

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	5
1.3.Batasan Masalah	5
1.4.Tujuan Penelitian	6
1.5.Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1. Bejana Tekan	14
3.2. Teori Tegangan	14
3.3.Teori Kegagalan	20
3.3.1. Teori Maksimum Normal <i>Stress</i>	21
3.3.2. Teori Maksimum <i>Shear Stress</i>	22
3.3.3. Teori Distorsi Energi (<i>Energy Distortions</i>)	23
3.4. Teori Kemiringan Elastis Ganda	25
3.5. Elemen Hingga (<i>Finite Element</i>)	26
3.5.1. Teori Pemodelan Elemen Hingga pada Bejana Tekan	27

3.5.2. Pemilihan Kriteria Kegagalan	33
3.6. Eksperimen dan Penelitian Sang dkk. (2010)	33
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	38
4.1. Diagram Alir Penelitian	38
4.2. Data Bejana Tekan	41
4.3. Pemodelan Tiga-Dimensi (3D)	42
4.4. Properti dan Bahan Material	43
4.5. Simulasi Elemen Hingga	43
4.6. Pembebanan Bertahap	44
4.7. Analisis Validasi	45
4.8. Variasi Tebal dan Diameter <i>Pad</i>	48
4.9. Analisis Hasil Simulasi dan Kesimpulan	48
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	51
5.1. Model Elemen Hingga	51
5.2. Hasil Validasi Model Elemen Hingga	54
5.3. Hasil Simulasi Elemen Hingga	55
5.3.1. Tegangan dan Deformasi	57
5.3.2. Penyebaran Area Plastis	60
5.4. Beban Batas Plastis (M_{pL}) Akibat Variasi Tebal Pad (T_p)	62
5.4.1. Model Bejana Tekan Dengan Tebal <i>Shell</i> T: 8 mm dan Tebal <i>Pad</i> Bervariasi	63
5.4.2. Model Bejana Tekan Dengan Tebal <i>Shell</i> T 10 mm dan Tebal <i>Pad</i> Bervariasi	68
5.4.3. Model Bejana Tekan Dengan Tebal <i>Shell</i> T 12 mm dan Tebal <i>Pad</i> Bervariasi	68
5.5. Pengaruh Tebal <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i> Terhadap M_{pL}	68
5.6. Beban Batas Plastis (M_{pL}) Akibat Variasi Diameter <i>Pad</i> (d_p)	70
5.6.1. Model Bejana Tekan Dengan Diameter Dalam <i>Nozzle</i> 86 mm Dan Diameter <i>Pad</i> Bervariasi	70
5.6.2. Model Bejana Tekan Dengan Diameter Dalam <i>Nozzle</i> 83 mm dan Diameter <i>Pad</i> Bervariasi	70

5.6.3. Model Bejana Tekan Dengan Diameter Dalam <i>Nozzle</i> 80 mm dan Diameter <i>Pad</i> Bervariasi	74
5.7. Pengaruh Diameter Dalam <i>Nozzle</i> Terhadap M_{pL}	75
5.8. Pengaruh Ketebalan <i>Shell</i> Terhadap M_{pL}	77
5.9. Pengaruh Perbedaan Arah Momen Terhadap M_{pL}	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	81
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. (a) Momen <i>Out-of-Plane</i> (b) Momen <i>In-Plane</i>	3
Gambar 3. 1. Diagram Tegangan - Regangan Material Ulet Baja	17
Gambar 3. 2. Tegangan Sirkumferensial pada Bejana Tekan Silinder Berdinding Tipis dengan Tegangan yang Diberikan	18
Gambar 3. 3. Tegangan Longitudinal pada <i>Shell</i> karena Tekanan Internal	19
Gambar 3. 4. Pemodelan Tegangan pada Bidang Elemen	21
Gambar 3. 5. Teori Maksimum Normal Stress	22
Gambar 3. 6. Teori Tresca	23
Gambar 3. 7. Teori Von Mises	24
Gambar 3. 8. Beban vs deformasi - kemiringan elastis ganda	25
Gambar 3. 9. Bejana Tekan Silinder dengan Tekanan Internal dan Eksternal, Beban Aksial (a) Silinder Tertutup (b) Penampang e-e	29
Gambar 3. 10. Tegangan pada Silinder Berdinding Tebal (a) Annulus Tipis Ketebalan dz (b) Elemen Volume Ketebalan dz	30
Gambar 3. 11. Sistem Pembebanan	35
Gambar 3. 12. Kurva beban-deformasi dari sensor 3 model eksperimen: (a) Bejana Tekan L1, (b) Bejana Tekan L2, (c) Bejana Tekan L3	36
Gambar 4. 1. Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4. 2. Diagram Benda Bebas Bejana Tekan	40
Gambar 4. 3. Geometri Bejana Tekan Silinder	41
Gambar 4. 4. (a) Model 3D Hasil <i>Assembly</i> (b) <i>Part Shell</i> (c) <i>Part Nozzle</i> (d) <i>Part lasan</i>	42
Gambar 4. 5. Geometri Lasan	43
Gambar 4. 6. Meshing Model	45
Gambar 4. 7. Pembebanan pada Model	46
Gambar 4. 8. Deformasi pada <i>nozzle</i> bejana tekan silinder akibat beban plastis	47
Gambar 4. 9. Grafik Beban Momen Eksternal terhadap Deformasi <i>Nozzle</i>	47

Gambar 4. 10. Posisi Pengamatan pada Model Sesuai dengan Penempatan Sensor pada Eksperimen Sang dkk (2010)	48
Gambar 5. 1. Pembagian Ukuran <i>Mesh</i> pada Model Bejana Tekan	51
Gambar 5. 2. Grafik Sebaran <i>Skewness Mesh</i> pada Dua Jenis Elemen	52
Gambar 5. 3. Permukaan kontak antara <i>shell</i> dan pad	52
Gambar 5. 4. Hubungan <i>shell</i> dan <i>nozzle</i> menyatu (<i>bonded</i>)	53
Gambar 5. 5. Titik Pengamatan Tegangan dan Regangan pada Model <i>FEA</i>	54
Gambar 5. 6. Sensor Simpangan pada Model <i>FEA</i>	54
Gambar 5.7 (a) Grafik Momen Batas Plastis Bejana Tekan pada Sensor 1.	56
Gambar 5.7 (b) Grafik Momen Batas Plastis Bejana Tekan pada Sensor 2	57
Gambar 5.7 (c) Grafik Momen Batas Plastis Bejana Tekan Pada Sensor 3	57
Gambar 5. 8. Tegangan Von Mises di Titik Pengamatan 1-5	58
Gambar 5. 9. Variasi Tegangan pada Beban Momen 8 kN.m.	59
Gambar 5. 10. Deformasi pada Bejana Tekan Akibat Pembebanan Momen 8 kN.m	60
Gambar 5. 11. Regangan Plastis Akibat Pembebanan Momen 8 kN.m	61
Gambar 5. 12. Fenomena <i>Buckling</i> Akibat Deformasi Plastis di Sambungan <i>Nozzle</i> dan <i>Shell</i> .	62
Gambar 5.13 (a) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder tanpa <i>Pad</i>	63
Gambar 5.13 (b) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 2 mm	64
Gambar 5.13 (c) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 4 mm	64
Gambar 5.13 (d) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 6 mm	65
Gambar 5.13 (e) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 8 mm	65
Gambar 5.13 (f) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 10 mm	66

Gambar 5.13 (g) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 12 mm	66
Gambar 5.13 (h) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 14 mm	67
Gambar 5.13 (i) Gambar Kurva Beban-Deformasi Bejana Tekan Silinder dengan <i>Pad</i> Setebal 16 mm	67
Gambar 5. 14. Grafik M_{pL} pada Berbagai Variasi Ketebalan <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i> .	69
Gambar 5. 15. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder Dengan d_i :86 mm, dengan Berbagai Variasi Diameter <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	72
Gambar 5. 16. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder Dengan d_i :86 mm, dengan Berbagai Variasi Luas Permukaan <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	72
Gambar 5. 17. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder dengan d_i :83 mm, dengan Berbagai Variasi Diameter <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	73
Gambar 5. 18. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder dengan d_i :83 mm, dengan Berbagai Variasi Luas Permukaan <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	74
Gambar 5. 19. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder dengan d_i :80 mm, dengan Berbagai Variasi Diameter <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	76
Gambar 5. 20. Grafik M_{pL} pada Bejana Tekan Silinder dengan d_i :80 mm, dengan Berbagai Variasi Luas Permukaan <i>Pad</i> dan Ketebalan <i>Shell</i>	76
Gambar 5. 21. Pengaruh variasi d_i dan d_p terhadap M_{pL}	77
Gambar 5. 22. Pengaruh variasi d_i dan A_p terhadap M_{pL}	78
Gambar 5. 23. Pengaruh variasi T dan T_p terhadap M_{pL}	79
Gambar 5. 24. Grafik Pengaruh Variasi Arah Beban pada <i>Nozzle</i> Terhadap M_{pL}	79

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas permukaan <i>pad</i>
a	= Radius dalam <i>shell</i>
b	= Radius luar <i>shell</i>
C	= Lambang unsur Carbon
$^{\circ}C$	= Suhu derajat celcius
D	= Diameter luar <i>shell</i>
D_i	= Diameter dalam <i>shell</i>
d_i	= Diameter dalam <i>nozzle</i>
d_p	= Lebar <i>pad</i>
E	= Modulus elastisitas
G	= Modulus geser
g	= Gravitasi
L	= Tinggi atau panjang bejana tekan
L_i	= Setengah tinggi bejana tekan
l	= Panjang <i>nozzle</i>
M_n	= Lambang unsur Mangan
n	= Faktor keamanan
P	= Tekanan internal pada <i>shell</i> , lambang unsur Fosforus
P_i	= Tekanan internal pada <i>shell</i>
P_1	= Tekanan internal
P_2	= Tekanan eksternal
q	= Beban
q_{limit}	= Beban batas
R	= Radius dalam dinding <i>shell</i>
r	= Radius dalam dinding <i>shell</i>
r_o	= Radius luar dinding <i>shell</i>
Si	= Lambang unsur Silikon
S_u	= Tegangan tarik <i>ultimate</i> material
S_y	= Tegangan luluh material
T	= Tebal <i>shell</i>
T_p	= Tebal <i>pad</i>
t	= Tebal <i>nozzle</i>

u_t	=	<i>Modulus of Toughness</i>
α	=	Koefisien panas
ε	=	Regangan
$\varepsilon_{\theta\theta}$	=	Regangan arah sirkumferensial
ε_{zz}	=	Regangan arah aksial
ν	=	<i>Poisson ratio</i>
ρ	=	Massa jenis
σ_a	=	Tegangan utama arah sumbu X
σ_b	=	Tegangan utama arah sumbu Y
σ_c	=	Tegangan utama arah sumbu Z
σ_r	=	Tegangan arah radial
σ_{rr}	=	Tegangan arah radial
σ_t	=	Tegangan arah tangensial/sirkumferensial
$\sigma_{\theta\theta}$	=	Tegangan arah tangensial/sirkumferensial
σ_{zz}	=	Tegangan arah aksial
τ	=	Tegangan geser
τ_{maks}	=	Tegangan geser maksimum
ΔT	=	Perbedaan temperatur

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Rangkuman penelitian pada pengaruh tebal & diameter	13
Tabel 3. 1. Dimensi model bejana tekan	34
Tabel 3. 2. Persentase komposisi kimiawi dan properti bahan	34
Tabel 3. 3. Momen batas plastis (MpL- k.Nm) hasil eksperimen	35
Tabel 3. 4. Beban multi-linear elastis-plastis	36
Tabel 3. 5. Momen batas plastis (MpL) hasil simulasi dalam k.Nm	37
Tabel 4. 1. Dimensi Model Bejana Tekan pada Penelitian	41
Tabel 4. 2. Data sifat mekanis baja Q235-A dan 20	44
Tabel 4. 3. Persentase komposisi kimia dan properti bahan	44
Tabel 4. 4. Pembebanan - Beban vs waktu	46
Tabel 4. 5. Geometri bejana tekan – variasi tebal <i>pad</i>	49
Tabel 4. 6. Geometri bejana tekan – variasi diameter <i>pad</i>	50
Tabel 5. 1. Tegangan dan regangan pada daerah sambungan <i>shell</i> dan <i>nozzle</i> .	55
Tabel 5. 2. Validasi M_{pL} hasil perhitungan dari beban-deformasi pada eksperimen dan simulasi FEA	56
Tabel 5. 3. Tegangan Von-Mises (σ) di masing masing titik pengamatan akibat pembebanan momen 8 kN.m.	58
Tabel 5. 4. Deformasi (δ) di masing masing titik pengamatan akibat pembebanan momen 8 kN.m.	60
Tabel 5. 5. Regangan (ϵ) di masing- masing titik pengamatan akibat pembebanan momen 8 kN.m.	61
Tabel 5. 6. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan T: 8 mm dan tebal pad bervariasi.	67
Tabel 5. 7. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan T: 10 mm dan tebal pad bervariasi.	68
Tabel 5. 8. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan T: 12 mm dan tebal pad bervariasi.	68

Tabel 5. 9. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan Di: 500 mm, t: 3 mm, di: 86 mm	71
Tabel 5. 10. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan Di: 500 mm, t: 3 mm, di: 83 mm	73
Tabel 5. 11. Momen batas plastis pada bejana tekan dengan Di: 500 mm, t: 3 mm, di: 80 mm	75