

**PENGAJIAN KELAYAKAN OPERASI
DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN PLENUM
REGENERATOR FLUID CATALYTIC CRACKING**

SKRIPSI

Oleh

ULIL AMRI NIZHAMUL

04 04 04 069 Y



**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

GENAP 2007 / 2008

**PENGAJIAN KELAYAKAN OPERASI
DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN PLENUM
REGENERATOR FLUID CATALYTIC CRACKING**

SKRIPSI

Oleh

ULIL AMRI NIZHAMUL

04 04 04 069 Y



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

GENAP 2007 / 2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

PENGAJIAN KELAYAKAN OPERASI DAN SISA UMUR PAKAI KOMPONEN PLENUM REGENERATOR FLUID CATALYTIC CRACKING

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 16 Juli 2008

Ulil Amri Nizhamul

NPM 04 04 04 069Y

PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

**PENGAJIAN KELAYAKAN OPERASI DAN SISA UMUR PAKAI
KOMPONEN PLENUM REGENERATOR FLUID CATALYTIC
CRACKING**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 9 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 16 Juli 2008

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Phil.Eng.

Dr. Ir. Triwibowo, M.Sc.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Triwibowo, M.Sc.

Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Phil.Eng.

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan- rekan yang telah membantu kelancaran penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Papa, Mama, dan Keluarga
2. Bapak Joni LUK
3. Bapak Ogi LUK
4. Bapak Marman LUK
5. Bapak Maman LUK
6. Bapak Dadang Hermawan LUK
7. Deni Ferdian Metal UI
8. Bapak Sukandar LUK
9. Teman – Teman Angkatan 2004
- 10.dll

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
BAB II. LANDASAN TEORI	4
2.1 KELAYAKAN OPERASI (<i>FITNESS-FOR-SERVICE</i>)	4
2.2 PENENTUAN UMUR SISA (<i>REMAINING LIFE</i>)	6
2.1.1. Umur Desain Komponen	7
2.3 BEJANA TEKAN (<i>PRESSURE VESSEL</i>)	8
2.3.1 Kegunaan Pressure Vessel	9
2.3.2 Metode dan Material Konstruksi	9
2.3.3 Inspeksi pada Bejana Tekan	11
2.3.4 Penyebab Kerusakan	12
2.4 <i>FLUID CATALYTIC CRACKING</i>	15
2.5 CREEP	16
2.5.1 Tahapan Creep	16

2.5.2	Mekanisme Creep	17
2.5.3	Creep Fracture	19
2.5.4	Penentuan Umur Sisa Berdasarkan Klasifikasi Void	20
2.6	<i>AUSTENITIC STAINLESS STEEL</i>	21
2.6.1	Fenomena Perlakuan pada Temperatur Tinggi pada <i>Austenitic Stainless Steel</i>	22
2.7	<i>FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)</i>	25
2.7.1	Prinsip Kerja Finite Element Analysis	26
2.8	<i>FAILURE ASSESSMENT DIAGRAM (FAD)</i>	27
2.8.1.	Parameter FAD	27
2.8.2.	Konstruksi dan Aplikasi diagram FAD	28
BAB III.	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1	METODOLOGI PENELITIAN	34
3.2	ALAT DAN BAHAN	36
3.3	PROSEDUR PENELITIAN	37
3.3.1	Pengumpulan Data dan Informasi	37
3.3.2	Analisis Data Pengujian Awal	37
3.3.3	Analisa Tegangan	37
3.3.4	Pengujian Tak Merusak	38
3.3.5	Pengujian Insitu Metalografi	39
3.3.6	Pengujian Kekerasan	40
3.3.7	Pengujian Tarik	41
BAB IV.	HASIL	42
4.1	DATA TEKNIS	42
4.2	PENGAMATAN VISUAL	43
4.3	ANALISA TEGANGAN	45
4.4	PENGUJIAN TANPA MERUSAK	46
4.4.1	<i>Pentrant Testing</i>	46
4.4.2	<i>Ultrasonic Testing</i>	46
4.5	PENGUJIAN INSITU METALOGRAFI	48
4.6	PENGUJIAN KEKERASAN	50
4.7	PENGUJIAN TARIK	50
BAB V.	PEMBAHASAN	52
5.1	KARAKTERISITIK MATERIAL	52
5.1.1	Analisa Kekuatan Tarik Temperatur Tinggi	52
5.1.2	Analisa Mikrostruktur (Metalografi) dan Analisa	54

5.2 PENGKAJIAN UMUR SISA <i>SHELL PLENUM</i> RFCCU	56
5.2.1 Pengkajian Umur Sisa Berdasarkan Investigasi Mikrostuktur	56
5.2.2 Pengkajian Umur Sisa Berdasarkan Akumulasi Kerusakan Material	58
5.3 PENGKAJIAN KELAYAKAN OPERASI (<i>FITNESS FOR SERVICE</i>) KOMPONEN <i>SHELL PLENUM</i> RFCCU	67
BAB VI . KESIMPULAN	76
DAFTAR ACUAN	77
LAMPIRAN	

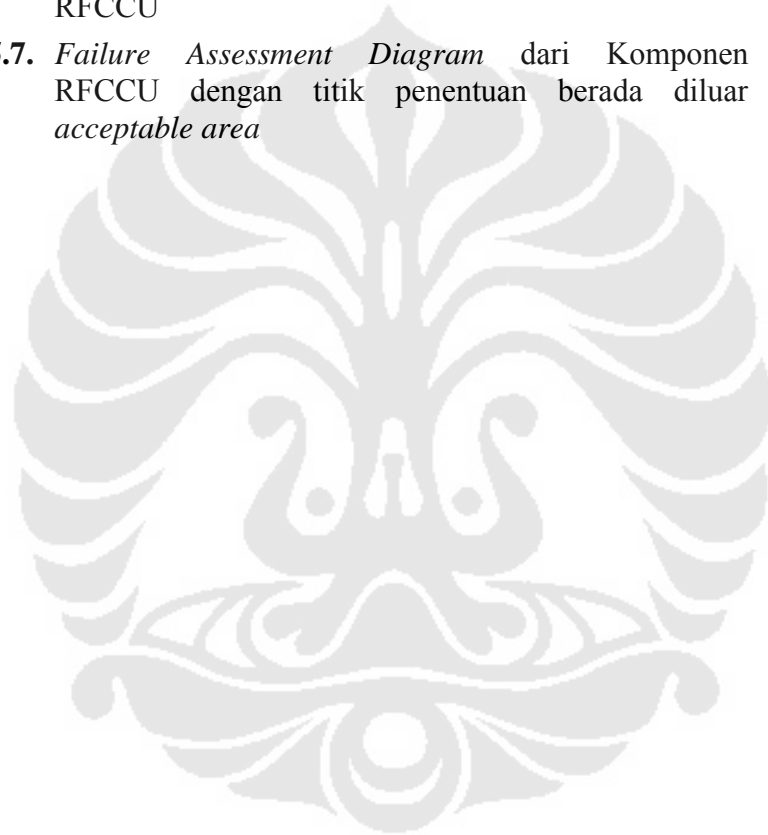


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Prosedur <i>fitness-for-service</i> berdasarkan tipe cacat atau mekanisme kerusakannya.	6
Gambar 2.2. (a) permukaan logam las	10
(b) prinsip pelapisan kepingan	10
Gambar 2.3. Stress Corrosion Cracking	13
Gambar 2.4. Skematis Komponen Fluid Catalytic Cracking Unit	15
Gambar 2.5. Kurva creep yang menunjukkan tahapan terjadinya	17
Gambar 2.6. Mekanisme <i>Diffusion Creep</i>	17
Gambar 2.7. Mekanisme <i>Dislocation Creep</i>	18
Gambar 2.8. Mekanisme retak pada batas butir:	19
(a) retak <i>triple-junction</i>	19
(b) void pada partikel	19
Gambar 2.9. Penentuan umur creep berdasarkan klasifikasi void	20
Gambar 2.10. Hubungan antara klasifikasi kerusakan dengan creep-life fraction untuk Baja 1/4Cr –1/2Mo	21
Gambar 2.11. Perbandingan ketahanan creep dari <i>austenitic stainless steel</i>	22
Gambar 2.12. Batas butir endapan $M_{23}C_6$ di austenitic stainless steel, didapat dengan <i>transmission electron microscopy</i> , TEM	23
Gambar 2.13. <i>Secondary Recrystallization</i> dilihat dengan mikroskop optik pada austenitic stainless steel setelah annealing.	24
Gambar 2.14. a) model asli komponen	25

b) komponen yang dilakukan meshing	25
c) komponen dilakukan perhitungan dengan <i>finite elem.</i>	25
Gambar 2.15. FAD (kurva R6) yang diajukan oleh United Kingdom Central Electricity Generating Board (CEGB)	28
Gambar 2.16. Skeme alur <i>Fitness For Service</i> untuk cacat retak dengan menggunakan <i>Failure Assessment Diagram</i> (FAD)	29
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian (Karakterisasi Awal Komponen RFCCU)	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Pengkajian Kelayakan Operasi dan Pengkajian Umur Sisa RFCCU)	35
Gambar 3.3. Plant RFCCU	37
Gambar 3.4. Unit RFCCU	37
Gambar 3.5. Perlengkapan Komputer untuk <i>Finite Element Method</i> dengan menggunakan software NASTRAN	38
Gambar 3.6. (a) <i>Alat Uji Ultrasonic</i> (b) <i>Alat Penetrant Testing</i>	39
Gambar 3.7 <i>Trancopy Foil</i>	40
Gambar 3.8. (a) Mikroskop Optik (b) Sampel <i>replica</i> pada <i>trancopy foil</i>	40
Gambar 3.9 Alat uji kekerasan portable, <i>Equotip Hardness Tester</i>	40
Gambar 3.10. Spesimen Uji Tarik pada temperatur tinggi (690°C)	41
Gambar 3.11. Alat uji tarik temperatur tinggi	41
Gambar 4.1. <i>Manhole</i> salah satu access menuju lokasi area <i>cyclone</i>	43
Gambar 4.2. Sistim penomoran abjad pada <i>cyclone</i>	43
Gambar 4.3. Orientasi 5-2 nd <i>Cyclones of Plenum of FCC</i>	43
Gambar 4.4. Sketsa <i>Regenerator Fluid Cracking Catalytic Unit</i> (RFCCU)	44
Gambar 4.5 Sketsa Shell Plenum yang dilakukan pengujian <i>dye penetrant</i>	44
Gambar 4.6. Model <i>Regenerator Fluid Catalytic Cracking Unit</i> (RFCCU).	45
Gambar 4.7 Distribusi tegangan pada Shell Plenum RFCCU menggunakan program Nastran untuk temperatur 690°C (operasi normal)	45
Gambar 4.8 Foto Mikrostruktur Shell Plenum RFCCU pada posisi 1- 8	48
Gambar 4.9 Foto Mikrostruktur Shell Plenum RFCCU pada posisi 9 - 14	49
Gambar 4.10 Kurva Tegang-Regang Baja Tahan Karat 304H pada temperatur 680°C	51

Gambar 4.11	Kurva Tegang-Regang Baja Tahan Karat 304H pada temperatur 695 ^o C	51
Gambar 5.1.	Kurva True Stress – Strain Temperatur 680 ^o C	53
Gambar 5.2.	Kurva True Stress – Strain Temperatur 695 ^o C	53
Gambar 5.3.	Perbandingan kekerasan dari berbagai macam posisi pada RFCCU dan perbandingan dengan literatur	54
Gambar 5.4.	Pengkajian umur creep berdasarkan klasifikasi void	56
Gambar 5.5.	Retak jenis <i>surface-wall</i> yang telah yang terjadi pada RFCCU	68
Gambar 5.6.	<i>Failure Assessment Diagram</i> dari Komponen RFCCU	74
Gambar 5.7.	<i>Failure Assessment Diagram</i> dari Komponen RFCCU dengan titik penentuan berada diluar <i>acceptable area</i>	75



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1	Pengujian Penetran 39
Tabel 4.1	Data Teknis Shell Plenum RFCCU 42
Tabel 4.2	Kondisi Operasi Shell Plenum RFCCU 42
Tabel 4.3	Hasil <i>Penetrant Testing</i> 46
Tabel 4.4	Ketebalan Shell Plenum hasil pengujian Tak Merusak Ultrasonik 47
Tabel 4.5	Keterangan Foto Mikrostruktur gambar 4.8 & 4.9 posisi No.1-14 49
Tabel 4.6	Hasil Uji Kekerasan Pada Shell Plenum 50
Tabel 4.7	Nilai <i>yield stress</i> (σ_{ys}) dan <i>Ultimate Tensile Stress</i> (σ_{UTS}) untuk setiap temperatur uji 50
Tabel 5.1	Perbandingan Uji Tarik Temperatur Tinggi material AISI 304H 52
Tabel 5.2	Klasifikasi kelas creep void dan tindakan yang perlu dilakukan 57
Tabel 5.3	Sejarah Operasi Komponen RFCCU 58
Tabel 5.4	Fraksi Umur Berdasarkan Kekuatan Putus Rata - Rata 60
Tabel 5.5	Fraksi Umur Berdasarkan Kekuatan Putus Minimum 60
Tabel 5.6	Estimasi Umur Sisa Berdasarkan fraksi umur sisa berdasarkan kekuatan putus rata-rata 61
Tabel 5.7	Estimasi Umur Sisa Berdasarkan fraksi umur sisa berdasarkan kekuatan putus minimum 64
Tabel 5.8	Fraksi Umur Berdasarkan Kekuatan Putus Rata - Rata 65
Tabel 5.9	Fraksi Umur Berdasarkan Kekuatan Putus Minimum 65
Tabel 5.10	Sifat material komponen RFCCU 68
Tabel 5.11	Sifat Material diambil dari kurva <i>true stress-strain</i> 73

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Standart Sampel Uji Tarik	80
Lampiran 2 Kurva Tegang –Regang Hasil Uji Tarik Temperatur Tinggi	81
Lampiran 3 Hasil Pengujian Ketebalan Menggunakan <i>Ultrasonic Testing</i>	82
Lampiran 4 Hasil Pengujian <i>Penetrant Testing</i>	84
Lampiran 5 Kurva Tegangan (Larson Miller Paramter) untuk ASTM A 213, ASTM A 271, ASTM A 312 and ASTM A 376types 304 and 304H (18Cr-8Ni) stainless steels	86
Lampiran 6 Foto Inspeksi RFCCU	87
Lampiran 7 Uji Komposisi Material RFCCU	91

DAFTAR SINGKATAN

ASM	American Society for Metal
ASME	American Society Of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
API	American Petroleum Institute
CEGB	Central Electricity Generating Board
JIS	Japanese International Standart



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
T	Ketebalan	Mm
R_o	Jari – jari dalam	Mm
R_i	Jari – jari luar	Mm
σ_{primary}	Tegangan Primer	MPa
σ_{SR}	Tegangan Sekunder	MPa
σ_{ys}	Tegangan Yield	MPa
σ_{uts}	Tegangan <i>Ultimate Tensile Strength</i>	MPa
K_{mat}	Ketangguhan Material	(MPa $\sqrt{\text{m}}$)
$2c$	Panjang Retak	Mm
a	Kedalaman Retak	Mm
X	Koordinat jari – jari permukaan komponen	
θ	Setengah Sudut Retak	Derajat
A	Potongan Melintang Retak (mm)	Mm
P_m	Tegangan Membran Primer	MPa
σ_{ref}	Tegangan Referensi (Mpa)	MPa
L_f^P	Rasio Pembebanan	
σ_{ref}^P	Tegangan Referensi Primer	MPa
$\sigma_{\text{ref}}^{\text{SR}}$	Tegangan Referensi Sekunder	MPa
K_I^P	Intensitas Tegangan Primer	(MPa $\sqrt{\text{m}}$)
K_I^{SR}	Intensitas Tegangan Sekunder	(MPa $\sqrt{\text{m}}$)
φ	Sudut Eliptikal	
G_o	<i>influence coefficients</i>	
S_{srf}	faktor reduksi tegangan sekunder dan residual	
Φ_o	faktor koreksi	