

Kajian Pengaruh Kondisi Operasi Wet Gas Cleaner Terhadap Jumlah Kandungan Tar Dan Temperatur Producer Gas Hasil Gasifikasi Biomassa

Adi Surjosaty dan Harry Daniel Sianipar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok

Email: adisur@eng.ui.ac.id

Abstrak

Gas produser merupakan produk dari downdraft gasifier mengandung tar dan temperatur tinggi. Tar adalah kontaminan organik yang terbentuk selama proses gasifikasi berlangsung. Kandungan tar dalam gas produser harus dikontrol sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar motor pembakaran dalam. Persyaratan untuk aplikasi pada motor pembakaran adalah $50-100 \text{ mg/m}^3$, agar dapat memenuhi persyaratan tersebut maka dilakukan pembersihan dan pengondisionan terhadap gas produser. Venturi scrubber merupakan aplikasi wet gas cleaner yang berfungsi untuk mengurangi kandungan tar dan mengondisikan temperatur pada gas produser. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kandungan tar dan temperatur gas produser. Hasil penelitian membuktikan bahwa variasi laju aliran udara primer 131.4 lpm dan scrubbing liquid venturi scrubber 30 lpm merupakan variasi yang paling optimal dalam mengurangi kandungan tar dan temperatur gas produser.

Kata Kunci: Tar, Wet Gas Cleaner, Laju Aliran Udara Primer, Laju Aliran Air

1. Pendahuluan

Gasifikasi adalah proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu 20% s/d 40% udara stoikiometri. Gas hasil dari proses gasifikasi disebut *biogas*, *producer gas*, atau *syngas*^[1].

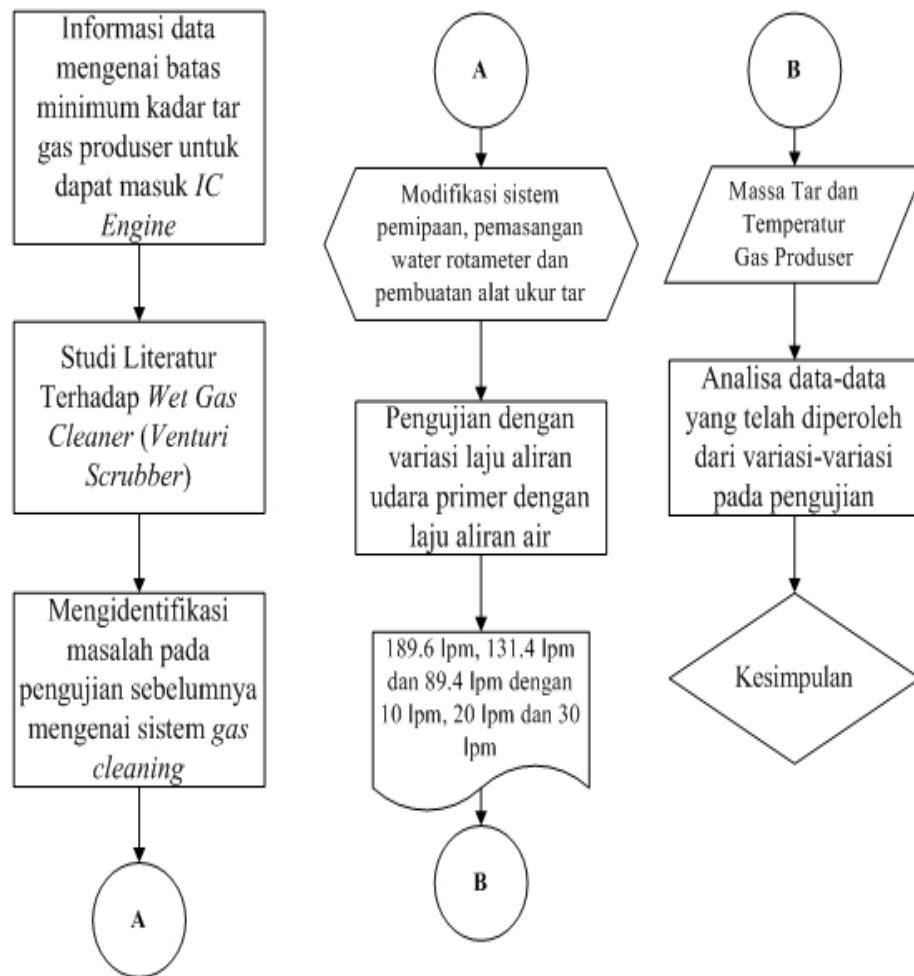
Pengotor atau kontaminan partikel dan organik, seperti tar merupakan suatu masalah yang harus dihadapi pada proses gasifikasi yang menggunakan batubara atau biomassa. Tar sangat memengaruhi gas hasil proses gasifikasi terutama untuk aplikasi pada mesin pembakaran dalam (internal combustion engine) adapun persyaratan untuk kandungan tar yang diizinkan adalah $50-100 \text{ mg/Nm}^3$ ^[2].

Tar adalah kontaminan organik yang terbentuk selama proses gasifikasi berlangsung. Tar merupakan suatu campuran yang kompleks dari hidrokarbon yang dapat berkondensasi. Sistem *gas cleaning* yang bertujuan untuk mengurangi jumlah tar, yang sudah ada saat ini

pada peralatan *downdraft gasifier* adalah *cyclone* dan *venturi scrubber*. Pada saat penelitian sebelumnya mengenai *gas cleaning system*, tidak diukur jumlah tar (mg) yang dihasilkan dari gas produser per m^3 . Penelitian untuk saat ini mengukur jumlah tar (mg/m^3) dan temperatur yang dihasilkan gas produser setelah mengalami pembersihan dan pengondisionan gas melalui gas cleaner, mendapatkan scrubbing liquid yang tepat yang digunakan untuk mereduksi jumlah tar dan temperature dari gas produser hasil gasifikasi biomassa dan mengetahui apakah gas produser sudah memiliki persyaratan untuk aplikasi pada mesin pembakaran dalam.

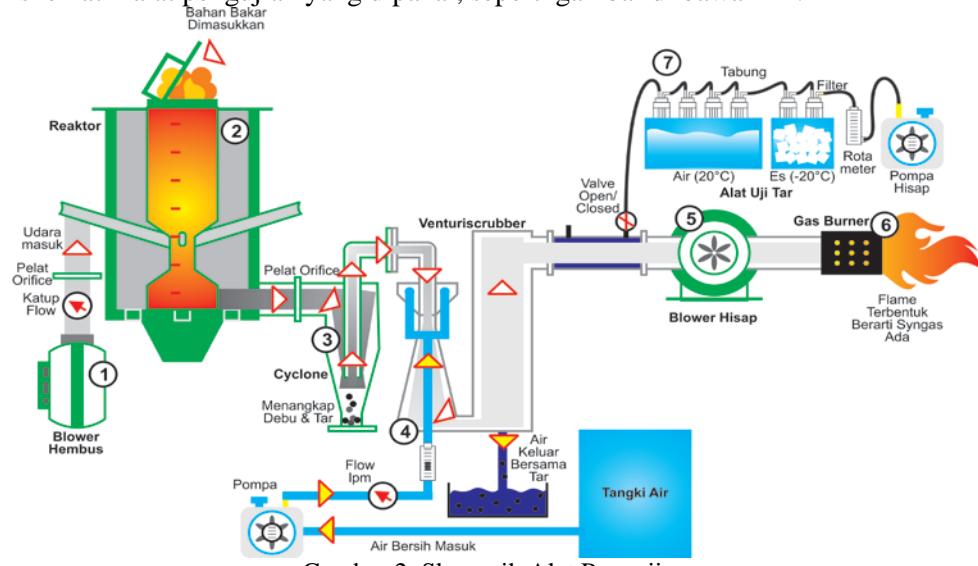
2. Metodologi Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Proses gasifikasi dilakukan menggunakan sebuah gasifier tipe aliran kebawah (*downdraft*). Pengujian dilakukan di Laboratorium Gasifikasi Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan algoritma sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian Sistem Gas Cleaning

Adapun skematik alat pengujian yang dipakai, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. Skematic Alat Pengujian

Keterangan :

- 1 : Blower Hembus
- 2 : Reaktor
- 3 : Cyclone
- 4 : Venturi Scrubber
- 5 : Blower Hisap
- 6 : Burner
- 7 : Alat Uji Tar

3. Kondisi Pengujian

Pada pengujian ini beberapa kondisi yang telah diatur untuk mempermudah dalam proses pengambilan data dan pengujian

1. Jumlah bahan bakar setiap pengujian 6 kg.
2. Laju aliran udara primer 189.6 lpm, 131.4 lpm, dan 89.4 lpm.
3. Laju aliran air *venturi scrubber* 10 lpm, 20 lpm, dan 30 lpm.
4. Pengambilan sampel *gas producer* selama 20 menit.
5. Laju aliran *gas producer* yang dihisap dengan pompa vakum sebesar 10 lpm.

4. Hasil dan Pembahasan

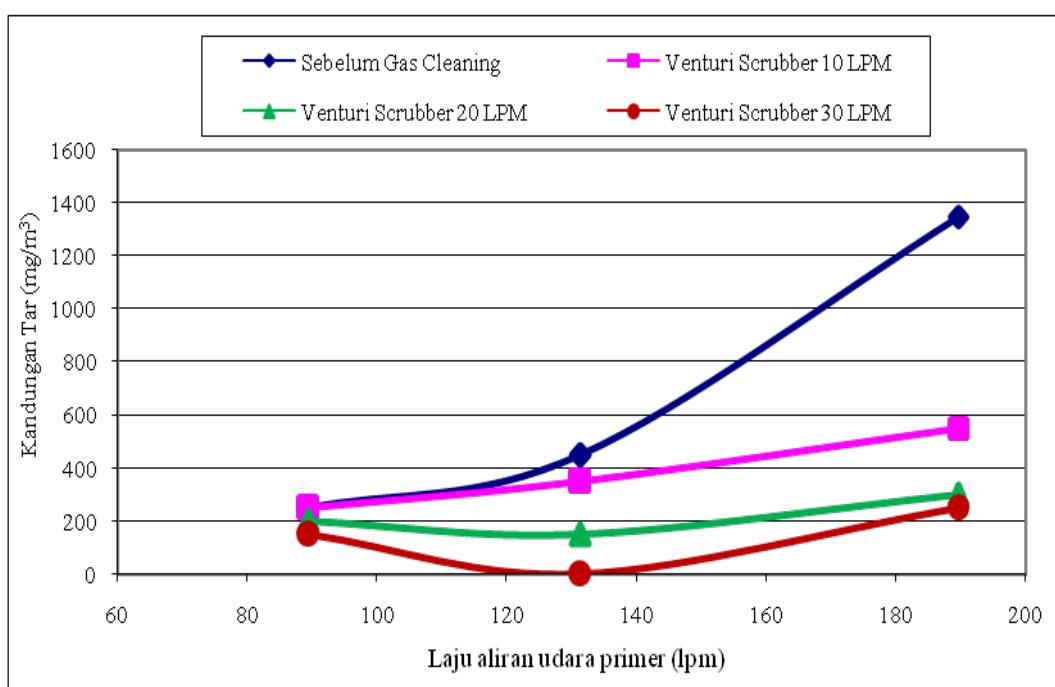
- 4.1 Pengaruh *scrubbing liquid venturi scrubber* terhadap jumlah kandungan tar.

Kandungan tar yang diperoleh dalam satuan mg/m^3 , dimana maksud dari satuan ini bukanlah ρ (rho) atau massa jenis namun satuan ini menyatakan massa tar (mg) per satuan volume (m^3) gas produser.

Tabel 1.
Perbandingan Kandungan Tar sebelum *Gas Cleaner* dan sesudah *Gas Cleaner*

No	Laju Aliran Udara Primer (lpm)	Sebelum Gas Cleaning	10 lpm	20 lpm	30 lpm
1	189.6	1350	550	300	250
2	131.4	450	350	150	0
3	89.4	250	250	200	150

Tabel 1 mendeskripsikan bahwa data-data (mg/m^3) yang ada dalam tabel berisikan perbandingan antara kandungan tar pada kondisi sebelum *gas cleaner* dengan sesudah *gas cleaner*.



Grafik 1. Perbandingan kandungan tar dengan variasi *scrubbing liquid venturi scrubber*

Grafik 1 menunjukkan bahwa semakin banyak laju aliran air menuju venturi scrubber maka semakin banyak tar yang ditangkap

dikarenakan berdasarkan literatur yang didapat bahwa jumlah tar dan pengotor lainnya yang terkumpul meningkat seiring bertambahnya

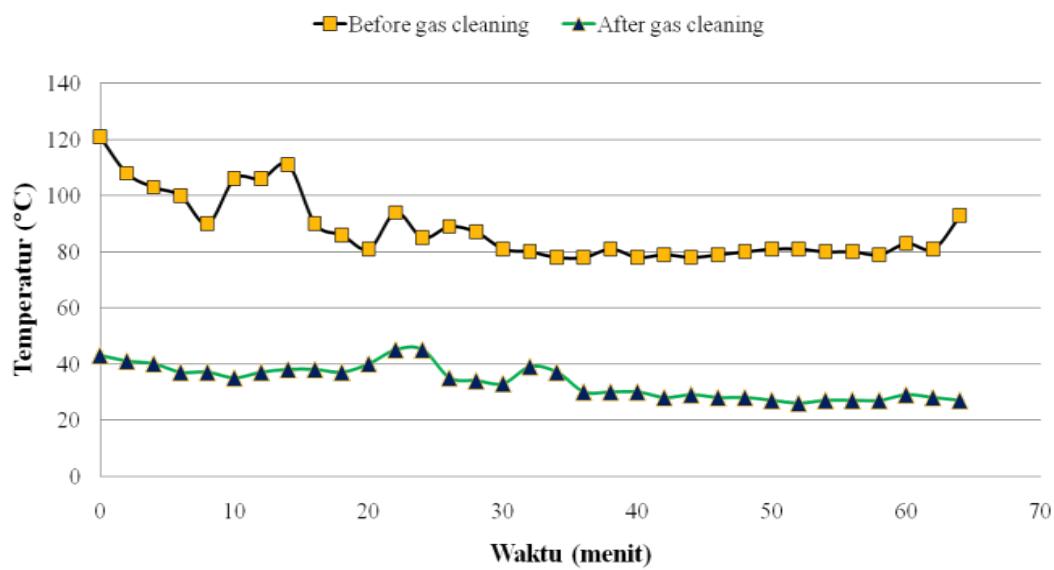
jumlah air yang digunakan sampai mencapai keadaan optimum^[3], sedangkan Gerald T. Joseph mengungkapkan bahwa semakin besaranya *scrubbing liquid* suatu venturi scrubber meningkat seiring bertambahnya luas permukaan air yang tercipta untuk bersentuhan dengan partikel tar dan pengotor lainnya dan mampu menangkap partikel-partikel tersebut.

4.2 Pengaruh laju aliran air *venturi scrubber* terhadap temperatur *gas producer*

Pengukuran temperatur dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur gas mampu bakar yang dihasilkan *downdraft gasifier* setelah melewati *gas cleaner*. Grafik 2 menunjukkan pengaruh tersebut.

Adapun variasi pengujian yang dilakukan adalah pada kondisi *gas cleaner* bekerja dengan

optimum, dimana variasi tersebut diantaranya laju aliran udara primer 131.4 lpm dengan laju aliran air *venturi scrubber* 30 lpm. Dari pengukuran temperatur yang telah dilakukan dari berbagai variasi laju aliran air venturi scrubber, semakin besar laju aliran air venturi scrubber maka semakin rendah temperatur gas mampu bakar yang melewati *gas cleaner* tersebut. Ini dikarenakan banyaknya air yang terdistribusi ke dalam throat venturi scrubber sehingga panas yang dibawa oleh gas mampu bakar diserap oleh banyaknya air yang mengalir menuju venturi scrubber. Penurunan ini juga disebabkan oleh hilangnya sebagian unsur pengotor (tar dan partikulat lainnya) yang memiliki kontribusi temperatur terhadap gas mampu bakar.



Grafik 2. Laju aliran air venturi scrubber 30 lpm terhadap distribusi temperature gas produser saat kondisi laju aliran udara primer 131.4 lpm

4.3 Efisiensi *Wet Gas Cleaner*

Efisiensi kinerja *wet gas cleaner* bertujuan untuk mengetahui kemampuan *venturi scrubber* dalam mengurangi kandungan tar yang dihasilkan *downdraft gasifier*. Efisiensi kinerja *wet gas cleaner* akan dipengaruhi oleh

parameter-parameter kondisi operasi *downdraft gasifier*. Efisiensi terbesar dihasilkan saat *wet gas cleaner* bekerja pada kondisi yang optimal dalam mengurangi kandungan tar yang dihasilkan *downdraft gasifier*.

$$\% \text{ efisiensi} = \frac{(\text{Massa tar sebelum menggunakan gas cleaner} - \text{massa tar setelah menggunakan gas cleaner})}{\text{Massa tar sebelum menggunakan gas cleaner}} \times 100\%$$

Tabel 2 Efisiensi Gas Cleaner

No	Laju Aliran udara primer	Kandungan Tar Sebelum Gas Cleaner (mg/m ³)	Scrubbing Liquid	Kandungan tar Sesudah Gas Cleaner (mg/m ³)	% Efisiensi
1	189.6 lpm	1350	10 lpm	550	59.26
2	189.6 lpm	1350	20 lpm	300	77.78
3	189.6 lpm	1350	30 lpm	250	81.48
4	131.4 lpm	450	10 lpm	350	22.22
5	131.4 lpm	450	20 lpm	150	66.67
6	131.4 lpm	450	30 lpm	0	100
7	89.4 lpm	250	10 lpm	250	0
8	89.4 lpm	250	20 lpm	200	20
9	89.4 lpm	250	30 lpm	150	40

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan proses penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Variasi laju aliran udara primer 131.4 lpm dan laju aliran air *venturi scrubber* 30 lpm merupakan variasi yang paling optimal karena memiliki kecenderungan menghasilkan tar paling sedikit.
- Efisiensi *gas cleaner* yang dipakai pada penelitian ini dapat mengurangi tar dari gas mampu bakar sampai 100%. Efisiensi sampai 100% ini bisa disebut *unpredictable efficiency*, hal ini dipengaruhi faktor eksternal yaitu kurangnya ketelitian dari timbangan digital dalam membaca massa.
- Venturi scrubber* juga bekerja dengan baik dalam menurunkan temperatur gas mampu bakar dengan mampu mengurangi temperatur gas produser sampai 26°C.
- Wet gas cleaner* tidak memengaruhi kinerja *downdraft gasifier* dalam menghasilkan gas mampu bakar secara berkelanjutan.

5.2 Saran

Agar penelitian mengenai sistem pembersihan terhadap tar dan partikulat lainnya pada gas mampu bakar dapat memberikan hasil yang lebih optimal, hendaknya dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- Melakukan pengujian kembali variasi laju aliran udara primer 131.4 lpm dengan laju aliran air *venturi scrubber* 30 lpm.

- Penggunaan timbangan yang lebih akurat sehingga ketika melakukan pengukuran dan penimbangan, hasil yang didapatkan lebih optimal.
- Pembersihan pada saluran yang dilewati gas mampu bakar agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
- Pembelian Data Akuisisi (DAQ) wajib dilakukan untuk mempermudah dalam pencatatan temperatur.
- Pembelian termokopel yang baru untuk menunjang identifikasi temperatur pada reaktor *gasifier*.

Daftar Referensi

- [1] Luby,Peter., Advanced System in Biomass Gasification – Commercial Reality and Outlook". Proceeding, the III International Slovak Biomass Forum, Bratislava, 2003.
- [2] P. Hasler, T. Nussbaumer / Biomass and Bioenergy 16 (1999)
- [3] Maria Angélica Martins Costa, dkk, "Performance of a Venturi scrubber in the removal of fine powder from a confined gas stream", Journal, Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos.
- [4] Gerald T. Joseph, Scrubber system operation review Self-instructional manual, North Carolina State University.