

Analisa Pengaruh Kandungan Tar pada Syngas Tipe *Up-Draft* Terhadap Perlakuan Udara Panas Masuk Reaktor Dan Variasi ER (*Equivalent Ratio*)

Abrar R¹⁾, Yeeeri Badrun²⁾ & Dede Yefandri³⁾

¹Laboratorium Teknik Mesin (Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau)

²Biologi (FMIPA, Universitas Muhammadiyah Riau)

³Teknik Mesin (Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau)

Email : abrar.ridwan@umri.ac.id

Abstrak

Teknologi gasifikasi *biomassa* merupakan penelitian yang sangat prospek dikarenakan energi yang dihasilkan berkelanjutan dan ramah lingkungan. Gasifikasi tipe *updraft* mudah dalam pembuatan, perawatan dan pengoperasian akan tetapi kandungan tar pada syngasnya banyak dibandingkan dengan tipe lain sehingga dapat merusak mesin pembakaran dalam. Telah dilakukan pengujian variasi nilai Ekuivalen rasio (ER) dan temperatur udara masuk terhadap jumlah kandungan tar. Variasi ER 0,2; 0,3; 0,35 dan 0,4 dilakukan dengan merubah bukaan katup, sementara variasi temperatur dibuat dengan melilitkan elemen *heater* pada pipa masuk udara ke reaktor.

Dari hasil penelitian nilai ER 0.4 memiliki kandungan tar yang kecil yaitu 1,1 gram. Sementara semakin tinggi temperatur masuk ke ruang gasifier akan berpengaruh terhadap kecilnya nilai tar yang dihasilkan pada syngas.

Kata kunci: *Gasifikasi, Tar, Syngas, Ekuivalen Rasio, Temperatur.*

A. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang tak pernah lepas dari kehidupan manusia. Ketergantungan energi pada suatu daerah berbanding lurus dengan jumlah penduduk, kemajuan teknologi dan taraf hidup masyarakatnya. Penggunaan energi fosil suatu saat akan habis sehingga dibutuhkan teknologi alternative yang berkelanjutan dan ramah lingkungan salah satu teknologi tersebut adalah gasifikasi *biomassa*.

Gasifikasi *biomassa* tipe *updraft* mudah dalam konstruksi, tingkat perawatan dan pengoperasian, akan tetapi syngas tipe ini memiliki kandungan tar yang sangat banyak, adapun potensi untuk dijadikan bahan bakar *engine* akan bermasalah dan dapat merusak komponen didalamnya. Hal tersebut dikarenakan sistem piston- silinder mesin

pembakaran internal tidak dirancang untuk menangani material padatan seperti partikulat dan tar.

Konsentrasi dari partikulat dan tar dalam gas produk harus di bawah batas toleransi, yaitu 30 mg/Nm³ untuk partikulat dan 100 mg/Nm³ untuk tar [1] (Milne et al ; 1998).

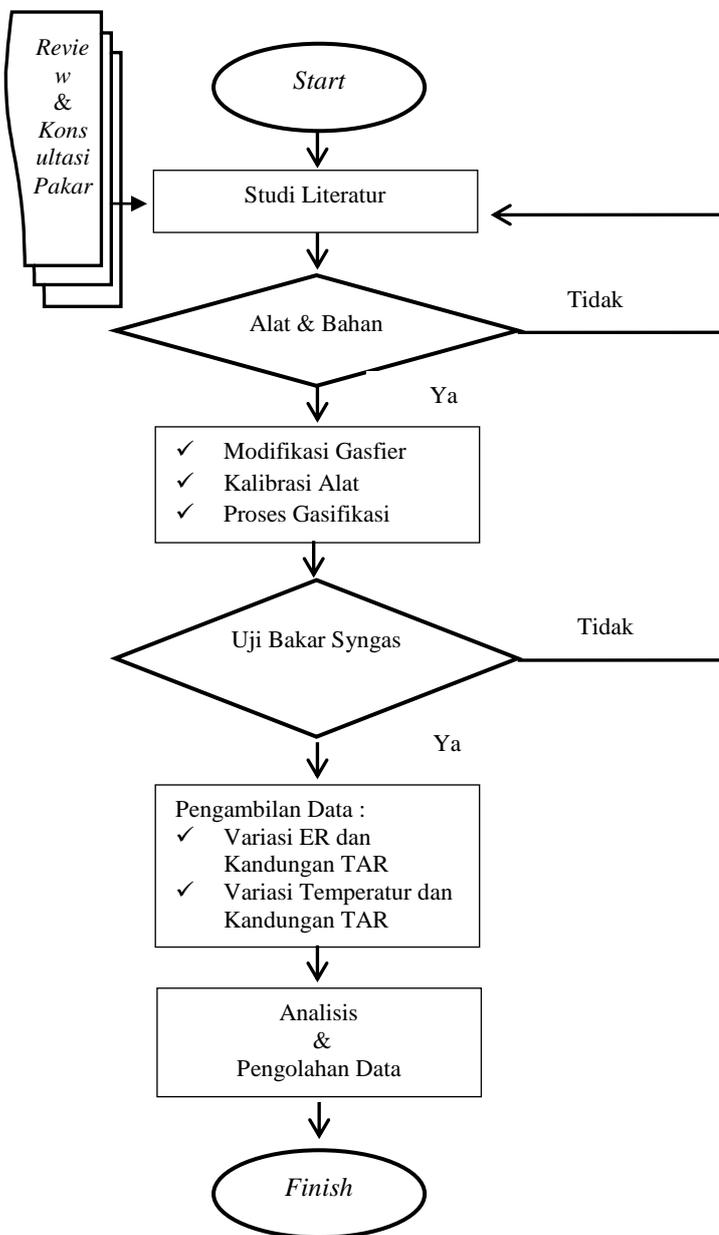
Berlandaskan latar belakang diatas perlu dilakukan uji eksperimental untuk menurunkan prosentase kandungan tar pada syngas dengan variasi *Equivalent ratio* (ER) dan temperatur udara masuk ke dalam reaktor gasifier. Tipe *updraft gasifier* terkenal dengan kandungan tar yang masih tinggi dan dapat merusak mesin pembakaran internal, akan tetapi mudah dalam pembuatan dan pemasukan bahan bakar. Hal tersebut dikarenakan sistem piston-silinder mesin pembakaran internal tidak dirancang untuk menangani material padatan seperti partikulat dan tar.

Agar kandungan tar dapat direduksi maka

perlu dilakukan penelitian yaitu pemanasan udara sebelum masuk reaktor *gasifier* dengan memanfaatkan panas terbuangan dari dinding tungku. Data yang akan diperoleh adalah variasi temperatur udara panas sebelum masuk reaktor terhadap kandungan tar pada ER konstan, dan variasi nilai ER optimum terhadap kandungan tar pada temperatur konstan.

Pada penelitian ini gasifier yang digunakan tipe *updraft* dengan dimensi sebagaimana terlihat pada gambar 2.a dan 2.b pengujian dilakukan di laboratorium konversi energi fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Riau.

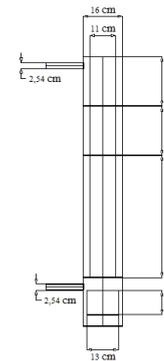
B. ALUR PENELITIAN



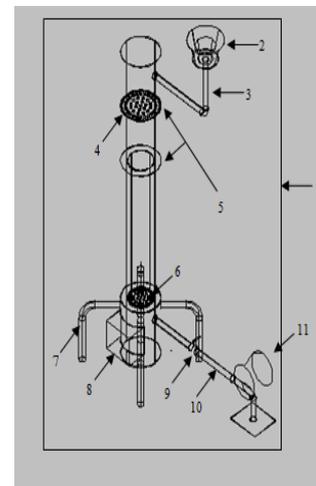
Gambar 1. Alur Penelitian

C. Alat Dan BahamYang Digunakan

- ✓ Alat Ukur DAQ Advantech 4718 dengan program display Labview 7.1
- ✓ Termokopel tipe K
- ✓ Anemometer
- ✓ Reaktor gasifikasi tipe *updraft*
- ✓ Elemen heater.
- ✓ Blower
- ✓ Timbangan dan gelas ukur



Gambar 2. Dimensi Reaktor Gasifikasi



Gambar.3. Alat Uji Tipe *updraft* Gasifier,

C. Tahapan pengambilan data

Adapun tahapan pengambilan tar terhadap variasi Ekvivalen Rasio (ER) dan temperatur udara masuk reaktor akan dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Siapkan dan masukkan bara kayu kedalam reaktor untuk penyalan awal.
- 2) Masukkan bahan bakar (kayu) sebanyak 2 kg.
- 3) Hidupkan blower dengan bukaan katup penuh.
- 4) Setelah terjadinya pembakaran pada ruang reaktor, kemudian tutup atas reaktor.
- 5) Lakukan percobaan indikasi adanya gas mampu bakar dengan melakukan penyulutan pada jalur keluar *syngas* dan catat waktu lidah api muncul pada jalur keluar *syngas*.
- 6) Apabila lidah api telah muncul putarlah katup pada pipa masuk udara sampai bukaan katup yang telah ditentukan sesuai dengan beberapa Ekuivalen Rasio yang akan diteliti.
- 7) Ambil sampel tar pada buangan aliran tar, selama lidah api menyala.
- 8) Setelah lidah api mati catat berapa lama waktu penyalan lidah api, dan hentikan pengambilan sampel tar dan timbang berapa sampel tar tersebut.

Pengumpulan data diperoleh dari beberapa percobaan variasi panas temperatur masuk pada saat temperatur lingkungan, temperatur 50°C, 100°C, 150°C, 200°C dan 250°C. Diasumsikan temperatur tertinggi tungku adalah 250°C. Kemudian variasi ER (Ekivalen Rasio) diuji dari 0.2, 0.25, 0.3, 0.35 dan 0.4 diasumsikan perbandingan udara aktual dengan udara stoikiometrik yang paling optimal adalah 0.2 s/d 0.4

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melakukan pembakaran sempurna dari 1 kg Biomassa diperlukan sebanyak 6.3 kg udara. Maka untuk menentukan Ekuivalen Rasio (ER) berdasarkan bukaan katup dapat ditentukan. kecepatan aliran massa udara dari Blower yang terbaca dengan menggunakan Anemometer adalah 0.49 m/s. Dalam penelitian ini bahan bakar biomassa yang dimasukkan ke dalam reaktor gasifikasi adalah 2 kg, sehingga banyaknya udara yang diperlukan untuk pembakaran sempurna secara teoritis adalah 12.6 kg udara

Tabel.1. Perhitungan *Mass Flow Rate* terhadap bukaan Katup dan ER

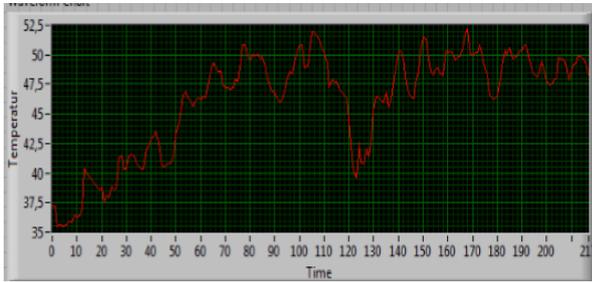
| Ekivalen Rasio utk 2 kg BB (ER) | Udara Aktual (kg) | <i>Mass Flow rate</i> m(kg/s) | Variasi Bukaan Katup (°) | Waktu Untuk Mencapai ER (menit) |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 0.20 | 2.52 | 0.007 | 15 (1/6) | 5.956 |
| 0.25 | 3.15 | 0.002 | 45 (1/2) | 22.335 |
| 0.30 | 3.78 | 0.004 | 30 (1/3) | 17.868 |
| 0.35 | 4.41 | 0.002 | 45(1/2) | 31.269 |
| 0.40 | 5.04 | 0.007 | 15(1/6) | 11.912 |

Tabel diatas merepresentasikan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ER 0.2, 0.25, 0.30, 0.35 dan 0.4 . semakin besar bukaan katup maka kecepatan aliran udara semakin kecil. Hal ini disebabkan luas bukaan katup berbanding terbalik dengan kecepatan. Sehingga untuk mensuplai udara aktual dibutuhkan perkalian laju aliran masa udara dengan waktu capaian. Pengujian bukaan katup digunakan sebagai parameter penentuan variasi ER terhadap kandungan tar.



Gambar.3 Instalasi Alat Ukur.

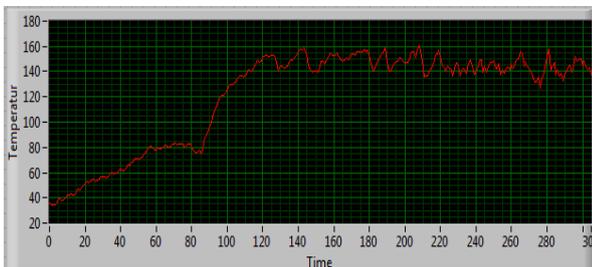
Tampilan-tampilan temperatur heater (pemanas) pada variasi temperatur udara masuk 50°C, 100°C dan 150°C dapat dilihat pada Grafik 1, 2 dan 3 di bawah ini.



Grafik 1. Temperatur udara masuk reaktor pada 50°C



Grafik 2. Temperatur udara masuk reaktor pada 100°C



Grafik 3. Temperatur udara masuk reaktor pada 150°C

Pengujian kestabilan temperatur udara masuk reaktor harus dilakukan berdasarkan gambar grafik diatas sangat sulit mengontrol temperatur yang diinginkan yaitu 50 °C, 100 °C dan 150 °C, akan tetapi kecenderungan dari grafik sudah konstan. Setelah perlakuan diatas maka pengujian dan pengambilan berat kandungan tar bisa dilakukan. Sampel tar ditimbang pada kondisi norma yaitu 25 °C pada tekanan 1 atm, kemudian dihitung besarnya volume tar.

Akan tetapi temperature yang lebih tinggi yaitu 250 °C sampai temperature 400 °C perlu dikaji karena rentang temperature tersebut menjanjikan untuk *thermal cracking* dari kandungan tar. Efek dari panasnya temperatur masuk maka perlu konstruksi dinding yang tebal atau peletakkan isolator.

Tabel 2. Jumlah kandungan tar dalam massa gram

| Jlh Bhn Bakar (Kg) | Ekivalen Rasio (ER) | Penyalaaan Awal Bukaan Katup Penuh (Menit) | Lidah Api Muncul Bukaan Katup (°) | Lama Penyalaaan Syngas (Menit) | Sampel Tar (gram) |
|--------------------|---------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 2 | 0.20 | 4 | 15 | 8.3 | 4 |
| 2 | 0.25 | 5 | 45 | 7 | 3.2 |
| 2 | 0.30 | 5 | 30 | 7.8 | 1.9 |
| 2 | 0.35 | 5 | 45 | 8.5 | 1.5 |
| 2 | 0.40 | 5 | 15 | 9 | 1.1 |

Tabel 3. Jumlah kandungan tar dalam prosentase

| Jumlah Bahan Bakar (Kg) | Ekivalen Rasio (ER) | Bukaan Katup (°) | Sampel Tar (Kg) | % Tar Terhadap Jumlah Bahan Bakar |
|-------------------------|---------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 2 | 0.20 | 15 | 0.0040 | 0.200 |
| 2 | 0.25 | 45 | 0.0032 | 0.160 |
| 2 | 0.30 | 30 | 0.0019 | 0.095 |
| 2 | 0.35 | 45 | 0.0015 | 0.075 |
| 2 | 0.40 | 15 | 0.0011 | 0.055 |

Pengambilan pengujian kandungan tar terhadap variasi temperatur masuk ke reaktor gasifier berdasarkan bukaan katup 15 ° dikarenakan kondisi tersebut adalah nilai ER yang bagus (0,2 dan 0,4) yang mana jumlah tar kecil 1.1 gram pada ER 0.4.

Berdasarkan data tabel. 4 disimpulkan semakin tinggi temperatur udara masuk ke reaktor akan menurunkan jumlah tar dalam syngas. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dapat ditarik kesimpulan untuk disain tipe updraft perlu peletakkan pipa keluar syngas pada zona reduksi (zona terdekta diatas pembakaran bahan bakar). Zona tersebut adalah zona terkecil untuk kandungan tar.

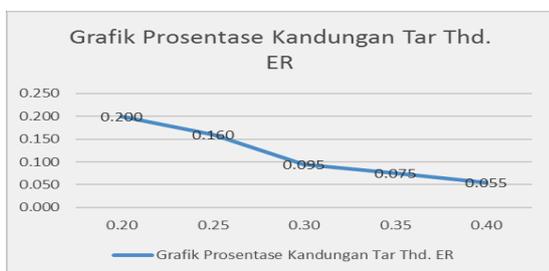
Tabel 4. Kandungan tar terhadap variasi temperature udara masuk reaktor dalam massa gram.

| Jlh Bhn Bakar (Kg) | Temperatur Udara Masuk (°C) | Penyalaa n Awal Bukaan Katup Penuh (Menit) | Lidah Api Muncul Bukaan Katup (°) | Lama Penyalaa n Syngas (Menit) | Sampel Tar (gram) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 2 | 50 | 5 | 15 | 8 | 4.7 |
| 2 | 100 | 5 | 15 | 8 | 1.8 |
| 2 | 150 | 5 | 15 | 8.5 | 1.2 |

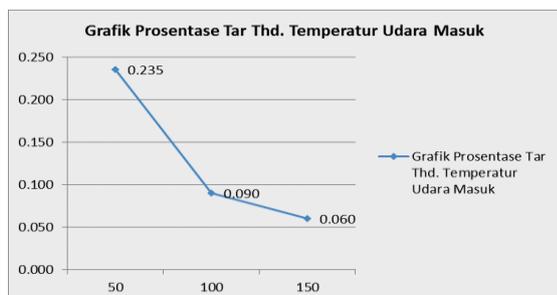
Tabel 5. Kandungan tar terhadap variasi temperature udara masuk reaktor dalam prosentase (%)

| Jumlah Bahan Bakar (Kg) | Temperatur Udara Masuk (°C) | Bukaan Katup (°) | Sampel Tar (Kg) | % Tar Terhadap Jumlah Bahan |
|-------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|
| 2 | 50 | 1 | 0.004 | 0 |
| 2 | 10 | 1 | 0.003 | 0 |
| 2 | 150 | 5 | 0.0019 | 0 |

Dari tabel.5 tampak pengaruh temperatur udara masuk ke ruang bakar akan menghasilkan kandungan tar yang rendah yaitu pada temperature 150 °C dengan nilai 1.2 gram. Bahkan untuk temperature diatasnya juga bisa dicapai dengan memanfaatkan panas buang dari dinding tungku gasifier



Gambar 4. Kandungan tar pada syngas variasi terhadap nilai ekivalen rasio



Gambar 5. Kandungan tar pada syngas terhadap variasi nilai temperatur

Pengaruh peningkatan temperatur udara masuk akan meningkatkan tingginya temperatur di dalam ruang bakar sehingga dapat meminimalisir terjadinya pembentukan tar pada syngas, hal ini sesuai dengan laluan syngas yang terjadi pada tipe *downdraft* gasifikasi dimana syngas yang terbentuk dari proses gasifikasi dipanaskan kembali sebelum keluar dari pipa outlet syngas.

Kondisi tersebut diatas berbeda dengan tipe *updraft* dimana syngas yang keluar langsung tanpa terjadi kontak ulang dengan temperature ruang bakar dan menyebabkan temperatur turun. Tar pada *updraft gasifier* tidak mengalami proses pemecahan kembali karena langsung ikut terbawa keluar bersama gas melalui bagian atas *gasifier*. Tar tersebut akan masuk ke area dingin sehingga terkondensasi dan terbentuklah tar cair.

Konsekuensi dengan penambahan temperatur udara masuk akan mengakibatkan temperature *reaktor* yang tinggi sehingga dalam perencanaan dinding tungku harus lebih tebal



Gambar 6. Syngas yang berupa asap dapat terbakar pada keluaran alat uji *updraft* gasifier

KESIMPULAN

- 1 Teknologi gasifikasi biomasa tipe *updraft* memiliki kandungan tar yang cukup tinggi, sehingga untuk mereduksi tar pada syngas salah satunya yaitu dengan meningkatkan temperatur udara masuk ke ruang reaktor gasifikasi dimana pemanasan udara pada

temperatur 150 °C memiliki kandungan tar 1.2 gram lebih rendah dibandingkan temperatur 50 °C dan 100 °C yaitu 4.7 gram dan 1.8 gram. Pada bukaan katup 15 °.

2. Kandungan tar pada kondisi ekivalen rasio (ER) 0.4 adalah yang terkecil yaitu 1.1 gram dibandingkan dengan ER 0.2, 0.25, 0.3, 0.35 yaitu 4 gram, 3.2 gram, 1.9 gram, dan 1.5 gram.

SARAN

1. Temperatur keluar syngas pada tipe updraft gasifier sangat rendah dibandingkan dengan tipe downdraft sehingga potensi terdapatnya kandungan tar sangat banyak, salah satu solusinya dengan peningkatan temperatur masuk udara, akan tetapi dengan panas yang sangat tinggi ruang bakar gasifikasi akan mencapai diatas 1000 °C, sehingga perlu ketebalan plat yang besar atau melapisi isolator pada dinding gasifier.
2. Perlu dilakukan pengambilan sampel tar sesuai dengan standar tabung impinger dengan penggunaan cairan isopropanol sebagai media penangkap.

DAFTAR PUSTKA

Abrar.R, M.Yunus “Perancangan dan Pembuatan tungku gasifikasi tipe updraft dengan variasi bahan bakar kayu terhadap lama penyalaan api “ Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Riau 2014.

D. Champier J.P. Bedecarrats M. RivalettoF. Strub Thermoelectric power generation from biomass cook stoves“ScienceDirect 2010”.

Michael J. Moran dan Howard N. Shapiro 2004, (2005), “ Termodinamika Teknik Jilid 2”, Jakarta : Erlangga , 2004.

J. Pecho, T.J. Schildhauer*, M. Sturzenegger,

S. Biollaz, A.Wokaun. “Reactive bed materials for improved biomassgasification in a circulating fluidised bed reaktor” *Laboratory for Energi and Materials Cycles, Paul Scherrer*

Institut, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland
Received 3 May 2007; received in revised form 16 January 2008;accepted 3 February 2008. Science Direct 2008.