



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI EKSPERIMENTAL IMPLEMENTASI VENTURI SCRUBBER
PADA SISTEM GASIFIKASI BATUBARA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**PANJI KHAIRUMIZAN
040402704X**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Panji Khairumizan

NPM : 040402704X

Tanda Tangan :

Tanggal : 9 Desember 2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

STUDI EKSPERIMENTAL IMPLEMENTASI VENTURI SCRUBBER PADA SISTEM GASIFIKASI BATUBARA

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi 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, 28 November 2008

Panji Khairumizan

NPM 04 04 02 70 4X

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

STUDI EKSPERIMENTAL IMPLEMENTASI VENTURI SCRUBBER PADA SISTEM GASIFIKASI BATUBARA

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal .. desember 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Desember 2008
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Adi Surjosatyo., M.Eng
NIP 131.803.988

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Panji Khairumizan
NPM : 040402704X
Program Studi : Teknik mesin
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Implementasi Venturi
Scrubber Pada Sistem Gasifikasi Batubara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Adi Suryosatyo, MEng ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika D., Dipl.-Ing ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, MEng ()

Penguji : Ir. Yulianto S. Nugroho, MSc. PhD ()

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Adi Surjosatyo., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Pihak WIRA MANDIRI SENTOSA yang telah membuat peralatan untuk pengujian;
- (3) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (4) Yudo, Fiki, dan Agung yang telah banyak membantu di dalam pengujian serta seluruh mahasiswa teknik mesin angkatan 2004;
- (5) Mas Nurdin, Sarwani, dan Ali yang telah membantu dalam pekerjaan laboratorium;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 28 November 2008

Panji Khairumizan

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Panji Khairumizan
NPM : 040402704X
Program Studi : Teknik mesin
Departemen : Teknik mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi eksperimental implementasi venturi scrubber
pada sistem gasifikasi batubara**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 9 Desember 2008

Yang menyatakan

(Panji Khairumizan)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Judul Penelitian	1
I.2 Latar Belakang Masalah	1
I.3 Perumusan Masalah	4
I.4 Tujuan Penelitian	5
I.5 Batasan Masalah	5
I.6 Metodologi Penelitian	6
I.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II DASAR TEORI	8
II.1 Prinsip Dasar Wet Scrubber	8
II. 1. 1 Sistem Wet Scrubber	12
II. 1. 2 Prinsip Operasi Wet Scrubber	14
II. 1. 3 Venturi Scrubbers	15
II. 2 Metode Pengumpulan Partikel	17
II. 2. 1 Impaction	19
II. 2. 2 Diffusion	20
II. 2. 3 Mekanisme Pengumpulan Lainnya	21
II. 3 Entrainment Separator	22
II. 4 Parameter Desain	23
II. 4. 1 Waste Gas Flow Rate, Temperatur, dan Humidity	24
II. 4. 2 Velocity dan Pressure Drop	24
II. 4. 3 Liquid-to-Gas Ratio	25
II. 4. 4 Residence Time	25
II. 4. 5 Droplet Size	25
II. 4. 6 Persamaan Pressure drop	25
BAB III DESAIN	27
III. 1 Perhitungan Desain	27
III. 2 Konstruksi Rancangan	39
III. 3 Validasi Cfd	44
III. 4 Fabrikasi	45

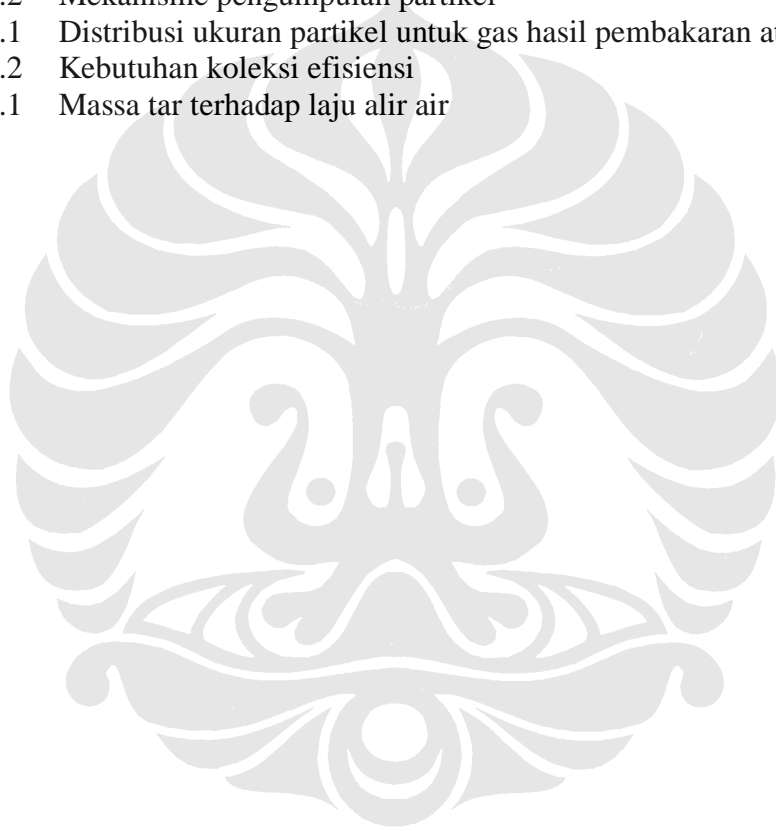
BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA	46
IV. 1 Skematika Alat Pengujian	46
IV. 2 Metodologi Pengujian dan Pengambilan Data	47
IV. 3 Persiapan Pengujian	47
IV. 3. 1 Set Up Bahan Bakar Gasifikasi	47
IV. 3. 2 Set Up Peralatan Penunjang	48
IV. 4 Prosedur Pengujian dan Pengukuran	49
BAB V HASIL DAN ANALISA	52
V.1 Kondisi Performa Venturi Scrubber	52
V.2 Hasil Tar Yang Diperoleh Terhadap Variasi Laju Alir Air	53
V.3 Perbandingan Hasil	57
V.4 Kondisi <i>Flame</i> Secara Visual	59
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	61
VII.1 Kesimpulan	61
VII.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh desain <i>venturi scrubber</i>	10
Gambar 2.2	Contoh desain <i>tower scrubber</i>	10
Gambar 2.3	Contoh sistem <i>wet scrubber</i>	14
Gambar 2.4	Konfigurasi venturi	17
Gambar 2.5	Venturi scrubber dengan throat basah	18
Gambar 2.6	<i>Impaction</i>	20
Gambar 2.7	Difusi	21
Gambar 2.8	Kurva hipotesis yang menggambarkan hubungan antara ukuran partikel dan collection efficiency untuk wet scrubber	22
Gambar 2.9	<i>Cyclonic separator</i>	24
Gambar 3.1	Grafik distribusi ukuran partikel untuk gas hasil pembakaran atau reaksi kimia	29
Gambar 3.2	Diagram <i>psychrometric</i>	32
Gambar 3.3	Cut diameter sebagai fungsi cut ratio dan deviasi standar distribusi ukuran partikel untuk $B=2.0$	34
Gambar 3.4	Scrubber power dan <i>pressure drop</i> sebagai fungsi Cut diameter	36
Gambar 3.5	Hubungan antara pressure drop, kecepatan throat dan L/G	37
Gambar 3.6	Desain venturi	40
Gambar 3.7	Desain <i>entrainment separator</i>	41
Gambar 3.8	Desain pipa injeksi	41
Gambar 3.9	Posisi pipa injeksi di dalam venturi	42
Gambar 3.10	Desain pipa elbow	43
Gambar 3.11	Desain pipa cabang	43
Gambar 3.12	Desain keseluruhan (<i>assembly</i>)	44
Gambar 3.13	Hasil CFD venturi scrubber untuk variabel kecepatan	45
Gambar 4.1	Laboratorium Termodinamika Proyek Gasifikasi	47
Gambar 4.2	Penerapan sistem venturi scrubber pada laboratorium gasifikasi	48
Gambar 4.3	Bahan Bakar (1. Arang Kelapa; 2. Arang Kayu; 3. Batok Kelapa; 4. Minyak Tanah; 5. Batubara Sub-Bituminus)	49
Gambar 4.4	Peralatan penunjang (1. Selang; 2. Ember; 3. Timbangan; 4. Saringan)	49
Gambar 5.1	Kebocoran air pada pipa cabang	54
Gambar 5.2	Grafik massa tar terhadap laju alir air	55
Gambar 5.3	Pengukuran massa tar pada laju alir air 176 ml/detik	56
Gambar 5.4	Perbandingan keadaan air sebelum dan setelah pengujian	57
Gambar 5.5	Air keluaran menjadi hitam pekat dan terdapat gelembung tar	58
Gambar 5.6	Skematik percobaan dan hasil grafik percobaan Universitas Federal de São Carlos, Brasil	59
Gambar 5.7	Kondisi <i>flame</i> sebelum dan sesudah menggunakan venturi scrubber	61

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Kualitas gas produser dari gasifier biomassa atmosferik dan airblown	2
Tabel 1.2	Kebutuhan kualitas gas untuk power generator	3
Tabel 1.3	Pengurangan partikel dan tar pada beragam sistem pembersih gas	4
Tabel 2.1	Keunggulan dan kelemahan wet scrubber relatif terhadap alat pengendali polusi lainnya	11
Tabel 2.2	Mekanisme pengumpulan partikel	18
Tabel 3.1	Distribusi ukuran partikel untuk gas hasil pembakaran atau reaksi kimia	28
Tabel 3.2	Kebutuhan koleksi efisiensi	34
Tabel 5.1	Massa tar terhadap laju alir air	54



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
ΔP	Pressure drop	inch kolom air
v	Kecepatan	m/s
ρ_g	<i>Density</i> gas	lb/ft ³
L/G	Rasio <i>liquid-gas</i>	gal/1000 ft ³
k	Faktor korelasi	
σ	deviasi standar	
ω	Rasio humiditas	
Q	Debit	cfm
V	volume humiditas dari udara jenuh	ft ³ /lb
\dot{m}	<i>flow rate</i> massa	lb/min
η_d	<i>collection efficiency</i> keseluruhan	

