

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN TESIS TIM PENGUJI	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xv
INTISARI	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1. Boiler	12
3.1.1 Siklus Boiler PLTU Unit 3	12
3.1.2 Bagian Penyusun Boiler	14
3.1.3 Material <i>Tube</i> PLTU	15
3.1.4 Mekanisme Penguatan Material Logam	19
3.2. Mode Kegagalan Boiler	21
3.2.1. <i>Fracture</i>	22
3.2.2. <i>Fatigue</i>	25
3.2.3. <i>Creep</i>	26
3.2.4. <i>Corrosion</i>	29

3.3. Kegagalan Boiler	30
3.3.1 <i>Overheating</i>	30
3.4. Analisa Kegagalan	33
3.5. <i>Remaining Life Assessment</i>	33
3.6. Pengujian Material	34
BAB IV METODE PENELITIAN	44
4.1 Bahan Penelitian	44
4.2 Peralatan Penelitian	45
4.3 <i>Flowchart</i> Penelitian	50
4.4 Tahapan Penelitian	51
4.4.1 Identifikasi Masalah, Observasi Lapangan dan Studi Literatur	51
4.4.2 Pengambilan Sampel Material & Data Operasi	51
4.4.3 Pengamatan Visual	53
4.4.4 Pengukuran Radius <i>Tube</i>	53
4.4.5 Persiapan Spesimen	53
4.4.6 Pengujian Ketebalan <i>Tube</i>	53
4.4.7 Pengujian Kekerasan <i>Tube</i>	54
4.4.8 Pengujian Struktur Mikro (Metalografi)	54
4.4.9 Pengujian Komposisi Kimia	55
4.4.10 Pengujian Tarik	55
4.4.11 Pengujian <i>Creep Rupture</i>	56
4.4.12 Analisa Data	56
4.4.13 Kesimpulan dan Saran	56
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	57
5.1 Tinjauan Umum Hasil Pengujian dan Analisis	57
5.2 Karakterisasi Material dan Evaluasi Sifat Mekanik	58
5.2.1 Inspeksi Visual <i>Tube</i>	58
5.2.2 Pengukuran Radius <i>Lower Waterwall Tube</i>	59
5.2.3 Pengukuran Ketebalan <i>Lower Waterwall Tube</i>	61
5.2.4 Pengujian Komposisi Material <i>Lower Waterwall Tube</i>	62
5.2.5 Pengujian Kekerasan <i>Lower Waterwall Tube</i>	64

5.2.6 Pengujian Tarik <i>Waterwall Tube</i>	66
5.2.7 Pengujian Mikrostruktur <i>Waterwall Tube</i>	67
5.3 Mekanisme Kegagalan <i>Waterwall Tube</i>	73
5.4 Sisa Umur <i>Lower Waterwall Tube</i>	75
5.4.1 Pengujian <i>Creep Rupture</i>	75
5.4.2 Estimasi Sisa Umur Berbasis <i>Hoop Stress</i> dan LMP	77
5.4.3 Evaluasi Metalografi Spesimen Setelah Pengujian <i>Creep</i>	80
5.4.4 Hubungan <i>Rupture Allowable Stress</i> dan Temperatur Operasi	81
BAB VI	84
PENUTUP	84
6.1 Kesimpulan	84
6.2 Rekomendasi dan Saran	84
LAMPIRAN	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kebocoran Waterwall tube Boiler PLTU Unit 3	3
Gambar 3.1 Boiler PLTU Unit 3	13
Gambar 3.2 Diagram Fasa Besi - Karbon	16
Gambar 3.3 Fasa Besi-Karbon	17
Gambar 3.4 Patah Ulet Material	23
Gambar 3.5 Patahan Getas	24
Gambar 3.6 <i>Granular Crack</i>	25
Gambar 3.7 Patahan pada Poros Baja Berputar	26
Gambar 3.8 Kurva Laju <i>Creep</i>	28
Gambar 3.9 Pengaruh σ dan T terhadap Perilaku <i>Creep</i>	28
Gambar 3.10 Tegangan vs Umur hingga <i>Rupture</i> Paduan S-590	29
Gambar 3.11 Uji kekerasan mikro Vickers	35
Gambar 3.12 Bentuk Spesimen Standar Uji Tarik	38
Gambar 3.13 Skematik Alat Uji Tarik	39
Gambar 3.14 Mesin Uji <i>Creep</i> di B2TKS-BPPT	41
Gambar 3.15 Benda Uji Berdasarkan Standar Mesin Uji <i>Creep</i>	41
Gambar 3.16 Grafik <i>LMP & Hoop Stress Tube Wrought Alloy Steel</i>	42
Gambar 4.1 Potongan <i>Waterwall tube Overheating</i> PLTU Unit 3	44
Gambar 4.2 Mistar dan Pita Ukur	45
Gambar 4.3 <i>Cutting Machine</i>	46
Gambar 4.4 Mesin <i>Struers Laboforce 100 Grinder & Polisher</i>	46
Gambar 4.5 Alat Uji Kekerasan FLV-50 AR	47
Gambar 4.6 Alat <i>Spectrometer PMI Master Smart</i>	47
Gambar 4.7 Alat Uji Ketebalan Olympus 38DL	48
Gambar 4.8 Alat Uji Metalografi Olympus DP23	48
Gambar 4.9 Mesin Uji Tarik Galdabini	49
Gambar 4.10 Mesin <i>Creep Rupture Test Mayes</i>	49
Gambar 4.11 <i>Flowchart</i> Penelitian	50
Gambar 4.12 Titik Uji Ketebalan	54
Gambar 4.13 Titik Uji Kekerasan	54
Gambar 4.14 Titik Uji Metalografi	55
Gambar 4.15 Titik Uji Komposisi Material	55
Gambar 5.1 Spesimen <i>Overheating Lower Waterwall Tube</i>	58
Gambar 5.2 Pengukuran Radius <i>Lower (crack) & Normal Tube</i>	60
Gambar 5.3 Pengukuran Ketebalan <i>Waterwall Tube</i>	61
Gambar 5.4 Pengujian Kekerasan	64
Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Kekerasan <i>Tube</i>	64
Gambar 5.6 <i>Grain Size Distribution Lower Tube</i>	71
Gambar 5.7 Bagan Mekanisme Kegagalan <i>Lower Waterwall Tube</i>	74
Gambar 5.8 Grafik <i>LMP Lower Tube Crack</i>	78
Gambar 5.9 Grafik <i>Rupture Allowable Stress Lower Tube Crack</i>	82

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kegagalan Waterwall Tube Boiler PLTU Unit 3	3
Tabel 2.1 Matriks Kajian Pustaka Keterbaruan Penelitian	8
Tabel 3.1 Spesifikasi Boiler PLTU Unit 3	14
Tabel 4.1 Spesifikasi dan Operasi Waterwall tube PLTU Unit 3	45
Tabel 4.2 Data Standar Komposisi Kimia Material JIS STB 42/STB 410	45
Tabel 4.3 Mechanical Properties of Material JIS STB 42/STB 410	45
Tabel 4.4 Data Spesifikasi PLTU Unit 3	52
Tabel 5.1 Pengujian Kimia Material Waterwall Tube	63
Tabel 5.2 Hasil Uji Tarik Lower Tube	66
Tabel 5.3 Pengujian Metalografi Lower Waterwall Tube	68
Tabel 5.4 Pengujian Metalografi Unfire Waterwall Tube	69
Tabel 5.5 Tabel Hasil Grain Planimetric Lower Tube	72
Tabel 5.6 Data Pengoperasian Waterwall Tube PLTU	75
Tabel 5.7 Hasil Uji Creep Lower Waterwall Tube (Crack)	76
Tabel 5.8 Perhitungan Sisa Umur Lower Tube Crack Actual Hoop Stress	79
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Sisa Umur Lower tube Crack dengan Safety Factor	79
Tabel 5.10 Metalografi Spesimen Creep pada Temperatur 700 °C	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Keliling	89
Lampiran 2. Hasil Pengujian Ketebalan	89
Lampiran 3. Hasil Uji Komposisi Material	90
Lampiran 4. Hasil Pengujian Kekerasan	91
Lampiran 5. Pengujian Tarik	92
Lampiran 6. Hasil Pengujian Metalografi	92
Lampiran 7. Hasil Pengujian Creep Rupture Test	100