



**SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD* PADA
VERTICAL PRESSURE VESSEL DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

MUHAMMAD ZAKY TAQILLAH SYUKUR

2110311027

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD* PADA
VERTICAL PRESSURE VESSEL DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

MUHAMMAD ZAKY TAQILLAH SYUKUR

2110311027

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Zaky Taqillah Syukur
NIM : 2110311027
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD*
PADA *VERTICAL PRESSURE VESSEL* DENGAN
MENGUNAKAN 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.



Budhi Martana, S.T., M.M.
Penguji Utama



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Penguji Lembaga



Sigit Pradana, 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 : 15 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Zaky Taqillah Syukur

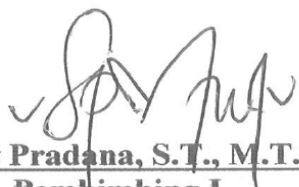
NIM : 2110311027

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD*
PADA *VERTICAL PRESSURE VESSEL* DENGAN
MENGUNAKAN 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,


(Sigit Pradana, S.T., M.T.)
Pembimbing I


(M. Arifudin Lukmana, S.T., MT.)
Pembimbing II

Mengetahui,


Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Zaky Taqillah Syukur

NIM : 2110311027

Program Studi : S1 Teknik Mesin

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

Jakarta, 16 Juli 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Zaky Taqillah Syukur

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama	: Muhammad Zaky Taqillah Syukur
NIM	: 2110311027
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: S1 Teknik Mesin

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

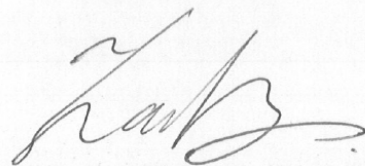
" SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD* PADA *VERTICAL PRESSURE VESSEL* DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA"

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, 16 Juli 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Zaky Taqillah Syukur

SIMULASI ANALISIS KEKUATAN *SHELL* DAN *HEAD* PADA *VERTICAL PRESSURE VESSEL* DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Muhammad Zaky Taqillah Syukur

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur pada bagian *shell* dan *head* dari *vertical pressure vessel* berbahan SA 516 Gr.70 menggunakan metode elemen hingga. Bejana tekan didesain dalam posisi vertikal dengan *ellipsoidal head* dan tekanan internal diberikan menggunakan fluida uap (*steam*). Simulasi dilakukan dengan dua skenario, yaitu tekanan diberikan secara langsung sebesar 0,225 MPa dan tekanan bertahap mulai dari 0,225 MPa, 0,450 MPa, hingga 0,675 MPa menggunakan pendekatan *time step*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada tekanan langsung 0,225 MPa, deformasi maksimum yang terjadi adalah 0,0186 mm, tegangan maksimum sebesar 5,880 MPa, dan regangan sebesar $2,94 \times 10^{-5}$ mm/mm dengan *safety factor* sebesar 15. Sementara pada simulasi bertahap hingga 0,675 MPa, deformasi maksimum mencapai 2,1451 mm, tegangan maksimum sebesar 17,672 MPa, dan regangan ekuivalen sebesar $3,88 \times 10^{-5}$ mm/mm dengan *safety factor* minimum sebesar 14,713. Dengan demikian, metode elemen hingga terbukti efektif dalam mengevaluasi kekuatan bejana tekan terhadap variasi tekanan internal.

Kata kunci: *pressure vessel*, *shell* dan *head*, metode elemen hingga, *time step*, *ASME Section VIII*, SA 516 Gr.70.

SIMULATION AND STRENGTH ANALYSIS OF SHELL AND HEAD ON A VERTICAL PRESSURE VESSEL USING THE FINITE ELEMENT METHOD

Muhammad Zaky Taqillah Syukur

Abstract

This study aims to analyze the structural strength of the shell and head components of a vertical pressure vessel made of SA 516 Gr.70 using the finite element method. The pressure vessel is designed in a vertical orientation with an ellipsoidal head, and internal pressure is applied using steam as the working fluid. The simulation is carried out under two scenarios: direct pressure application at 0.225 MPa and gradually increasing pressure from 0.225 MPa to 0.450 MPa and 0.675 MPa using a time-step approach. The simulation results indicate that under direct pressure of 0.225 MPa, the maximum deformation is 0.0186 mm, the maximum von mises stress is 5.880 MPa, and the equivalent strain is 2.94×10^{-5} mm/mm, with a safety factor of 15. In the stepped pressure simulation up to 0.675 MPa, the maximum deformation reaches 2.1451 mm, the maximum stress is 17.672 MPa, and the equivalent strain is 3.88×10^{-5} mm/mm, with a minimum safety factor of 14.713. Therefore, the finite element method is proven to be effective in evaluating the structural integrity of pressure vessels under varying internal pressure conditions.

Keywords : *pressure vessel, shell dan head, finite element methods, time step, ASME Section VIII, SA 516 Gr.70.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini dibuat dengan tujuan persyaratan akademis untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, di kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan berkah-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Ayah, Bunda, Kaka Ofi, Dede Naufa dan seluruh keluarga yang selalu mendoakan serta memberikan semangat kepada penulis.
3. Bapak Muhammad Sigit Pradana S.T, M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi
4. Bapak M. Arifudin Lukmana S.T, M.T. selaku dosen pembimbing II yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku kaprodi S1 Teknik Mesin yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
6. Dosen-dosen yang sudah mengajar dan menyalurkan ilmu-ilmu dasar maupun lanjutan kepada penulis selama berkuliah di Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
7. Fauzan, Kemal, Adan, Dary, Khalid, Bayu, Kevin, Bamto, Dane, Niko, Ibnu, Julianto, Diandra, Saphira, Najwa, Tegar, Ghalih, Roberkat dan seluruh teman-teman OPTIMIS 21 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang selalu memberi dukungan mental serta bimbingan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Gomes, Lutfi, Fikri, Anita dan seluruh rekan-rekan RCVJ yang telah memberikan penulis sebuah ide-ide dan juga membantu penulis dalam

meningkatkan semangat penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan penelitian skripsi ini, Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak di kemudian hari.

Jakarta, Juli 2025

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 <i>Pressure Vessel</i>	9
2.2.1 Pengertian <i>Pressure Vessel</i>	9
2.2.2 Jenis <i>Pressure Vessel</i> dan Cara Kerjanya	10
2.3 <i>ASME Section VIII Division 1</i>	12

2.3.1	Pengertian <i>ASME Division VIII Section I</i>	12
2.3.2	<i>Maximum Allowable Working Pressure</i>	14
2.3.3	<i>Maximum Allowable Stress</i>	15
2.3.4	SA 516 Gr.70	15
2.3.5	Ketebalan <i>Head</i> dan <i>Shell</i>	16
2.4	Metode Elemen Hingga.....	17
2.4.1	Pengertian Metode Elemen Hingga	17
2.4.2	<i>Meshing</i>	18
2.4.3	Jenis-jenis Elemen.....	19
2.4.4	Boundary Condition	20
2.4.5	Verifikasi.....	22
2.5	Analisis Statik	24
2.5.1.	Tegangan	24
2.5.2.	Regangan.....	25
2.5.3.	Deformasi	25
2.5.4.	<i>Von Mises Stress</i>	26
2.5.5.	<i>Safety Factor</i>	27
2.5.6.	<i>Time Step</i>	27
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Diagram Alir	29
3.2	Studi Literatur	32
3.3	<i>Design Pressure Vessel</i>	32
3.4	Simulasi Elemen Hingga.....	32
3.4.1	<i>Pre Processing</i>	32
3.4.2	<i>Processing</i>	40
3.4.3	<i>Post Processing</i>	41

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Kesesuaian Hasil Berdasarkan <i>ASME Section VIII Division 1</i>	42
4.1.1 Batas Tegangan yang Diizinkan (<i>Maximum Allowable Stress</i>)	42
4.1.2 Tekanan terhadap <i>MAWP</i>	43
4.2. Hasil Simulasi Tekanan Pada <i>Head</i> dan <i>Shell</i> Secara Langsung (0,225 Mpa)	43
4.2.1. Deformasi Total	43
4.2.2. Tegangan <i>Von Mises</i>	45
4.2.3. Regangan (<i>Strain Equivalent</i>)	46
4.2.4. <i>Safety Factor</i>	47
4.3. Hasil Simulasi Tekanan Pada <i>Head</i> dan <i>Shell</i> Secara Bertahap (0,225 – 0,450 – 0,675 Mpa)	48
4.3.1. Deformasi Total	49
4.3.2. Tegangan <i>Von Mises</i>	50
4.3.3. Regangan (<i>Strain Equivalent</i>)	52
4.3.4. <i>Safety Factor</i>	54
4.4. Perbandingan Hasil Simulasi Secara Langsung dan Bertahap.....	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Pressure Vessel	10
Gambar 2. 2 Skema Cara Kerja Pressure Vessel.....	12
Gambar 2. 3 Contoh Meshing	18
Gambar 2. 4 Jenis Meshing	19
Gambar 2. 5 Hexahedral dengan 8 node.....	19
Gambar 2. 6 Tetrahedral dengan 4 node.....	20
Gambar 2. 8 Kurva Konvergensi Mesh.....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Simulasi Secara Langsung	30
Gambar 3. 3 Diagram Alir Simulasi Bertahap (Time Step)	31
Gambar 3. 4 Model Pressure Vessel 3D Pada Software.....	32
Gambar 3. 5 Hasil Mesh pada Pressure Vessel	36
Gambar 3. 6 Grafik Konvergensi Mesh.....	37
Gambar 3. 7 Pressure Load pada Pressure	39
Gambar 3. 8 Gravity Load pada Pressure Vessel	39
Gambar 3. 9 Fix Constraint pada Legs Pressure Vessel.....	40
Gambar 4. 1 Total Deformasi Simulasi Secara Langsung	44
Gambar 4. 2 Tegangan von mises Simulasi Secara Langsung	45
Gambar 4. 3 Regangan Simulasi Secara Langsung.....	46
Gambar 4. 4 Safety Factor Simulasi Secara Langsung	47
Gambar 4. 5 Total Deformasi Simulasi Bertahap	49
Gambar 4. 6 Grafik Total Deformasi Secara Bertahap	50
Gambar 4. 7 Tegangan Von Mises Simulasi Bertahap.....	51
Gambar 4. 8 Grafik Tegangan Von Mises Simulasi Secara Bertahap.....	52
Gambar 4. 9 Regangan Simulasi Bertahap.....	53
Gambar 4. 10 Grafik Regangan Simulasi Bertahap	53
Gambar 4. 11 Safety Factor Simulasi Bertahap	54
Gambar 4. 12 Grafik Safety Factor Simulasi Bertahap	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Lima Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Mechanical Properties SA 516 Gr.70.....	16
Tabel 2. 3 Jenis-jenis Constraint (Madier, 2020)	21
Tabel 2. 4 Jenis-jenis Load (Madier, 2020).....	22
Tabel 2. 5 Nilai kualitas mesh berdasarkan skewness.....	23
Tabel 3. 1 Material Properties SA 516 Gr. 70.....	33
Tabel 3. 2 Fluid Properties	33
Tabel 3. 3 Maximum Allowable Stress menurut ASME Section VIII Divisi 1 ...	34
Tabel 3. 4 Data awal perhitungan MAWP	35
Tabel 3. 5 Jumlah elements dan nodes	36
Tabel 3. 6 Konvergensi Mesh Menggunakan Variasi 20 mm - 13 mm	37
Tabel 3. 7 Pressure Load	38
Tabel 3. 8 Spesifikasi Perangkat yang Digunakan	40
Tabel 4. 1 Data material SA 516 Gr.70	42
Tabel 4. 2 Data awal perhitungan MAWP	43
Tabel 4. 3 Hasil Data Total Deformasi Simulasi Secara Langsung	44
Tabel 4. 4 Hasil Data Tegangan von mises Simulasi Secara Langsung.....	45
Tabel 4. 5 Hasil Data Regangan Simulasi Secara Langsung.....	46
Tabel 4. 6 Perbandingan Hasil Data 2 Simulasi Merujuk Standar ASME Section VIII Division 1	56