

REKAYASA HEATED DIE SCREW EXTRUDER UNTUK PEMBUATAN BINDERLESS BIOBRIQUETTE

Eko Prasetyo Budiana¹⁾, Dwi Aries Himawanto, D. Danardono, DPT,
Purwadi Joko Widodo

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami no. 36A Surakarta
Telepon (0271) 632163
E-mail : budiana.e@gmail.com¹⁾

Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah rekayasa peralatan heated die screw extruder guna menghasilkan briket tanpa perekat (binderless biobriquette) berbahan baku limbah pertanian potensial. Prinsip dasar dari pembuatan briket tanpa perekat ini adalah limbah pertanian mampu membentuk briket dengan penekanan yang dilakukan oleh mesin pres bertipe screw dan perekat diperoleh dari tar yang dihasilkan dari pemanasan sampel. Proses rekayasa diawali dengan pembuatan desain yang dilanjutkan dengan proses pembuatan heated die screw extruder hasil desain untuk selanjutnya diuji dalam kondisi dingin dan dalam kondisi panas. Hasil pengujian peralatan menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara kecepatan putar dari screw dengan suhu die, semakin rendah kecepatan putar screw maka suhu untuk memanaskan die guna mengeluarkan tar sebagai perekat alami semakin rendah pula. Disamping itu juga ditemukan bahwa pemilihan komposisi kecepatan putar screw dan suhu die yang tidak tepat dapat menyebabkan heated die screw extruder mengalami blocking.

Kata Kunci : heated die screw extruder, binderless biobriquette, limbah pertanian.

Pendahuluan

Cadangan batu bara Indonesia pada tahun 1999 mencapai 5.370 juta ton dan merupakan negara dengan cadangan batu bara terbesar ke-16 sedunia. Di Indonesia, batubara merupakan bahan bakar utama selain solar (diesel fuel) yang telah umum digunakan pada banyak industri, dari segi ekonomis batubara jauh lebih hemat dibandingkan solar, dengan perbandingan sebagai berikut: Solar Rp 0,74/kilokalori sedangkan batubara hanya Rp 0,09/kilokalori, (berdasarkan harga solar industri Rp. 6.200/liter). Dari segi kuantitas batubara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia. Jumlahnya sangat berlimpah, mencapai puluhan milyar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batubara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui PLTU. Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO₂, SO₂, NO_x dan C_xH_y cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi, dimana hal ini menjadi sorotan tersendiri terutama dengan adanya isu “global warming”. Dari paparan tersebut, perlu kiranya dipikirkan mulai saat ini, sebuah bahan bakar alternatif yang nilai kalornya setara dengan batu bara namun pembakarannya lebih “bersih”.

Di sisi lain, Provinsi Jawa Tengah memiliki peluang untuk mengatasi hal tersebut, yaitu melalui pemanfaatan limbah dari potensi unggulan dalam bidang pertanian dalam arti yang luas.

Pengembangan limbah pertanian untuk dijadikan bahan bakar padat, juga dipicu oleh kondisi pada saat ini, dimana bahan bakar fosil yang selama ini menjadi andalan bagi kalangan rumah tangga ataupun industri telah mengalami kenaikan harga. Untuk bahan bakar rumah tangga seperti minyak tanah, telah mengalami kenaikan harga hingga 2 kali lipat. Melihat dari kenyataan tersebut, maka sampah kota sangat berpotensi untuk dijadikan suatu bahan bakar padat yang relatif lebih murah dan diharapkan dapat meminimalkan masalah lingkungan yang selama ditimbulkan dalam penganan sampah kota itu sendiri dengan karakteristik pembakaran setara dengan batu bara namun lebih bersih yaitu dengan diolah melalui teknologi slow pyrolysis..

Sehingga untuk mengelaborasi permasalahan tersebut, perlu dipikirkan teknologi yang tepat untuk mengolah potensi yang melimpah di pedesaan, yang selama ini belum terolah secara maksimal, menjadi bahan bakar yang dapat dimanfaatkan oleh petani bahkan jika memungkinkan diekspor keluar negeri.

Dan salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan mengolah limbah-limbah pertanian tersebut, menjadi bahan bakar padat alternatif yang kuat, murah dan memenuhi spesifikasi teknis, yaitu dengan mengintroduksi teknologi *heated die screw extruder*, karena dengan teknologi ini dengan menentukan temperatur *die* yang tepat dan waktu pembriketan yang tepat, akan dapat dihasilkan briket dengan nilai kalor yang

cukup tinggi dan kuat sebagai alternatif pengganti kayu bakar, arang ataupun batu bara. Tulisan dalam *paper* ini akan menjelaskan beberapa parameter kunci dalam merancang *heated die screw extruder*.

Dalam merancang *heated die screw extruder*, sangat penting untuk mengetahui keterkaitan antara kondisi operasi pirolisis dengan karakteristik produk yang dihasilkan. Beberapa penelitian terkait hubungan kondisi operasi pirolisis dengan produk yang dihasilkan dijelaskan dibawah ini.

Mochidzuki, dkk (2000) melakukan penelitian mengenai proses pengarbonasian (pengarangan) biomassa sebagai biokarbon. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu (Oak dan *Leucaena*), tongkol jagung dan sekam padi. Proses pembuatan biokarbon dengan memberikan energi panas kepada biomassa hingga terjadi proses penyalaaan pada kondisi tanpa aliran udara yang masuk ke sistem. Proses pembuatan dilakukan di dalam sebuah tungku elektrik dengan elemen pemanas berada di dasar tungku. Besarnya kalor yang diberikan adalah 0,2 kwh. Kondisi ruang karbonasi pada tekanan 1 MPa. Sampel dicetak pada cetakan silinder dengan tiga variasi berat 0,5 kg hingga 1,4 kg. Dari penelitian ini diperoleh bahwa massa arang yang terbentuk oleh masing-masing biomassa adalah sebagai berikut, kayu oak sebesar 35,1 %, kayu *leucaena* sebesar 40,0 %, tongkol jagung sebesar 33,1 % dan sekam padi sebesar 46,1 %.

Zapusek, dkk (2003) melakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur, lama dan ukuran partikel dalam proses karbonasi terhadap sifat-sifat dasar batubara setelah dikarbonasi. Batubara yang digunakan adalah batubara lignit dengan ukuran partikel 4-10 mm, 10-20 mm dan 20-40 mm. Variasi temperatur karbonasi yang dilakukan adalah 550 °C, 600 °C, 650 °C, 700 °C dan 750 °C. sedangkan lama waktu yang dilakukan adalah selama 15 menit, 30 menit, 60 menit dan 120 menit. Proses karbonasi dilakukan pada reaktor *rotary kiln* dengan pemanas dari energi listrik dan panas yang diberikan ke ruang karbonasi dapat dikontrol. Dari penelitian tersebut untuk variasi temperatur karbonasi dengan variable konstan ukuran partikel sebesar 10-20 mm dan lama karbonasi adalah 30 menit dihasilkan semakin tinggi temperatur karbonasi maka kandungan karbon, kalori, abu dan sulfur semakin meningkat, tetapi kandungan air, zat volatil dan hidrogen menurun. Untuk variasi waktu karbonasi yang dilakukan pada temperatur karbonasi 750 °C untuk ukuran batubara 10-20 mm dihasilkan bahwa semakin lama waktu karbonasi maka kandungan kalori, karbon, sulfur dan abu mengalami peningkatan, sedangkan untuk kandungan air, zat volatil dan hidrogen serta nitrogen menurun. Untuk variasi ukuran partikel batubara yang digunakan pada temperatur 750 °C selama 30 menit menunjukkan semakin besar ukuran partikel dapat meningkatkan kandungan air, karbon, kalori dan hidrogen. Tetapi dapat menurunkan kandungan abu, zat volatil, nitrogen dan sulfur.

Matsuzawa dkk. (2007) melakukan penelitian mengenai pengarbonisasian sampah kota 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.

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.

Metode Penelitian

Tahap pertama yang dilakukan dalam kegiatan perancangan *heated die screw extruder* adalah pembuatan desain untuk kemudian dilakukan proses manufaktur. Bersamaan dengan proses manufaktur *heated die screw extruder* dilakukan proses pengumpulan dan pengeringan bahan baku. Bahan baku yang dikumpulkan adalah limbah pertanian yang dikumpulkan berasal dari industri pertanian yang berupa sekam padi, jerami, grajen, kulit singkong dan tongkol jagung. Semua bahan baku tersebut dikeringkan sehingga kadar airnya maksimal 10 % untuk kemudian dihancurkan dan di-*sizing* dengan ukuran yang homogen, hal ini dilakukan terkait dengan kemudahan proses pembuatan briket. Ukuran bahan baku setelah di *sizing* adalah 20 mesh. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan *binderless biobriquette* menggunakan *heated die screw extruder* dengan beberapa variasi komposisi seperti dijelaskan diatas dan variasi proses pembuatan, adapun variasi proses pembuatan meliputi variasi temperatur *dies* sebesar 250 °C, 300 °C dan 400 °C, dengan variasi lama *residence time* yang direpresentasikan dengan variasi kecepatan putar poros sebesar 30 rpm, 50 rpm dan 100 rpm. Desain *heated die screw extruder* dikatakan berhasil jika mampu menghasilkan *binderless biobriquette* yang panjang tanpa putus.

Hasil dan Pembahasan

Heated die screw extruder hasil desain dan hasil manufaktur dari kegiatan ini dapat dilihat dalam Gambar

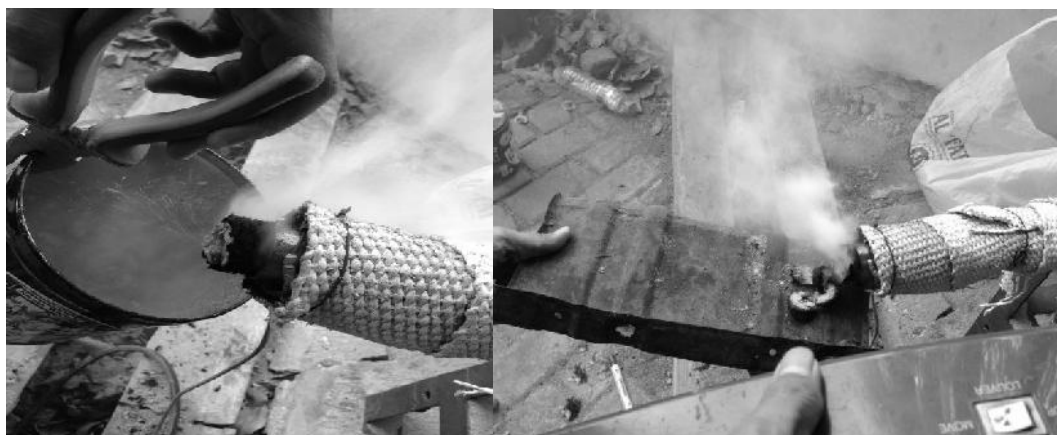
1. Dalam Gambar 1 terlihat bahwa *heated die screw extruder* hasil penelitian terdiri dari 3 bagian utama yaitu,
 - a. bagian penggerak berupa motor listrik dengan daya 3 PK,
 - b. bagian penekan berupa *screw extruder* dan
 - c. bagian pemanas yang dapat dikontrol hingga suhu 750 °C.

Bagian penggerak dilengkapi dengan *speed reducer* dan beberapa variasi puli untuk mengatur kecepatan putar *screw*.



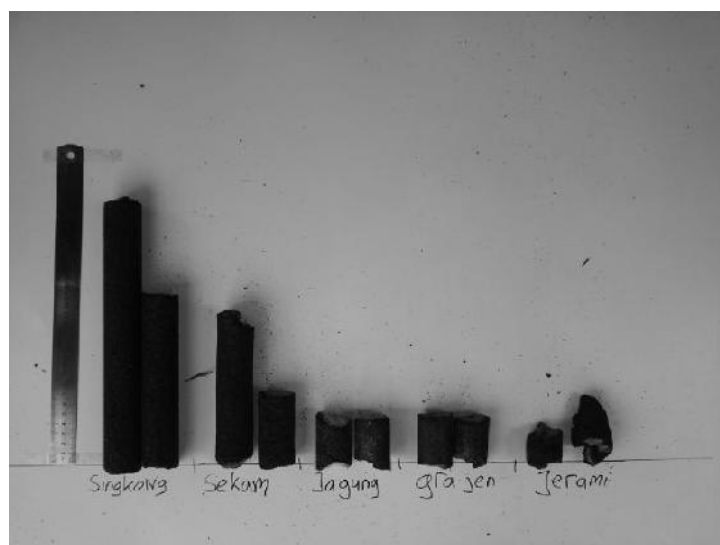
Gambar 1. *Heated die screw extruder* hasil penelitian

Dalam pelaksanaan uji coba *heated die screw extruder*, sangat penting untuk menjaga keseragaman suhu disepanjang *screw extruder* dan juga sangat penting untuk menjaga kontinuitas *feeding* karena kontinuitas *feeding* akan mempengaruhi penumpukan bahan diujung *extruder* sehingga proses penekanan dapat berjalan. Kondisi pengujian *heated die screw extruder* dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi pengujian *heated die screw extruder*

Produk hasil uji coba pengujian *heated die screw extruder* untuk sampel uji dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Produk hasil uji coba pengujian *heated die screw extruder*

Dalam gambar 3 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan panjang briket yang mampu dihasilkan dari tiap sampel uji, hal tersebut terkait dengan keteapatan operasi *heated die screw extruder* dalam mengeluarkan tar sebagai perakat alami briket. Secara teoritis, pemilihan temperatur *dies* didasarkan atas pertimbangan bahwa *lignin* yang menjadi perekat dalam biomass akan mulai terdegradasi sampai dengan temperatur 300 °C, namun demikian hal tersebut akan menjadi satu permasalahan yang cukup rumit bila reaktor berjalan secara kontinu seperti halnya *heated die screw extruder*. Hal tersebut dikarenakan lama residence time akan direpresentasikan dalam kecepatan poros, dimana hal ini akan berpengaruh terhadap lama tinggal proses pirolisis yang pada ujungnya akan mempengaruhi kecepatan proses degradasi dari lignin. Hal tersebut dapat dipahami bila kecepatan putar terlalu cepat meskipun suhu dinding luar tempat pemanas melekat telah mencapai suhu tertentu, namun suhu sampel yang berjalan dalam *extruder* tidak akan dapat sama dengan suhu dinding luar karena, hal tersebut menyebabkan suhu dimana terjadi degradasi termal dari lignin tidak tercapai sehingga ikatan antar partikel lemah karena tidak adanya lignin yang terdegradasi. Sebaliknya, bila kecepatan putar terlalu lambat, maka yang terjadi transfer panas dari dinding bagian luar ke sampel dalam *extruder* akan berjalan secara lebih lama, berarti fluks panas juga berjalan secara lebih lama yang mengkaibatkan proses pirolisis berjalan lebih sempurna sehingga sampel telah terkonversi menjadi arang (char) tanpa ada lignin yang mengikat. Dalam penelitian yang dilakukan, kondisi optimum dimana sampel akan mampu menjadi *binderless biobriquette* adalah *heated die screw extruder* beroperasi pada kecepatan putar 50 rpm dengan suhu *dies* diatur pada suhu 300 °C. Kecepatan putar yang terlalu rendah menyebabkan sampel akan terpirolisis sempurna sementara kecepatan putar yang terlalu tinggi akan menyebabkan sampel hanya akan mengalami proses pengeringan. Sementara itu, suhu *dies* yang terlalu tinggi menyebabkan pirolisis sampel berjalan sempurna, namun suhu *dies* yang terlalu rendah menyebabkan sampel belum terpirolisis.

Kesimpulan

Hasil pengujian peralatan menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara kecepatan putar dari *screw* dengan suhu *dies*, semakin rendah kecepatan putar *screw* maka suhu untuk memanaskan *dies* guna mengeluarkan tar sebagai perekat alami semakin rendah pula. Disamping itu juga ditemukan bahwa pemilihan komposisi kecepatan putar *screw* dan suhu *dies* yang tidak tepat dapat menyebabkan *heated die screw extruder* mengalami *blocking*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada DP2M Ditjen Dikti yang telah membiayai kegiatan penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Sebelas Maret Tahun Anggaran 2014. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih pada semua asisten yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Grammelis, P., Basinas, P., Malliopoulou, A., Sakellariopoulos, G., (2009), *Pyrolysis Kinetics and Combustion Characteristics of Waste Recovered Fuels*, Fuel 88 (2009), pp. 195-205
- Levenspiel, O., (1999), *Chemical Reaction Engineering*, John Willey & Sons, New York
- Li, Y., Lu, H., (2000), *High-pressure Densification of Wood Residues to Form an Upgraded Fuel*, Biomass and Bioenergy 19 (2000) pp. 177-186
- M Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M., and Ayabe, M., (2007) "Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel", *Fuel* 86 , pp. 264-272
- Mochidzuki, K., *at al*, (2002). *Flash Carbonization of Biomass*, Hawaii Natural Energy Institute, School of Ocean and Earth Science and Technology, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Paper prepared for Presentation at AIChE 2002 Annual Meeting Indianapolis, IN, November 3-8
- Turn, Stephen R., (1996), *An Introduction to Combustion*, McGraw-Hill
- Zapusek, A., *at al*, (2003). *Characterisation of carbonizate Produced from Velenje Lignite in Lab-Scale Reactor*, ERICo Velenje, Institute for Ecological Research, Koroska 58, 3320 Velenje, Slovenia