

PENGARUH KECEPATAN UDARA PRIMER MULA TERHADAP *OUTPUT POWER TUNGKU GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT*

Eko Surjadi¹ dan Edy Susilo Widodo²

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Surakarta, Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

²Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Surakarta, Jl. Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772
E-mail: doel_qellyk@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Mendapatkan kecepatan udara primer awal yang menghasilkan output power yang sebesar mungkin pada Tungku Gasifikasi Biomassa Tipe Downdraft. Eksperimen dengan metode Water Boilling Test dilakukan menggunakan residu padi (sekam) sebagai umpan dengan variasi kecepatan udara primer mula. Desain penelitian ini memiliki suatu perlakuan yaitu kecepatan udara primer mula, dikenakan pada suatu objek penelitian, yaitu tungku gasifikasi downdraft dan kemudian hasil perlakuan diamati. Dengan Water Boilling Test didapat data start up time, operating time dan total operating time dari penggunaan Tungku Gasifikasi Biomassa Downdraft pada variasi kecepatan udara primer mula antara 2-3,8 m/s, dengan massa 600 gram umpan dan air 1 liter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan udara primer awal menyebabkan power output semakin baik atau bertambah besar, Stove efficiency tungku gasifikasi ini meningkat seiring dengan meningkatnya Kecepatan udara primer awal. Output Power tungku gasifikasi pada kecepatan udara primer awal 3,8 m/s (kecepatan udara fan tertinggi) adalah 1,32 kW.

Kata kunci : *Water boilling test, Gasifikasi, Umpan*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional dirumuskan bahwa perlu adanya peningkatan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan. Sasaran Kebijakan Energi Nasional adalah tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 pada tahun 2025 dan terwujudnya bauran energi yang optimal meliputi penggunaan minyak bumi menjadi kurang dari 20%. Termasuk didalamnya adalah energi baru dan terbarukan menjadi lebih dari 5%.

Biomassa merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi besar di Indonesia. Dalam Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konversi Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, yang dimaksud biomassa adalah meliputi kayu, limbah pertanian/perkebunan/hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Biomassa dikonversi menjadi energi dalam bentuk umpan cair, gas, panas, dan listrik. Teknologi konversi biomassa menjadi umpan padat, cair dan gas antara lain teknologi pirolisis, esterifikasi, teknologi fermentasi dan digesti anaerobik (biogas). Teknologi konversi biomassa menjadi energi panas yang kemudian dapat diubah menjadi energi mekanis dan listrik, antara lain teknologi pembakaran dan gasifikasi (DESDM, 2004).

Kebutuhan energi nasional diperkirakan meningkat dari 674 juta SBM (setara barel minyak) tahun 2002 menjadi 1680 juta SBM pada 2020, meningkat sekitar 2,5 kali lipat atau naik dengan laju pertumbuhan rerata tahunan sebesar 5,2 % (KNRT, 2006). Sementara itu, cadangan energi nasional semakin menipis apabila tidak ditemukan cadangan energi baru. Oleh karena itu, perlu dilakukan berbagai terobosan untuk mencegah terjadinya krisis energi.

Gasifikasi merupakan konversi biomassa menjadi umpan gas melalui pemanasan dalam media gasifikasi, seperti udara, oksigen atau uap. Tidak seperti dalam pembakaran, oksidasi sempurna dalam satu kali proses, gasifikasi mengubah energi kimiawi intrinsik karbon dalam biomassa menjadi gas mampu terbakar dalam dua tahap. Gas yang dihasilkan dapat distandarisasi dalam kualitas dan lebih mudah serta beragam dalam penggunaannya daripada biomassa dalam bentuk baku.

Gasifikasi terdiri baik proses biokimia maupun termokimia, yang pertama melibatkan mikroorganisme pada temperature udara luar dalam kondisi anaerob. Sementara yang berikutnya

menggunakan udara, oksigen atau uap pada temperatur $> 800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Istilah 'gasifikasi' dalam studi ini hanya mengacu pada konversi termokimia biomassa.

Untuk proses gasifikasi dibutuhkan kompor Gasifier, dimana setelah melalui berbagai penelitian memunculkan desain yang memungkinkan energi yang dihasilkan jauh lebih baik demikian pula emisi yang dihasilkan jauh lebih rendah. Salah satu tipe kompor gasifier adalah reaktor tipe *up-draft* Karena kandungan tarnya tinggi, cocok untuk memasok gas untuk tungku dan tidak cocok untuk memasok umpan untuk motor bakar dalam. Tipe *Top lit up-draft* atau dapat pula disebut tipe *inverted down-draft* jika dilihat dari arah aliran udara primer.

Umpan yang digunakan banyak sekali dilingkungan, terutama di daerah pedesaan tetapi bahan apa yang paling sesuai dan mempunyai kemampuan lebih sehingga dapat digunakan sebagai umpan pengganti minyak tanah untuk memasok atau kebutuhan industri rumah tangga yang lain

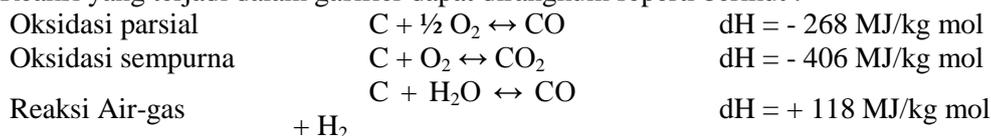
1.2. Tinjauan Pustaka

Reed dkk (1999) telah melakukan penelitian propertis pembakaran dan gasifikasi biomassa dengan tungku " *Turbo Stove* ". Tungku ini sederhana dan mudah dibuat serta dapat beroperasi dengan daya blower sebesar 3 W menghasilkan 1 – 3 KW_{thermal} untuk memasak.

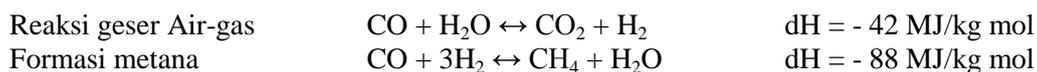
Suvarnakuta (2006) meneliti efisiensi penggunaan tungku masak dengan umpan sekam padi. Disimpulkan bahwa tungku ini memiliki kualitas sama dengan tungku LPG, dengan efisiensi termal mencapai 21,86 %, bahkan memiliki keuntungan dalam hal biaya operasi yang rendah dan ramah lingkungan.

1.3. Dasar Teori

Reaksi yang terjadi dalam gasifier dapat dirangkum seperti berikut :



Reaksi kalor dari tiga proses tersebut menunjukkan bahwa pelepasan energi diturunkan dari oksidasi sempurna karbon menjadi karbon dioksida (pembakaran). Sementara itu, oksidasi parsial karbon menjadi karbon monoksida terhitung sekitar 65% dari energi yang dilepaskan selama proses oksidasi sempurna. Tidak seperti pembakaran yang menghasilkan hanya gas panas, karbon monoksida, hidrogen dan uap, dapat mengalami reaksi lebih lanjut selama gasifikasi sebagai berikut :



Anak panah mengindikasikan bahwa reaksi dalam kesetimbangan dan dapat diproses dalam kedua arah, bergantung pada temperatur, tekanan dan konsentrasi suku-suku reaksinya. Gas hasil gasifikasi terdiri dari campuran karbon monoksida, karbon dioksida, metana, hidrogen dan uap air.

Tiga kualitas gas hasil dapat diperoleh dengan memvariasi agen pengegasan (*gasifying agent*), metode operasi dan kondisi operasi proses. Agen pengegasan yang utama biasanya adalah udara namun oksigen/uap dan hidrogenasi juga digunakan. Gasifikasi uap katalis merupakan moda operasi lain yang mempengaruhi unjuk kerja dan efisiensi keseluruhan. Tiga tipe gas hasil mempunyai nilai kalor yang berbeda :

Low CV	4 – 6 MJ/Nm ³	Dengan udara dan uap/udara
Medium CV	12 – 18 MJ/Nm ³	Dengan udara dan uap
High CV	40 MJ/Nm ³	Dengan hidrogen dan hidrogenasi

Gas dengan nilai kalor rendah digunakan secara langsung dalam pembakaran atau sebagai umpan *engine*, sedangkan gas-gas bernilai kalor menengah dapat digunakan sebagai stok umpan bagi konversi berikutnya menghasilkan senyawa kimia, terutama metana dan metanol.

Dikarenakan penggunaan oksigen dalam gasifikasi cukup mahal, maka udara biasanya digunakan untuk proses-proses sampai dengan 50 MW. Kekurangannya adalah hadirnya nitrogen bersama udara akan mengencerkan gas hasil dan memberikan nilai kalor netto sebesar 4 – 6 MJ/Nm³ dibandingkan dengan gas alam pada 36 MJ/Nm³). Gasifikasi dengan oksigen memberikan gas dengan nilai kalor netto sebesar 10 - 15 MJ/Nm³ dan dengan uap, 13 – 20 MJ/Nm³. Terlihat bahwa tidak seperti reaksi dengan udara atau oksigen, reaksi karbon dengan uap (*water gas shift reaction*) terjadi secara endotermis, memerlukan panas pada temperatur sekitar 700 °C, sulit dicapai. Efisiensi keseluruhan konversi biomassa menjadi energi melalui gasifikasi dan pirolisis diperkirakan sebesar 75 – 80 %.

A. Praperlakuan Stok Umpan

Derajat praperlakuan stok umpan biomassa bergantung pada teknologi gasifikasi yang digunakan. Masalah utamanya adalah :

Pengeringan. Kandungan moisture biomassa sebelum gasifikasi harus di bawah 10 -15%.

Ukuran partikel. Dalam sebagian besar gasifier, gas harus melalui biomassa dan umpan harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan berat umpan di atas. Ukuran partikel umpan dalam kisaran 20 - 80 mm.

Fraksinasi. Kandungan nitrogen dan alkali dari biomassa adalah kritis, karena secara parsial terbawa ke dalam aliran gas. Partikel kecil cenderung berisi sedikit nitrogen dan alkali, sehingga fraksinasi menjadi partikel kecil dan kasar mendukung pembentukan gas dengan lebih sedikit zat pencemar.

Pembilasan. Kandungan nitrogen dan alkali pada biomassa dapat dikurangi dengan terlebih dahulu membilasnya dengan air.

Karakteristik stok umpan biomassa memberi pengaruh berarti terhadap unjuk kerja gasifier, terutama karakteristik berikut:

o Kandungan *Moisture*

Umpan dengan kandungan moisture sekitar 30% menyebabkan sulitnya penyalaan dan menurunkan nilai kalor gas hasil karena kebutuhan untuk menguapkan moisture tambahan sebelum pembakaran atau gasifikasi dapat terjadi. Kandungan moisture yang tinggi menurunkan temperatur yang dicapai pada zona oksidasi, menghasilkan pemecahan tak sempurna hidrokarbon yang dilepaskan dari zona pirolisis. Meningkatnya kandungan moisture dan kehadiran CO menghasilkan H₂ melalui water gas shift reaction dan meningkatnya kandungan H₂ pada gas meningkatkan CH₄ melalui hidrogenasi langsung. Perolehan H₂ dan CH₄ dari gas hasil tidak mengimbangi kehilangan energi karena berkurangnya kandungan CO pada gas sehingga menghasilkan gas dengan nilai kalor rendah.

o Kandungan Abu

Material bermineral tinggi menghambat gasifikasi. Temperatur oksidasi seringkali di atas titik leleh abu biomassa, mengakibatkan masalah klingker/slagging pada daerah umpan hulu maupun hilir apabila kandungan abu di atas 5 %, khususnya apabila kandungan abu tinggi pada oksida basa dan garam yang menghasilkan campuran eutektik dengan titik-titik leleh rendah.

o Senyawa Volatile

Gasifier harus didesain untuk menghilangkan tar dan hidrokarbon berat yang dilepaskan selama tahap pirolisis dalam proses gasifikasi.

o Ukuran Partikel

Ukuran material stok umpan tergantung pada ukuran reaktor, tetapi biasanya 10 – 20 % diameter reaktor. Partikel yang lebih besar dapat membentuk jembatan yang mencegah umpan bergerak turun, sedangkan partikel yang lebih kecil cenderung menyumbat rongga udara yang tersedia, mengakibatkan penurunan tekanan yang tinggi dan berhentinya proses pada gasifier.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Desain penelitian

Desain penelitian ini termasuk desain praeksperimental dengan studi observasi tunggal (*one-shot case study*), karena objek penelitiannya hanya merupakan kelompok perlakuan dan tidak memiliki kelompok kontrol. Hal ini dikarenakan dalam desain ini, suatu perlakuan (X) yaitu kecepatan udara primer mula, dikenakan pada suatu objek penelitian, yaitu tungku gasifikasi downdraft dan kemudian hasil perlakuan diamati (prosedur penelitian).

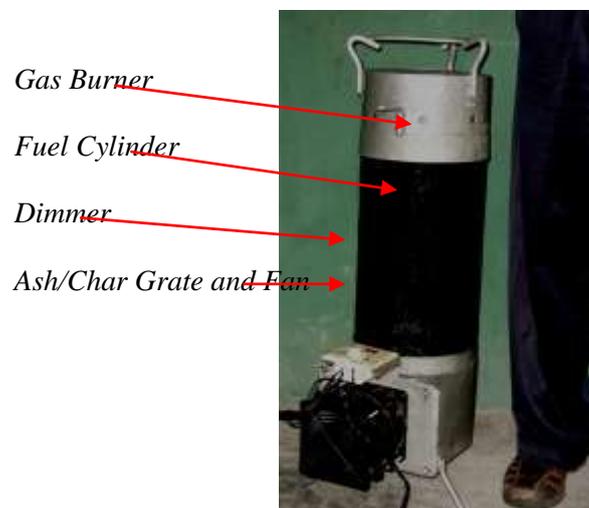
2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah umpan biomasa jenis sekam sedangkan tungku yang diuji performanya dengan Tipe *Top lit up-draft* atau dapat pula disebut tipe *inverted down-draft* jika dilihat dari arah aliran udara primer.

2.3. Prosedur Penelitian

Tungku terdiri dari reaktor, ruang *char*, *blower* dan *burner*. Di dalam reaktor, umpan gasifikasi diletakkan dan dibakar dengan sejumlah tertentu udara. Umpan dinyalakan dari bagian atas reaktor. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan udara primer mula, dari 2 m/s sampai 4 m/s dengan prosedur sebagai berikut :

1. Tungku dalam kondisi *ready for use*,
2. Umpan sekam padi dalam kondisi kering telah dilakukan pengukuran nilai kalor dan analisis proksimasi,
3. Peralatan uji dalam kondisi *ready for use*,
4. Mengukur berat bahan bakar yang akan dimuat reaktor dengan neraca digital dan dicatat,
5. Menyalakan umpan dan mencatat waktu *start-up* dengan *stop watch*,
6. Menyalakan gas yang dipancarkan *burner* dan mencatat waktu sampai pembakaran spontan terjadi dengan *stop watch*,
7. Panci dengan air didalamnya diukur dan dicatat beratnya dan diletakkan diatas *burner*,
8. Panci diisi air dan masing-masing ditimbang kembali dan dicatat bobotnya,
9. Temperatur awal air diukur dan dicatat serta kenaikan temperatur per menit sampai mencapai titik didih,
10. Waktu operasi tungku dari mulai menghasilkan gas mampu bakar sampai mulai tidak dihasilkan gas mampu bakar, dicatat,
11. Setelah seluruh bahan bakar yang disuplai terbakar habis, Air pada panci diukur dan dicatat beratnya,
12. *Char* yang dihasilkan reaktor diukur dan dicatat beratnya.
13. Kecepatan udara dijaga konstan sesuai kondisi yang diinginkan dengan mengamati *Anemometer*

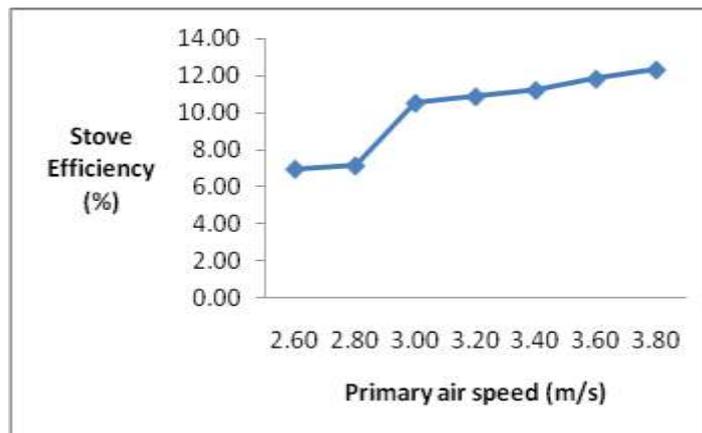


Gambar 1. Tungku Gasifikasi tipe *inverted downdraft* atau tipe *Top lit up-draft*

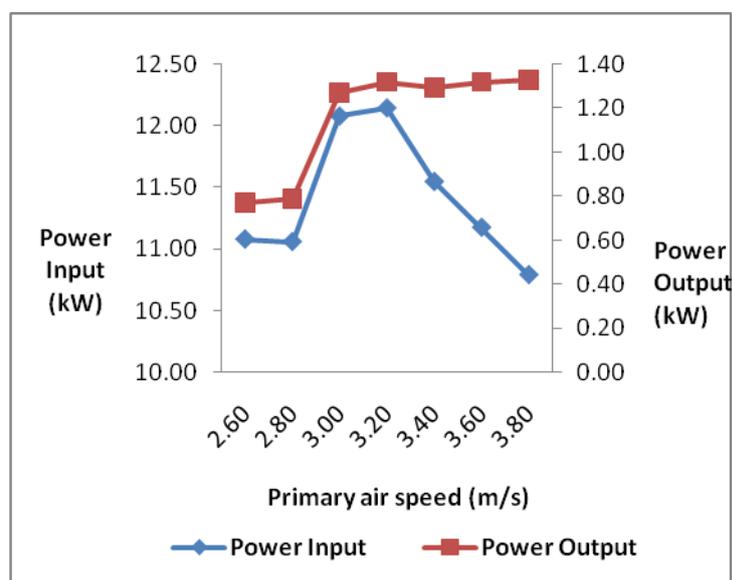
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari *Water Boiling Test* yang dilakukan dan pembahasan dengan persamaan menurut Alexis T Belonio (2005), pengamatan terhadap input dan output dengan hasil sebagai berikut,

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan udara primer awal maka *Stove Efficiency* akan bergerak naik. Peningkatan efisiensi terlihat sangat tajam antara kecepatan udara primer awal 2,8 m/s – 3,0 m/s yaitu, dari 7,15 % menjadi 10,53 %.



Gambar 2. Grafik hubungan *Stove Efficiency* dengan kecepatan udara primer awal



Gambar 3. Grafik hubungan *Power Input*, *Power Output* dengan kecepatan udara primer awal

Sedangkan gambar 2 adalah grafik yang menjelaskan bahwa semakin tinggi kecepatan udara primer awal menyebabkan power output semakin baik atau bertambah besar tetapi tidak demikian dengan power input yang semakin mengecil atau berkurang. Hal yang tersebut di atas tidak berlaku pada kecepatan udara primer awal 2,6 m/s – 2,8 m/s dengan power input rendah, power output juga rendah sehingga efisiensi pembakaran tungku rendah pula. Hal ini disebabkan karena gas mampu bakar yang dihasilkan kurang sehingga tidak mampu digunakan untuk menaikkan temperatur air dalam panci sampai 100°C.

4. PENUTUP

Tujuan penelitian ini adalah mencari kombinasi kecepatan udara primer awal dan ukuran biomassa sekam padi yang paling baik sehingga tercapai energi atau *output power* yang sebesar mungkin dengan rugi-rugi sekecil mungkin pada tungku gasifikasi Tipe *Top lit up-draft*.

Beberapa hal telah didapat dari pengujian dengan metode *Water Boiling Test* dimana,

1. Biomassa sekam padi dengan ukuran jauh lebih sedikit dari 10 % diameter tungku (ukuran standar biomassa sekam padi) mampu menghasilkan gas mampu bakar lebih banyak dengan kecepatan udara primer awal dari 3,0 m/s.
2. *Stove efficiency* tungku gasifikasi ini meningkat seiring dengan meningkatnya Kecepatan udara primer awal.

3. *Output Power* tungku gasifikasi pada kecepatan udara primer awal 3,8 m/s (kecepatan udara *fan* tertinggi) adalah 1,32 kW.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Reed, T. B., Walt, R., Ellis, S., Das, A. and Deutch, S., “ Superficial Velocity – the Key to Downdraft Gasification, in the 4th Biomass Conference of the Americas, Oakland, CA, Sept. 8, 1999.
- Suwarnakuta, Pitaksa, and Suwannakuta, Prapaporn, “ Biomass Cooking Stove for Sustainable Energy and Environment “, in the 2nd Joint International Conference on “ Sustainable Energy and Environment (SEE 2006) “, Bangkok, Thailand, Nov. 21-23, 2006.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), 2003, Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau).
- Kementerian Negara Ristek (KNRT), 2006, Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025, Jakarta