

**OPTIMASI TOPOLOGI KAMPAS KOPLING GANDA MOTOR
MATIC UNTUK MENGURANGI MASSA DAN
MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN MENGGUNAKAN
METODE *FINITE ELEMENT ANALYSIS* (FEA)**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknik Mesin

Oleh:

HARRAZ DHIKA MUHAMMAD

NIM: 1520621021

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
TAHUN 2026**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Harraz Dhika Muhammad
NIM : 1520621021
Program Studi/Fakultas : S1 Teknik Mesin / Fakultas Teknik
Judul Penelitian : Optimasi Topologi Kampas Kopling Ganda Motor
Matic Untuk Mengurangi Massa dan
Meningkatkan Faktor Keamanan Menggunakan
Metode *Finite Element Analysis* (FEA).

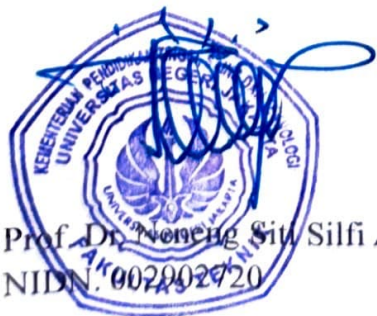
Ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan (*Lulus/Tidak Lulus*)
Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal: 29 Juli 2026

Tim Penguji,

Ketua Penguji	Dr. Eng. Agung Premono, M.T.	
	NIDN. 0001057706	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Prof. Dr. Ir. Imam Basori, M.T.	
	NIDN. 0007067903	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Nugroho Gama Yoga, M.T.	
	NIDN. 0005027603	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Dr. Ir. Ahmad Kholil, M.T.	
	NIDN. 0031087901	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM	
	NIDN. 0402117902	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Mesin



Prof. Dr. Neneng Sitinjak, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 002902720

Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM.
NIDN. 0402117902

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 3 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan,



Harraz Dhika Muhammad
NIM.1520621021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Harraz Dhika Muhammad

NIM : 1520621021

Fakultas/Prodi : Teknik / S1 Teknik Mesin

Alamat email : harrazdhika1@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (... ..)

yang berjudul :

**OPTIMASI TOPOLOGI KAMPAS KOPLING GANDA MOTOR MATIC UNTUK
MENGURANGI MASSA DAN MENINGKATKAN FAKTOR KEAMANAN
MENGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Penulis

(Harraz Dhika Muhammad)

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya berupa kesehatan, kesabaran, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimasi Topologi Kampas Kopling Ganda Motor *Matic* untuk Mengurangi Massa dan Meningkatkan Faktor Keamanan Menggunakan Metode *Finite Element Analysis* (FEA)”.

Laporan skripsi ini disusun sebagai persyaratan menyelesaikan Program Strata Satu Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Selama penyusunan skripsi ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi. Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Ahmad Kholil, M.T., selaku dosen pembimbing pertama atas kesediaannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM., selaku dosen pembimbing kedua dan Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin, FT-UNJ atas kesediaannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh Staf Tata Usaha Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah membantu segala bentuk administrasi yang dibutuhkan.
4. Orang tua tercinta sebagai pembimbing, penyemangat, dan penasihat yang tidak akan pernah tergantikan.
5. Seluruh keluarga besar S1 Teknik Mesin yang selalu mendukung Penulis dalam mengerjakan laporan skripsi.
6. Serta semua pihak yang telah membantu selama proses penyelesaian laporan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan skripsi ini masih belum sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Akhir kata penulis berdoa agar segala bantuan yang diberikan mendapat balasan dan rahmat dari Allah SWT dan semoga hasil dari laporan skripsi ini dapat bermanfaat sebagaimana yang diharapkan. Aamiin.



Jakarta, 23 Juli 2026

Harraz Dhika Muhammad

NIM.1520621021

**OPTIMASI TOPOLOGI KAMPAS KOPLING GANDA MOTOR *MATIC*
UNTUK MENGURANGI MASSA DAN MENINGKATKAN FAKTOR
KEAMANAN MENGGUNAKAN METODE *FINITE ELEMENT ANALYSIS*
(FEA)**

Harraz Dhika Muhammad

**Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Ahmad Kholil, M.T. dan Dr. Ir. Ragil Sukarno,
M.T., IPM.**

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di bidang otomotif mendorong pengembangan komponen kendaraan yang lebih ringan, efisien, dan tetap aman digunakan. Salah satu komponen pada sistem *Continuously Variable Transmission* (CVT) yang dapat dioptimalkan adalah kampas kopling ganda. Massa kampas kopling yang relatif besar berpotensi menurunkan efisiensi sehingga diperlukan optimasi desain tanpa mengurangi keamanan struktur. Penelitian ini bertujuan memperoleh desain kampas kopling ganda yang lebih optimal menggunakan metode optimasi topologi dan *Finite Element Analysis* (FEA). Penelitian dilakukan dengan memodelkan kampas kopling ganda Yamaha Aerox 155 menggunakan *Autodesk Inventor 2025* dan melakukan simulasi menggunakan *ANSYS Workbench*. Hasil optimasi menghasilkan tiga variasi desain, yaitu Model P, Model Q, dan Model R, yang kemudian dievaluasi berdasarkan massa, *von Mises stress*, *total deformation*, dan *Safety Factor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh model hasil optimasi mengalami reduksi massa dibandingkan model awal. Massa Model P, Model Q, dan Model R berturut-turut sebesar 177,93 gram, 168,18 gram, dan 165,03 gram dari massa awal 193,61 gram. Berdasarkan hasil evaluasi, Model P merupakan desain yang paling optimal karena mampu menurunkan massa sebesar 8,10% serta meningkatkan *Safety Factor* dari 3,5478 menjadi 4,2828. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan optimasi topologi mampu menghasilkan desain kampas kopling ganda yang lebih ringan dengan tetap mempertahankan keamanan struktur.

Kata kunci: Kampas Kopling Ganda, Optimasi Topologi, *Finite Element Analysis*, Reduksi massa, *Safety Factor*.

**OPTIMASI TOPOLOGI KAMPAS KOPLING GANDA MOTOR *MATIC*
UNTUK MENGURANGI MASSA DAN MENINGKATAN FAKTOR
KEAMANAN MENGGUNAKAN METODE *FINITE ELEMENT ANALYSIS*
(FEA)**

Harraz Dhika Muhammad

**Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Ahmad Kholil, M.T. dan Dr. Ir. Ragil Sukarno,
M.T., IPM.**

ABSTRACT

The rapid development of automotive technology has encouraged the development of vehicle components that are lighter, more efficient, and structurally reliable. One of the components in the *Continuously Variable Transmission* (CVT) system that can be optimized is the centrifugal clutch shoe. The relatively high mass of the clutch shoe has the potential to reduce system efficiency; therefore, design optimization is required without compromising structural safety. This study aims to obtain a more optimal centrifugal clutch shoe design using *Topology Optimization* and *Finite Element Analysis* (FEA). The study was conducted by modeling the Yamaha Aerox 155 centrifugal clutch shoe using Autodesk Inventor 2025 and performing structural simulations in ANSYS Workbench. The optimization process produced three design variations, namely Model P, Model Q, and Model R, which were evaluated based on mass, *von Mises stress*, *total deformation*, and *Safety Factor*. The results showed that all optimized models achieved lower mass than the initial model. The masses of Models P, Q, and R were 177.93 g, 168.18 g, and 165.03 g, respectively, compared to the initial mass of 193.61 g. Based on the evaluation results, Model P was identified as the optimum design because it reduced the mass by 8.10% while increasing the *Safety Factor* from 3.5478 to 4.2828. The results demonstrate that *Topology Optimization* can produce a lighter centrifugal clutch shoe while maintaining structural safety.

Keywords: Centrifugal Clutch Shoe, *Topology Optimization*, *Finite Element Analysis*, Mass Reduction, *Safety Factor*.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Optimasi Topologi.....	6
2.2 Finite Element Analysis	7
2.2.1 Tegangan <i>von Mises Stress</i>	7
2.2.2 Deformasi Total.....	8
2.2.3 Faktor Keamanan	8
2.3 <i>Continuously Variable Transmission (CVT)</i>	8
2.3.1 Konstruksi Sistem CVT	9
2.3.2 Komponen Sistem CVT	10

2.3.3	Kopling.....	11
2.3.4	Prinsip Kerja CVT	13
2.4	Pengaruh Geometri Awal dan <i>Boundary Conditions</i>	14
2.4.1	Pengaruh Geometri Awal	14
2.4.2	Pengaruh <i>Boundary Conditions</i>	15
2.5	Teori Perhitungan Kopling Ganda Sentrifugal Pada Sistem CVT	15
2.5.1	Gaya Sentrifugal.....	16
2.5.2	Gaya Pegas Penahan	16
2.6	Penelitian Terdahulu.....	17
2.7	Kerangka Berpikir.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.4	Metodologi Simulasi Elemen Hingga Kopling Sentrifugal	23
3.4.1	Pemodelan Geometri.....	23
3.4.2	Properti Material	24
3.4.3	Proses <i>Meshing</i>	26
3.4.4	Kondisi Batas (Boundary Conditions)	27
3.4.4.1	Fixed Support (Tumpuan Tetap)	27
3.4.4.2	Compression Only Support (Kontak Rumah Kopling).....	28
3.4.4.3	Rotational Velocity (Pembebanan Gaya Sentrifugal) ..	29
3.4.4.4	Remote Force (Pembebanan Gaya Pegas)	30
3.4.5	Simulasi Model Awal	31
3.4.6	Proses Optimasi Topologi	32
3.4.7	Simulasi Model Hasil Optimasi	33

3.4.8	Evaluasi dan Penentuan Model Optimal.....	33
3.5	Data dan Parameter Simulasi	34
BAB IV HASIL PENELITIAN		36
4.1	Hasil Pemodelan Geometri	36
4.2	Hasil Analisis Massa	37
4.2.1	Massa Model Awal	37
4.2.2	Massa Model P	37
4.2.3	Massa Model Q	38
4.2.4	Massa Model R	38
4.2.5	Perbandingan Massa.....	38
4.3	Hasil Analisis <i>von Mises Stress</i>	39
4.3.1	<i>Max von Mises Stress</i> Model Awal.....	39
4.3.2	<i>Max von Mises Stress</i> Model P	40
4.3.3	<i>Max von Mises Stress</i> Model Q.....	40
4.3.4	<i>Max von Mises Stress</i> Model R.....	41
4.3.5	Perbandingan <i>von Mises Stress</i>	41
4.4	Hasil Analisis Deformasi Total	42
4.4.1	Deformasi Total Model Awal	42
4.4.2	Deformasi Total Model P	42
4.4.3	Deformasi Total Model Q	43
4.4.4	Deformasi Total Model R.....	43
4.4.5	Perbandingan Deformasi Total.....	44
4.5	Hasil Analisis Faktor Keamanan.....	44
4.5.1	Faktor Keamanan Model Awal.....	45
4.5.2	Faktor Keamanan Model P	45
4.5.3	Faktor Keamanan Model Q.....	46

4.5.4	Faktor Keamanan Model R.....	46
4.5.5	Perbandingan Faktor Keamanan	47
4.6	Perbandingan Seluruh Model.....	47
4.7	Penentuan Model Optimal Berdasarkan <i>Safety Factor/Weight Ratio</i>	49
BAB 5 PENUTUP		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54
LAMPIRAN.....		56



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Properti Material <i>Zinc Cast Alloy</i>	24
Tabel 3. 2 Properti Material <i>Composite, Epoxy/Glass Fiber, Woven Prepreg, Biax.</i>	25
Tabel 3. 3 Tabel Parameter Proses Meshing.....	26
Tabel 3. 4 Data dan Parameter Simulasi.....	34
Tabel 4. 1 Perbandingan Massa	38
Tabel 4. 2 Perbandingan von Mises Stress	41
Tabel 4. 3 Perbandingan Deformasi Total	44
Tabel 4. 4 Perbandingan Faktor Keamanan.....	47
Tabel 4. 5 Perbandingan Seluruh Model	48
Tabel 4. 6 Tabel Rasio Faktor Keamanan/Massa.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Optimasi Topologi (ansys.com)	6
Gambar 2. 2 Static Structural Finite Element Analysis (Tejani, dkk.)	7
Gambar 2. 3 Konstruksi Sistem CVT (Perdana, 2012)	9
Gambar 2. 4 Konstruksi Primary Pulley (Perdana, 2012)	9
Gambar 2. 5 Konstruksi Pulley Sekunder (Perdana, 2012)	10
Gambar 2. 6 Kopling Sentrifugal (Panchal & Patel, 2022)	12
Gambar 2. 7 Kerangka Berpikir	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3. 2 Model 3D Kampas Kopling Ganda	23
Gambar 3. 3 Penerapan Material pada Kampas Kopling Ganda	25
Gambar 3. 4 Proses Meshing	26
Gambar 3. 5 Penerapan Fixed Support pada Kampas Kopling Ganda	27
Gambar 3. 6 Penerapan Compression Only Support pada Kampas Kopling Ganda	28
Gambar 3. 7 Penerapan Rotational Velocity pada Kampas Kopling Ganda	29
Gambar 3. 8 Penerapan Remote Force pada Kampas Kopling Ganda	31
Gambar 3. 9 Proses Simulasi Model Awal	31
Gambar 3. 10 Proses Optimasi Topologi	32
Gambar 4. 1 Model Awal, Model P, Model Q, Model R	36
Gambar 4. 2 Massa Model Awal	37
Gambar 4. 3 Massa Model P	37
Gambar 4. 4 Massa Model Q	38
Gambar 4. 5 Massa Model R	38
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Massa	39
Gambar 4. 7 <i>Max von Mises Stress</i> Model Awal	39
Gambar 4. 8 <i>Max von Mises Stress</i> Model P	40
Gambar 4. 9 <i>Max von Mises Stress</i> Model Q	40
Gambar 4. 10 <i>Max von Mises Stress</i> Model R	41
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan <i>Max von Mises Stress</i>	41
Gambar 4. 12 Deformasi Total Model Awal	42
Gambar 4. 13 Deformasi Total Model P	42

Gambar 4. 14 Deformasi Total Model Q	43
Gambar 4. 15 Deformasi Total Model R	43
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan Deformasi Total (Max)	44
Gambar 4. 17 Faktor Keamanan Model Awal	45
Gambar 4. 18 Faktor Keamanan Model P	45
Gambar 4. 19 Faktor Keamanan Model Q	46
Gambar 4. 20 Faktor Keamanan Model R.....	46
Gambar 4. 21 Perbandingan Faktor Keamanan (Min)	47
Gambar 4. 22 Grafik Rasio <i>Safety Factor/Weight</i>	50

