

**MODIFIKASI SISTEM BURNER
DAN PENGUJIAN ALIRAN DINGIN
FLUIDIZED BED INCINERATOR UI**

SKRIPSI

Oleh

HANS CHRISTIAN

04 03 02 039 4



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**MODIFIKASI SISTEM BURNER
DAN PENGUJIAN ALIRAN DINGIN
FLUIDIZED BED INCINERATOR UI**

SKRIPSI

Oleh

HANS CHRISTIAN

04 03 02 039 4



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN
PERYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**MODIFIKASI SISTEM BURNER
DAN PENGUJIAN ALIRAN DINGIN
*FLUIDIZED BED INCINERATOR UI***

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi sarjana teknik pada program studi Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia. Sejauh yang saya ketahui skripsi ini bukan tiruan atau duplikasi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 9 Juli 2008

Hans Christian

NPM 04 03 02 039 4

PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul :

**MODIFIKASI SISTEM BURNER
DAN PENGUJIAN ALIRAN DINGIN
FLUIDIZED BED INCINERATOR UI**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin 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 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 9 Juli 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M. Eng

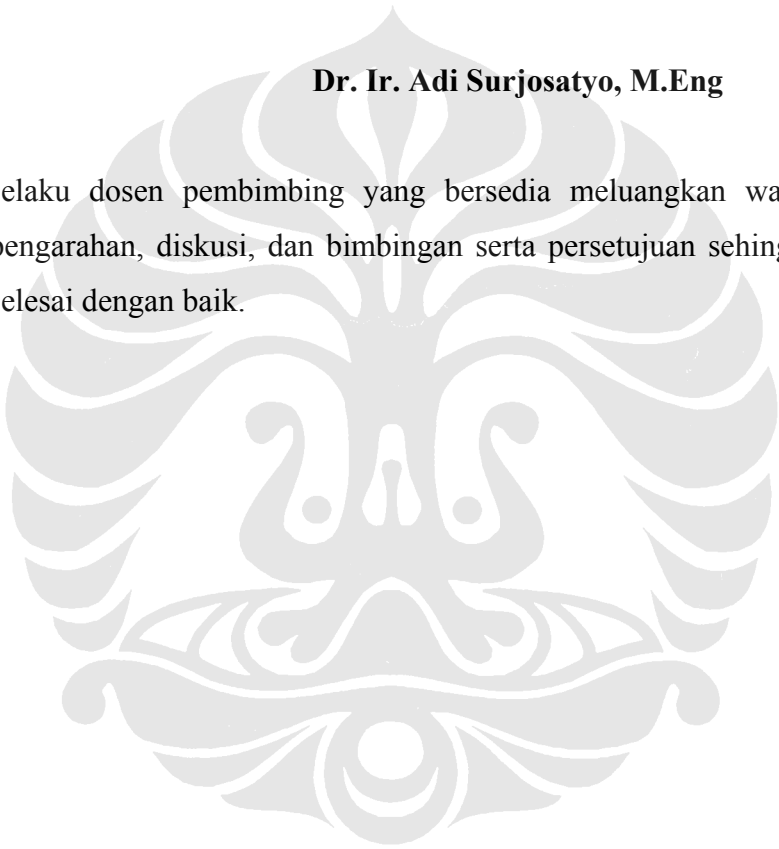
NIP : 131 803 988

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng

selaku dosen pembimbing yang bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



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	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	5
1.3 TUJUAN	5
1.4 BATASAN MASALAH	6
1.5 METODOLOGI PENULISAN	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 INSINERASI	10
2.2 JENIS-JENIS INSINERATOR	11
2.2.1 <i>Multiple Hearth Incinerator</i>	11
2.2.2 <i>Rotary Kiln Incinerator</i>	12
2.3 <i>FLUIDIZED BED INCINERATOR</i>	13
2.3.1 <i>Jenis-Jenis Fluidized Bed Incinerator</i>	16
2.3.2 <i>Pinsip Kerja Fluidized Bed Incinerator</i>	17
2.3.3 <i>Bagian-Bagian Fluidized Bed Incinerator</i>	19
2.3.3.1 <i>Ruang bakar</i>	19
2.3.3.2 <i>Pasir sebagai media pentransfer</i>	20
2.3.3.3 <i>Distributor</i>	22
2.3.3.4 <i>Blower</i>	23
2.3.3.5 <i>Burner</i>	23
2.3.3.6 <i>Cyclone separator</i>	24
2.4 SISTEM REAKSI PEMBAKARAN	25
2.4.1 <i>Hal-Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Proses Pembakaran</i>	27
2.4.2 <i>Komponen-Komponen Utama Reaksi Pembakaran</i>	28
2.5 KARAKTERISTIK SAMPAH	30

BAB III FLUIDISASI	34
3.1 FENOMENA FLUIDISASI	34
3.1.1 Proses Fluidisasi	34
3.1.2 Kondisi Fluidisasi	35
3.1.3 Jenis-Jenis Fluidisasi	36
3.1.3.1 <i>Fluidisasi partikulat (particulate fluidization)</i>	36
3.1.3.2 <i>Fluidisasi gelembung (bubbling fluidization)</i>	37
3.1.4 Parameter-Parameter Fluidisasi	38
3.1.4.1 <i>Ukuran partikel</i>	38
3.1.4.2 <i>Massa jenis padatan</i>	38
3.1.4.3 <i>Sphericity</i>	38
3.1.4.4 <i>Bed voidage</i>	39
3.1.4.5 <i>Kecepatan fluidisasi minimum</i>	39
3.1.4.6 <i>Penurunan tekanan melintas hamparan</i>	40
3.1.4.7 <i>Penurunan tekanan melintas distributor</i>	41
3.1.4.8 <i>Klasifikasi pasir</i>	42
3.1.4.9 <i>Daerah batas fluidisasi (fluidization regimes)</i>	46
3.2 EKSPERIMENTAL ALAT PEMODELAN FLUIDISASI	47
3.2.1 Deskripsi Alat	47
3.2.2 Persiapan	48
3.2.3 Prosedur Percobaan	49
3.3 DATA DAN ANALISA	50
3.3.1 Data Percobaan	50
3.3.2 Analisa	51
BAB IV MODIFIKASI SISTEM BURNER	54
4.1 SISTEM BURNER AWAL	55
4.1.1 <i>Stick Burner</i>	56
4.1.2 Mekanisme Sistem Burner Awal	57
4.1.3 Permasalahan Yang Dihadapi	58
4.2 DESAIN MODIFIKASI SISTEM BURNER	59
4.2.1 Parameter Pemilihan Burner	59
4.2.2 <i>Hi-Temp Premixed Burner</i>	62
4.2.2.1 <i>Komponen-komponen burner</i>	62
4.2.2.2 <i>Urutan proses kerja burner</i>	65
4.2.2.3 <i>Spesifikasi teknis</i>	66
4.2.3 Modifikasi Mekanisme Sistem Burner	66
4.2.3.1 <i>Desain lubang burner</i>	66
4.3 FABRIKASI MODIFIKASI SISTEM BURNER	68
4.4 PENGOPERASIAN SISTEM BURNER	71
4.4.1 Prosedur Menyalakan Burner	71
4.4.2 Mekanisme Penyetelan Burner	72
4.4.3 Prosedur Mematikan Burner	73
BAB V PERSIAPAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN	74
5.1 PERSIAPAN	74
5.1.1 Pasir Yang Digunakan	75
5.1.2 Kecepatan Fluidisasi Minimum	78
5.1.3 Penurunan Tekanan Melintas Hamparan	80

5.1.4 Distributor	82
5.1.5 Penurunan Tekanan Melintas Distributor	85
5.1.6 Blower	86
5.1.7 Perlengkapan dan Peralatan	88
5.2 PROSEDUR PENGUJIAN ALIRAN DINGIN (<i>COLD FLOW</i>)	90
5.3 DATA PENGUJIAN	90
BAB VI HASIL DAN DISKUSI	93
6.1 HASIL MODIFIKASI	93
6.2 KARAKTERISTIK FLUIDISASI	95
6.3 PARAMETER-PARAMETER YANG BERPENGARUH	97
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	100
7.1 KESIMPULAN	100
7.2 SARAN	101
DAFTAR ACUAN	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	105



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Fluidized bed incinerator</i>	4
Gambar 1.2 Diagram proses modifikasi <i>fluidized bed incinerator</i> UI	9
Gambar 2.1 <i>Multiple hearth incinerator</i>	12
Gambar 2.2 <i>Rotary kiln incinerator</i>	13
Gambar 2.3 Skematis <i>fluidized bed incinerator</i>	15
Gambar 2.4 <i>Mixing</i> yang terjadi saat fluidisasi pada <i>fluidized bed incinerator</i>	16
Gambar 2.5 Tahapan proses kerja <i>fluidized bed incinerator</i>	19
Gambar 2.6 Ruang bakar utama <i>fluidized bed incinerator</i> UI	20
Gambar 2.7 Perilaku gelembung setiap jenis distributor	22
Gambar 2.9 Distributor yang sebelumnya digunakan pada <i>fluidized bed incinerator</i> UI	22
Gambar 2.10 Blower sentrifugal yang sebelumnya digunakan pada <i>fluidized bed incinerator</i> UI	23
Gambar 2.11 Burner yang sebelumnya digunakan pada <i>fluidized bed incinerator</i> UI	24
Gambar 2.12 <i>Cyclone separator fluidized bed incinerator</i> UI	25
Gambar 3.1 Skematik proses fluidisasi	34
Gambar 3.2 Hubungan tinggi hamparan vs. kecepatan superfisial di dalam hamparan zat padat	36
Gambar 3.3 Hubungan penurunan tekanan vs. kecepatan superfisial di dalam hamparan zat padat	36
Gambar 3.4 Diagram klasifikasi jenis-jenis kelompok pasir	42
Gambar 3.5 Daerah batas fluidisasi	47
Gambar 3.6 Alat “ <i>Fluidization and Fluid Bed Heat Transfer Unit H692</i> ”	48
Gambar 3.7 Grafik “Kecepatan Superfisial vs Tinggi Hamparan”	52
Gambar 3.8 Grafik “Kecepatan Superfisial vs Penurunan Tekanan”	52
Gambar 4.1 <i>Fluidized bed incinerator</i> UI	54
Gambar 4.2 Skematis <i>stick burner</i>	55
Gambar 4.3 <i>Stick burner</i> yang sebelumnya digunakan	56
Gambar 4.4 Mekanisme sistem burner yang sebelumnya digunakan	57
Gambar 4.5 <i>UV sensor</i> pada <i>hi-temp premixed burner</i>	61
Gambar 4.6 Bagian-bagian <i>hi-temp premixed burner</i>	62
Gambar 4.7 Desain lubang burner pada ruang bakar utama	67
Gambar 4.8 Gambar 2D desain lubang burner	68
Gambar 4.9 Hasil fabrikasi lubang burner	69
Gambar 4.10 Hasil fabrikasi burner pengganti (<i>hi-temp premixed burner</i>)	70

Gambar 4.11	Nyala api dari <i>hi-temp premixed burner</i>	70
Gambar 4.12	Posisi terpasang burner pada reaktor	71
Gambar 5.1	Pasir silika mesh 30-50 yang digunakan pada <i>fluidized bed incinerator UI</i>	77
Gambar 5.2	Gambar 2D desain distributor	83
Gambar 5.3	Desain distributor ditempatkan pada reaktor bagian plenum	84
Gambar 5.4	Hasil fabrikasi distributor ditempatkan pada reaktor bagian plenum	84
Gambar 5.5	<i>Ring blower</i>	88
Gambar 5.6	Manometer	89
Gambar 5.7	<i>Inverter</i>	89
Gambar 5.8	Selang sambungan manometer menuju reaktor	90
Gambar 5.9	Grafik “Kecepatan Superfisial vs Penurunan Tekanan”	92
Gambar 6.1	Hasil modifikasi sistem burner <i>fluidized bed incinerator UI</i>	94
Gambar 6.2.	Fluidisasi yang terjadi pada <i>fluidized bed incinerator UI</i>	95
Gambar 6.3.	Grafik “Kecepatan Superfisial vs Penurunan Tekanan” hasil pengujian <i>cold flow</i> alat <i>fluidized bed incinerator UI</i>	96
Gambar 6.4	Grafik “Kecepatan Superfisial vs Penurunan Tekanan” hasil pengujian alat “ <i>Fluidization and Fluid Bed Heat Transfer Unit H692</i> ”	97
Gambar 6.4	Distributor sebelum dan pengganti yang digunakan pada <i>fluidized bed incinerator UI</i>	99

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis-Jenis Bahan Bakar	29
Tabel 2.2 Komposisi Sampah DKI Jakarta	32
Tabel 2.3 Komposisi Sampah Universitas Indonesia	33
Tabel 2.4 <i>Ultimate Analysis</i> Sampah yang Dibakar	33
Tabel 2.5 <i>Proximate Analysis</i> Sampah yang Dibakar	33
Tabel 2.6 Nilai <i>HHV</i> (<i>kcal/kg</i>) Sampah yang Dibakar	34
Tabel 3.1 Klasifikasi Sifat-Sifat Pasir	47
Tabel 4.1 Urutan Proses Kerja <i>Hi-Temp Premixed Burner</i>	65
Tabel 4.2 Spesifikasi Teknis <i>Hi-Temp Premixed Burner</i>	66
Tabel 5.1 <i>Specific Heat</i> Berbagai Substansi	75
Tabel 5.2 Sifat Fisik, Termal dan Mekanik Pasir Silika	76
Tabel 5.3 Distribusi Ukuran Pengayakan Pasir Silika	77
Tabel 5.4 Sifat-Sifat Fluida Udara	78
Tabel 5.5 Spesifikasi Teknis <i>Ring Rlower</i>	87

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Nyala Api dari <i>Hi-Temp Premixed Burner</i> dengan Variasi Penyetelan Burner (sub bab 4.4.2)	106
Lampiran 2 Foto-Foto <i>Proses Modifikasi Fluidized Bed Incinerator UI</i>	
2.1 Bongkar Alat <i>Fluidized Bed Incinerator UI</i>	108
2.2 Proses Fabrikasi Alat Fluidized Bed Incinerator UI di PT MBW, Cibitung	110
2.3 Proses Instalasi Alat Fluidized Bed Incinerator UI	112
2.4 Komponen-Komponen Pendukung	114
Lampiran 3 Gambar	
3.1 Gambar 3D <i>Fluidized Bed Incinerator UI</i>	117
3.2 Gambar 2D <i>Fluidized Bed Incinerator UI</i>	118
3.3 Gambar 2D Desain Lubang Burner	119
3.4 Gambar 2D Desain Distributor	120
3.5 Gambar 2D Desain Modifikasi Sistem Burner	121

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A	Massa udara aktual	kg
A_o	Massa udara teoritis	kg
A_b	Luas permukaan hamparan pasir	m^2
Ar	Bilangan Archimedes	–
c	Kalor jenis	cal/grK
C_D	<i>Orrifice discharge coefficient</i>	–
d_{or}	Diameter lubang orifis pada distributor	m
d_p	<i>Mean sieve size</i> (ukuran partikel pengayakan rata-rata)	m
d_{pi}	Ukuran partikel pengayakan rata-rata satu jenis ukuran pasir	m
d_{sv}	Diameter bola yang memiliki rasio permukaan-volume sama seperti partikel	m
d_v	Diameter bola yang memiliki volume sama seperti partikel	m
f_{oa}	<i>Fractional open area</i>	–
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
h	Tinggi hamparan pasir	m
HHV	<i>Higher heating value</i>	$kcal/kg$
m	Massa pasir silika dalam reaktor	kg
\bar{m}	<i>Excess air</i>	%
m_{abu}	Massa abu	kg
m_{bb}	Massa bahan bakar	kg
m_{gb}	Massa gas buang	kg
q	Debit aliran udara	m^3/s
Q	Nilai kalor	$kcal$
Re_{mf}	Bilangan Reynold saat fluidisasi minimum	–
s	Jarak antar pusat lubang orifis	m
t	<i>Tebal plat distributor</i>	m
T_1	Temperatur ruang	K
T_2	Temperatur pengoperasian	K
U_{mb}	Kecepatan minimum <i>bubbling</i>	m/s
U_{mf}	Kecepatan fluidisasi minimum	m/s
U_o	Kecepatan udara superfisial	m/s
U_{or}	Kecepatan udara rata-rata melewati orifis	m/s
ΔP_b	Penurunan tekanan melintas hamparan	Pa

ΔP_d	Penurunan tekanan melintas distributor	<i>Pa</i>
ϵ	<i>Bed voidage</i> (kekosongan hamparan)	–
μ_f	Viskositas fluida udara	<i>kg/ms</i>
ρ_b	Kerapatan borongan	<i>kg/m³</i>
ρ_f	Kerapatan fluida udara	<i>kg/m³</i>
ρ_p	Kerapatan partikel	<i>kg/m³</i>
ψ	<i>Sphericity</i> (kebulatan)	–

