



**ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN *BOOM*
EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

FAUZI SYACH KEMAL NASUTION

2110311013

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN *BOOM*
EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

FAUZI SYACH KEMAL NASUTION

2110311013

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Fauzi Syach Kemal Nasution
NIM : 2110311013
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN BOOM
EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA

Telah berhasil dipertahankan dihadapan para penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D

Penguji Utama



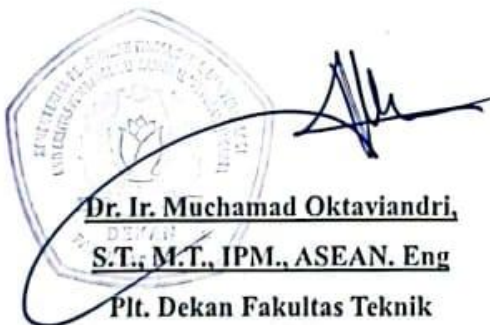
Budhi Martana, S.T., M.M.

Penguji Lembaga



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.

Penguji III (Pembimbing)



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng
Plt. Dekan Fakultas Teknik



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi Teknik
Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 27 Mei 2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Fauzi Syach Kemal Nasution
NIM : 2110311013
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN BOOM
EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



(M. Arifudin Lukmana S.T., M.T.)

Pembimbing I



(Nicky Yongkimandalan S.T., M.M., M.T.)

Pembimbing II

Mengetahui,



Ir. Fahrudin S.T., M.T.

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Fauzi Syach Kemal Nasution
NIM : 2110311013
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuain dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan berlaku.

Jakarta, 27 Mei 2025

Yang menyatakan



Fauzi Syach Kemal Nasution

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPETINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademis Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fauzi Syach Kemal Nasution
NIM : 2110311013
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada
Universitas Pemabangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non
Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul :

“ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN BOOM EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan,
mengalih/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat
dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai
penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 27 Mei 2025

Yang menyatakan



Fauzi Syach Kemal Nasution

ANALISIS KEKUATAN DAN KELELAHAN *BOOM* EXCAVATOR KELAS 13 TON MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Fauzi Syach Kemal Nasution

ABSTRAK

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk membantu keterbatasan manusia dalam melakukan pekerjaan. Yang biasa digunakan untuk menggali atau mengangkut material seperti tanah, pasir, batubara dan lain-lainnya. *Boom* merupakan suatu komponen penting dalam *excavator*, yang dikarenakan *Boom* menopang keseluruhan kinerja *arm*, dan *bucket*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur dan umur kelelahan (*fatigue life*) pada *boom excavator* dengan menggunakan metode elemen hingga (FEM). Simulasi dilakukan pada ketiga posisi yaitu ketinggian maksimum, datar maksimum, dan kedalaman maksimum. kemudian analisis dilakukan menggunakan *software* ANSYS 2022 R1. Hasil penelitian menunjukkan tegangan maksimum pada *boom excavator* berturut-turut sebesar 325,96 MPa, 356,2 MPa dan 245,43 MPa. karena kekuatan luluh material pada *boom excavator* adalah 400 MPa, dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan *boom* masih dalam batas aman. *Fatigue life boom* tercatat pada ketiga posisi yaitu 893.680 siklus, 682.120 siklus dan 4.000.000 siklus atau setara dengan umur lelah *boom excavator* yakni, 4,5 tahun, 3,5 tahun, dan 20 tahun.

Kata Kunci : *Boom*, Kekuatan, Metode Elemen Hingga, Umur Kelelahan, *Excavator*

STRENGTH AND FATIGUE ANALYSIS OF 13 TON CLASS EXCAVATOR BOOM USING FINITE ELEMENT METHOD

Fauzi Syach Kemal Nasution

ABSTRACT

Excavators are heavy equipment used to help human limitations in doing work. Which is commonly used to dig or transport materials such as soil, sand, coal, and others. The boom is an important component in an excavator, which is because the boom supports the overall performance of the arm, and bucket. Therefore, this study aims to analyze the structural strength and fatigue life of the excavator boom using the finite element method (FEM). Simulations were carried out at three positions namely maximum height, maximum flat, and maximum depth. then the analysis is carried out using ANSYS 2022 R1 software. The results showed that the maximum stresses on the excavator boom were 325.96 MPa, 356.2 MPa and 245.43 MPa, respectively. Since the yield strength of the material on the excavator boom is 400 MPa, it can be concluded that the safety factor of the boom is still within safe limits. Fatigue life of the boom recorded in all three positions is 893,680 cycles, 682,120 cycles and 4,000,000 cycles or equivalent to the fatigue life of the excavator boom, namely, 4.5 years, 3.5 years, and 20 years.

Keywords : Boom, Strength, Finite Element Method, Fatigue Life, Excavator

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas Rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis telah menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S1 Teknik Mesin.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini pun tak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Ayahanda M. Rafe Nasution dan Almh. Ibunda Jumiati S,E. serta saudara-saudara penulis yang senantiasa memberikan doa serta dukungan kepada penulis.
3. M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi
4. Nicky Yongkimandalan S.T., M.M., M.T. selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
5. Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh karyawan PT Komatsu Indonesia yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan selama kegiatan.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2021 yang telah menemani, memberikan dukungan serta doa guna kelancaran penyelesaian proposal skripsi ini.

Dengan rendah hati penulis pun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan proposal skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dikemudian hari.

Jakarta, Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPETINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Hydraulic Excavator.....	9
2.3 Boom.....	10
2.4 Analisis Statik	10
2.4.1 Tegangan	11
2.4.2 Regangan.....	11
2.4.3 Kekuatan luluh	12
2.5 Fatigue.....	12
2.6 Gaya yang terjadi pada <i>Boom</i>	14
2.7 Metode Elemen Hingga.....	17
2.7.1 Pengertian Metode Elemen Hingga	17
2.7.2 <i>Meshing</i>	17
2.7.3 Jenis-Jenis Elemen	18

2.7.4	<i>Boundary Condition</i>	18
2.7.5	Verifikasi	20
BAB 3 METODE PENELITIAN		22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2	Diagram Alir.....	22
3.3	Studi Literatur	23
3.4	Perhitungan Pembebanan Pada <i>Excavator</i>	24
3.4.1	Kondisi Ketinggian Maksimum	25
3.4.2	Kondisi Datar Maksimum	31
3.4.3	Kondisi Kedalaman Maksimum.....	33
3.5	Desain Pada <i>Excavator</i>	34
3.6	Simulasi Pada <i>Excavator</i>	35
3.6.1	<i>Pre – Processing</i>	35
3.6.2	<i>Processing</i>	40
3.6.3	<i>Post Processing</i>	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Hasil Simulasi Tegangan Pada <i>Boom Excavator</i>	42
4.2	Hasil Simulasi Deformasi Pada <i>Boom Excavator</i>	43
4.3	Hasil Safety Factor Pada Boom Excavator	45
4.4	Hasil Simulasi Fatigue Pada Boom Excavator	46
4.5	Pembahasan Tegangan Yang Terjadi Pada <i>Boom Excavator</i>	48
4.6	Pembahasan Deformasi Yang Terjadi Pada <i>Boom Excavator</i>	51
4.7	Pembahasan Fatigue Yang Terjadi Pada Boom Exacavtor.....	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIYAWAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hydraulic Excavator	9
Gambar 2.2 Boom Hydraulic Excavator	10
Gambar 2.3 Diagram Tegangan dan Regangan	12
Gambar 2.4 Diagram metode Goodman dalam analisis Fatigue (Khurmi & Gupta, 2005a, hlm. 197).....	13
Gambar 2.5 Gaya Reaksi dan Arah Gaya pada Bucket Excavator	14
Gambar 2.6 Gaya Reaksi dan Arah Gaya pada Arm Excavator	15
Gambar 2.7 Gaya Reaksi dan Arah Gaya pada Boom Excavator	16
Gambar 2.8 Jenis-Jenis Elemen.....	18
Gambar 2. 9 Kurva konvergensi Mesh (Madier, 2020, h.164).	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Simulasi	23
Gambar 3.3 Gambar Kerja Excavator Posisi Ketinggian Maksimum Bucket (Digging Force).....	25
Gambar 3.4 Gambar Kerja Excavator Arm Ketinggian Maksimum	27
Gambar 3.5 Gambar Kerja Excavator Boom Posisi Ketinggian Maksimum	29
Gambar 3.6 Gambar Kerja Excavator Posisi Datar Maksimum.....	31
Gambar 3.7 Gambar Kerja Excavator Posisi Kedalaman Maksimum	33
Gambar 3.8 Model Boom Excavator 3D pada Software Solidworks	34
Gambar 3.9 Model 3D Boom Excavator milik PT. Komatsu Indonesia	35
Gambar 3.10 Kurva S-N Material Yang Digunakan Dalam Analisis	36
Gambar 3.11 Hasil Mesh Pada Boom Excavator	37
Gambar 3.12 Grafik Konvergensi Mesh.....	38
Gambar 3.13 Grafik element metric berdasarkan skewness.....	38
Gambar 3.14 Pemodelan Simulasi Jangkauan Ketinggian Maksimum.....	39
Gambar 3.15 Pemodelan Simulasi Jangkauan Datar.....	40
Gambar 3.16 Pemodelan Simulasi Jangkauan Kedalaman Maksimum	40
Gambar 4.1 Hasil Tegangan Maksimum Posisi Jangkauan Ketinggian Maksimum	42
Gambar 4.2 Hasil Tegangan Maksimum Posisi Jangkauan Datar Maksimum....	43
Gambar 4.3 Hasil Tegangan Maksimum Posisi Jangkauan Kedalaman Maksimum	43
Gambar 4.4 Hasil Deformasi Posisi Jangkauan Ketinggian Maksimum.....	44
Gambar 4.5 Hasil Deformasi Posisi Jangkauan Datar Maksimum	44
Gambar 4.6 Hasil Deformasi Posisi Jangkauan Kedalaman Maksimum	45
Gambar 4.7 Hasil Faktor Keamanan pada Jangkauan Ketinggian Maksimum...	45
Gambar 4.8 Hasil Faktor Keamanan pada Jangkauan Datar Maksimum.....	46
Gambar 4.9 Hasil Faktor Keamanan pada Jangkauan Kedalaman Maksimum ..	46
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Fatigue Life Pada Jangkauan Ketinggian Maksimum	47
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Fatigue Life Pada Jangkauan Datar Maksimum....	47

Gambar 4.12 Hasil Simulasi Fatigue Life Pada Jangkauan Kedalaman	
Maksimum	48
Gambar 4.13 Titik Kritis tegangan Boom Excavator Jangkauan Ketinggian	
Maksimum	50
Gambar 4.14 Titik Kritis Tegangan Boom Excavator Jangkauan Datar	
Maksimum	50
Gambar 4.15 Titik Kritis Tegangan Boom Excavator Jangkauan Kedalaman	
Maksimum	51
Gambar 4.16 Titik Kritis Fatigue Life Pada Boom Excavator Jangkauan Ketinggian Maksimum.....	53
Gambar 4.17 Titik Kritis Fatigue Life Pada Boom Excavator Jangkauan Datar	
Maksimum	54
Gambar 4.18 Titik Kritis Fatigue Life Pada Boom Excavator Jangkauan Datar	
Maksimum	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan enam penelitian terdahulu.....	8
Tabel 2.2 Jenis-Jenis Constraint (Madier, 2020, h.219)	19
Tabel 2.3 Nilai skewness dan kualitas sel (Ansys, Inc, 2010, h.115).....	20
Tabel 2.4 Parameter Nilai skewness	21
Tabel 3.1 Surface Vehicle – HydraulicExcavator and Backhoe Digging Force .	24
Tabel 3.2 Material properties SS 400	36
Tabel 3.3 Pengaturan Material SS 400 di Perangkat Lunak ANSYS 2022 R1	36
Tabel 3.4 Jumlah Nodes dan Elements Pada Boom Excavator	37
Tabel 3.5 Konvergensi Mesh Menggunakan Variasi 30mm-20mm	38
Tabel 3.6 Spesifikasi Komputer Yang Digunakan	41
Tabel 4.1 Tegangan Maksimum Boom Excavator.....	48
Tabel 4.2 Nilai Deformasi Pada Boom Excavator.....	51
Tabel 4.3 siklus fatigue pada boom excavator.....	53