

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Judul Penelitian

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

### I.2 Latar Belakang Masalah

Gas mampu bakar dan tidak mampu bakar (producer gas) yang berasal dari gasifikasi biomassa mengandung pengotor atau kontaminan partikel dan organik, seperti tar, yang jika tidak dihilangkan dapat menyebabkan masalah operasional yang sangat berat. Pada fixed bed gasifier dengan aplikasi mesin pembakaran dalam (IC engine), partikulat dan tar dengan konsentrasi tinggi dapat merusak mesin atau membuat maintenance menuju level yang sudah tidak dapat diterima lagi. Hal ini membuat pembersihan gas producer menjadi langkah fundamental pada sistem gasifikasi biomassa terintegrasi.

Seperti telah disebutkan di awal, gas produser adalah campuran antara gas tidak mampu bakar dan gas mampu bakar. Jumlah unsur-unsur dalam produser gas tergantung dari jenis biomassa/batu bara dan kondisi operasionalnya. Produser gas mengandung gas yang dapat dipergunakan seperti CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan gas yang tidak mampu bakar seperti N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, serta tar dan ash. Berkaitan dengan pemilihan dan perancangan gasifier agar bisa mengurangi emisi gas yang telah terkontaminasi di awal pembakaran, maka diperlukan sistem pembersihan gas. Sistem pembersihan gas tersebut dapat mengandung beberapa komponen seperti siklon, scrubber, atau filter dimana sistem tersebut dapat mengurangi kandungan bahan kontaminan yang tidak dikehendaki. Sistem gasifikasi yang berkaitan dengan sistem pembersihan gas diharapkan dapat membersihkan 5 (lima) jenis kontaminan sebagai berikut :

- Partikel
- Senyawa alkali
- Tar

- Komponen senyawa nitrogen
- Sulfur

Kemampuan atau performance sistem gas cleaning, sama seperti investasi dan biaya operasional selain biomassa, ditentukan oleh performance gasifier dan kebutuhan kualitas gas. Performance gasifier mempengaruhi kemampuan operasi unit gas cleaning, dimana collection efficiency adalah hasil dari prinsip gas cleaning. Sebagai contoh, kebutuhan operasi mesin pembakaran dalam untuk kandungan partikel yang dapat diterima adalah <50 mg/Nm<sup>3</sup> dan tar <100 mg/Nm<sup>3</sup>. Sistem pembersihan gas diharapkan untuk mengurangi komponen partikel dan tar dari gas produser sampai pada level yang ditentukan. Nilai-nilai kandungan komponen utama, partikel pengotor, dan tar dalam gas produser dari fixed bed dan fluidized bed gasifier ditunjukkan oleh tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kualitas gas produser dari gasifier biomassa atmosferik dan airblown

		Fixed bed cocurrent gasifier	Fixed bed countercurrent gasifier	CFB gasifier
Fuel moisture	%mf	6-25		13-20
Partikel	Mg/Nm <sup>3</sup>	100-8000	100-3000	8000-100.000
Tar	Mg/Nm <sup>3</sup>	10—6000	10.000-150.000	2000-30.000
LHV	MJ/Nm <sup>3</sup>	4.0-5.6	3.7-5.1	3.6-5-9
H <sub>2</sub>	Vol.%	15-21	10-14	15-22
CO	Vol.%	10-22	15-20	13-15
CO <sub>2</sub>	Vol.%	11-13	8-10	13-15
CH <sub>4</sub>	Vol.%	1-5	2-3	2-4
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	Vol.%	0.5-2		0.1-1.2
N <sub>2</sub>	Vol.%	sisanya	Sisanya	sisanya

(sumber : P. Hasler, T. Nussbaumer / Biomass and Bioenergy 16 (1999) )

Lower heating value (LHV) dari gas produser tidak bervariasi dalam range yang jauh. Namun terlihat bahwa jumlah tar jauh lebih tinggi pada gasifier countercurrent daripada cocurrent. Untuk aplikasi mesin pembakaran dalam, maka gasifier countercurrent tidak masuk dalam pilihan. Untuk keadaan ideal, gasifier cocurrent menunjukkan kandungan tar kurang dari  $1000 \text{ mg/Nm}^3$ , gasifier CFB menunjukkan kandungan partikel yang sangat tinggi dan sedang sampai tinggi untuk level tar.

Sedangkan kebutuhan kualitas gas untuk power generator sangat ketat (tabel 1.2). Bagaimanapun juga, kualitas gas teori yang ditunjukkan dalam literatur harus diartikan dengan hati-hati karena jenis mesin yang digunakan akan berperan penting, dan operasi mesin yang memadai juga telah ditunjukkan dengan level tar tar yang lebih tinggi daripada nilai teori.

Tabel 1.2 Kebutuhan kualitas gas untuk power generator

		IC Engine	Turbin gas
Partikel	$\text{Mg/Nm}^3$	<50	<30
Ukuran partikel	$\mu\text{m}$	<10	<5
Tar	$\text{Mg/Nm}^3$	<100	
Metal alkali	$\text{Mg/Nm}^3$		0.24

(sumber : P. Hasler, T. Nussbaumer / Biomass and Bioenergy 16 (1999) )

Desain sistem pembersihan gas yang dipilih untuk diterapkan tergantung pada karakteristik atau kondisi proses industri dan sifat alami polutan yang terkandung dalam produser gas. Jika terdapat partikel atau debu pada produser gas, maka pembersihan partikel menjadi prioritas utama. Sistem pembersih gas dapat didesain untuk mengumpulkan partikulat dan/atau polutan gas. Joseph Gerald T., P.E. (DMG Environmental, Inc.) mengatakan bahwa sistem pembersih gas dengan menggunakan air sebagai media pembersih (wet scrubber) memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan tanpa menggunakan air (dry scrubber), seperti dapat mengumpulkan polutan partikulat dan gas secara bersamaan. Wet scrubber

mengangkat partikel dengan ‘menangkap’nya dalam tetesan air, sedangkan untuk polutan gas dengan cara melarutkan atau menyerapnya ke dalam air (liquid).

Salah satu desain atau sistem dari wet scrubber yang paling sering digunakan dan mampu mencapai collection efficiency partikel tertinggi adalah venturi scrubber. Tabel 1.3 menunjukkan bahwa Venturi scrubber mampu menangkap tar 50-90%, hal ini berdasarkan data eksperimen dari beberapa tes gasifikasi biomassa yang dilakukan oleh Hasler P (1998) dengan definisi tar yang bervariasi.

Tabel 1.3 Pengurangan partikel dan tar pada beragam sistem pembersih gas

	Temperatur (°C)	Reduksi partikel (%)	Reduksi tar (%)
Sand bed filter	10-20 °C	70-99	50-97
Wash tower	50-60	60-98	10-25
Venturi scrubber			50-90
Rotational atomizer	<100	95-99	
Wet ESP	40-50	>99	0-60
Fabric filter	130	70-95	0-50
Rotational particle separator	130	85-90	30-70
Fixed bed tar adsorber	80		50
Catalytic tar cracker	900		>95

(sumber : P. Hasler, T. Nussbaumer / Biomass and Bioenergy 16 (1999) )

### I.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan literatur serta pengalaman pengujian yang telah dilakukan di laboratorium gasifikasi, terdapat masalah-masalah yang telah diidentifikasi sebagai berikut:

1. Kualitas gas produser masih mengandung partikel – partikel pengotor, terutama tar, yang perlu dihilangkan atau dikurangi.
2. Kualitas *flame* dari *gas burner* kurang memadai karena masih mengandung berbagai jenis pengotor.

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

Meningkatkan kualitas gas produser dengan cara membersihkannya menggunakan pendekatan *wet scrubber*. Sistem yang digunakan adalah pencucian gas dengan Venturi scrubber. Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka penulis bermaksud memfokuskan penelitian pada hal-hal sebagai berikut :

1. Mendesain dan fabrikasi *venturi scrubber* dan *entrainment separator* yang sesuai dengan karakteristik sistem gasifikasi laboratorium.
2. Mendapatkan laju alir air (*scrubbing liquid*) yang tepat yang digunakan untuk mereduksi tar dari gas produser.
3. Mendapatkan kandungan gas yang bersih hasil dari gasifikasi.
4. Mendapatkan partikel-partikel pengotor, terutama tar, yang larut dalam *scrubbing liquid*.

Variasi yang dilakukan adalah variasi laju alir air (*scrubbing liquid*) dengan mengatur bukaan keran di aliran masuk. Variasi ini akan diamati pengaruhnya terhadap variabel-variabel di atas.

#### **I.5 Batasan Masalah**

Penelitian yang dilakukan meliputi desain sistem venturi scrubber dan entrainment separator yang sesuai dengan karakteristik laboratorium gasifikasi yang ada. Pengambilan data meliputi pengukuran debit air yang digunakan terhadap *flowrate* gas produser yang dihasilkan, kuantitas pengotor (tar) yang larut dalam air, serta pengambilan sampel foto untuk visualisasi nyala api.

*Drafting* perancangan menggunakan *software* SolidWork 2005, dan validasi desain menggunakan pendekatan CFD menggunakan fitur *cosmos* pada SolidWork 2005. Tahap fabrikasi meliputi pembuatan venturi scrubber dan entrainment separator.

#### **I.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan dan Perancangan
  - 1.1. Identifikasi masalah yang akan dibahas
  - 1.2. Penelusuran literatur untuk memilih sistem pembersih gas yang akan digunakan.
2. Desain dan Fabrikasi
  - 2.1. Perhitungan parameter desain dan visualisasi rancangan
  - 2.2. Validasi desain sistem menggunakan SolidWork 2005
  - 2.3. Fabrikasi *venturi scrubber* dan *entrainment separator*
  - 2.4. Pengadaan alat penunjang sistem dan alat ukur
  - 2.5. Instalasi sistem venturi scrubber dengan sistem lab gasifikasi
3. Pengujian dan Pengambilan Data
  - 3.1. Pengukuran laju alir scrubbing liquid (air) menggunakan gelas ukur.
  - 3.2. Pengambilan sampel air yang keluar dari sistem venturi scrubber.
  - 3.3. Pengukuran massa tar dan pengotor lainnya pada air dengan laju alir air yang berbeda.
  - 3.4. Perbandingan dan visualisasi foto dari air sebelum percobaan dan hasil percobaan.
4. Pengolahan Data dan Grafik
  - 4.1. Interpretasi grafik perolehan tar terhadap variasi laju alir air.
  - 4.2. Perbandingan visual air sebelum percobaan dan hasil percobaan.
  - 4.3. Analisa validasi hasil grafik yang diperoleh dengan hasil percobaan serupa yang sudah ada.
5. Analisa dan Kesimpulan
  - 5.1. Menganalisa desain perancangan.
  - 5.2. Menganalisa korelasi laju alir air dengan hasil tar yang diperoleh.
  - 5.3. Menyimpulkan rancangan, hasil pengujian, pengukuran, serta hasil analisa.

## **I.7 Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis akan membaginya dalam tujuh bab, yang masing-masing terdiri dari sub bab. Hal tersebut dimaksudkan untuk

memudahkan dan mengarahkan pembahasan agar didapatkan informasi secara menyeluruh. Kerangka penulisan tersebut diuraikan sebagai berikut:

**BAB I           PENDAHULUAN**, berisi :

latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB II           DASAR TEORI**, berisi :

prinsip dasar wet scrubber, teori dan tinjauan pustaka prinsip operasi venturi scrubber dan entrainment separator, mekanisme pengumpulan partikel, dan parameter desain.

**BAB III          DESAIN DAN FABRIKASI**, berisi :

proses perhitungan dan perancangan parameter desain sistem venturi scrubber dan pemaparan konstruksi rancangannya, evaluasi desain menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics), serta fabrikasi.

**BAB IV          PENGUJIAN DAN PENGUKURAN**, berisi :

set-up eksperimen, prosedur eksperimen, metode pengambilan data dari pengujian serta penjabaran data-data eksperimen hasil pengukuran.

**BAB V           HASIL DAN ANALISA**, berisi :

pengolahan data-data yang diperoleh untuk mengetahui jumlah tar dan pengotor lainnya yang tertangkap, laju aliran fluida (air) yang digunakan, serta menginterpretasikan grafik perbandingan pada beberapa laju aliran fluida. Analisa perbandingan hasil yang diperoleh dengan hasil yang sudah ada dari jurnal internasional.

**BAB VI          KESIMPULAN DAN SARAN**, berisi :

pengambilan kesimpulan dari hasil perhitungan desain, dan pengolahan data. Dilengkapi dengan usulan serta saran yang diharapkan dapat membantu kesempurnaan penelitian.