

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
<i>Abstrak</i>	v
<i>Abstract</i>	vi
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
BAB 2 DASAR TEORI	5
2.1. Klasifikasi struktur cangkang.....	5
2.2. Teori Klasik <i>Buckling Pressure</i> (p_{cr})	8
2.3. <i>Knockdown Factor</i> (Kd)	9
2.4. Teori cangkang nonlinear.....	11
2.5. Nonlinearitas Geometri	14
2.6. Ketidakterakutan geometri.....	16
2.7. Pengaruh <i>transverse shear deformation</i>	22
BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA.....	24
3.1. Pendahuluan	24
3.2. Formulasi elemen hingga elemen membran	26
3.3. Formulasi elemen hingga membran dengan <i>shear deformation</i>	27

3.4.	Analisis <i>linear buckling</i>	29
3.5.	Analisis nonlinear statik	31
3.6.	Metode elemen hingga nonlinear	32
3.7.	Langkah-langkah simulasi pada MIDAS	34
	1. Analisis cangkang sempurna (tanpa perturbasi)	34
	2. Analisis cangkang dengan perturbasi	39
3.8.	Diagram alir	41
BAB 4 STUDI KASUS.....		43
4.1.	Pendahuluan	43
4.2.	Variasi kedalaman pemotongan cangkang yang dimodelkan	45
4.3.	Validasi model elemen hingga	46
4.4.	Hasil analisis <i>knockdown factor</i>	48
	1. Studi kasus tebal 10 mm	48
	2. Studi kasus tebal 16 mm	50
	3. Studi kasus tebal 20 mm	51
	4. Studi kasus tebal 37 mm	52
	5. Studi kasus tebal 50 mm	54
	6. Komparasi <i>knockdown factor</i>	55
4.5.	Validasi <i>knockdown factor</i>	57
4.6.	Uji kompatibilitas <i>knockdown factor</i>	60
4.7.	Studi parametrik η	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		64
5.1.	Kesimpulan	64
5.2.	Saran.....	64
DAFTAR ACUAN		65
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Atap kubah Masjid Istiqlal	1
Gambar 1.2. Pemodelan cangkang	3
Gambar 2.1. Washington Dulles International Airport	5
Gambar 2.2. Nagoya Dome Baseball Stadium	5
Gambar 2.3 The Calgary Saddledome	6
Gambar 2.4 The Church of St. Aloysius	6
Gambar 2.5. Perbandingan <i>knockdown factor</i> berdasarkan konfigurasi	7
Gambar 2.6. Kurva <i>knockdown factor</i> (K_d) terhadap ketidaksempurnaan geometri berupa <i>initial displacement</i>	9
Gambar 2.7. Kurva <i>knockdown factor</i> yang dihasilkan akibat ketidaksempurnaan yang kecil (kiri) dan besar (kanan)	10
Gambar 2.8. Prediksi konservatif <i>knockdown factor</i> NASA dan persebaran dari hasil penelitian terdahulu	11
Gambar 2.9. Sebuah sistem dua batang dengan material yang berbeda ($E_1 = 2 E_2 = 2 E$) diberikan gaya tarik sebesar F	15
Gambar 2.10. Kurva <i>load-displacement</i> sistem	15
Gambar 2.11 Perbandingan grafik penurunan <i>buckling stress</i>	17
Gambar 2.12 Tangki air dengan bukaan untuk tutup tangki	17
Gambar 2.13 (a) Pemodelan atap tangki air dengan bukaan yang monolit dengan dinding tangki; (b) Perbandingan beban maksimum tangki dengan dan tanpa bukaan	18
Gambar 2.14. Perolehan kurva <i>knockdown factor</i> metode <i>eigenmode imperfection</i>	19
Gambar 2.15. Perolehan kurva <i>knockdown factor</i> metode <i>dimple imperfection</i> ..	20
Gambar 2.16. Perolehan kurva <i>knockdown factor</i> metode <i>perturbation cutout</i> ...	21
Gambar 2.17. Perbandingan kurva <i>knockdown factor</i> dengan metode SPCA dalam kondisi linear dan nonlinear, dan GNA	22

Gambar 3.1. Jenis-jenis elemen: (a) elemen garis (batang/balok); (b) elemen bidang (<i>plane stress/plane strain</i>); (c) elemen ruang (solid); (d) elemen simetri sumbu/ <i>axisymmetry</i>	25
Gambar 3.2. Elemen kuadrilateral 4 nodal.....	26
Gambar 3.3. Metode <i>arc length</i>	33
Gambar 3.4. Tampilan <i>window</i> membuat <i>2D Arc</i>	34
Gambar 3.5. Tampilan <i>window</i> membuat <i>mesh size</i>	36
Gambar 3.6. Tampilan <i>window</i> melakukan <i>revolve mesh</i>	37
Gambar 3.7. Model cangkang setelah diskritisasi dan pemasangan kondisi batas	38
Gambar 4.1. Geometri radius pemotongan	43
Gambar 4.2. Perbandingan <i>knockdown factor</i> linear dan nonlinear t = 10 mm....	49
Gambar 4.3. Perbandingan <i>knockdown factor</i> linear dan nonlinear t = 16 mm....	50
Gambar 4.4. Perbandingan <i>knockdown factor</i> linear dan nonlinear t = 20 mm....	51
Gambar 4.5. Perbandingan <i>knockdown factor</i> linear dan nonlinear t = 37 mm....	53
Gambar 4.6. Perbandingan <i>knockdown factor</i> linear dan nonlinear t = 50 mm....	54
Gambar 4.7. Perbandingan <i>linear knockdown factor</i> terhadap variasi tebal.....	56
Gambar 4.8. Perbandingan <i>nonlinear knockdown factor</i> terhadap variasi tebal...	56
Gambar 4.9. Perbandingan <i>nonlinear knockdown factor</i> terhadap variasi tebal...	57
Gambar 4.10. Eksplorasi <i>linear knockdown factor</i> t = 37 mm	58
Gambar 4.11. Eksplorasi <i>nonlinear knockdown factor</i> t = 37 mm	59
Gambar 4.12. Perbandingan <i>linear</i> dan <i>nonlinear knockdown factor</i> (t = 37 mm)	60
Gambar 4.13. Hubungan <i>knockdown factor minimum</i> terhadap η	62
Gambar 4.14. Hubungan <i>knockdown factor minimum</i> terhadap η (diperbesar)....	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi cangkang berdasarkan H/R.....	7
Tabel 2.2. Perbandingan p_{cr}/E <i>thin shell theory</i> dengan <i>Mindlin shell theory</i>	23
Tabel 3.1. Koordinat <i>2D Arc</i>	35
Tabel 3.2. Data material model	35
Tabel 3.3. Data properti model	36
Tabel 4.1. Model perturbasi yang digunakan pada setiap jenis ketebalan.....	46
Tabel 4.2. Perbandingan hasil <i>critical buckling pressure</i>	46
Tabel 4.3. Persentase galat MIDAS FEA terhadap nilai eksak.....	47
Tabel 4.4. Perbandingan konfigurasi dan geometri struktur	58
Tabel 4.5. Perbandingan konfigurasi dan geometri struktur	60
Tabel 4.6. Nilai minimum <i>knockdown factor</i> setiap ketebalan.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Knockdown factor</i> $t = 10$ mm	67
Lampiran 2. <i>Knockdown factor</i> $t = 16$ mm	67
Lampiran 3. <i>Knockdown factor</i> $t = 20$ mm	68
Lampiran 4. <i>Knockdown factor</i> $t = 37$ mm	69
Lampiran 5. <i>Knockdown factor</i> $t = 50$ mm	70
Lampiran 6. Model perturbasi dan kedalaman pemotongan	72

DAFTAR NOTASI

CR	lebar radius pemotongan / <i>cutout radius</i>
CR/R	perbandingan lebar radius pemotongan terhadap radius alas cangkang
E	modulus elastisitas (N/mm ²)
H	tinggi cangkang (mm)
H/R	perbandingan tinggi terhadap radius alas cangkang
Kd	<i>knockdown factor</i>
R	radius alas cangkang (mm)
p_{cr}	beban tekuk kritis / <i>critical buckling pressure</i> (N/mm ²)
p_{exp}	beban tekuk kritis aktual (N/mm ²)
t	tebal dinding cangkang (mm)
η	perbandingan radius alas terhadap tebal dinding cangkang (R/t)
μ	Poisson's ratio

Metode Elemen Hingga

A_e	luas elemen
B	matriks penghubung <i>strain – displacement</i>
B_b	matriks penghubung <i>strain – displacement</i> memperhitungkan lentur
B_s	matriks penghubung <i>strain – displacement</i> memperhitungkan geser
D	matriks penghubung <i>stress – strain</i> untuk material isotropis
H_x	matriks Boolean pada sumbu x
H_y	matriks Boolean pada sumbu y
L	panjang sisi elemen
K	matriks kekakuan elemen
K_G	matriks kekakuan geometris elemen
N	matriks fungsi bentuk
P	matriks fungsi bentuk memperhitungkan rotasi
d	matriks <i>displacement</i>
t	tebal elemen

u	matriks fungsi <i>displacement</i> sumbu x
v	matriks fungsi <i>displacement</i> sumbu y
u	<i>displacement</i> translasi nodal arah sumbu x
v	<i>displacement</i> translasi nodal arah sumbu y
w	<i>displacement</i> translasi arah sumbu z
x	matriks fungsi koordinat sumbu x
y	matriks fungsi koordinat sumbu y
x	koordinat nodal pada sumbu x
y	koordinat nodal pada sumbu y
ξ	koordinat nodal pada sumbu x natural
η	koordinat nodal pada sumbu y natural
θ_x	<i>displacement</i> rotasi nodal memutar sumbu x
θ_y	<i>displacement</i> rotasi nodal memutar sumbu y
κ	matriks kurvatur elemen
γ	matriks deformasi geser elemen
α	<i>eigenvalue</i> , faktor beban analisis <i>linear buckling</i>