

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Analisa	6
1.5. Manfaat Analaisa	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1. Pengertian	7
2.2. Proses Termodinamika pada Boiler	7
2.3. Bagian-Bagian Utama Boiler	9
2.4. Bagian-Bagian Penunjang Boiler	10

2.5. Data Spesifikasi Boiler di PT. PERTAMINA UP II DUMAI	12
---	----

	Halaman
BAB III PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER	16
3.1 Efisiensi Dengan Cara Langsung	16
3.2 Efisiensi Dengan Cara Tidak Langsung	17
3.3. Spesifikasi Data Teknis Boiler 940-B5	33
3.4 Data Operasi Boiler 940-B5	34
3.5. Data Fuel Oil dan Fuel Gas	35
3.6. Analisa Perhitungan Neraca Panas untuk Excess O ₂ pada Flue gas	36
BAB IV EVALUASI THERMAL BOILER 940-B5	62
4.1. Suhu Gas Asap Keluar Furnace	63
4.2. Perhitungan Thermal	67
4.2.1. Kalor yang Diserap Dapur	67
4.2.2. Screen	71
BAB V SUPERHEATER	91
5.1. Keseimbangan Kalor antara Gas Asap dan Uap	92
5.2. Perhitungan Kalor yang Diserap Superheater	94
5.3. Penurunan Tekanan	100
BAB VI BOILER BANK DAN EKONOMISER	108
6.1. Perhitungan Thermal Boiler Bank	108
6.2. Cavity : Boiler Bank ke Ekonomiser	112
6.2. Ekonomiser	114
BAB VII PEMBAHASAN	124
7.1. Kondisi operasi aktual (1 s.d 31 Desember 2009) Boiler 940-B5	124
7.2. Perbandingan unjuk kerja tiap komponen yang dilihat dari sisi gas asap	125

7.3. Perbandingan panas yang masuk dan keluar	126
7.4. Kerusakan pada pipa	129
 BAB VIII PENUTUP	 131
8.1. Kesimpulan	131
8.2. Saran	132
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses Termodinamika pada Generator Uap	8
Gambar 4.1. Faktor efektivitas pada beberapa susunan pipa	65
Gambar 4.2. Hubungan suhu gas keluar furnace dengan heat realase rate	66
Gambar 4.3. Emisivitas uap air pada tekanan total 1 atm	80
Gambar 4.4. Emisivitas karbondioksida	81
Gambar 4.5. Faktor koreksi untuk satu luasan aliran bersilang	82
Gambar 4.6. Entalpi gas asap	82
Gambar 4.7. Faktor property untuk menentukan RE	83
Gambar 4.8. Faktor kecepatan konveksi dasar	84
Gambar 4.9. Faktor properti fisik untuk uap aliran longitudinal	84
Gambar 4.10. Faktor kedalaman untuk heat transfer	85
Gambar 4.11. Faktor susunan untuk aliran gas berdasarkan bil.reynold	86
Gambar 4.12. Koefisien perpindahan kalor radiasi dasar	87
Gambar 4.13. Tekanan parsial untuk bahan bakar padat	87
Gambar 4.14. Panjang berkas radiasi rata-rata	88
Gambar 4.15. Faktor bahan bakar	88
Gambar 4.16. Kalor jenis rata-rata gas asap	88
Gambar 4.17. Faktor gesekan untuk aliran silang gas asap atau udara	89
Gambar 4.18. Faktor kedalaman <i>draft loss</i> untuk pipa menyilang	89
Gambar 4.19. Konduktivitas thermal untuk berbagai bahan isolasi	90
Gambar 4.20. Konduktansi permukaan berbagai kecepatan aliran udara	90

Halaman

Gambar 5.1. Faktor kecepatan dan geometri aliran konveksi	102
Gambar 5.2. Faktor properti fisik	103
Gambar 5.3. Faktor temperature aliran longitudinal udara, gas atau uap	103
Gambar 5.4. Kekerasan relative berbagai permukaan saluran	104
Gambar 5.5. Koefisiensi belokan, Nb	105
Gambar 5.6. Viskositas absolute uap jenuh dan uap panas lanjut	106
Gambar 5.7. Koefisien gesekan	107
Gambar 6.1. Viskositas absolute cairan	122

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Spesifikasi Boiler 940-B5	33
Tabel 3.2. Data komposisi Fuel Gas	39
Tabel 3.3. Komposisi Flue Gas dengan 3,80% O ₂	48
Tabel 3.4. Komposisi Flue Gas O ₂ dengan 4.973,41 lb/jam	49
Tabel 3.5. Neraca panas dan persentase	58
Tabel 7.1. Kondisi aktual boiler 940-B5	124
Tabel 7.2. Perbandingan unjuk kerja tiap komponen dilihat dari sisi gas	125
Tabel 7.3. Neraca panas dan prosentase	126

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas permukaan yang diperlukan (m ²)
A _{tot}	= Luas permukaan total (m ²)
AF	= Persen ash dalam bahan bakar (%)
A _g	= Luas penampang aliran gas asap lewat susunan pipa-pipa (m ²)
A _p	= Luas proyeksi permukaan pipa (m ²)
A _s	= Luas rangka bakar (m ²)
A _t	= Luas penampang aliran air total (m ²)
A _{ta}	= Luas penampang aliran air (m ²)
A _u	= Luas penampang aliran udara (m ²)
B	= Tekanan barometris, diambil 30 in.Hg
B _a	= Berat air (kg)
B _b	= Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan (kg/jam)
B _{vb}	= Beban kontinyu volume bakar maksimum (Btu/ft ² .jam)
B _s	= Beban stoker (Btu/ft ² .jam)
B _{sa}	= Berat air yang tersisa (kg)
C	= Persentase berat karbon dalam bahan bakar (%)
C _{da}	= Panas jenis air rata-rata (kJ/kg. ° C)
C _p	= Panas jenis masing-masing gas dalam campuran (Btu/lbm° F)
C _{pg}	= Panas jenis campuran gas asap (Btu/lbm° F)
C _{pu}	= Panas jenis udara (Btu/lb° R)
D	= diameter dalam drum (m)
DG	= Persentase gas asap kering (%)
D _i	= Diameter dalam (in)
D _o	= Diameter luar (in)
E	= Efisiensi Ligamen
f	= Koefisien gesekan permukaan
F _a	= Arrangement faktor

F_d	= Head transfer depth- factot
F_{pp}	= Faktor sifat-sifat fisik pada temperatur film gas (T_f)
F_s	= Faktor efektifitas berdasarkan luasan (m^2)
F_T	= Faktor temperatur
G	= Fluks massa fluida ($lb/ft^2 \cdot jam$)
G_g	= Fluks massa dari gas atau udara ($lb/ft^2 \cdot jam$)
G_{uap}	= Fluks massa dari uap ($lb/ft^2 \cdot jam$)
H	= Head statis adiabatic (ft gas asap)
HHV	= Higher Heating Value (Btu/lb)
Hp_{motor}	= Daya motor (kW)
H_2	= Persentase hidrogen dalam bahan bakar
H_2O	= Persentase moisture dalam bahan bakar
h_1	= Enthalphy air masuk boiler (kJ/kg)
$h_{1,T}$	= Enthalphy uap panas lanjut (kJ/kg)
$h_{2,T}$	= Enthalphy uap keluar (kJ/kg)
h_d	= Enthalphy air pada suhu didih (kJ/kg)
h_g	= Enthalphy uap jenuh (kJ/kg)
K	= Faktor bahan bakar yang tergantung dari p_r dan l
k	= Konduktifitas thermal dari gas asap pada bahan bakar (Btu/h.ft.°F)
K_{Re}	= Koefisien penentu reynold number
l	= Panjang efektif tiap pipa rata-rata (m)
l_L	= Spacing yang tegak lurus dengan aliran gas asap (mm)
$l_{ }$	= Spacing yang sejajar dengan aliran gas asap (mm)
L	= Panjang radiasi rata-rata (ft)
L_f	= Panjang aliran fluida (ft)
LHV	= Lower heating value (Btu/ lb)
LMA	= Persentase kerugian karena kelembaban dalam udara (%)
LU	= Persentase kerugian yang tidak dapat dihitung (%)
LUBC	= Persentase kerugian karbon yang tidak terbakar (%)
LWF	= Persentase kerugian karena kandungan H_2 dan H_2O dari

	bahan bakar (%)
L_{tot}	= Persentase kerugian total (%)
MA	= Kandungan uap air dalam udara bebas (lb/lb bahan bakar)
MQDA	= Jumlah massa udara kering per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu)
MQDG	= Jumlah massa gas asap kering per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu)
MQG	= Jumlah massa total gas asap per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu)
MQGF	= Jumlah massa gas basah dalam bahan bakar per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu).
MQTHAC	= Kebutuhan udara per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu)
MQWA	= Jumlah massa air yang ada dalam udara per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu).
MQWFF	= Jumlah massa air yang ada dalam bahan bakar per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu).
MQWG	= Jumlah massa air yang ada dalam gas asap per-10.000 Btu (lb/10.000 Btu).
m	= Kapasitas uap (kg/jam)
m_a	= Kapasitas air (kg/jam)
$m'_{O_2,a}$	= Besar jumlah udara pembakaran actual yang diambil dari udara (kg / 1 kg bahan bakar)
$m'_{O_2,t}$	= Kebutuhan total oksigen untuk proses pembakaran setiap 1 kg van bakar (kg/ 1 kg van bakar)
η_t	= Efisiensi ketel (%)
N	= Jumlah pipa
N_b	= Rugi head kecepatan pada belokan
N_{Re}	= Bilangan Reynold
N_u	= Bilangan Nusselt
O_2	= Persentase berat oksigen dalam bahan bakar (%)
P	= Tekanan pada boiler (Mpa)
P_o	= Tekanan isap (psi)
$P_{1,T}$	= Tekanan uap masuk turbin uap (Mpa)
$P_{2a,T}$	= Tekanan uap keluar turbin uap (kPa)

P_d	= Tekanan discharge (P_d)
P_r	= Bilangan Prandtl
P_T	= Kapasitas daya yang harus dimiliki turbin uap (kW)
ΔP_f	= Penurunan tekanan karena gesekan pada pipa (in.H ₂ O)
Δp_{e+e}	= Penurunan tekanan karena rugi dari saluran masuk dan keluar pipa (in.H ₂ O)
ΔP	= Penurunan tekanan diluar pipa-pipa (in.H ₂ O)
ΔP_{SD}	= Penurunan akibat tarikan cerobong (in.H ₂ O)
ΔP_{tot}	= Penurunan tekanan total (in.H ₂ O)
ΔT	= Penurunan atau beda temperatur (°C)
Q	= Panas yang dibutuhkan (kJ/jam)
Q_{2r}	= Panas yang diserap oleh pipa-pipa didih utama (Btu/h)
Q_{abs}	= Kalor yang diserap sistem (Btu/h)
Q_{ah}	= Panas yang dibutuhkan air heater (Btu/h)
Q_1	= Panas yang dibutuhkan pipa-pipa turun (Btu/h)
Q_3	= Panas yang dibutuhkan superheater (Btu/h)
Q_4	= Panas yang dibutuhkan ekonomiser (Btu/h)
Q_{i1}	= Panas yang diserap oleh bahan isolasi (Btu/h)
Q_{iso}	= Panas total yang diserap oleh bahan isolasi (Btu/h)
R	= Jari-jari (in)
S	= Persentase berat sulfur dalam bahan bakar (%)
S	= Tegangan yang diijinkan (Psi)
t_d	= Tinggi dari dapur (m)
T_1	= Temperatur gas asap masuk susunan pipa-pipa (°F)
T_2	= Temperatur gas asap keluar susunan pipa-pipa (°F)
$T_{1,T}$	= Temperatur uap masuk turbin uap (°C)
$T_{2a,T}$	= Temperatur uap keluar turbin uap (°C)
T_d	= Suhu didih air (°C)
T_f	= Temperatur film rata-rata (°C)
$T_{i,e}$	= Suhu masuk ekonomiser (°C)
$T_{o,e}$	= Suhu keluar ekonomiser (°C)

ΔT_e	= Pertambahan suhu pada ekonomiser (°C)
ΔT_m	= Log mean temperature differnce (°F)
U	= Kondutifitas gabungan (Btu/h.ft ² .°F)
$U_{cc'}$	= Basic convection conductance in cros flow (Btu/h.ft ² .°F)
U_{cg}	= Konduktansi konveksi (Btu/h.ft ² .°F)
U_{rg}	= Konduktansi radiasi (Btu/h.ft ² .°F)
U_r'	= Basic radiation conductance (Btu/h.ft ² .°F)
U_s	= Konduktansi konveksi uap (Btu/h.ft ² .°F)
U_{ca}	= Konduktansi konveksi udara (Btu/h.ft ² .°F)
V_{dm}	= Volume dapur minimum yang diperlukan (m ³)
V_{dapur}	= Volume dapur yang digunakan (m ³)
v	= Kecepatan aliran (m/jam)
v_{a1}	= Volume spesifik air masuk (m ³ /kg)
v_{a2}	= Volume spesifik air keluar (m ³ /kg)
v_{fluid}	= Volume spesifik fluida (m ³ /kg)
v_u	= Volume spesifik uap air (m ³ /kg)
W	= Daya yang dihasilkan pada turbin uap (kJ/s)
W_g	= Kapasitas gas asap (kg/jam)
W_{ud}	= Kapasitas udara yang diperlukan (kg/jam)
W_a	= Kapasitas abu yang dikeluarkan pembakaran (kg/jam)
ΔZ	= Beda ketinggian (m)
ρ_a	= Berat spesifik air (kg/ m ³)
ρ_{rata}	= Berat spesifik rata-rata campuran air dan uap air (kg/ m ³)
ρ_u	= Berat spesifik uap air (kg/ m ³)
μ	= Kekentalan absolute air isian atau uap (lb/ft.h)