



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

JUDUL SKRIPSI

**ANALISIS KEGAGALAN PADA KOMPONEN *ELEVATOR FITTING*
PESAWAT CN-235**

MUHAMMAD ABDUL AZIZ 320200403010

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

BOGOR 2024

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Abdul Aziz
NIM : 320200403010
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Sains dan Teknologi Pertahanan
Judul Proposal Skripsi : Analisis Kegagalan Pada Komponen *Elevator Fitting* Pesawat CN-235

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ida Farida, S.T., M.T.
Penda Tk. I III/b NIP. 199301242022032002
Tanggal: 24/07/2024

Dr. Eng. Rando Tungga Dewa, S.T, M. Eng.
Penata III/c NIP. 199009042022031002
Tanggal: 24/07/2024

Mengetahui,

Kepala Program Studi
Teknik Mesin

Dekan
Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan






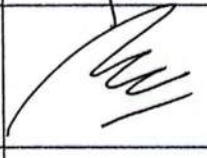

Nanang Hery S., S.T., M. Han
Kolonel Tek NRP.518785
Tanggal: 24/07/2024



Prof. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: 25 Juli 2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Abdul Aziz
NIM : 320200403010
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Sains dan Teknologi Pertahanan
Judul Proposal Skripsi : Analisis Kegagalan Pada Komponen *Elevator Fitting* Pesawat CN-235

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Ida Farida, S.T., M.T. Penda Tk. I III/b NIP. 199301242022032002		24/07/2024
2	Dosen Pembimbing II: Dr. Eng. Rando Tungga Dewa, S.T, M. Eng. Penata III/c NIP. 199009042022031002		23/07/2024
3	Dosen Penguji I: Ahmad Hasan, S.T., M.T. Penda Tk. I III/b NIP. 199210032022031001		23/07/2024
4	Dosen Penguji II: Anang Setiawan S.T., M.T. Kolonel/Tek NRP. 518825		23/07-2024
5	Dosen Penguji III: Nanang Hery S., S.T., M.Han. Kolonel/Tek NRP. 518785		23/07-2024

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, ... 21 - 09 - 2024



METERAI
TEMPEL
CBAALX237893766

Muhammad Abdul Aziz

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis curahkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya kepada penulis. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, karna beliauah kita dapat beranjak dari jaman jahiliyah menuju jaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pertahanan Republik Indonesia (UNHAN RI). Judul skripsi ini adalah " Analisis Kegagalan pada Komponen *Elevator fitting* Pesawat CN-235".

Penulis merasa senang telah menyelesaikan skripsi ini. Selain itu, banyak pihak yang telah meluangkan waktu, tenaga, biaya, gagasan, dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penulisan skripsi ini. Dalam pengantar skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya, Yusup Anwar Mubarak dan Zustrimeiza, telah menjadi sumber cinta, bimbingan, dan dukungan sepanjang hidup saya. Beliau juga yang selalu mendoakan saya.
2. Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia (UNHAN RI) Bapak Letjen TNI Jonni Mahroza, Ph.D., selaku Rektor UNHAN RI.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhamad Asvial, M.Eng., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
4. Bapak Kolonel Tek. Nanang Hery S., S.T., M.Han. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
5. Ibu Ida Farida, S.T., M.T. MA dan Bapak Miftah Syarif, M.Ag selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang senantiasa dengan sabar dan ikhlas memberikan bimbingan terkait dengan pembuatan proposal dan skripsi.

6. Dosen beserta Staff Prodi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
7. Kakakku (Nailatul Fadhila) dan Adikku (M. Rafiqul Islam) yang selalu memberikan support berupa dukungan dan doanya untuk kesuksesanku.
8. Keluargaku yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan beserta doa yang dipanjatkan untuk kesuksesanku.
9. Rekan rekan Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan Republik Indonesia.
10. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna, tentunya penulis menyadari masih terdapat kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas kesalahan tersebut.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi untuk dikembangkan lebih maksimal lagi. Kebenaran datangnya dari Allah SWT dan kesalahan datangnya dari penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan Ridho-Nya kepada kita semua.

Bogor, 12 Juli 2024

Penulis

Muhammad Abdul Aziz

3202004030010

ABSTRAK

ANALISIS KEGAGALAN PADA KOMPONEN *ELEVATOR FITTING* PESAWAT CN-235

Elevator fitting merupakan komponen penting yang mempengaruhi stabilitas dan kontrol pesawat selama penerbangan. Ditemukan bahwa komponen ini patah pada saat penggunaan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan investigasi terkait faktor penyebab dan mekanisme kegagalan pada *elevator fitting* pesawat CN-235. Metode yang digunakan meliputi pengamatan makro dan mikro, metalografi, *Scanning Electron Microscope* (SEM), uji komposisi kimia, dan uji kekerasan. Hasil pengamatan makro terdapat area yang terdeformasi pada lubang *rivet* pada zona inisiasi yang berikutnya menjadi konsentrasi tegangan. Selain itu, terdapat *striasi* pada pengujian SEM akibat adanya tegangan siklik. Hasil *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) menemukan tingginya kadar oksigen pada zona perambatan retak yang menunjukkan adanya *corrosion accelerated crack*. Akibat beban siklik pada *elevator fitting* serta perambatan retak yang dipercepat oleh korosi sehingga terjadinya *final fracture* dikarenakan *elevator fitting* tidak mampu menahan tegangan yang berulang sehingga menyebabkan *fatigue failure*.

Kata kunci: *Elevator fitting*, pesawat CN-235, *Scanning Electron Microscope* (SEM), Tegangan siklik

ABSTRACT

FAILURE ANALYSIS OF CN-235 AIRCRAFT ELEVATOR FITTING COMPONENT

The elevator fitting is an important component that affects the stability and control of the aircraft during flight. It was found that this component was broken during use. This study aims to investigate the causal factors and failure mechanism of the CN-235 aircraft elevator fitting. The methods used include macroscopic and microscopic observations, metallography, Scanning Electron Microscope (SEM), chemical composition test, and hardness test. The results of the macroscopic observation show that there is a deformed area in the rivet hole at the initiation zone which subsequently becomes a stress concentration. In addition, there are striations in SEM testing due to cyclic stress, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) results found high levels of oxygen in the crack propagation zone indicating corrosion accelerated crack. Due to the cyclic load on the elevator fitting and corrosion accelerated crack propagation, the final fracture occurred because the elevator fitting was unable to withstand repeated stresses, causing fatigue failure.

Keywords: *Elevator fitting, CN-235 aircraft, Scanning Electron Microscope (SEM), Cyclic stress*

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1. Pengertian <i>Elevator</i>	6
2.1.2 Pengertian <i>Fitting</i>	7
2.1.3 <i>Aluminium alloy</i>	7
2.1.4 Analisis Kegagalan.....	8
2.1.5 Patah Getas dan Patah Ulet.....	11
2.1.6 Mekanisme Pembentukan Patah Lelah.....	18
2.1.7 Karakteristik Patahan.....	23
2.1.8 Uji Kekerasan.....	25
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu.....	29
2.3 Kerangka Berpikir.....	38

2.4	Hipotesis.....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		39
3.1	Metode Penelitian	39
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.2.1	Tempat Penelitian.....	40
3.2.2	Waktu Penelitian	40
3.3	Alat dan Bahan	42
3.3.1	Material	42
3.3.2	Spesimen	43
3.3.3	Peralatan.....	44
3.4.	Variable Penelitian.....	48
3.5.	Prosedur Penelitian	49
3.5.1	Tinjauan Catatan Perusahaan.....	51
3.5.2	Preparasi spesimen.....	51
3.5.3	Pemeriksaan Makroskopis	51
3.5.4	Pemeriksaan Mikroskopis.....	52
3.5.5	Uji Kekerasan.....	52
3.5.6	Uji Komposisi	52
3.5.7	Analisis Titik Kritis	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		54
4.1	Analisis Data	54
4.1.1	Pembebanan Pada Daerah Patah <i>Elevator Fitting</i>	54
4.1.2	Pemeriksaan Hasil Uji Struktur Makro	55
4.1.3	Pengamatan Hasil Uji Metalografi	57
4.1.4	Pengamatan Hasil Uji SEM	60
4.1.5	Hasil Uji Komposisi Kimia (SEM EDS)	63
4.1.6	Hasil Uji Kekerasan <i>Microvickers</i>	66
4.1.7	Analisis Titik Kritis	68
4.2	Pembahasan	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75

5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Elevator</i> pada Pesawat CN 235	6
Gambar 2.2 <i>Elevator Fitting</i> pada Pesawat CN-235.....	7
Gambar 2.3 Diagram Skema Patah Ulet dan Getas.....	11
Gambar 2.4 Tiga Jenis Patahan Yang Dapat Terjadi: (a) Patahan Ulet, (b) Patahan Ulet Setelah <i>Necking</i> , dan (c) Patahan Getas Tanpa Deformasi Plastis.....	12
Gambar 2.5 Tahapan Patahan <i>Cup</i> dan <i>Cone</i> (a) Awal <i>Necking</i> , (b). terbentuknya <i>Cavity</i> Kecil, (c) Pengumpulan <i>Cavity</i> Hingga Menjadi Retakan (d) Perambatan Retak, (e) Patahan Geser dengan Sudut 45° Terhadap Arah Tegangan.....	13
Gambar 2.6 (a) Patah Ulet (<i>Cup and Cone</i>) pada <i>Aluminium</i> , dan (b) Patah Getas pada <i>Mild Steel</i>	14
Gambar 2. 7 (a) SEM yang Menunjukkan <i>Spherical Dimple</i> Karakteristik, Patahan Hasil Beban Tarik <i>Uniaxial</i> , 3300x, dan (b) SEM yang Menunjukkan <i>Spherical Dimple</i> Karakteristik Hasil Beban Geser, 5000x	15
Gambar 2.8 (a) Foto yang Menunjukkan Bentuk V “ <i>Chevron</i> ” Sebagai Karakteristik Patah Getas dan (b) Foto yang Menunjukkan Permukaan Patah Getas Daerah Asal Retakan	16
Gambar 2.9 (a) Skema Perambatan Retak yang Melewati Butir (<i>transgranular</i>) (b) Hasil SEM dari Patah Secara <i>Transgranular</i>	16
Gambar 2.10.(a) Skema Perambatan Retak yang Terjadi Sepanjang Batas Butir (<i>Intergranular</i>) (b) Hasil SEM dari Patah Secara <i>Intergranular</i>	17
Gambar 2.11 Skematis Permukaan Lelah pada Penampang Bulat.....	18
Gambar 2.12 Skematis Permukaan Lelah pada Penampang Persegi pada Berbagai Kondisi Pembebanan.....	19
Gambar 2. 13 Fase-fase Kegagalan Lelah (<i>Fatigue</i>).....	20

Gambar 2.14 Model <i>Wood</i> untuk Pengintian Retak	20
Gambar 2.15 Contoh dari <i>Striasi</i> pada Baja Karbon	22
Gambar 2.16 Mekanisme Penumpulan Ujung Retakan Secara <i>Plastis</i> (a) Beban Nol (b) Beban Tarik Kecil (c) Beban Tarik Maksimum (d) Beban Tekan Kecil (e) Beban Tekan Maksimum (f) Beban Tarik Kecil	22
Gambar 2.17 Gambar SEM Menampilkan <i>Beachmarks</i> dan <i>Striasi</i>	23
Gambar 2.18 Pola Retakan (a) <i>Transgranular</i> (b) <i>Intergranular</i> ()	24
Gambar 2.19 Karakteristik Material Terkait Kekerasan	25
Gambar 2.20 Pengujian Kekerasan Vickers.....	27
Gambar 2.21 Kerangka berpikir penelitian.....	38
Gambar 3.1 <i>Elevator Fitting Crack</i>	42
Gambar 3.2 (a) <i>Elevator Fitting</i> Pesawat CN-235 <i>Crack</i> dan (b) Lokasi yang Dekat dan Jauh dari Patahan untuk Pengujian Kekerasan	43
Gambar 3.3 Mesin <i>Micro cutting</i>	44
Gambar 3.4 Kamera Digital	45
Gambar 3.5 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	45
Gambar 3.6 <i>Micro Vicker Machine</i>	46
Gambar 3.7 Mesin <i>Polish</i>	47
Gambar 3.8 Larutan Etsa.....	47
Gambar 3.9 <i>Olympus Microscope</i>	48
Gambar 3.10 Prosedur Penelitian	50
Gambar 4. 1 Perluasan Lubang Akibat Gaya Tekan dari Rivet.....	54
Gambar 4.2 Foto Makro Permukaan <i>Elevator Fitting</i> yang Mengalami Kegagalan Secara Horizontal	55
Gambar 4.3 Foto Makro Permukaan <i>Elevator Fitting</i> Sebelum Mengalami Kegagalan Secara Horizontal	56
Gambar 4. 4 Spesimen Uji Metalografi	57
Gambar 4.5 Struktur Mikro Paduan Al-Cu.....	58

Gambar 4.6 Fasa yang Terdapat pada Struktur Mikro <i>Elevator Fitting</i> perbesaran 50 x.....	58
Gambar 4.7 Hasil Uji Metalografi pada Spesimen 1 (Mengalami Patahan)..	59
Gambar 4.8 Hasil Uji Metalografi pada Spesimen 2 (Sebelum Mengalami Patahan).....	59
Gambar 4.9 Daerah Awal Retak 1000 x.....	61
Gambar 4.10 Daerah Propagasi 1000 x	62
Gambar 4. 11 Hasil Uji SEM EDS Spot 1	63
Gambar 4. 12 Hasil Uji SEM EDS Spot 2.....	64
Gambar 4. 13 Hasil Uji SEM EDS <i>Combinned Mapping</i>	65
Gambar 4. 14 Hasil Uji SEM EDS <i>Combinned Mapping</i> pada Masing Masing Warna (a) <i>Carbon</i> , (b) <i>Oxygen</i> , (c) <i>Aluminium</i> , dan (d) <i>Copper</i>	65
Gambar 4.15 Posisi Indentasi (a) Spesimen yang Patah, (b) Spesimen yang Tidak Patah	66
Gambar 4. 16 <i>Free Body Diagram Elevator Fitting</i>	68
Gambar 4. 17 <i>Boundary Condition</i>	69
Gambar 4. 18 Pemodelan <i>Meshing</i>	70
Gambar 4. 19 Grafik Nilai <i>Skewness</i>	70
Gambar 4. 20 <i>Solution Directional Deformation</i>	71
Gambar 4. 21 <i>Solution Equivalent Stress</i>	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Permasalahan dalam Kegagalan Komponen Mesin	9
Tabel 2.2 Data Kegagalan Material Akibat Pemeliharaan Komponen Mesin ..	9
Tabel 2.3 Faktor penyebab Kegagalan pada Komponen Mesin	10
Tabel 2.4 Review Jurnal Penelitian Terdahulu	29
Tabel 3.1 Timeline Penelitian	40
Tabel 3.2 Komposisi Kimia <i>Alluminium Alloy-2024</i>	42
Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi SEM EDS Spot 2	63
Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi SEM EDS Spot 2	64
Tabel 4.3 Hasil Uji Komposisi SEM EDS <i>Combinned Mapping</i>	66
Tabel 4.4 Perbandingan Nilai Kekerasan Spesimen Patah dan Tidak Patah	67
Tabel 4. 5 <i>Mesh Information</i>	70

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

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Abdul Aziz
NIM : 3202004030
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Sains dan Teknologi Pertahanan
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

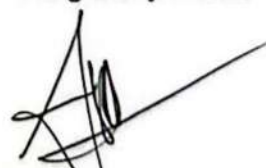
Analisis Kegagalan pada Komponen *Elevator Fitting* Pesawat CN-235

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada tanggal : 23 Juli 2024

Yang menyatakan



Muhammad Abdul Aziz
NIM.320200403010