

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul, **“Pengaruh Tebal Dinding dan Geometri Retak terhadap Distribusi *Stress Intensity Factor* pada *Spherical Pressure Vessel*”** ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan, petunjuk, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang baik ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak tersebut, antara lain:

1. Bapak Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin
3. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin
4. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konstruksi.
5. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku dosen pembimbing I yang telah memberi banyak pengetahuan, bimbingan dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Bapak Dr.Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan demi kesempurnaan penulisan skripsi.
7. Bapak Khairul Anam, ST., M.Sc. selaku dosen wali yang tiada henti memberikan dukungan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin.
8. Seluruh dosen pengajar serta staf Jurusan Teknik Mesin.
9. Kedua orang tua tercinta, Bapak Syamsul Hadi dan Ibu Nazila yang tiada henti mendoakan, memberi semangat dan motivasi kepada penulis.
10. Kakak-kakak sekalian yang telah banyak memberikan motivasi serta dorongan demi menjadi adik yang bisa membanggakan kedua orang tua.
11. Keponakan-keponakan tercinta yang sudah mengingatkan akan begitu pentingnya menyegerakan lulus.
12. Sahabat Konstruksi : Ibon, wahyu, ilman, lutfi, yusvari dan twestika terima kasih telah menemani berjuang dikonsentrasi konstruksi

13. Keluarga Besar Studio Gambar, Bapak Purnami, ST., MT. dan Ir. Endi Sutikno, MT. selaku Kepala Laboratorium selama saya menjadi asisten. Rekan-rekan asisten : Mas Gigih, Mas Wildan, Mas Husni, Mas Blonde, Mas Jating, Mas Arki, Mas Sony, Mas Andika, Mbak Andita, Mbak Anggi, Hammam, Kiki, Feli, Jihat, Farhan, TamTam, Fauzan, Samid, Lucky, Arel, Danar, Fadil, Tari dan Dinda. Terimakasih atas bantuan dan motivasinya.
14. Keluarga Besar Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Bapak Dr.Eng. Moch Agus Choiron, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium dan rekan-rekan asisten.
15. Saudara, sahabat, dan rekan seperjuangan Mesin 2011, terima kasih atas doa, kebersamaan dan solidaritas selama masa kuliah.
16. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya.
17. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang baik.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi kita semua khususnya penulis dan bagi para pembaca umumnya sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan kita bersama.

Malang, Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	3
2.2 Klasifikasi <i>Pressure Vessel</i>	4
2.3 Komponen <i>Pressure Vessel</i>	5
2.3.1 <i>Shell</i>	6
2.3.2 <i>Saddle</i>	7
2.3.3 <i>Nozzle</i>	7
2.3.4 <i>Flanges</i>	7
2.3.5 <i>Opening</i>	8
2.4 <i>Leak Before Break</i>	8
2.5 Mekanika Patahan (<i>Fracture Mechanics</i>).....	9
2.5.1 Mode Pembukaan Retak	10
2.5.2 Peningkatan Tegangan pada Ujung Retak	10
2.5.3 Metode <i>Linear Elastic Fracture Mechanics</i> (LEFM).....	11
2.5.4 Faktor Intensitas Tegangan	12
2.6 Kasus Spesial	13
2.7 Teori Kegagalan	15
2.7.1 Teori Tegangan Normal Maksimum	16
2.7.2 Teori Tegangan Geser Maksimum	16
2.7.3 Teori Distorsi Energi	16
2.8 Metode Elemen Hingga	18
2.8.1 Pemodelan Retak	19
2.8.2 <i>Software ANSYS Workbench</i>	20
2.9 Hipotesis	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Metode Penelitian	22
3.2 Variabel Penelitian.....	22
3.3 Data Material	23
3.4 Pemodelan <i>Shell</i> dan Retak	24



3.5	<i>Meshing</i>	25
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.7	Rencana Pengambilan Data	27
3.8	Diagram Alir Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Verifikasi Model	30
4.2	Data Hasil Simulasi	31
4.2.1	Kontur Distribusi <i>Stress Intensity Factor</i>	31
4.2.2	Grafik Distribusi <i>KI</i>	33
4.2.2.1	Distribusi <i>KI</i> untuk $t/R_i = 0.01 ; 0.01667 ; 0.05$ dengan Variasi a/c	33
4.2.2.2	Distribusi <i>KI</i> untuk $a/c = 0.125 ; 0.25 ; 0.5$ dengan Variasi t/R_i	35
4.3	Pembahasan	37
4.3.1	Pengaruh Geometri Retak (a/c) terhadap Distribusi <i>KI</i>	37
4.3.2	Pengaruh Tebal Dinding (t/R_i) terhadap Distribusi <i>KI</i>	40
BAB V PENUTUP		42
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran	42

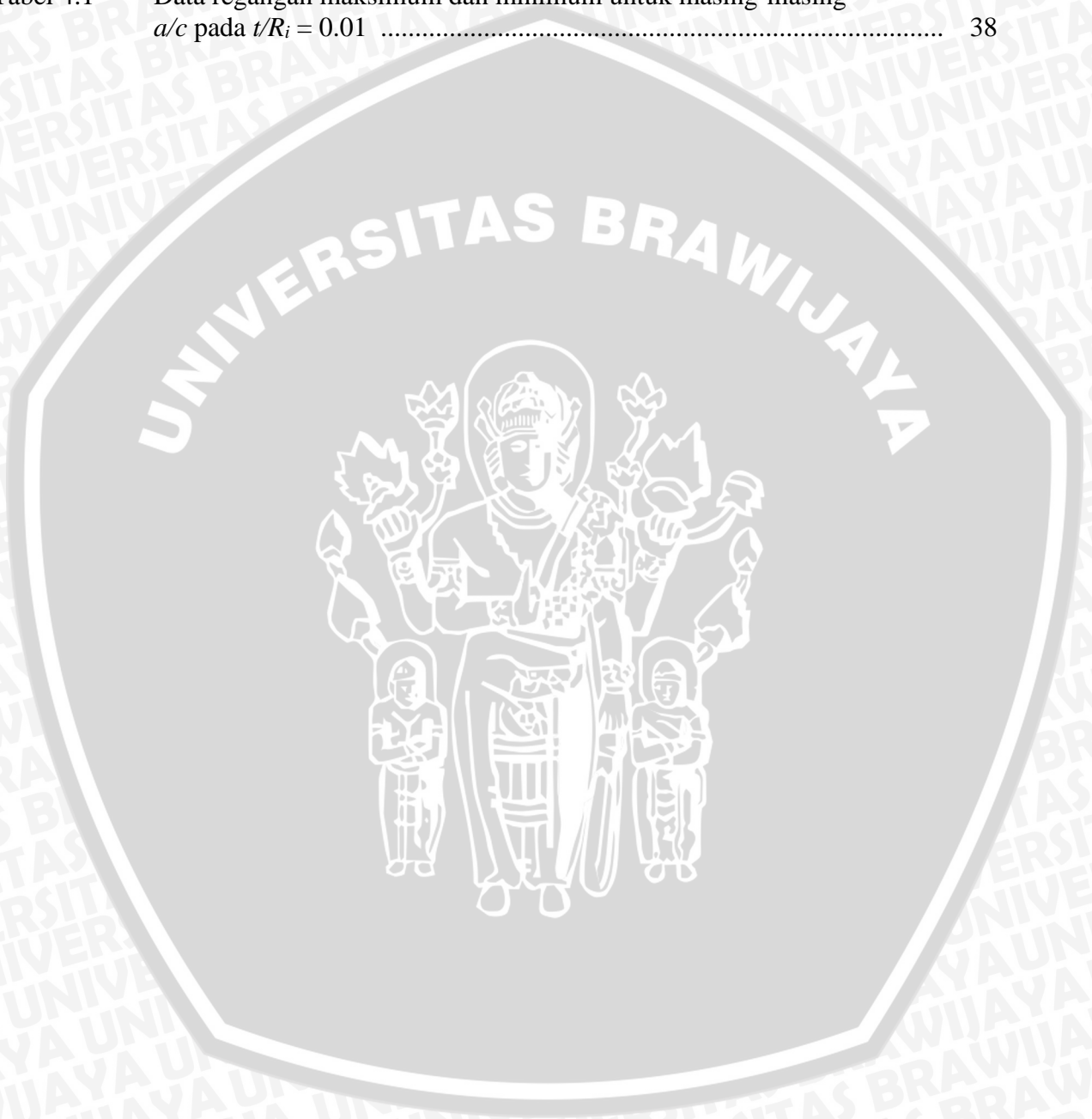
DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 3.1	Variasi ketebalan dan geometri retak	23
Tabel 3.2	<i>Material properties</i> untuk A517 Grade F	24
Tabel 3.3	Rencana bentuk tabel untuk pengambilan data	27
Tabel 4.1	Data regangan maksimum dan minimum untuk masing-masing <i>a/c</i> pada $t/R_i = 0.01$	38



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Pemodelan <i>corner crack</i> pada RPV.....	3
Gambar 2.2	Perbandingan distribusi tegangan antara (a) <i>thin shell</i> (b) <i>thick shell</i>	4
Gambar 2.3	(a) <i>cylindrical pressure vessels</i> (b) <i>spherical pressure vessels</i>	5
Gambar 2.4	Komponen utama <i>spherical pressure vessel</i>	5
Gambar 2.5	Bentuk dinding (<i>shell</i>) <i>spherical pressure vessel</i>	6
Gambar 2.6	Tegangan pada dinding <i>spherical pressure vessel</i>	6
Gambar 2.7	Sebuah retakan pada dinding <i>pressure vessel</i>	9
Gambar 2.8	Mode perpanjangan retak (a) tiga tipe dasar pembebanan (b) campuran pembebanan <i>mode I</i> dan <i>II</i>	10
Gambar 2.9	(a) lubang elips dengan beban tarik seragam (b) distribusi tegangan searah sumbu X dan Y daerah sekitar lubang	11
Gambar 2.10	<i>Plastic zone</i> pada ujung retak	12
Gambar 2.11	Sistem koordinat 3 dimensi untuk daerah ujung retak	12
Gambar 2.12	Visualisasi bentuk retak (a) <i>embedded crack</i> (b) <i>surface crack</i> (c) <i>corner crack</i>	14
Gambar 2.13	Perbandingan teori tegangan geser maksimum dengan teori distorsi energi ($\sigma_3 = 0$)	17
Gambar 2.14	Kriteria <i>Von Mises</i> untuk tegangan tiga dimensi	18
Gambar 2.15	Pemodelan retak (a) 2 dimensi (b) 3 dimensi	19
Gambar 2.16	Contoh elemen singular untuk model 3D	19
Gambar 3.1	Dimensi variabel bebas (mm)	22
Gambar 3.2	Pemodelan <i>pressure vessel</i> (a) sketsa 2D (b) isometri bola	24
Gambar 3.3	Posisi retak pada <i>pressure vessel</i>	25
Gambar 3.4	Mesh untuk pemodelan retak (a) parameter dalam <i>mesh</i> pemodelan retak (b) contoh <i>mesh</i> pemodelan retak.....	26
Gambar 3.5	<i>Mesh</i> daerah sekitar retak	26
Gambar 3.6	Diagram alir penelitian	28
Gambar 4.1	Pemodelan pada <i>ANSYS Workbench 14.5</i>	30
Gambar 4.2	Grafik hubungan sudut dan <i>KI</i> untuk perbandingan hasil <i>ANSYS Workbench 14.5</i> dan Persamaan Newman-Raju	31
Gambar 4.3	Pandangan atas dari hasil simulasi	31
Gambar 4.4	Kontur distribusi <i>KI</i> sepanjang garis retak	32
Gambar 4.5	Grafik hubungan sudut dan <i>KI</i> untuk $t/Ri = 0.01$ dengan variasi a/c	34
Gambar 4.6	Grafik hubungan sudut dan <i>KI</i> untuk $t/Ri = 0.01667$ dengan variasi a/c	34
Gambar 4.7	Grafik hubungan sudut dan <i>KI</i> untuk $t/Ri = 0.05$ dengan variasi a/c	35

Gambar 4.8	Grafik hubungan sudut dan KI untuk $a/c = 0.125$ dengan variasi t/R_i	36
Gambar 4.9	Grafik hubungan sudut dan KI untuk $a/c = 0.25$ dengan variasi t/R_i	36
Gambar 4.10	Grafik hubungan sudut dan KI untuk $a/c = 0.5$ dengan variasi t/R_i	37
Gambar 4.11	Grafik hubungan sudut dan regangan untuk $t/R_i = 0.01$ dengan variasi a/c	38
Gambar 4.12	Grafik hubungan jarak dan tegangan untuk distribusi tegangan di depan ujung retak ($\theta = 90^\circ$) pada $a/c = 0.125$ dengan variasi t/R_i	39
Gambar 4.13	Grafik hubungan jarak dan tegangan untuk distribusi tegangan di depan ujung retak ($\theta = 90^\circ$) pada $a/c = 0.25$ dengan variasi t/R_i	40
Gambar 4.14	Grafik hubungan jarak dan tegangan untuk distribusi tegangan di depan ujung retak ($\theta = 90^\circ$) pada $a/c = 0.5$ dengan variasi t/R_i	40
Gambar 4.15	Grafik hubungan sudut dan regangan untuk $a/c = 0.25$ dengan variasi t/R_i	41



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data nilai <i>stress intensity factor</i>	43
Lampiran 2	Kontur <i>equivalent plastic strain</i> sepanjang garis retak	46
Lampiran 3	Kontur distribusi tegangan pada daerah sekitar garis retak	48
Lampiran 4	Data distribusi tegangan di depan ujung retak ($\theta = 90^\circ$)	50
Lampiran 5	Kontur distribusi tegangan di depan ujung retak ($\theta = 90^\circ$)	53



RINGKASAN

Yogi Firmansyah, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, April 2016, *Pengaruh Tebal Dinding dan Geometri Retak terhadap Distribusi Stress Intensity Factor pada Spherical Pressure Vessel*, Dosen Pembimbing : Djarot B. Darmadi dan Anindito Purnowidodo

Merancang suatu *shell* dari *pressure vessel* untuk menghindari terjadinya *fracture* adalah sangat penting. Sektor perindustrian adalah pengguna *pressure vessel* terbesar dibandingkan sektor yang lain, oleh karena itu diperlukan ketelitian dalam tahap desain. Banyak faktor yang bisa menyebabkan kegagalan pada *pressure vessel*, kebanyakan cacat yang ditemui pada komponen struktur adalah retak pada permukaan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis *stress intensity factor* yang merupakan salah parameter penting dalam analisis retak dengan diasumsikan bahwa pada dinding *pressure vessel* terdapat cacat berupa *surface crack*. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tebal dinding dan geometri retak terhadap distribusi *stress intensity factor* sepanjang garis retak pada dinding *spherical pressure vessel*.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental semu dengan simulasi menggunakan *software ANSYS Workbench 14.5 Static Structural* yang berbasis metode elemen hingga. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu perbandingan tebal dinding (t) dan radius dinding dalam (R_i) sebesar 0.01, 0.01667 dan 0.05 serta perbandingan kedalaman retak (a) dan panjang retak (c) sebesar 0.125, 0.25 dan 0.5. Kedalaman retak dibuat sama untuk semua pemodelan yaitu 0.4 kali dari tebal dinding dengan *internal pressure* berbeda tiap ketebalan sehingga menghasilkan *uniform stress* sebesar 300 MPa untuk semua ketebalan. Material yang digunakan yaitu baja A517 Grade F dan pemodelan material yang dipakai adalah *bilinear isotropic hardening* dengan memasukkan *material propeties* berupa *modulus young*, *poisson's ratio*, *yield stress*, dan *tangent modulus*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar perbandingan tebal dinding dan radius dinding dalam dengan perbandingan kedalaman retak dan panjang retak yang sama maka distribusi *stress intensity factor* akan semakin besar pula. Semakin besar perbandingan kedalaman retak dan panjang retak dengan perbandingan tebal dinding dan radius dinding dalam yang sama maka distribusi *stress intensity factor* akan semakin besar pula. Nilai *stress intensity factor* maksimal untuk masing-masing pemodelan berada pada titik terdalam retak atau pada sudut 90° . Terdapat pengecualian untuk variasi perbandingan tebal dinding dan radius dinding dalam 0.05 dengan perbandingan kedalaman retak dan panjang retak 0.125 dimana *stress intensity factor* maksimal berada pada sudut -26° sekaligus merupakan nilai *stress intensity factor* maksimal dari semua pemodelan yaitu sebesar 129.7 MPa m.

Kata kunci : *spherical pressure vessel*, tebal dinding, geometri retak, *stress intensity factor*