

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSOALAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	2
1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	2
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah .....	3
1.6 Metodologi Penulisan .....	3
1.7 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Boiler</i> .....	6
2.2 Bagian-bagian <i>boiler</i> & Alat Pendukung <i>Boiler</i> .....	7
2.2.1 <i>Water Tube</i> .....	7
2.2.2 <i>Furnace</i> (Tungku Pengapian) .....	8
2.2.3 <i>Steam Drum</i> .....	9
2.2.4 <i>Downcomer</i> .....	9
2.2.5 <i>Superheater</i> .....	10
2.2.6 <i>Reheater</i> .....	11

2.2.7 Air Heater .....	12
2.2.8 Economizer .....	13
2.3 Sistem Boiler .....	14
2.3.1 Udara Pembakaran .....	14
2.3.2 Feed Water .....	15
2.3.3 Steam .....	15
2.3.3.1 Panas Spesifik Steam ( $C_{p_{Steam}}$ ) .....	16
2.3.4 Bahan Bakar .....	17
2.3.4.1 Karakteristik Bahan Bakar .....	17
2.3.4.2 Batubara .....	18
2.3.5 Flue Gas .....	19
2.4 Ash .....	23
2.5 Ambient Air Temperature .....	23
2.6 Kebutuhan Udara Teoritis .....	24
2.7 Excess Air (EA) .....	25
2.8 Actual mass of Air Supplied/ Massa aktual suplai udara (AAS) .....	25
2.9 Massa Flue Gas Kering .....	25
2.10 Perhitungan Efisiensi dengan <i>Direct Method</i> .....	25
2.11 Perhitungan Efisiensi dengan <i>Indirect Method</i> .....	26
2.12 Heat Loss Factor pada Boiler .....	26
2.12.1 Kerugian Kalor Akibat Flue Gas Kering ( $L_1$ ) .....	26
2.12.2 Kerugian Kalor Karena $H_2$ pada Bahan Bakar ( $L_2$ ) .....	27
2.12.3 Kerugian Kalor Karena <i>Moisture</i> Bahan Bakar ( $L_3$ ) .....	27
2.12.4 Kerugian Kalor Karbon Tidak Terbakar pada Ash ( $L_4$ ) .....	28
2.12.5 Kerugian Kalor Akibat Pembakaran Tidak Sempurna ( $L_5$ ) .....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Dasar Perencanaan .....	29
3.2 Objek Penelitian .....	30
3.3 Lokasi Pengamatan .....	31
3.4 Analisis Batubara, Ash dan Flue Gas .....	32
3.5 Langkah-langkah Penelitian Efisiensi Boiler .....	34

<b>BAB IV ANALISA &amp; PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1 Perhitungan Efisiensi dengan <i>Direct Method</i> .....	36
4.1.1 Kondisi Komisioning .....	36
4.1.1.1 Laju Aliran <i>Steam</i> .....	36
4.1.1.2 Laju Aliran Batubara .....	36
4.1.1.3 Mengetahui GCV atau HHV Batubara .....	36
4.1.1.4 Menghitung Entalpi <i>Steam</i> (H) .....	36
4.1.1.5 Menghitung Entalpi <i>Feed Water</i> (h) .....	37
4.1.1.6 Efisiensi <i>Boiler</i> .....	37
4.1.2 Kondisi Performa .....	38
4.1.2.1 Laju Aliran <i>Steam</i> .....	38
4.1.2.2 Laju Aliran Batubara .....	38
4.1.2.3 Mengetahui GCV atau HHV Batubara .....	39
4.1.2.4 Menghitung Entalpi <i>Steam</i> (H) .....	39
4.1.2.5 Menghitung Entalpi <i>Feed Water</i> (h) .....	40
4.1.2.6 Efisiensi <i>Boiler</i> .....	41
4.2 Perhitungan Efisiensi dengan <i>Indirect Method</i> .....	41
4.2.1 Kondisi Komisioning .....	41
4.2.1.1 Temperatur <i>Flue Gas</i> ( $T_f$ ) .....	41
4.2.1.2 Menghitung Panas Spesifik <i>Flue Gas</i> ( $C_p$ ) .....	42
4.2.1.3 Mengetahui <i>Ambient Air Temperature</i> ( $T_a$ ) .....	43
4.2.1.4 Mengetahui GCV atau HHV Batubara .....	44
4.2.1.5 Menghitung Kebutuhan Udara Teoritis .....	44
4.2.1.6 Menghitung <i>Excess Air</i> (EA) .....	44
4.2.1.7 <i>Actual mass of Air Supplied</i> (AAS) .....	44
4.2.1.8 Massa <i>Flue Gas</i> Kering (m) .....	45
4.2.1.9 Pengamatan Panas Spesifik <i>Main Steam</i> ( $C_{p(\text{steam})}$ ) .....	45
4.2.1.10 Menghitung <i>Heat Loss Factor</i> .....	46
4.2.1.10.1 Kerugian Kalor Akibat <i>Flue Gas</i> Kering ( $L_1$ ) .....	46
4.2.1.10.2 Kerugian Kalor Karena $H_2$ pada Bahan Bakar ( $L_2$ ) .....	46

4.2.1.10.3 Kerugian Kalor Karena <i>Moisture</i> Bahan Bakar ( $L_3$ ) .....	47
4.2.1.10.4 Kerugian Kalor Karbon Tidak Terbakar ( $L_4$ ) .....	47
4.2.1.10.5 Kerugian Kalor Akibat Pembakaran Tidak Sempurna ( $L_5$ ) .....	48
4.2.1.11 Efisiensi <i>Boiler</i> .....	48
4.2.2 Kondisi Performa .....	48
4.2.2.1 Hasil Pengamatan <i>Flue Gas</i> .....	48
4.2.2.2 Menghitung Panas Spesifik <i>Flue Gas</i> ( $C_p$ ) .....	50
4.2.2.3 Pengamatan <i>Ambient Air Temperature</i> .....	52
4.2.2.4 Mengetahui GCV atau HHV Batubara .....	53
4.2.2.5 Menghitung Kebutuhan Udara Teoritis .....	53
4.2.2.6 Menghitung <i>Excess Air</i> (EA) .....	54
4.2.2.7 <i>Actual mass of Air Supplied</i> (AAS) .....	54
4.2.2.8 Massa <i>Flue Gas</i> Kering (m) .....	54
4.2.2.9 Panas Spesifik <i>Steam</i> ( $C_{p(Steam)}$ ) .....	54
4.2.2.10 Menghitung <i>Heat Loss Factor</i> .....	56
4.2.2.10.1 Kerugian Kalor Akibat <i>Flue Gas</i> Kering ( $L_1$ ) .....	56
4.2.2.10.2 Kerugian Kalor Karena $H_2$ pada Bahan Bakar ( $L_2$ ) .....	56
4.2.2.10.3 Kerugian Kalor Karena <i>Moisture</i> Bahan Bakar ( $L_3$ ) .....	56
4.2.2.10.4 Kerugian Kalor Karbon Tidak Terbakar ( $L_4$ ) .....	57
4.2.2.10.5 Kerugian Kalor Akibat Pembakaran Tidak Sempurna ( $L_5$ ) .....	57
4.2.2.11 Efisiensi <i>Boiler</i> .....	57
4.2.3 Perbandingan Kondisi Komisioning & Performa .....	59
4.3 Perbandingan Efisiensi <i>Direct</i> dan <i>Indirect Method</i> .....	60
<b>BAB V Kesimpulan .....</b>	<b>62</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Water Tube Boiler</i> .....	6
Gambar 2.2 <i>Water Tube</i> .....	7
Gambar 2.3 <i>Furnace</i> .....	8
Gambar 2.4 <i>Steam Drum</i> .....	9
Gambar 2.5 Letak <i>Downcomer</i> .....	10
Gambar 2.6 <i>Superheater</i> .....	11
Gambar 2.7 Letak <i>Superheater</i> .....	11
Gambar 2.8 <i>Reheater</i> .....	12
Gambar 2.9 <i>Air Heater</i> .....	13
Gambar 2.10 <i>Economizer</i> .....	13
Gambar 2.11 Cara Kerja <i>Economizer</i> .....	14
Gambar 2.12 Sistem <i>Boiler</i> .....	14
Gambar 2.13 Arah Aliran <i>Flue Gas</i> .....	20
Gambar 3.1 Langkah-langkah Penelitian .....	29
Gambar 3.2 <i>Boiler</i> Unit 7 PT.Indonesia Power UP. Suralaya .....	30
Gambar 3.3 <i>Control Room</i> .....	31
Gambar 3.4 Pengamatan <i>Panel</i> .....	32
Gambar 4.1 Pengamatan laju aliran <i>steam</i> kondisi performa .....	38
Gambar 4.2 Pengamatan Laju Aliran Batubara Kondisi Performa .....	39
Gambar 4.3 Pengamatan Tekanan dan Temperatur <i>Main Steam</i> Kondisi Performa .....	40
Gambar 4.4 Pengamatan <i>Feed Water</i> Kondisi Performa .....	41
Gambar 4.5 Pengamatan <i>Flue Gas</i> pada <i>Primary Air Heater</i> Kondisi Performa .	49
Gambar 4.6 Pengamatan <i>Flue Gas</i> pada <i>Secondary Air Heater</i> .....	49
Gambar 4.7 Pengamatan <i>Steam</i> Kondisi Performa .....	52
Gambar 4.8 Perhitungan Panas Spesifik <i>Steam</i> Kondisi Performa .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter <i>Feed Water</i> .....	15
Tabel 2.2 Pengamatan <i>Steam</i> dan Air pada <i>Boiler</i> Kondisi Komisioning .....	16
Tabel 2.3 Parameter <i>Steam</i> .....	16
Tabel 2.4 Analisis Batubara Kondisi Komisioning .....	19
Tabel 2.5 Temperatur <i>Flue Gas</i> Kondisi Komisioning .....	20
Tabel 2.6 Analisis <i>Flue Gas</i> Kondisi Komisioning .....	21
Tabel 2.7 Parameter <i>Flue Gas</i> .....	22
Tabel 2.8 Analisis <i>Ash</i> Kondisi Komisioning .....	23
Tabel 2.9 Data Primary SCAH Kondisi Komisioning .....	24
Tabel 2.10 Data <i>Secondary</i> SCAH Kondisi Komisioning .....	24
Tabel 3.1 Analisis Batubara Kondisi Performa .....	33
Tabel 3.2 Analisis <i>Flue Gas</i> Kondisi Performa .....	33
Tabel 3.3 Analisis <i>Ash</i> Kondisi Performa .....	34
Tabel 4.1 Pengamatan <i>Flue Gas</i> .....	50
Tabel 4.2 Data Temperatur Keluar SCAH .....	53
Tabel 4.3 Perbandingan Kondisi Komisioning & Performa .....	59
Tabel 4.4 Pebandingan Efisiensi <i>Direct</i> dan <i>Indirect Method</i> .....	60