

SKRIPSI

**ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN
PEGAS ULIR AYUN PADA BOGIE TIPE NT 11
(K5) DI GERBONG KERETA BISNIS (K2)**



Oleh :

ABDILLAH ROMADHONI WIDODO
NPM. 21036010018

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
SURABAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN PEGAS ULIR AYUN
PADA BOGIE TIPE NT 11 (K5) DI GERBONG KERETA BISNIS (K2).**

Disusun oleh:

ABDILLAH ROMADHONI WIDODO
NPM. 21036010018

Telah diuji, dipertahankan dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Jum'at, 14 November 2025

Dosen Penguji 1

Dosen Pembimbing

Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT.
NPT. 199101142025062005

Ndaru Advono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001

Dosen Penguji 2

Koordinator Program Studi Teknik
Mesin
Fakultas Teknik Dan Sains Universitas
Pembangunan Nasional "Veteran"
Jawa Timur

Tria Puspa Sari, S.T., M. S.
NIP. 199403112025062005

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

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

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Abdillah Romadhoni Widodo

NPM : 21036010018

Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~
/ ~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~ / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA RENCANA (DESAIN)~~ / ~~SEMINAR PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode II, TA . 2025/2026.

Dengan judul : ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN PEGAS ULIR AYUN PADA BOGIE TIPE NT 11 (K5) DI GERBONG KERETA BISNIS (K2)

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

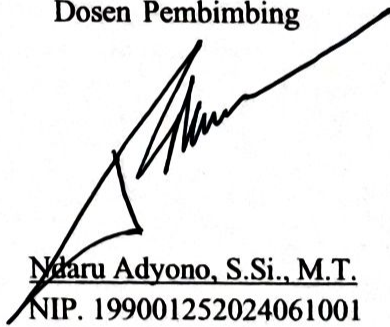
1. Dr. Wahyu Dwi Lestari, S.Pd., MT. ()

2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S. ()

Surabaya, 17 November 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing


Nharu Adyono, S.Si., M.T.
NIP. 199001252024061001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdillah Romadhoni Widodo
NPM : 21036010018
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 19 November 2025

Yang membuat pernyataan



Abdillah Romadhoni Widodo
NPM.21036010018

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis hanturkan kepada Allah SWT atas segala berkah dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul **“ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN PEGAS ULIR AYUN PADA BOGIE TIPE NT 11 (K5) DI GERBONG KERETA BISNIS (K2)”**.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penelitian ini banyak pihak yang telah membantu memberi bimbingan, arahan, dan do’a yang akan selalu Penulis kenang dan syukuri. Oleh karena itu, Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. **Ibu Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, MT.** Selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. **Bapak Ndaru Adyono, S.Si., M.T.** Selaku dosen pembimbing saya yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing dan mengajarkan penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. **Kedua orang tua** saya yang selalu memberikan do’a, perhatian dan motivasi tiada henti untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. **Teman – teman seluruh angkatan program studi teknik mesin** yang telah memberikan semangat, dukungan serta membantu untuk diajak bertukar pikiran dan informasi, tentunya juga saling mendoakan.
6. **Saudara - saudara seluruh anggota Mahapala UPN “Veteran” Jawa Timur** yang telah memberikan support dan semangat selama penulis berproses.
7. Kepada kekasih penulis **Aulia Fitri Rachmania Amin** yang telah memberikan semua dukungannya dan terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan penelitian ini tidak lepas dari kesalahan, maka dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi perbaikan dan kemajuan penulis. Besar harapan penulis agar penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan masyarakat umum, khususnya mahasiswa Program Studi S1 Teknik Mesin UPN “VETERAN” JAWA TIMUR.

Surabaya, 19 November 2025

Abdillah Romadhoni W

ABSTRAK

Pegas ulir merupakan salah satu komponen penting dalam sistem suspensi bogie tipe NT 11 (K5) yang digunakan pada gerbong kereta kelas bisnis (K2). Analisis kegagalan pada komponen ini dapat menurunkan kenyamanan dan keselamatan perjalanan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis bentuk dan penyebab kegagalan pegas ulir yang telah mengalami retakan dan deformasi plastis. Kegagalan pada pegas ulir sering disebabkan oleh beban yang berlebihan (*overload*) dan kelelahan material (*fatigue*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian citra makrografi dan citra mikrografi, pengujian kekerasan Brinell, pengujian komposisi kimia, dan simulasi statik struktur. Hasil pengujian menunjukkan adanya retakan pada permukaan akibat beban berulang dengan pola patahan khas fatigue. Nilai kekerasan Brinell yang tinggi pada zona tertentu yang mengindikasikan efek strain hardening akibat deformasi plastis sebelumnya. Mikrostruktur memperlihatkan adanya perubahan fasa yang konsisten dengan perlakuan mekanik berlebih. Dari hasil analisa, diketahui bahwa faktor utama kegagalan berasal dari beban dinamis yang melebihi batas kelelahan material, yang diperparah oleh konsentrasi tegangan lokal dan variasi kualitas manufaktur. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan bahan produksi dan desain ulang pada titik rawan konsentrasi tegangan diperlukan untuk meningkatkan ketahanan pegas terhadap kegagalan akibat beban berlebihan (*overload*) dan kelelahan (*fatigue*).

Kata kunci: bogie, kelelahan material, pegas ulir, retakan.

ABSTRACT

The coil spring is one of the important components in the suspension system of the NT 11 (K5) bogie used in business class (K2) train carriages. Failure analysis of this component can reduce travel comfort and safety. This study was conducted to analyze the form and causes of failure of the coil spring that has experienced cracks and plastic deformation. Failure of the coil spring is often caused by excessive loads and material fatigue. The methods used in this study include macrographic and micrographic image testing, Brinell hardness testing, chemical composition testing, and static structural simulation. The test results showed the presence of cracks on the surface due to repeated loads with a typical fatigue fracture pattern. High Brinell hardness values in certain zones indicate the effect of strain hardening due to previous plastic deformation. The microstructure shows phase changes consistent with excessive mechanical treatment. From the analysis results, it is known that the main factor of failure comes from dynamic loads that exceed the material fatigue limit, which is exacerbated by local stress concentrations and variations in manufacturing quality. This study shows that improving production materials and redesigning stress concentration points is necessary to increase the spring's resistance to failure due to overload and fatigue.

Keywords: *bogie, material fatigue, screw spring, cracks*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Peran pegas ulir dalam sistem suspensi	4
2.2. Desain dan material pegas ulir	4
2.3. Kelelahan dan kerusakan pegas ulir	5
2.4. Pola dan proses patahan pada pegas ulir	5
2.5. Landasan Teori	8
2.5.1. Pengujian Kekerasan (<i>Brinell</i>)	8
2.5.2. Pengujian Komposisi Kimia	10
2.5.3. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	10
2.5.4. Simulasi statik struktur dengan metode <i>Finite Element Analysis</i> (FEA).....	12
2.5.5. Pengujian citra makrografi dan mikrografi	13
2.2. Hipotesis Penelitian.....	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Tempat Pelaksanaan Penelitian	14
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3. Metode penelitian analisa kegagalan	15
3.4. Tahapan metodologi investigasi	16
3.4.1. Identifikasi dan pengambilan komponen	16
3.4.2. Analisis makro dan mikro pada area patahan.....	16
3.4.3. Analisis pengujian kekerasan dan distribusi kekerasan	16
3.4.4. Analisis data sekunder pengujian tekan	17
3.4.5. Simulasi Numerik (<i>Static Structural</i> FEA)	17
3.4.6. Analisis korelasi dan kenentuan mekanisme kegagalan	18
3.5. Validasi dan reliabilitas analisis	18
3.6. Diagram alir	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1. Data investigasi	20
4.1.1. Pengamatan hasil pengujian citra makrografi	21
4.1.2. Pengamatan hasil pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	23
4.1.3. Pengamatan komposisi kimia pada material pegas ulir	25
4.1.4. Pengamatan hasil pengujian kekerasan <i>Brinell</i>	25
4.1.5. Pengamatan hasil pengujian tekan	27
4.1.6. Pengamatan hasil simulasi statik struktur	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Garis panah di atas menunjukkan patahan berbentuk V	6
Gambar 2. 2 Garis panah di atas menunjukkan patahan getas yang memperlihatkan daerah asal retakan	7
Gambar 2. 3 Hasil Uji SEM terhadap Patahan Getas	7
Gambar 2. 4 Proses terjadinya patahan lelah (Fatigue Fracture).....	7
Gambar 3. 1 Diagram alir pengujian dan simulasi	19
Gambar 4. 1 Garis merah menunjukkan letak patahan pada salah satu lilitan pegas ulir yang mengalami retakan.....	20
Gambar 4. 2 Garis merah menunjukkan letak area retakan pada komponen pegas ulir.....	20
Gambar 4. 3 Foto makro permukaan pegas ulir yang mengalami kegagalan.....	21
Gambar 4. 4 foto pola retakan high nominal stress dan low nominal stress	22
Gambar 4. 5 Panah warna merah menunjukan adanya rambatan retakan dibatas butir	23
Gambar 4. 6 Hasil uji SEM yang terlihat struktur material yang menyerupai butiran atau kristal	24
Gambar 4. 7 Hasil pengujian kekerasan menggunakan mesin Brinell	26
Gambar 4. 8 Hasil grafik yang menunjukkan hubungan antara pembebanan dengan perubahan panjang pegas.....	29
Gambar 4. 9 Desain gambar pegas ulir menggunakan software SolidWorks.....	30
Gambar 4. 10 Hasil simulasi statik struktur dari total deformasi pegas ulir	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan bahan penelitian.....	14
Tabel 4. 1 Persentase kandungan unsur pada material pegas ulir.....	25
Tabel 4. 2 Hasil pengolahan data uji kekerasan Brinell di zona luar.....	26
Tabel 4. 3 Hasil pengolahan data uji kekerasan Brinell di zona dalam	26
Tabel 4. 4 Hasil pengolahan data dari pengamatan uji tekan	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 data ukuran pegas ulir untuk kereta dan gerbong	36
Lampiran 2 Foto pegas ulir yang telah mengalami kegagalan	37
Lampiran 3 Foto permukaan pegas ulir yang telah mengalami kegagalan	37
Lampiran 4 Foto permukaan pegas ulir yang telah melewati proses polishing.....	37
Lampiran 5 Mesin uji kekerasan brinell	38
Lampiran 6 Foto pengambilan data uji citra mikrografi dengan alat SEM	38
Lampiran 7 Foto pengambilan data uji citra makrografi dengan alat mikroskop optik	39
Lampiran 8 Foto pengambilan data setelah melewati proses uji kekerasan.....	39
Lampiran 9 Etiket gambar pegas ulir ayun dengan skala 1:5	40
Lampiran 10 Properti material pegas ulir ayun	40
Lampiran 11 Gambar hasil uji SEM di batas area retakan dengan area amplas.....	40
Lampiran 12 Biodata penulis.....	41