

# IMPLEMENTASI PENGUKURAN TAR PADA FIXED BED DOWNDRAFT GASIFIER

Adi Surjosatyo dan Jhibril

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

Email: [adisur@eng.ui.ac.id](mailto:adisur@eng.ui.ac.id)

## Abstrak

Gas hasil gasifikasi mengandung partikel-partikel dan senyawa organik dalam hal ini disebut tar. Gas yang mengandung tar berlebih pada motor pembakaran dalam dapat mengakibatkan kerusakan mesin. Pada gasifier tipe downdraft yang memiliki kandungan tar rata-rata  $<1 \text{ g/m}^3$  akan sulit jika aplikasikan di motor pembakaran dalam dimana kandungan tar dalam gas produser harus  $50\text{-}100 \text{ mg/m}^3$ . Pengukuran tar adalah langkah awal dalam meminimalisasi kerusakan pada mesin. Metode pengukuran tar menggunakan metode gas sampling dengan tabung impinger dan solvent sebagai penangkap tar. Pengukuran tar ini juga menjelaskan alat yang digunakan, cara pengambilan gas sampling, proses penimbangan hingga diperoleh massa tar. Gas sampling dilakukan pada sebelum dan sesudah gas cleaning dengan yang digunakan selama pengujian adalah flowrate primary air 189.6 lpm, 131.4 lpm dan 89.6 lpm dan flowrate air pada venturi scrubber 10 lpm, 20 lpm, 30 lpm. Pengujian ini juga menganalisa karakteristik tar yang terbentuk berdasarkan temperatur pada zona pirolisis.

**Kata Kunci :** Downdraft, Tar, Gas Sampling

## 1. Pendahuluan

Gasifikasi secara sederhana disebut sebagai pembakaran cekik atau pembakaran tidak sempurna, yaitu membakar bahan bakar padat seperti kayu atau batu bara dengan menggunakan sedikit udara sehingga tidak terjadi pembakaran sempurna. Gas hasil dari pembakaran tidak sempurna tersebut masih memiliki potensi untuk dibakar. Gas yang hasil gasifikasi tersebut memiliki nama penyebutan yang beranekaragam, antara lain: *wood gas*, *syngas*, *gas producer*, *town gas*, *generator gas* dll.

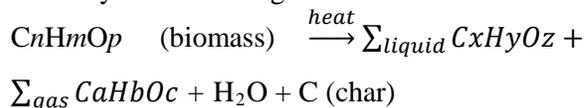
Tar adalah kontaminan organik yang terbentuk selama proses gasifikasi berlangsung. Tar merupakan suatu campuran yang kompleks dari hidrokarbon yang dapat berkondensasi. Jumlah dan komposisi dari tar yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan bakar, kondisi proses pirolisis dan reaksi fase gas sekunder.

Proses pirolisis merupakan proses dekomposisi atau pemecahan molekul-molekul

besar dan kompleks menjadi molekul-molekul yang kecil. Dalam hal ini, molekul-molekul itu diklasifikasikan menjadi tiga bagian:

- Solid (sebagian besar berupa arang dan karbon)
- Cairan (tar, hidrokarbon dan air)
- Gas (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dll)

Reaksi kimia pada proses pirolisis pada umumnya adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>:

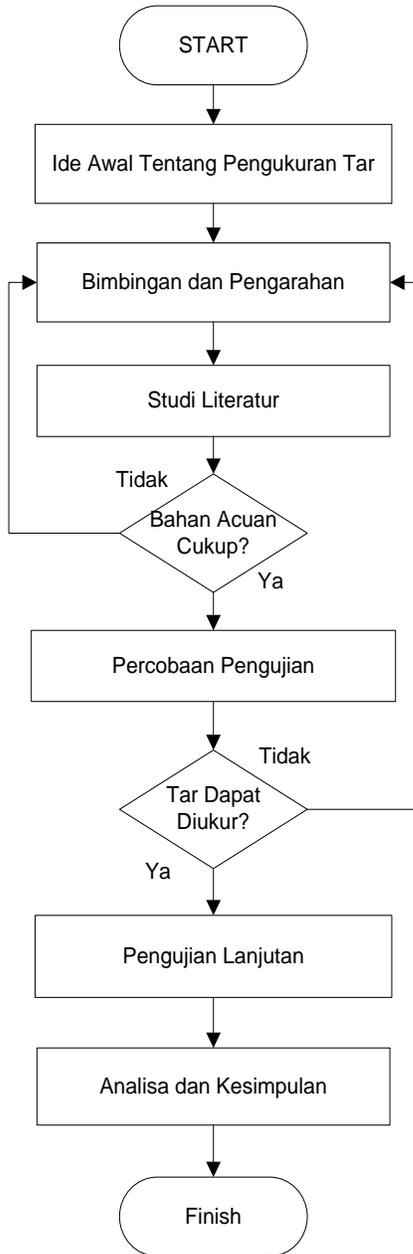


Isokinetik sampling adalah pengambilan sample gas dimana kecepatan gas saat diluar nozzle sama dengan kecepatan saat masuk kedalam nozzle. Isokinetik sampling digunakan apabila polutan yang ada dalam gas tidak tercampur secara homogen dalam gas.

## 2. Metodologi Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

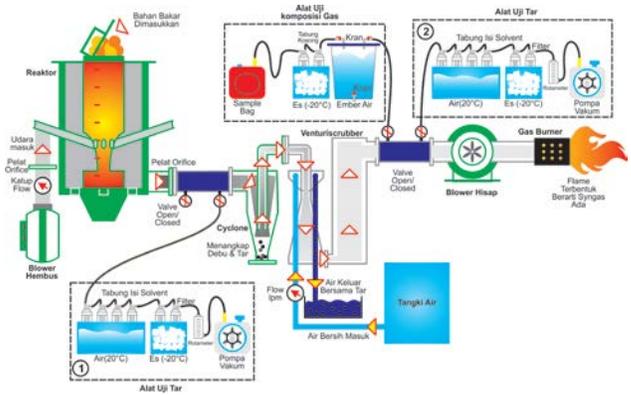
Selama melakukan pengujian dan penelitian, penulis melakukan bimbingan dengan dosen

maupun rekan, serta studi literatur agar diperoleh hasil pengujian yang baik. Secara ringkas metode penelitian yang dilakukan penulis adalah seperti diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian dilakukan di *downdraft gasifier* dengan posisi alat ukur tar adalah sebagai berikut:

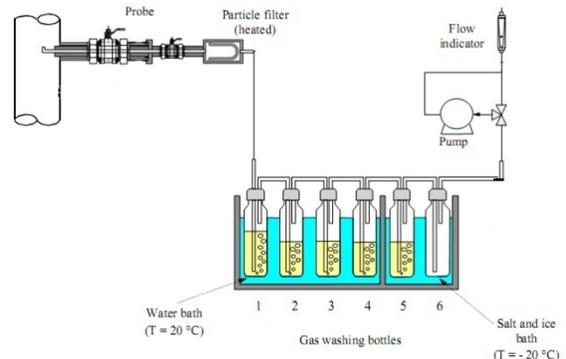


Gambar 2. Posisi Alat Ukur Tar Saat Pengujian

Keterangan :

- No.1: Pengujian tahap 1 alat ukur tar diletakkan sebelum *gas cleaning*
- No.2: Pengujian tahap 2 alat ukur diletakkan setelah *gas cleaning*.

Berikut merupakan skematika dari alat ukur tar yang digunakan<sup>[3]</sup>:



Gambar 2. Skematika Alat Ukur Tar

Keterangan:

- Pipa *Gas Sampling*
- Box Kondensasi
- Tabung Impinger
- Pompa Vakum
- *Rotameter*

### 3. Parameter yang Ditentukan

Pengujian dilakukan dengan menentukan parameter-parameter pada alat-alat tertentu, yaitu:

1. *Flowrate primary air* adalah 189.6 lpm, 131.4 lpm, dan 89.4 lpm.

2. *Flowrate* air pada *venturi scrubber* adalah 10 lpm, 20 lpm, dan 30 lpm.
3. Pengambilan sampel *gas producer* selama 20 menit.
4. Laju aliran *gas producer* yang dihisap dengan pompa vakum sebesar 10 lpm.
5. Temperatur pada box kondensasi 1 dijaga 20°C dan temperatur pada box kondensasi 2 dijaga -15s/d -20°C.

#### 4. Tahapan Pengujian

- Masukkan solvent berupa aseton sebanyak 50 ml ke tabung 2, 3, 4, 5.
- Masukkan solvent berupa air sebanyak 50 ml ke tabung 1.
- Tabung 6 dipasang filter kertas.
- Box kondensasi 1 diisi dengan air dan temperatur air dijaga 20°C
- Box kondensasi 2 diisi dengan campuran batu es dan garam hingga temperaturnya menjadi -15s/d -20°C.
- Sambungkan selang silikon ke masing-masing tabung.
- Nyalakan pompa vakum bila *flame* telah stabil dan hentikan pompa setelah 20 menit.
- Uapkan solvent pada tabung dengan air bertemperatur 80°C.
- Penguapan solvent dilakukan selama 4 jam kemudian ditimbang, setelah itu dilanjutkan penguapan hingga 1 jam berikutnya.
- Penguapan dihentikan bila sudah tidak ada selisih massa tar dengan 1 jam sebelumnya.
- Timbang tabung kotor dan catat
- Bersihkan tabung dengan aseton hingga bersih dan keringan.
- Lakukan penimbangan kembali tabung yang telah bersih dan kering.
- Massa tar adalah selisih antara massa tabung kotor dengan tabung bersih.

## 5. Hasil dan Pembahasan

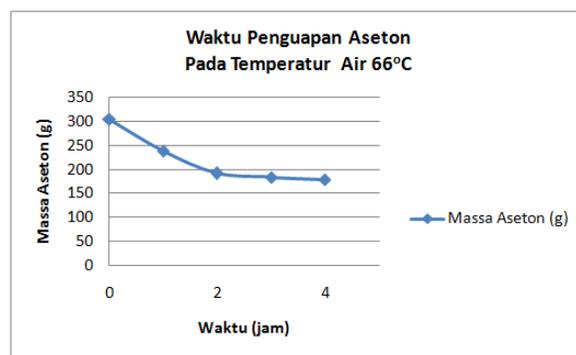
### 5.1 Laju Penguapan Aseton pada Temperatur Air 66°C

Tabel 1 Data Penguapan Aseton

Waktu (jam)	Massa Aseton (gram)
0	305.58
1	237.75
2	191.43
3	183.83
4	178.46

Keterangan:

- Massa tabung kosong adalah 178.46 g.
- Tabung kosong diisi aseton hingga setengah tinggi tabung
- Massa tabung yang terisi aseton adalah 305.58 g.
- Penimbangan dilakukan perjam.



Gambar 3. Penguapan Aseton Pada Temperatur 80°C

Gambar 3 mengindikasikan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan aseton sebanyak 127.17 gram adalah 4 jam. Waktu penguapan ini menjadi tolak ukur untuk durasi penguapan solvent setelah pengujian.

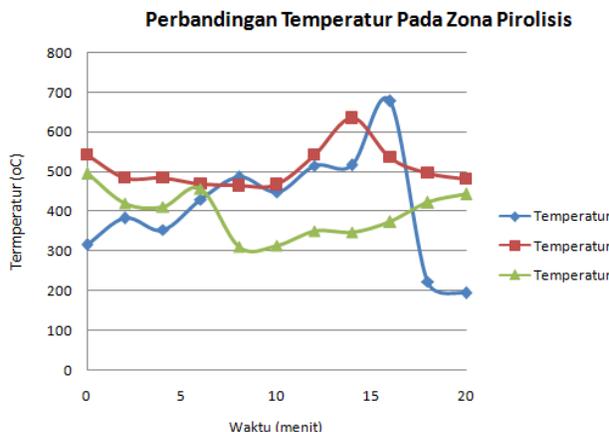
### 5.2 Massa Tar sebelum Gas Cleaning

Tabel 2 Massa Tar Sebelum Gas Cleaning

Primary Air Flowrate (lpm)	Massa Tar (g)	Sample Gas Flowrate (lpm)	Waktu Hisap (menit)	Volume (liter)	Massa Tar (mg/m <sup>3</sup> )
189.6	0.27	10	20	200	1350
131.4	0.09	10	20	200	450
89.4	0.05	10	20	200	250

Tabel diatas menjelaskan hubungan antara *Primary Air Flowrate* dengan massa tar yang terukur. Bahwa massa tar yang terukur meningkat seiring dengan meningkatnya *Primary Air Flowrate*.

5.3 Hubungan Temperatur Zona Pirolisis dengan *Primary Air Flowrate*

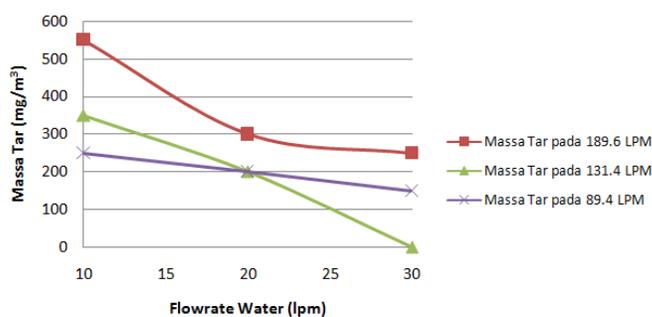


Gambar 4. Perbandingan Temperatur Zona Pirolisis Dengan *Primary Air Flowrate*

Grafik menjelaskan bahwa temperatur zona pirolisi pada *Primary Air Flowrate* 189.6 lpm mempunyai range temperatur 200-600°C dimana temperatur maksimum adalah 677°C sehingga dapat disimpulkan bahwa tar yang terbentuk adalah tipe primer dan sekunder<sup>[2]</sup>. Pada *Primary Air Flowrate* 131.4 lpm range temperatur pada zona pirolisis adalah 400-600°C dengan temperatur maksimal 635°C, tar yang terbentuk juga tar tipe primer dan sekunder. Sedangkan pada *Primary Air Flowrate* 89.4 lpm, range temperaturnya adalah 300-400°C dengan temperatur maksimal adalah 495°C, tar yang terbentuk hanya tipe primer.

5.3 Massa Tar setelah Gas Cleaning

Pengambilan *gas sampling* dilakukan setelah *Gas Cleaning*, berikut massa tar yang berhasil diukur:



Gambar 5. Massa Tar Setelah Gas Cleaning

Grafik diatas menjelaskan tentang massa tar yang terukur setelah gas cleaning berikut dengan variasi *flowrate primary air* dan *flowrate air* pada *venturi scrubber*.

Tabel 3 Perbandingan Massa Tar Setelah Gas Cleaning dan Sebelum Gas Cleaning

Flowrate Primary Air (lpm)	Sebelum Gas Cleaning (gram)	Setelah Gas Cleaning		
		Flowrate Venturi Scrubber		
		10 lpm	20 lpm	30 lpm
189.6	1350	550	300	250
131.4	450	350	150	0
89.4	250	250	200	150

Tabel diatas menjelaskan bahwa antara sebelum dan setelah gas cleaning terdapat perbedaan massa tar yang terukur. Massa tar berkurang sejalan dengan meningkatnya *flowrate air* pada *venturi scrubber*. Variasi yang dapat mengurangi tar secara maksimum adalah pada *flowrate primary air* 131.4 lpm

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Dari semua pengujian dan penelitian yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Pengukuran tar pada *fixed bed downdraft gasifier* ini telah dapat mengukur massa tar per volume gas ( $g/m^3$ ).
2. Tar tertinggi yang terukur sebelum gas cleaning adalah  $1350 mg/m^3$  sedangkan tar terendah yang terukur sebelum gas cleaning adalah  $250 mg/m^3$ .
3. Variasi paling optimal dalam mereduksi jumlah tar adalah pada *flowrate primary air* 131.4 lpm dan *flowrate air* pada *venturi scrubber* 30 lpm dengan massa tar  $0 mg/m^3$ .

4. Karakteristik massa tar terhadap *flowrate primary air* dan temperatur zona pirolisis adalah semakin tinggi *flowrate*, maka massa tar yang diperoleh akan semakin besar. Begitu pula dengan temperatur maksimum zona pirolisi yang akan naik seiring dengan makin tingginya *flowrate*.
5. Mayoritas tar yang terbentuk adalah tipe primer.

## 6.2 Saran

Agar depannya hasil penelitian tentang pengukuran tar ini mendapatkan hasil yang lebih baik, maka penulis menyarankan beberapa hal:

1. Melengkapi termokopel, akan lebih mendukung dalam mendapatkan data temperatur yang lebih banyak dan lebih baik.
2. *Dry Gas Meter* diperlukan untuk mendapatkan volume *gas sampling* yang lebih akurat, sehingga hasil berupa massa tar akan lebih akurat.
3. Timbangan digital dengan ketelitian yang lebih baik diperlukan untuk menimbang massa tar yang memiliki jumlah sangat kecil seperti pada *flowrate primary air* 131.4 lpm dan *flowrate air* pada *venturi scrubber* 30 lpm.

## Daftar Referensi

- [1] Basu, Prabir *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Elsevier, 2010.
- [2] T.A. Milne and R.J Evans *Biomass Gasifier "Tars": Their Nature, Formation and Conversion*. National Renewable Energy Laboratory 1998.
- [3] J.P.A. Neeft, H.A.M. Knoef, U. etc *Guideline for Sampling and Analysis of Tar and Particles in Biomass Producer Gases* Version 3.3.