Steady State Model (a)	
Material <i>Stainless steel</i>	183
Lampiran 26. Data Hasil Simulasi Steady State Model (b)	
Material <i>Stainless steel</i>	183
Lampiran 27. Data Hasil Simulasi Steady State Model (c)	
Material <i>Stainless steel</i>	183