

# **Rancang Bangun Reaktor Gasifikasi *Batch* Tipe *Downdraft* Skala Kecil dengan Umpan Janggal Jagung**

**Fitria Yulistiani<sup>a</sup>**

*<sup>a</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : fitria.yulistiani@polban.ac.id*

## **ABSTRAK**

Pertambahan jumlah penduduk, kemajuan teknologi, dan peningkatan perekonomian menyebabkan peningkatan konsumsi energi di Indonesia. Peningkatan kebutuhan akan konsumsi energi tersebut tidak diiringi dengan kestabilan harga dan pasokan energi yang mencukupi, sehingga memunculkan permasalahan keamanan ketersediaan energi. Biomassa merupakan salah satu bentuk energi baru dan terbarukan memiliki berbagai variasi rute konversi termokimia. Salah satu rute yang cukup menjanjikan adalah gasifikasi biomassa. Biomassa digasifikasi guna menghasilkan produk gas. Produk gas yang dihasilkan selanjutnya dapat dikonversi menjadi bahan kimia ataupun sumber energi ramah lingkungan melalui berbagai rute proses. Janggal jagung merupakan salah satu jenis biomassa yang tersedia dalam jumlah besar (3.821.504 ton/tahun). Dari segi kandungan energi, janggal jagung memiliki *Higher Heating Values* (HHV) yang cukup tinggi (16.97 MJ/kg). Selain itu, janggal jagung juga memiliki kandungan air yang relatif lebih rendah (7%) dibandingkan jenis biomassa lainnya. Oleh karena itu, jenis biomassa yang akan dikaji dalam artikel ini adalah janggal jagung. Dengan mengikuti pola perancangan yang ada dalam literatur, dapat dibangun sebuah reaktor gasifikasi sederhana yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengkaji sistem gasifikasi biomassa, khususnya janggal jagung, di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

### **Kata Kunci**

*Gasifikasi, downdraft gasifier, janggal jagung*

## 1. PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk, kemajuan teknologi, dan peningkatan perekonomian menyebabkan peningkatan konsumsi energi di Indonesia. Namun peningkatan kebutuhan akan konsumsi energi tersebut tidak diiringi dengan kestabilan harga dan pasokan energi yang mencukupi, sehingga memunculkan permasalahan keamanan ketersediaan energi. Biomassa merupakan salah satu bentuk energi baru dan terbarukan yang tersedia dalam jumlah besar. Limbah biomassa tersebut memiliki berbagai variasi rute konversi termokimia. Salah satu rute yang cukup menjanjikan adalah gasifikasi biomassa. Biomassa digasifikasi guna menghasilkan produk gas. Produk gas yang dihasilkan selanjutnya dapat dikonversi menjadi bahan kimia ataupun sumber energi ramah lingkungan melalui berbagai rute proses.

Biomassa di Indonesia terutama berasal dari limbah hutan, limbah kota, dan limbah pertanian. Salah satu biomassa yang belum terlalu banyak pemanfaatannya adalah janggel jagung. Dari produksi jagung sebanyak 18 juta ton yang tersebar di area perkebunan seluas 3,8 juta hektar dihasilkan limbah biomassa janggel jagung sebanyak 1 ton per hektar atau sekitar 3,8 juta ton. Selain itu masih banyak lagi limbah pertanian dan perkebunan yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi alternatif. Rincian potensi biomassa di Indonesia pada tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1 ([http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/hasil\\_kom.asp](http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/hasil_kom.asp)).

**Tabel 1. Rincian Potensi Biomassa di Indonesia**

No	Jenis limbah biomassa yang dihasilkan	Produksi limbah biomassa (ton/tahun)
1	Tandan kosong kelapa sawit	5.556.401
2	Janggel jagung	3.821.504
3	Sekam Padi	24.947.898

Karakteristik yang membedakan berbagai jenis biomassa dinyatakan dalam bentuk analisis proksimat dan elemental. Selain analisis proksimat dan elemental, kandungan energi dalam biomassa merupakan karakteristik yang penting dalam penentuan umpan gasifikasi. Kandungan energi dapat dinyatakan sebagai *Higher Heating Values* (HHV) yang mencakup panas kondensasi air yang terbentuk pada pembakaran biomassa. Semakin tinggi nilai HHV, biomassa tersebut akan lebih disukai sebagai umpan gasifikasi. Apabila tidak diperoleh informasi mengenai kandungan energi biomassa, nilai HHV dapat dihitung menggunakan persamaan (1) (Parikh

J, Channiwala S.A., Ghosal G.K., 2005). Korelasi tersebut memberikan hubungan antara HHV dengan komposisi atom-atom C, H, O, N, S, dan Ash yang terdapat dalam hasil analisis ultimat biomassa. Hasil perhitungan HHV memiliki satuan MJ/kg.

$$HHV = 0,3491C + 1,1783H + 0,1005S - 0,1034O - 0,0151N - 0,0211A \quad \dots (1)$$

Keterangan:

- C = % berat atom karbon
- H = % berat atom hidrogen
- S = % berat atom sulfur
- O = % berat atom oksigen
- N = % berat atom nitrogen
- A = % berat sisa pembakaran (*ash*)

Parameter lain yang dapat digunakan sebagai perbandingan adalah kandungan air dalam biomassa. Biomassa dengan kandungan air di bawah 15% lebih disukai karena pengoperasian gasifier menjadi lebih ekonomis. Efisiensi gasifikasi berbanding terbalik dengan kandungan air biomassa—(Hamelinck CN, Faaij APC, den Uil H, Boerrigter H, 2003).

Kandungan energi tiga jenis biomassa yang dihitung menggunakan persamaan (1) adalah sebagai berikut:

- Tandan kosong kelapa sawit = 17,75 MJ/kg;
- Janggel jagung = 16,97 MJ/kg;
- Sekam padi = 14,91 MJ/kg.

Dari segi kandungan energi, janggel jagung memiliki HHV yang cukup tinggi. Selain itu, janggel jagung juga memiliki kandungan air yang lebih rendah (7%) dibandingkan kedua jenis biomassa lainnya (sekam padi 8,20%; tandan kosong kelapa sawit 58,60%) (Laohalidanond K, Jurgen Heil, Christain Wirtgen, 2008). Oleh karena itu, jenis biomassa yang akan dikaji dalam artikel ini adalah janggel jagung.

## 2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk merancang dan membangun reaktor gasifikasi *batch* tipe *downdraft* skala kecil;

## 3. PERBANDINGAN LITERATUR DAN METODOLOGI PERANCANGAN REAKTOR GASIFIKASI

Banyak peneliti yang telah melakukan perancangan reaktor gasifikasi. Agung W Wusana, Sunu H Pranolo, Gede Noorochadi, dan Lusua Ratna M (2010) telah melakukan rancang bangun reaktor gasifikasi sekam padi. Reaktor tersebut sudah dapat dioperasikan dengan baik, namun stabilitas

nyala/lidah api yang dihasilkan belum cukup stabil. Nilai parameter gasifikasi pada kondisi terbaik (nyala/lidah api yang paling stabil) diperoleh nilai *specific gasification rate* (SGR) sekitar 19,5 kg/m<sup>2</sup>.jam. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai *equivalence ratio* (ER) sekitar 0,71 dan proses gasifikasi sekam padi masih menyisakan padatan sisa yang cukup banyak sekitar 43% berat sekam padi awal.

Ali Azam Md, Md. Ahsanullah, dan Sultana R. Syeda (2007) telah melakukan rancang bangun reaktor gasifikasi tipe *downdraft*. Azam dkk tidak menjelaskan secara rinci mengenai perancangan reaktor gasifikasi, tetapi menjelaskan tentang dimensi dan bentuk reaktor yang dibuatnya. Reaktor tersebut berhasil dibangun dan dioperasikan dengan umpan kayu. Meskipun komposisi gas produser belum sesuai dengan yang diharapkan, diperkirakan beberapa modifikasi minor dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Chawdhury M.A. dan K. Mahkamov (2011) dalam artikelnya menjelaskan pemilihan jenis dan kapasitas gasifier, yaitu tipe *downdraft* dengan kapasitas 6-7 kW. Chawdhury dkk telah berhasil membuat reaktor gasifikasi tipe *downdraft* yang dilengkapi dengan bagian tenggorokan. Dengan menggunakan EES (*Engineering Equation Solver*), dilakukan perhitungan efisiensi energi internal pada produksi gas sebesar 69,4%. Beberapa modifikasi dijelaskan dengan baik di dalam artikel, modifikasi tersebut dapat mengurangi rugi-rugi panas, kandungan tar, dan menjaga kestabilan produksi gas. Dalam artikel dijelaskan langkah-langkah pengoperasian gasifier dengan detail, namun tahapan perancangan reaktor gasifikasi tidak disampaikan.

Ojolo S.J. dan J.I. Orisaleye (2010) dalam artikel yang ditulisnya menjelaskan langkah-langkah perancangan reaktor gasifikasi berkapasitas 1-7 kW. Gasifier dibangun satu lapis yang dilengkapi dengan segel air dan penutup. Gasifier ini memiliki kapasitas penampungan 8,64 kg umpan. Gasifier ditutup sepanjang badan gasifier dan tenggorokan menggunakan material *fiber glass*. Laju konversi biomassa adalah 4 kg/jam. Gasifier yang dibuat cocok untuk umpan cangkang sawit, namun ketika umpan yang digunakan adalah serpihan kayu terdapat permasalahan *bridging*. Mode operasi *downdraft* paksa memberikan hasil yang lebih baik dan disarankan untuk mengoperasikan gasifier ini.

Penelitian Wusana dkk dicoba untuk diimplementasikan dalam penelitian ini, terutama dalam hal tahapan perancangan reaktor gasifikasi.

Alasan pemilihan reaktor dirancang tanpa tenggorokan tidak dijelaskan dengan detail. Namun dari segi kemudahan dan kepraktisan, perancangan reaktor dalam penelitian ini akan dilakukan tanpa tenggorokan.

Perancangan reaktor gasifikasi dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Wusana, 2010).

- Penentuan kebutuhan energi yang hendak dibangkitkan  
Dalam penelitian ini, produksi energi yang ditargetkan adalah 1 kWh, atau setara dengan 3,6 MJ.
- Perhitungan input energi dalam bentuk *Fuel Consumption Rate*  
Nilai kalor jaggel jagung yang digunakan untuk perhitungan adalah 16,97 MJ/kg. Dengan mengasumsikan efisiensi proses gasifikasi sebesar 17%, maka terhitung kebutuhan jaggel jagung untuk menghasilkan energi sebesar 3,6 MJ adalah 1,25 kg/jam.
- Perhitungan diameter reaktor  
Dengan menggunakan nilai SGR sebesar 110 kg/m<sup>2</sup>/jam, maka terhitung kebutuhan diameter reaktor sebesar 0,12 m atau 12 cm.
- Perhitungan tinggi reaktor  
Dengan mengasumsikan waktu gasifikasi 40 menit dan massa spesifik jaggel jagung 200 kg/m<sup>3</sup>, maka diperoleh tinggi reaktor 0,367 m atau 36,7 cm.

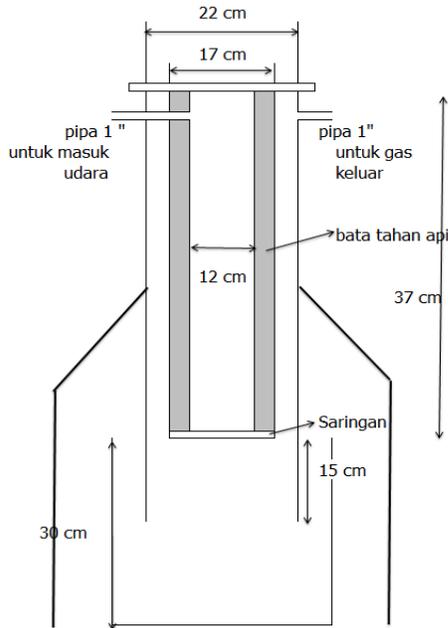
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil-hasil perhitungan di atas, dirancang reaktor gasifikasi dengan bentuk seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.

Sesuai dengan hasil perancangan yang telah disampaikan dalam bab sebelumnya, reaktor gasifikasi mulai dibangun. Badan reaktor terbuat dari pipa baja dengan ketebalan 1 cm dan diameter 12 cm. Selanjutnya antara badan dalam reaktor dengan selubung gas diberi ruang untuk bata tahan api setebal 5 cm. Penambahan bata tahan api dimaksudkan untuk menjaga panas reaksi.

Gas yang dihasilkan kemudian dialirkan melalui selubung gas. Selubung gas terbuat dari pipa baja dengan diameter 22 cm. Untuk mencegah gas keluar dari reaktor, bagian bawah reaktor dilengkapi dengan penampung air. Penampung air terbuat dari pipa baja dengan diameter 30 cm. Tahapan akhir dalam pembuatan reaktor gasifikasi adalah pembersihan reaktor agar siap digunakan untuk proses gasifikasi. Kondisi reaktor ditunjukkan dalam Gambar 2.

Dalam pembuatan reaktor ini, kesulitan utama terletak pada ketersediaan pipa baja yang memiliki dimensi yang sesuai dengan kebutuhan reaksi sesuai hasil perhitungan. Karena alasan ini maka reaktor yang dibangun memiliki ukuran yang tidak sama persis dengan hasil perhitungan. Dimensi yang sebenarnya adalah 14 cm diameter badan reaktor, 7 cm tebal ruang bata tahan api, dan 40 cm tinggi reaktor.



**Gambar 1. Rancangan Reaktor Gasifikasi**



**Gambar 2. Bentuk Final Reaktor Gasifikasi**

Reaktor yang telah terbangun kemudian diuji coba menggunakan umpan janggel jagung sejumlah 1,25 kg. Untuk keperluan *start up* dilakukan pembakaran arang di dalam badan reaktor. Setelah mencapai temperatur 600 °C, dihasilkan gas dengan nyala api seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.



**Gambar 3. Nyala Api Pembakaran Gas Hasil Gasifikasi**

## 5. KESIMPULAN

Dengan mengikuti pola perancangan yang ada dalam literatur, dapat dibangun sebuah reaktor gasifikasi sederhana yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengkaji sistem gasifikasi biomassa, khususnya janggel jagung, di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ali Azam Md, Md. Ahsanullah, dan Sultana R. Syeda, “Construction of a Downdraft Biomass Gasifier”, Journal of Mechanical Engineering Vol ME37, Juni 2007.
- Chawdhury M.A., K. Mahkamov, “Development of a Small Downdraft Biomass Gasifier for Developing Countries”, Journal of Scientific Research 3(1), 51-64, 2011.

- Hamelinck CN, Faaij APC, den Uil H, Boerrigter H, “*Production of FT transportation fuels from biomass; technical options, process analysis and optimization, and development potential*”, Netherland Energy Research Foundation ECN and Utrecht University/Science Technology and Society, 2003.
  - Laohalidanond K, Jurgen Heil, Christain Wirtgen, “*The Production of Synthetic Diesel from Biomass*”, KMITL Sci. Tech. J., Vol 6 No. 1., Jan-Jun 2008.
  - Ojolo S.J., J.I. Orisaleye, “*Design and Development of a Laboratory Gasifier*”, Journal of Energy and Power Engineering Vol 4 No. 8, Agustus 2010.
  - Parikh J, Channiwala S.A., Ghosal G.K., “*A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels*”, Fuel 84 487-494, 2005.
  - Pusat Data dan Informasi Pertanian, Departemen Pertanian Republik Indonesia, [http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/hasil\\_kom.asp](http://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/hasil_kom.asp), diakses tanggal 14 Maret 2015.
- Wusana, Agung W., Sunu H Pranolo, Gede Noorochadi, Lusiat Ratna M, “Perancangan dan Uji-Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Skala Kecil”, Jurnal Ekuilibrium Vol. 9 No. 1 Halaman 29-33, Januari 2010.