

OPTIMASI UNJUK KERJA FLUIDIZED BED GASIFIER DENGAN MEVARIASI TEMPERATUR UDARA AWAL

Karnowo¹⁾, S.Anis¹⁾, Wahyudi¹⁾, W.D.Rengga²⁾

Jurusan Teknik Mesin¹⁾, Teknik Kimia Fakultas Teknik²⁾ Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Gasifikasi merupakan metode mengkonversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas (*syngas*) dalam wadah *gasifier* dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Metode gasifikasi dinilai lebih menguntungkan dan gas pembakaran lebih bersih dibanding pembakaran langsung. Namun demikian, teknologi gasifikasi masih perlu dikembangkan mengingat masih rendahnya efisiensi gasifikasi. Hal ini karena karakteristik biomassa khususnya sekam padi memiliki kadar air yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur awal udara terhadap efisiensi gasifikasi sekam padi. Alat gasifikasi yang digunakan adalah *updraft circulating fluidized bed gasifier*. Penelitian dilakukan pada temperatur awal udara yang bervariasi yaitu 30^oC hingga 400^oC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur awal udara gasifikasi, semakin meningkat efisiensi gasifikasi dan efisiensi karbon. Temperatur awal udara yang optimum didapatkan pada 300^oC dengan efisiensi gasifikasi sebesar 65,78%.

Kata kunci: Gasifikasi, sekam padi, temperatur awal udara, efisiensi

PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan sebagai energi alternatif sudah merupakan suatu keharusan karena cadangan minyak bumi di Indonesia semakin menipis. Bila melihat profil produksi minyak nasional ke belakang, pada tahun 1973-2008 produksi minyak nasional tidak pernah mengalami peningkatan masih berada pada angka 1,2 -1,3 juta barel per hari (bph), padahal jumlah penduduk meningkat terus sehingga konsumsi bahan bakar minyak pun turut meningkat. Jika kondisi ini tidak segera teratasi, Indonesia akan mengalami krisis energi berkepanjangan, akibatnya sangat fatal akan terjadi kebangkrutan ekonomi nasional. Sebagai negara agraris, Indonesia sebenarnya memiliki potensi biomassa khususnya sekam padi yang cukup besar. Berdasarkan data tahun 2006-2008, Indonesia setiap tahun panen padi rata-rata sebesar 57,288 juta ton (BPS, 2009). Jika setiap satu kilogram padi dihasilkan 280 gram sekam, untuk total produksi 60,25 juta ton (2008) dihasilkan 12 juta ton sekam padi. Juwarno (Media Indonesia,2003) mengutarakan untuk setiap 6 kg menghasilkan satu liter solar. Jadi bisa dihitung potensi sekam padi Indonesia (2008) sebesar 12 juta ton setara dengan 2 juta kiloliter solar. Bila jumlah tersebut diuangkan menjadi 9,04 triliun rupiah, untuk satu liter solar subsidi seharga Rp.4500,00.

Sekam padi sebagai sebuah “energi” bisa diolah menjadi briket arang sekam atau langsung

dipakai sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung. Teknologi pembakaran tersebut masih sederhana dan memiliki banyak kelemahan. Kesulitan utama membakar langsung terletak pada pengontrolan laju dan suhu pembakaran.

Untuk mengatasi hal tersebut, metode pembakaran tak langsung atau gasifikasi bisa digunakan. Gasifikasi merupakan proses pembakaran bahan-bakar padat dalam wadah *gasifier* untuk menghasilkan bahan-bakar gas (*syngas*). Pembakaran bahan bakar gas (*syngas*) lebih mudah dalam pengontrolan laju atau suhu pembakaran dibanding pembakaran bahan bakar padat. Disamping itu, hasil pembakaran bahan bakar gas lebih bersih. Namun, untuk menghasilkan *syngas* dari gasifikasi, teknologi gasifikasi masih harus dikembangkan karena efisiensi tertinggi proses gasifikasi masih disekitar 65%. Hal ini karena biomasa khususnya sekam padi memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis bahan bakar lain yaitu memiliki kadar air yang tinggi sekitar 11,7 % (Yin, dkk.,2002).

Banyak parameter yang mempengaruhi efisiensi gasifikasi dan sangat tergantung dari jenis bahan bakar dan tipe *gasifier* yang dipakai. Pemanasan awal udara gasifikasi merupakan parameter penting yang berpengaruh terhadap efisiensi gasifikasi. Pemanasan tersebut dapat membantu mengurangi kandungan *moisture* bahan bakar. Semakin kecil prosentase *moisture* dalam bahan bakar padat, nilai kalor *syngas* semakin besar. Namun, pemanasan awal udara gasifikasi harus dicari nilai optimumnya sehingga tidak menimbulkan permasalahan lagi yaitu terbentuknya tar.

Proses gasifikasi pada *gasifier* terdiri beberapa tahapan. Menurut Mathieu dan Dubuisson (2002), proses gasifikasi berlangsung dengan empat tahapan dasar yaitu *pyrolysis*, *combustion*, *boudouard reaction*, dan *gasification processes*. Perbedaan gasifikasi dengan pembakaran langsung terletak pada jumlah oksigen yang dipakai untuk reaksi pembakaran. Gasifikasi dikondisikan kurang O_2 , besarnya sekitar 25% dari kebutuhan O_2 untuk pembakaran sempurna. Apabila jumlah O_2 melebihi dari 25% efisiensi gasifikasi turun. Pemanasan awal udara juga berpengaruh menaikkan efisiensi gasifikasi. Pemanasan awal udara gasifikasi divariasikan pada temperature 25°C sampai 300°C

Ada dua jenis pembakaran dalam *gasifier* yaitu *fixed bed* dan *fluidized bed*. Gasifikasi *fluidized bed* dilakukan Yin, dkk, (2002). Mereka melakukan penelitian proses pembakaran *fluidized bed* dengan bahan bakar sekam padi. Untuk meningkatkan efisien gasifikasi, mereka menambahkan *inertial sparator* pada *gasifier* dan mengkondisikan variasi temperatur proses gasifikasi sekitar 700 °C - 800 °C. Pengaturan temperatur di dalam *gasifier* dengan mengontrol jumlah udara atau bahan bakar yang masuk *gasifier*. Kecepatan udara yang dipakai untuk fluidisasi bahan-bakar sekitar 5-10 m/s.

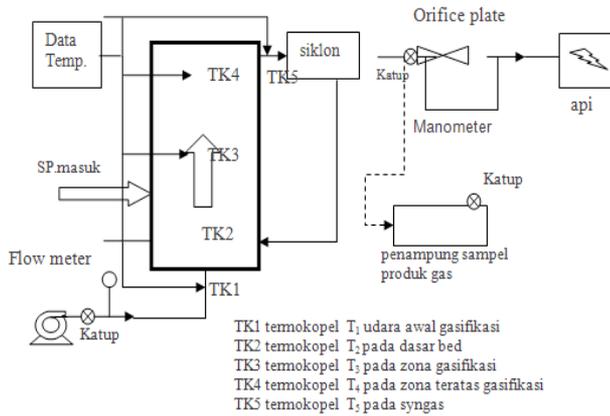
Penelitian parameter-parameter yang mempengaruhi efisiensi *gasifier* dilakukan oleh Jayah, dkk (2003). Parameter-parameter tersebut yaitu kandungan moistur, temperatur udara masuk, dan *heat loss*. Mereka menyimpulkan bahwa kandungan moistur bahan-bakar semakin tinggi, nilai kalor *syngas* semakin rendah, dengan kata lain efisiensi gasifikasi semakin kecil dengan tingginya kandungan moisture bahan-bakar. Nilai tertinggi dari kandungan moistur dari bahan-bakar tidak boleh lebih dari 33%. Untuk pengaruh temperatur udara masuk, semakin tinggi temperatur udara masuk *gasifier* akan menaikkan efisiensi gasifikasi. Disamping itu, pemanasan udara masuk bisa menurunkan *air fuel ratio*. Sedangkan pengaruh besarnya *heat loss*, semakin kecil *heat loss* semakin besar pengaruhnya terhadap efisiensi konversi gasifikasi.

Prins, dkk.,(2007) menjabarkan beberapa parameter penting yang mempengaruhi efisien gasifikasi. Khususnya pengaruh temperatur dan besarnya nilai dari *equivalen ratio* gasifikasi. Untuk bahan-bakar biomassa dengan nilai prosentasi karbon yang rendah, temperatur gasifikasi dikondisikan pada 782°C - 927°C pada *equivalen ratio* 0,244 - 0,295. Pada *equivalen ratio* yang lebih rendah, jumlah udara menjadi berlimpah menjadikan panas banyak terbuang, efisiensi gasifikasi turun. Untuk memastikan semua karbon bereaksi, temperatur harus tinggi >927°C dan *equivalen ratio* 0,4. Tetapi, pada kondisi tersebut prosentase tar yang dihasilkan sangat tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, ada dua cara yaitu memanaskan udara masuk *gasifier* dan memperlama waktu tinggal (*residence time*) produk gas.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap. Pertama, mendisain alat penelitian gasifikasi (*gasifier*) jenis *updraft circulating fluidized bed gasifier* berdasarkan penelitian pendahuluan yang sudah dilaksanakan. Bahan bakar sekam padi terlebih dahulu diujikan karakteristiknya berdasarkan uji proximate dan ultimate. Setelah karakteristik diketahui, kemudian dihitung dimensi gasifier beserta komponen pendukungnya. Selanjutnya, mulai pembuatan *gasifier* dan disebut sebagai *gasifier* Uji dan instalasi alat ukur. Pemanas awal udara dipasang pada saluran pipa *blower* yang kemudian dimodifikasi pada dinding *gasifier* sebagai *heat exchanger* dinding (HED).

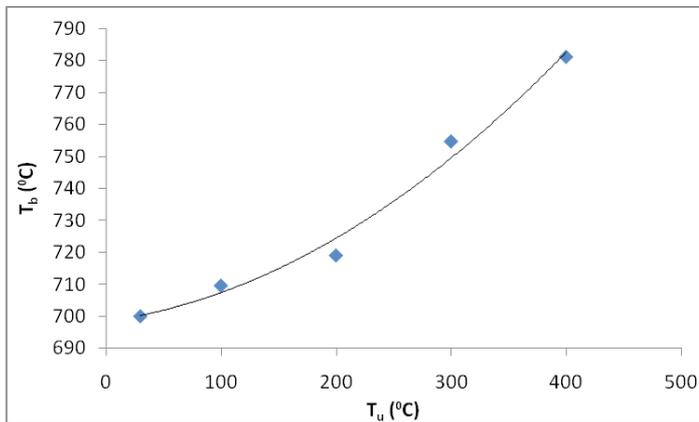
Kedua, melakukan pengujian untuk mengetahui parameter-parameter kerja dari *gasifier*. Sesuai dengan tujuan penelitian, parameter yang harus diketahui adalah temperatur pemanasan awal udara gasifikasi. Pada tahapan ini, penelitian difokuskan untuk menentukan temperatur awal udara optimum gasifikasi. Tahap terakhir (ketiga) adalah melakukan analisis untuk mendapatkan efisiensi gasifikasi maksimum berdasar kondisi operasi temperatur awal udara.



Gambar 1. Skema instalasi alat ukur

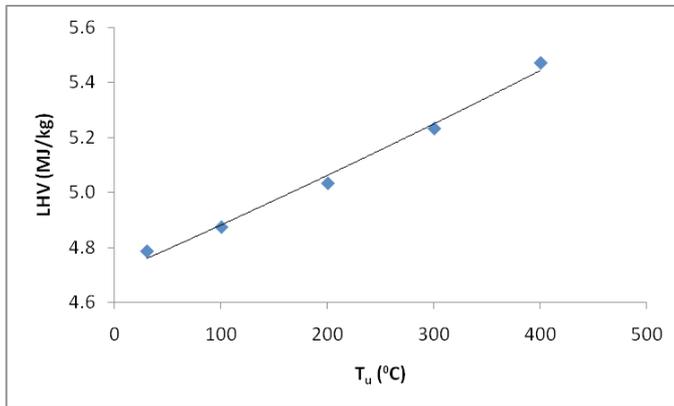
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemanasan awal udara yang dilakukan sebelum masuk *gasifier* berdampak pada berbagai faktor, antara lain temperatur pembakaran (T_b), energi gas yang dihasilkan (*low heating value*, *LHV*), komposisi gas hasil pembakaran, dan efisiensi gasifikasi (η_{gsf}) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2 hingga Gambar 5.

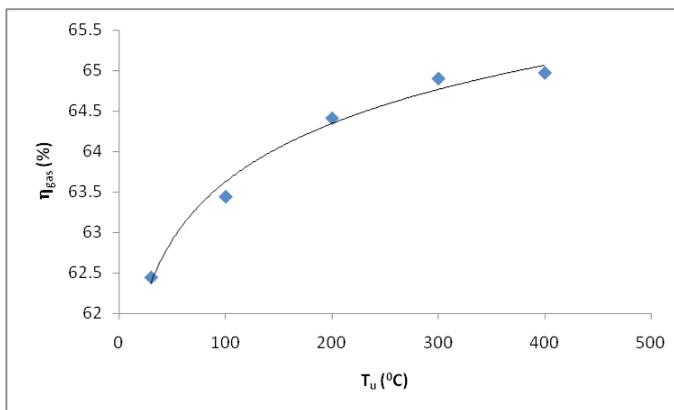


Gambar 2. Profil temperatur *bed* (T_b) berdasar temperatur awal udara (T_u)

Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa peningkatan temperatur awal udara akan meningkatkan temperatur pembakaran. Hal ini terjadi karena kalor sensibel udara panas yang masuk ke ruang pembakaran menginduksi peningkatan temperatur dalam ruang bakar dari 700°C hingga 781°C bilamana temperatur awal udara dinaikkan dari 30°C hingga 400°C.

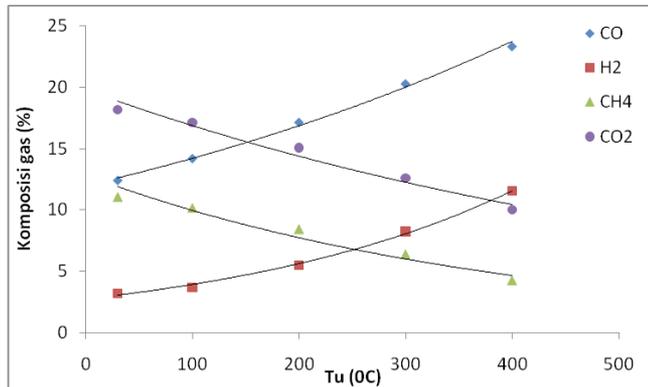


Gambar 3. Energi syngas (LHV) pada variasi temperatur awal udara (T_u)



Gambar 4. Efisiensi gasifikasi (η_{gsf}) pada variasi temperatur awal udara (T_u)

Gambar 3 menunjukkan hubungan energi gas dengan temperatur awal udara. Dari gambar tersebut terlihat bahwa energi gas meningkat dengan meningkatnya temperatur awal udara. Peningkatan ini terjadi karena suhu gasifikasi meningkat sehingga sebagian besar karbon terikat terkonversi menjadi CO. Dengan meningkatnya konversi karbon akan berdampak pada peningkatan efisiensi gasifikasi seperti ditunjukkan pada gambar 4. Efisiensi gasifikasi meningkat secara signifikan dari 62,44% menjadi 64,90% ketika temperatur awal udara dinaikkan dari 30°C hingga 300°C. Dari 300°C hingga 400°C, efisiensi gasifikasi masih meningkat namun hanya dari 64,90% ke 64,97%.



Gambar 5. Komposisi syngas berdasar temperatur pemanasan awal udara (T_u)

Pada kondisi operasi temperatur awal udara yang semakin meningkat, komposisi syngas mengalami perubahan. Komposisi CO dan H₂ meningkat sedangkan CH₄ dan CO₂ menurun (Gambar 5). Kondisi ini terjadi karena pemanasan udara awal akan mempercepat proses pirolisis dimana *volatile matter* (CH₄) dan *moisture content* cepat terlepas dari bahan bakar. Selanjutnya *volatile matter* sebagian tergasifikasi membentuk CO dan sebagian lagi terbakar yang dapat mempercepat reaksi Boudouard dimana CO banyak terbentuk.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi temperatur awal udara gasifikasi, semakin meningkat efisiensi gasifikasi dan efisiensi karbon.
2. Temperatur awal udara yang optimum didapatkan pada 300°C dengan efisiensi 65,78%.

DAFTAR PUSTAKA

- Jayah, T.H., Aye, L., Fuller, R.J., dan Stewart, D.F. 2003. Computer simulation of downdraft wood gasifier for tea drying. *Journal of Biomass and Bioenergi*. Vol 25 pp 459-469.
- Mathieu, P. dan Dubuisson, R. 2002, Performance Analysis Of Biomass Gasifier. *Journal of Energi Conversion And Management*. Vol 43 pp 1291-1299.
- Prins, M.J., Ptasinski, K.J., dan Janssen, F.J.J.G. 2007, From Coal To Biomass Gasification Comparison Of Thermodynamic Efficiency. *Journal Of Energi*. Vol 32 pp 1248-1259.
- Yin, X.L., Wu, C.Z., Zheng, S.P. dan Chen, Y. 2002. Design and operation of CFB gasification and power generation system for rice husk. *Journal of Biomass and Bioenergi*. Vol 23 pp 181-187.