

**SKRIPSI**

**ANALISA KEGAGALAN *COIL SPRING OUTER* PADA LOKOMOTIF**

**CC 206 13 40**



**Disusun Oleh:**

**NAMA : Riko Firman Aditama**

**NPM : 20036010006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK & SAINS**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN**

**JAWA TIMUR**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**" ANALISA KEGAGALAN COIL SPRING OUTER PADA LOKOMOTIF  
CC 206 13 40 "**

Skripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Disusun Oleh :

Nama : Riko Firman Aditama  
NPM : 20036010006  
Konsentrasi : Manufaktur

**Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi  
Hari/Tanggal : Senin / 02 September 2024  
Telah Disahkan Oleh:**

**Tim Penguji :**

1.



**Ir. Sutiyono, M.T**  
NIP. 196007131987031001

**Dosen Pembimbing I**



**Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.**  
NIP : 199301202024061001

2.



**Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT**  
NIP. 19640611 199203 2 001

**Dosen Pembimbing II**



**Ndaru Adyono, S.Si., M.T.**  
NPT. 20119900125204

**Koordinator Program Studi  
Teknik Mesin**



**Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT**  
NIP. 19640611 199203 2 001

**Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik & Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP**  
NIP. 19650403 199103 2 001

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Riko Firman Aditama  
NPM : 20036010006  
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik & Sains / Teknik Mesin  
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Analisa Kegagalan Coil Spring Outer Pada Lokomotif CC 206 13 40

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Mengetahui

Surabaya, 12 September 2024



Rizqa Rufiana, S.T,MT  
NIP. 199701252024062001

Yang Menyatakan,



The stamp is a red circular official seal of UPN Veteran Jawa Timur. It features the university's logo and the text 'UPN VETERAN JAWA TIMUR'. Below the seal is a handwritten signature in black ink. To the right of the signature is a rectangular 'LETTERAI TEMPEL' (watermark stamp) with the text 'LETTERAI TEMPEL' and a unique alphanumeric code 'ED47EALX312370699'.

Riko Firman Aditama  
NPM: 20036010006

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
INTISARI.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan penelitian.....	4
I.4 Batasan masalah.....	4
I.5 Manfaat penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1. TEORI UMUM.....	6
II.1.1. <i>Coil spring</i> .....	6
II.1.1.1. Jenis-jenis <i>Coil spring</i> .....	7
II.1.2. Teori <i>Coil spring</i> .....	7
II.1.3. <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	9
II.1.4. Jenis Pola Patah Pada Permukaan <i>Coil spring</i> .....	9
II.1.1.2. Patah Statik.....	9
II.1.1.3. Patah Lelah ( <i>fatigue fracture</i> ).....	10
II.2. LANDASAN TEORI.....	11
II.2.1. Analisa Kegagalan <i>Coil spring</i> .....	11
II.2.2. Patah Getas.....	11
II.2.2.1. Mekanisme Pembentukan Patah Lelah.....	13
II.2.2.2. Tahap Retak Awal ( <i>Crack Initiation</i> ).....	14
II.2.2.3. Karakteristik Patahan.....	15
II.2.2.4. Propagasi Retakan Intergranular.....	16
II.3. Uji Kekerasan.....	16
II.4. Uji komposisi.....	18
II.5. Hipotesis penelitian.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20

III.1	Tempat Pelaksanaan Penelitian .....	20
III.2	Variable penelitian .....	20
III.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	21
III.4	Diagram alir .....	21
III.4.1	Diagram <i>Sterozoom mikroskop</i> pengambilan data citra <i>makro</i> patahan.	22
III.4.2	Diagram <i>Scanning Electron Microscope</i> dan Uji Komposisi <i>EDX</i> .....	23
III.4.3	Diagram Uji Kekerasan .....	24
III.4.4	Diagram Uji Tekan .....	25
III.4.5	Diagram Uji FED & FEA .....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		28
IV.4.1	Analisa Data.....	28
IV.4.1.1	Pengamatan hasil citra <i>makro</i> patahan .....	28
IV.4.1.2	Pengamatan hasil <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	30
IV.4.1.3	Pengamatan Hasil Uji Kekerasan .....	31
IV.4.1.4	Pengamatan hasil Uji Tekan .....	33
IV.4.1.5	Pengamatan hasil Uji Komposisi.....	36
IV.4.1.6	Pengamatan hasil Uji FED & FEA .....	38
A. <i>Finite Element Desain</i> (FED) .....		38
B. <i>Finite Element Analysis</i> (FEA) .....		39
BAB V .....		48
KESIMPULAN DAN SARAN .....		48
V.1	Kesimpulan .....	48
V.2	Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA.....		50
LAMPIRAN .....		52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	9
Gambar 2. 2 (a) Foto yang menunjukkan be bentuk V “chevron” sebagai karakteristik patah getas dan (b) Foto yang menunjukkan permukaan patah getas daerah asal retakan.....	12
Gambar 2. 3 (a) skema perambatan retak y yang melewati butir (transgranular) (b) hasil SEM dari patah secara transgranular.....	12
Gambar 2. 4 (a) skema perambatan retak yang terjadi sepanjang batas butir ( <i>intergranular</i> ) (b) hasil SEM dari patah secara ( <i>intergranular</i> ) .....	12
Gambar 2. 5 Skematis permukaan lelah pada penampang bulat .....	13
Gambar 2. 6 Mekanisme patah lelah dan faktornya .....	14
Gambar 2. 8 Foto SEM yang menunjukkan <i>Beachmarks</i> dan striasi secara <i>mikro</i> ...	15
Gambar3. 1 Diagram <i>Sterozoom mikroskop</i> pengambilan data citra <i>makro</i> patahan .....	22
Gambar 3. 2 Diagram <i>Scanning Electron Microscope</i> dan Uji Komposisi EDX.....	23
Gambar 3. 3 Diagram Uji Kekerasan.....	24
Gambar 3. 4 Diagram Uji Tekan .....	25
Gambar 3. 5 Diagram Uji FED & FEA .....	26
Gambar 4. 1 Foto <i>makro</i> permukaan <i>Coil spring Outer</i> yang mengalami kegagalan	28
Gambar 4. 2 . <i>Scanning Electron Microscope</i> Pada Daerah Pola Retakan .....	31
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Tekan <i>Coil spring</i> Pada Tahun 2017 Dan 2022.....	35
Gambar 4. 4 Desain <i>Coil spring Outer</i> Lokomotif.....	39
Gambar 4. 5 Analisa Total Deformasi Pada <i>Coil spring</i> .....	40
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Simulasi Total Deformasi <i>Coil spring</i> .....	42
Gambar 4. 7 Hasil Analisa <i>Von Mises Stress Coil spring</i> .....	44
Gambar 4. 8 Hasil Grafik <i>Von Mises Stress Coil spring</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Uji Kekerasan.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Uji Tekan <i>Coil spring</i> .....	33
Tabel 4. 3 Hasil Uji Komposisi <i>Coil spring</i> .....	37
Tabel 4. 4 Hasil Total Deformasi <i>Coil spring</i> .....	42
Tabel 4. 5 Hasil <i>Von Mises Coil spring</i> .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 (A) Spesimen Besi Cor Sebelum Pengujian (B) Titik Pengamatan Pola Retakan .....	52
Lampiran. 2 Uji Tekan <i>Coil spring</i> .....	52
Lampiran. 3 Uji Kekerasan <i>Coil spring</i> .....	53
Lampiran. 4 Melakukan Proses <i>Coating</i> .....	53
Lampiran. 5 Melakukan Proses Pengujian SEM-EDX.....	54
Lampiran. 6 <i>Coil spring</i> Yang Akan Melakkan Uji Tekan.....	54



## INTISARI

Studi ini menunjukkan bahwa kelelahan material adalah penyebab utama kegagalan *coil spring* pada lokomotif CC 206 13 40. Karena beban dinamis yang terjadi selama operasi, pola retakan yang mirip dengan puntiran muncul. Retakan ini terjadi di batas material, menunjukkan kelelahannya. Meskipun material pegas standar, kekuatan pegas menurun dari tahun ke tahun. Selain itu, uji kekerasan menunjukkan bahwa bagian luar *coil spring* lebih keras dari pada bagian dalamnya, menunjukkan rekayasa termal yang baik. Mengingat bahwa *coil spring* ini telah diperbarui lima kali, kegagalan ini wajar terjadi. Namun, asalkan perawatan dan inspeksi rutin dilakukan, masalah ini tidak akan terjadi.