

SCALE UP PROTOTYPE SCREW PYROLYSER UNTUK PIROLISIS SAMPAH KOTA TERSELEKSI

Dwi Aries Himawanto¹⁾, Indarto²⁾, Harwin Saptoadi²⁾, Tri Agung Rohmat²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret

²⁾ Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

e-mail : dwi_ah@uns.ac.id ; dwiarieshimawanto@gmail.com

Abstrak

Pengolahan sampah kota menjadi sumber energi alternatif layak untuk mulai dipertimbangkan karena jumlah produksi sampah yang terus meningkat dari waktu ke waktu. Salah satu teknologi pengolahan sampah yang dirasakan prospektif dikembangkan adalah dengan melalui teknologi pirolisis, dimana dengan teknologi ini mampu mengubah sampah kota menjadi 3 produk yang memiliki kandungan energi yang cukup tinggi, yaitu char, tar dan gas. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah berhasil menghasilkan prototype screw pyrolyser berkapasitas 6 kg/jam, dan produk char yang optimum didapatkan pada komposisi 70 % sampah organik – 30 % sampah anorganik, yang dipirolisis pada kondisi suhu reaktor 450 °C. Char yang dihasilkan mengandung kadar air 1,776 %, kadar abu 9,661 %, volatile matter 66,387 % dan fixed carbon 22,178 % serta mempunyai nilai kalor sebesar 6860,148 kal/gram. Randemen proses pirolisis untuk kondisi diatas sebesar 95,3 %.

Dalam penelitian ini, dipaparkan upaya perbaikan desain prototype screw pyrolyser yang telah dihasilkan dari penelitian sebelumnya untuk meningkatkan kapasitas, yang dilanjutkan dengan scale up prototype pyrolyser.

Hasil penelitian menunjukkan, kemiringan reaktor pyrolyser memiliki pengaruh yang cukup besar pada kelancaran aliran sampel, disamping itu kelancaran sampel dalam reaktor juga sangat dipengaruhi oleh ukuran sampel dan besar lobang keluaran. Dari kegiatan ini, dihasilkan scale up dari perbaikan prototype screw pyrolyser awal hingga mampu memproses sampel hingga kapasitas sekitar 25 kg/jam.

Kata kunci: pirolisis; sampah kota terseleksi; scale up; screw pyrolyser

Pendahuluan

Pengolahan sampah kota menjadi sumber energi alternatif merupakan salah satu alternatif pilihan sampah kota yang prospektif untuk dilakukan. Berbagai teknologi pengolahan sampah kota menjadi sumber energi telah diteliti, namun demikian terdapat beberapa kelemahan dari teknologi yang ditawarkan tersebut. Dari berbagai alternatif pengolahan sampah kota yang dimunculkan, teknologi pirolisis merupakan salah satu alternatif yang layak dipertimbangkan.

Proses pirolisis atau proses karbonisasi didefinisikan sebagai proses konversi energi secara termokimia (*thermal decomposition*) tanpa ada oksigen, hasil akhir yang diperoleh adalah tar, char dan gas (Di Blasi (2008)). Tar yang dihasilkan dapat diolah melalui proses destilasi kimiawi untuk dijadikan bahan dasar kimia ataupun diolah menjadi bahan bakar cair, sementara char yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *refuse derived fuel* sebagai pengganti batu bara atau kayu bakar, sementara gas yang dihasilkan masih harus melalui beberapa perlakuan sebelum dapat digunakan.

Perbandingan komposisi char, tar dan gas yang dihasilkan dalam proses pirolisis tergantung pada beberapa hal diantaranya adalah *heating rate*, temperature akhir pirolisis dan jenis sampah yang dipirolisis. Secara umum diketahui bahwa kenaikan temperatur pirolisis yang lambat (*slow pyrolysis*) akan memberikan char yang lebih banyak, dan kenaikan temperatur pirolisis yang cepat (*fast pyrolysis*) akan memberikan tar yang lebih banyak.

Penelitian mengenai pirolisis sampah kota dilakukan oleh Matsuzawa dkk. (2007) dan didapatkan hasil bahwa nilai kalor arang sampah kota mencapai setengah dari nilai kalor batu bara, penelitian dilakukan hanya dengan memvariasi temperatur akhir proses karbonasi tanpa melibatkan variabel laju karbonasi. Sementara itu hasil nilai kalor yang lebih tinggi didapatkan dari hasil penelitian Phan dk. (2008), hal tersebut bisa didapatkan dengan

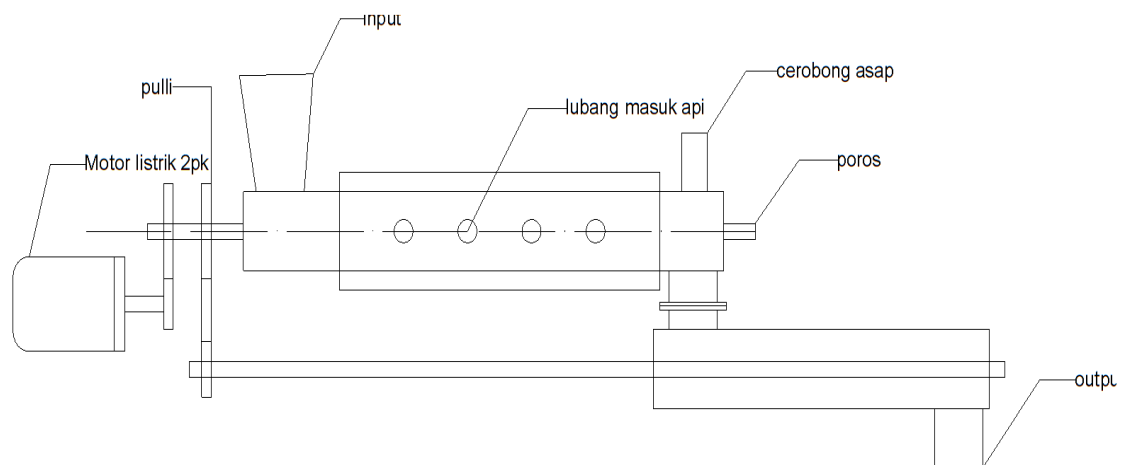
jalan memvariasi kecepatan kenaikan temperatur pirolisis, namun penelitian tersebut dilakukan dengan memisahkan komponen-komponen sampah kota dan dilakukan pirolisis sendiri-sendiri.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan penulis antara tahun 2009-2010, telah didapatkan satu kondisi slow pyrolysis yang tepat untuk sampah kota terseleksi yaitu proses pirolisis untuk komposisi sampah 75 % organik – 25 % anorganik (d disesuaikan dengan komposisi sampah kota yang dihasilkan di Indonesia) dengan temperatur akhir pirolisis 400 °C dan *heating rate* 10 °C/menit serta *holding time* 30 menit yang memiliki nilai kalor sebesar 6.081,584 kal/gram, dengan kadar air 3,85 %, kadar abu 20,73 % *volatile matter* 73,49 % dan *fixed carbon* sebesar 1,93 %. Sementara *tar (synthetic oil)* yang dihasilkan sebesar 2,53 % dari berat bahan baku dengan nilai kalor 110,41 kal/gram, sedikitnya jumlah tar yang dihasilkan disebabkan karena belum sempurnanya proses pendinginan gas. Namun kondisi penelitian yang dilakukan masih dalam *fixed bed reactor*, sehingga kapasitas produksi yang dihasilkan, baik char maupun tar, terbatas. Sementara itu, dari penelitian yang telah dilakukan penulis pada tahun 2012, mampu menghasilkan *prototype screw pyrolyser* berkapasitas 6 kg/jam, dan produk char yang optimum didapatkan pada komposisi 70 % sampah organik – 30 % sampah anorganik, yang dipirolisis pada kondisi suhu reaktor 450 °C. Char yang dihasilkan mengandung kadar air 1,776 %, kadar abu 9,661 %, *volatile matter* 66,387 % dan *fixed carbon* 22,178 % serta mempunyai nilai kalor sebesar 6860,148 kal/gram. Randemen proses pirolisis untuk kondisi diatas sebesar 95,3 %. Dalam paper ini, akan dipaparkan upaya men *scale up screw pyrolyser* yang telah dihasilkan sehingga mampu digunakan dalam skala yang lebih besar

Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian dimulai dengan menganalisa *prototyope screw pyrolyser* yang telah dihasilkan pada kegiatan tahun 2012, dengan tetap memperhatikan parameter penting yang harus dicapai yaitu, optimasi antara kapasitas yang dihasilkan dan kualitas char yang dihasilkan. Kualitas char yang dihasilkan sangat tergantung pada temperatur pirolisis, *heating rate* dan waktu tinggal sampah kota dalam *pyrolyser*, sementara kapasitas yang dihasilkan tergantung pada dimensi *pyrolyser* dan kecepatan putar dari *screw*.

Prototyope yang dihasilkan dalam kegiatan tahun 1 adalah *screw pyrolyser* dengan temperatur pirolisis dapat diatur melalui pengaturan besar nyala api LPG sebagai sumber panas, *heating rate* direpresentasikan melalui kombinasi antara panjang *pyrolyser* dan kecepatan putar *screw* sedangkan waktu tinggal sampah kota dalam *pyrolyser* direpresntasikan melalui penambahan silinder yang diisolasi untuk memperpanjang waktu tinggal. Gambar desain *screw pyrolyser* yang direkayasa dapat dilihat dalam gambar 1 dan dalam gambar 2 adalah gambar *prototype* yang telah dihasilkan dari tahun 2012. *Pyrolyser* yang dihasilkan dalam penelitian ini digerakkan dengan menggunakan motor listrik dengan daya 2 HP, *pyrolyser* terdiri atas 2 buah silinder konsentris berdiameter 20 cm dan 30 cm, rongga diantara dua buah silinder tersebut sebagai tempat udara panas guna pemanasa proses pirolisis, sumber panas berasal dari pembakaran gas LPG yang diletakkan pada 4 titik di sepanjang *pyrolyser*. *Screw* yang berfungsi sebagai transporter diletakkan dalam silinder dalam berdiameter 20 cm, panjang *pyrolyser* adalah 150 cm. Untuk menjamin proses pemanasan merata, maka putaran mesin direduksi dengan speed reducer dengan perbandingan 1 : 40.



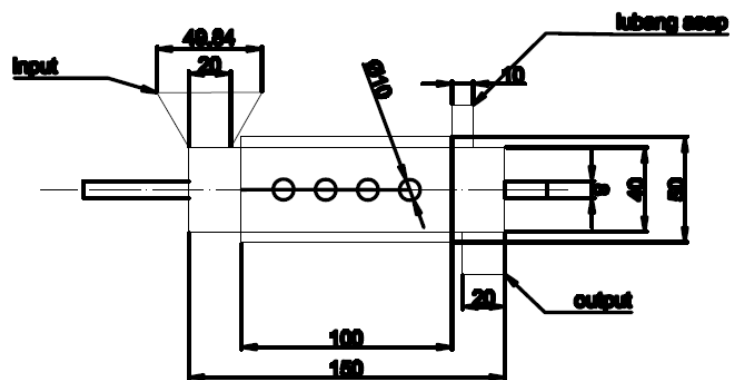
Gambar 1. Desain *screw pyrolyser* yang direkayasa (tanpa skala)



Gambar 2. Prototype *Screw pyrolyser* yang direkayasa

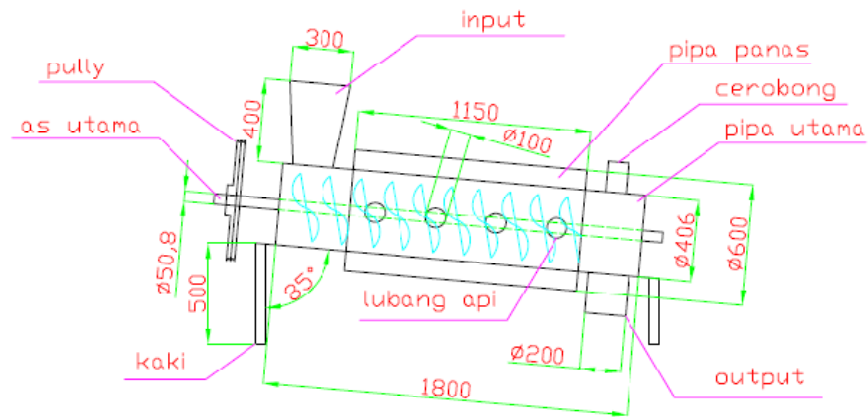
Hasil dan Pembahasan

Dalam proses *scale up* prototype screw pyrolyser, tahap pertama yang dilakukan adalah langsung memperbesar desain screw pyrolyser sehingga mampu memiliki kapasitas 100 kg/jam bahan baku, desain awal *scale up* terlihat dalam gambar 3.



Gambar 3. Desain awal *scale up prototype screw pyrolyser* yang direkayasa

Namun dengan mempertimbangkan hasil penelitian tahun 2012, dimana laju massa sampah yang ditransportasikan mengalami hambatan karena adanya *tar* yang lengket, hal ini berarti daya penggerak selain untuk mentransportasikan sampel juga digunakan untuk memecah ikatan *tar* yang lengket, maka dalam pengembangan desain selanjutnya dilakukan upaya untuk mengurangi beban motor untuk mentransportasikan sampel dan mengatasi *tar*, yaitu dengan cara peletakan *screw pyrolyser* dimiringkan dengan sudut kemiringan 5° . Dasar pemikiran langkah tersebut adalah dengan adanya kemiringan *pyrolyser*, maka transportasi sampel akan terbantu oleh gaya gravitasi, sehingga beban motor menjadi sedikit lebih ringan. Desain akhir dari *screw pyrolyser* hasil *scale up* dapat dilihat dalam gambar 4.



Setelah desain akhir scale up prototype screw pyrolyser telah dihasilkan, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan screw pyrolyser tersebut, seperti terlihat dalam gambar 5.



Gambar 5. *Prototype screw pyrolyser* hasil scale up yang direkayasa

Screw pyrolyser yang dihasilkan dari proses scale up tersebut digerakkan dengan motor bensin berdaya 3 HP dengan perbandingan 1 : 40, dan dalam uji coba dalam kondisi panas, kapasitas maksimal sementara yang mampu dihasilkan adalah 25 kg/jam dengan suhu reaktor pirolisi 250 °C, dari target kapasitas alat 100 kg/jam bahan baku yang dipirolisis hingga suhu 450 °C. Gambar uji coba alat dapat dilihat dalam gambar 6.



Gambar 6. Uji coba *Prototype screw pyrolyser* hasil scale up yang direkayasa

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, dapat dihasilkan screw pyrolyser dari proses scale up dengan penggerak motor bensin berdaya 3 HP dengan perbandingan 1 : 40, dan dalam uji coba dalam kondisi panas, kapasitas maksimal sementara yang mampu dihasilkan adalah 25 kg/jam dengan suhu reaktor pirolisi 250 °C, dari target kapasitas alat 100 kg/jam bahan baku yang dipirolisis hingga suhu 450 °C. Disamping itu, tampak bahwa kemiringan reaktor pyrolyser memiliki pengaruh yang cukup besar pada kelancaran aliran sampel, disamping itu kelancaran sampel dalam reaktor juga sangat dipengaruhi oleh ukuran sampel dan besar lobang keluaran.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada DP2M Ditjen Dikti yang telah membiayai kegiatan penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2013. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih pada semua asisten yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Di Blasi, C. 2008, Modeling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis, *Progress in Energy and Combustion Science* 34 , pp. 47-99
- Kumar,Sudhir., 2000, *Technology Options for Municipal Solid Waste-to-Energy Project*, TERI Information Monitor on Environmental Science 5(1):1-11
- Matsuzawa,Y.,Mae,K.,Hasegawa,I.,Suzuki,K., Fujiyoshi,H.,Ito,M.,Ayabe,M.,2007, Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel, *Fuel* 86 , pp. 264–272
- Phan, A.N., Ryu, C., Sharifi, V.N., Swithenbank, J., 2008, *Characterisation of Slow Pyrolysis Products from Segregated Wastes for Energy Production*, *J.Anal.Appl.Pyrolysis* 81, pp. 65-71
- Sudrajat,R., 2004, *The Potential of Biomass Energy Resources in Indonesia for the Possible Development of Clean Technology Process (CTP)*, Proceeding of The International Workshop on Biomass & Clean Fossil fuel Power Plant Technology 2004, Jakarta, pp. II-1 –II-24
- Yang,Yao Bin., Phan, Anh N., Ryu, Changkook, Sharifi, Vida., Swithenbank, Jim., 2007, *Mathematical Modelling of Slow Pyrolysis of Segregated Solid Wastes in a Packed-Bed Pyrolyser*, *Fuel* 86, pp. 169-180.