

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	4
I.2.1. Batasan Masalah	4
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB III DASAR TEORI	10
III.1. Industri Tahu	10
III.1.1. Pengertian Tahu	10
III.1.2. Kebutuhan Bahan Baku.....	10
III.1.3. Pemanfaatan Ketel Uap Dalam Industri Tahu	10
III.2. Ketel Uap	11
III.2.1 Pengertian Ketel Uap	11
III.2.2 Komponen Ketel Uap.....	11
III.2.3 Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Tipe Pipa.....	13
III.2.2. Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Poros Tutup <i>Drum</i>	14
III.2.3. Standar Ketel Uap Untuk Proses Produksi Pangan.....	14
III.2.4 <i>Stainless Steel</i> 304.....	16
III.2.5 Hukum Pertama Termodinamika	16
III.2.6 Stoikiometri.....	18
III.2.7 Proses Perubahan Fase pada Ketel Uap	19
III.2.8 Kalor Produksi Ketel Uap	20



III.2.9	Perpindahan Kalor Pada Ketel Uap.....	21
III.3.	Biomassa Sebagai Bahan Bakar.....	23
III.3.1	Potensi Biomassa di Indonesia.....	24
III.3.2	Komposisi Biomassa.....	26
III.3.3	Konversi Biomassa	27
III.3.4	Produk Biomassa.....	28
III.3.5	Analisis Bahan Bakar Biomassa	29
III.4.	Uap Air.....	31
III.4.1.	Tabel Uap Saturasi	31
III.5.	Perhitungan Desain Ketel Uap Api Tegak Biomassa	33
III.5.1.	Perhitungan Kalor Pembakaran Ketel Uap	34
III.5.2.	Perhitungan Kalor Bahan Bakar	35
III.5.3.	Perhitungan <i>Flue Gas</i> Bahan Bakar	37
III.5.4.	Perhitungan Perpindahan Kalor <i>Fire Tube</i>	38
III.5.5.	Perhitungan Dimensi Badan Ketel uap	42
III.5.6.	Perhitungan Pipa Api (<i>Fire Tube</i>).....	42
BAB IV	PELAKSANAAN PENELITIAN	45
IV.1.	Alat dan Bahan Penelitian.....	45
IV.2.	Tata Laksana Penelitian	45
IV.3.	Analisis Hasil Penelitian	49
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
V.1.	Hasil Penelitian	51
V.2.	Skema Sistem Perebusan Tahu Menggunakan Ketel Uap	64
V.3.	Pembahasan.....	65
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	68
VI.1.	Kesimpulan	68
VI.2.	Saran	69
DAFTAR	PUSTAKA	70
LAMPIRAN	A	74
LAMPIRAN	B	75
LAMPIRAN	C	79
LAMPIRAN	D	93



DAFTAR TABEL

Tabel III. 1. Standar <i>boiler and pressure vessel</i> menurut ASME	15
Tabel III. 2. Standar ketel uap berdasarkan SNI	16
Tabel III. 3. Potensi limbah sebagai bahan bakar biomassa	25
Tabel III. 4. Informasi properti uap air	32
Tabel III. 5. Nilai <i>heat capacity</i> dan berat molekul gas hasil pembakaran	38
Tabel V. 1. Perhitungan kalor ketel uap.....	51
Tabel V. 2. Perhitungan kalor pembakaran.....	51
Tabel V. 3. Perhitungan kalor bahan bakar.....	52
Tabel V. 4. Perhitungan kebutuhan udara stoikiometris	52
Tabel V. 5. Perhitungan gas sisa pembakaran (<i>flue gas</i>)	53
Tabel V. 6. Neraca massa ketel uap	54
Tabel V. 7. Neraca kalor ketel uap.....	54
Tabel V. 8. Desain <i>evaporator</i>	55
Tabel V. 9. Desain ekonomiser	55
Tabel V. 10. Spesifikasi ketel uap.....	56
Tabel V. 11. Spesifikasi <i>blower</i>	64
Tabel B. 1. Uap saturasi : suhu	75
Tabel B. 2. Uap saturasi : tekanan.....	77
Tabel C. 1. Perhitungan dimensi <i>evaporator</i>	88
Tabel C. 2. Properties <i>flue gas evaporator</i>	89
Tabel C. 3. Perhitungan dimensi ekonomiser	90
Tabel C. 4. Properties <i>flue gas</i> ekonomiser.....	91



DAFTAR GAMBAR

Gambar III. 1. Konservasi energi pada sistem terbuka	17
Gambar III. 2. Diagram T-s untuk air	19
Gambar III. 3. Hubungan antara kadar air dengan nilai kalor biomassa.....	31
Gambar III. 4. Skema umum sistem ketel uap	34
Gambar IV. 1. Tata laksana penelitian.....	46
Gambar V. 1. Aliran massa pada ketel uap.....	53
Gambar V. 2. Aliran kalor pada ketel uap	54
Gambar V. 3. Desain ketel uap	57
Gambar V. 4. Ketel uap tampak depan	58
Gambar V. 5. Ketel uap tampak kiri	59
Gambar V. 6. Desain <i>evaporator</i>	60
Gambar V. 7. Desain <i>evaporator</i> tampak atas	60
Gambar V. 8. Desain <i>evaporator</i> bagian dalam.....	61
Gambar V. 9. Desain dinding dalam <i>evaporator</i>	61
Gambar V. 10. Desain ekonomiser	62
Gambar V. 11. Desain pipa dalam ekonomiser.....	62
Gambar V. 12 Jarak antar <i>tube</i> ekonomiser	63
Gambar V. 13. Dimensi ekonomiser tampak atas.....	63
Gambar V. 14. Diagram proses perebusan tahu menggunakan ketel uap.....	64
Gambar D. 1. Bagian-bagian <i>evaporator</i>	93
Gambar D. 2. Bagian-bagian ekonomiser	94
Gambar D. 3. Gambar teknik 3D ketel uap.....	95
Gambar D. 4. Gambar 2D teknik ketel uap tampak depan, samping, dan atas....	96
Gambar D. 5. Gambar teknik detail <i>evaporator</i>	97





DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Daftar Lambang

Lambang	Kuantitas	Satuan
m	Massa bahan atau zat	kg
L_{tube}	Panjang pipa api	m
A	Luas area	m^2
P	Tekanan	Pa
ρ	Densitas / massa jenis	kg/m^3
v	Kecepatan linear	m/s
Q	Laju perpindahan kalor	W
∇T	Medan temperatur skalar T	—
h	Koefisien konveksi	$W/(m^2K)$
σ	Konstanta Stefan-Boltzman	$W/(m^2K^2)$
Q_b	Daya Termal Ketel Uap	kW
h_g	Entalpi uap jenuh	kJ/kg
h_f	Entalpi cair jenuh	kJ/kg
s_g	Entropi uap jenuh	$kJ/(kgK)$
C_p	<i>Spesific heat capacity</i>	$kJ/(kgK)$
$m^o w$	Laju aliran uap	kg/s
T_{sat}	Suhu saturasi	K
$T_{w,in}$	Suhu air umpan masuk ekonomiser	K
$T_{w,e}$	Suhu air umpan masuk <i>evaporator</i>	K
η_{boiler}	Efisiensi ketel uap	%
z	Kadar abu bahan bakar	%
y	Kadar air bahan bakar	%
$m^o f$	Laju aliran bahan bakar	kg/s
T_f	Suhu udara masuk bahan bakar	K
T_R	Suhu referensi	K
ΔT_{lm}	<i>Log mean temperature difference</i>	K
$T_{FG,out}$	Suhu gas keluar	K
$T_{FG,in}$	Suhu gas masuk aktual	K
Re	Bilangan Reynolds	—
Nu	Bilangan Nusselt	—
Pr	Bilangan Prandtl	—
U	Koefisien transfer kalor	$W/(m^2K)$
F	Koefisien transfer kalor pengotor	$W/(m^2K)$
K	Konduktivitas kalor material	$W/(m K)$
δ_{tube}	Ketebalan <i>tube</i>	m
f	Faktor friksi dinding	—
BM	Berat molekul	$kg/kmol$
ε	Emisivitas benda	—





Daftar Singkatan

Singkatan	Kepanjangan	Satuan
UMKM	Usaha Mikro, Kecil dan Menengah	—
PDB	Pendapatan Domestik Bruto	—
EBT	Energi Baru Terbarukan	—
LPG	<i>Liquefied Petroleum Gas</i>	—
SNI	Standar Nasional Indonesia	—
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>	—
LMTD	<i>Log Mean Temperature Different</i>	<i>K</i>
SS	<i>Stainless Steel</i>	—
LHV	<i>Low Heating Value</i>	<i>kJ/kg</i>
FAME	<i>Fatty Acid Methyl Esters</i>	—

