

## KARAKTERISTIK PROSES PIROLISIS TIGA JENIS LIMBAH PERTANIAN

**Wijang Wisnu Raharjo<sup>1</sup>, Dwi Aries Himawanto<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Jalan. Ir. Sutami no. 36 A Surakarta 57126 Telp 0271 632163  
Email: m\_asyain@yahoo.com

### Abstrak

*Limbah pertanian dan industri berbasis pertanian banyak yang belum terolah dengan baik, padahal apabila limbah tersebut ditangani dengan tepat akan menjadi sumber energi yang berlimpah maupun menjadi material alternatif berupa kayu buatan (artificial wood). Hal tersebut dapat dilakukan melalui teknologi slow pyrolysis.*

*Dalam penelitian ini dilakukan proses karbonasi pada beberapa limbah pertanian dan limbah industri berbasis pertanian yang potensial (sekam padi, grajen mahoni dan grajen sengon). Pyroliser yang direncanakan digunakan dalam penelitian ini adalah pyroliser type batch dengan temperatur akhir pirolisis 400 °C, heating rate yang digunakan 10 °C/menit serta waktu tinggal (holding time) 20 menit. Tar (synthetic oil) diperoleh dengan proses pendinginan gas hasil pirolisis, proses pendinginan direncanakan dengan menggunakan 2 kali proses pendinginan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses karbonasi grajen mahoni menghasilkan 49,8 % char dan 12,5 % tar, sekam padi menghasilkan 61,1 % char dan 3,95 % tar dan grajen sengon menghasilkan 60 % char dan 39,1 % tar. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sekam padi lebih cepat mencapai suhu karbonasi yang diinginkan disusul oleh grajen mahoni dan grajen sengon.*

**Kata kunci:** pirolisis; sekam padi; grajen sengon; grajen mahoni.

### Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor penting di propinsi Jawa Tengah dimana sekitar 42,24 % dari seluruh penduduk Propinsi Jawa Tengah, yang berjumlah 30.775.846 jiwa, bermata pencaharian di sektor pertanian. Data diatas memperlihatkan bahwa upaya pengentasan kemiskinan tidak bisa dilepaskan dari peningkatan kesejahteraan petani, sehingga berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan dan mengembangkan sektor pertanian tersebut. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan sektor pertanian ini adalah pemberian nilai tambah pada semua hasil produksinya termasuk pada limbah yang dihasilkannya.

Tanaman pertanian unggulan di Propinsi Jawa Tengah diantaranya adalah padi, jagung dan ubi kayu. Luas lahan padi meliputi 1.672.315 hektar, sementara produktivitas panen pada tahun 2006 adalah sebesar 52 kuintal per hektar atau meningkat sekitar 3,62 % dari tahun sebelumnya. Jika jumlah limbah padi diestimasikan 4 % dari total produksi, maka dari 1 hektar lahan bangkitan limbah pertanian yang muncul adalah 2,08 kuintal per hektar atau total limbah pertanian yang muncul dalam satu tahun adalah 3.478.415 kuintal, satu potensi sumber energi biomassa yang cukup besar. Dari data-data diatas, tampak bahwa potensi limbah yang dihasilkan dari sektor pertanian cukup melimpah, namun belum terolah secara maksimal, sehingga petani kurang mendapatkan nilai tambah dari hal tersebut

Sementara itu, kebutuhan akan sumber energi dan kayu sebagai bahan bangunan utama menjadi permasalahan yang cukup krusial dewasa ini di Indonesia. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyediaan sumber energi meliputi : masalah ketersediaan, keterjangkauan secara ekonomis, kehandalan secara teknis dan pengaruh yang muncul terhadap lingkungan. Sebagai ilustrasi, dalam tahun 2008 muncul permasalahan dalam hal ketersediaan pasokan batu bara untuk industri yang diakibatkan karena beberapa hal, diantaranya berhentinya operasional beberapa tambang batu bara di Kalimantan karena sengketa pertambangan dan masalah halangan cuaca dimana ombak tinggi yang menyebabkan tongkang pengangkut batu bara tidak berani berlayar, padahal jumlah kebutuhan batu bara di Jawa Tengah mencapai 140.000 ton per bulan dengan industri pengguna industri tekstil, plywood, kaca serta PLTU, sehingga pada awal hingga pertengahan tahun 2008, banyak perusahaan yang berusaha mencari pasokan batu bara meskipun dengan harga yang meningkat daripada harga sebelumnya. Masih dalam tahun yang sama, kenaikan harga minyak tanah dan kebijakan konversi minyak tanah ke gas menyebabkan banyak rumah

tangga yang beralih ke kayu bakar dan arang kayu, hal ini memunculkan permasalahan lingkungan yang cukup serius berupa illegal logging.

Sementara untuk bahan bangunan, kebutuhan kayu sebagai bahan bangunan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan kebutuhan perumahan, namun demikian untuk kayu berkualitas seperti kayu jati semakin sulit didapatkan dan bilapun dijumpai harganya mahal, sehingga perlu kiranya dipikirkan adanya satu kayu buatan alternatif yang murah namun memiliki spesifikasi teknis yang memenuhi persyaratan. 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 atau material alternatif yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat bahkan jika memungkinkan diekspor keluar negeri. Salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan mengolah limbah-limbah pertanian tersebut, menjadi bahan bakar padat alternatif dan material yang kuat, murah dan memenuhi spesifikasi teknis, yaitu dengan mengintroduksi teknologi pirolisis yang disertai dengan tekanan yang tinggi.

Pirolisis didefinisikan sebagai proses degradasi termal dari padatan dalam kondisi tidak adanya oksigen, yang memungkinkan terjadinya beberapa jalur konversi termokimia sehingga padatan tersebut menjadi gas (permanent gasses), cairan (pyrolytic liquid) dan padatan (char) (Di Blasi (2008)). Sementara Swithenbank et.al (2005) mendefinisikan pirolisis sebagai degradasi termal atau deformasi limbah organik dalam kondisi tanpa oksigen dan dalam kondisi tekanan atmosfer atau vakum untuk menghasilkan char (carbonaceous char), minyak pirolisis, dan gas pada temperatur yang relatif rendah berkisar antara 400 °C – 800 °C.

Mochidzuki, dkk (2000) melakukan penelitian mengenai proses karbonisasi (pengarangan) biomassa sebagai biokarbon. Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu (Oak dan Leucaena), tongkol jagung dan sekam padi. Proses pembuatan biokarbon dilakukan dengan memberikan energi panas kepada biomassa hingga terjadi proses penyalan pada kondisi tanpa aliran udara yang masuk ke sistem. Proses pembuatan dilakukan di dalam sebuah tungku elektrik dengan elemen pemanas berada di dasar tungku. 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. Penelitian ini menghasilkan 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 %.

Sementara itu, pemanfaatan biomass sebagai bahan bakar di Indonesia ternyata masih sangat kecil bila dibandingkan dengan negara lain. Riset menunjukkan, pada tahun 1987, pemanfaatan sekam padi sebagai biobriket ternyata kurang dari 10 % sedangkan di India pemanfaatan sekam padi menjadi bahan bakar mencapai 40 % pada tahun 1980 (Werther, 2000). Naruse dkk. (1999) melakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran biomass yang berasal dari limbah jagung, didapatkan bahwa karakteristik pembakaran biomass tergantung dari komposisi biomass semisal lignin dan selulose, disamping itu juga didapatkan bahwa biomass dapat memperbaiki proses penyalan dan pembakaran batu bara, selain itu dalam pembakaran antara batu bara dan biomass ini didapatkan bahwa partikulat dari biomass akan ditangkap oleh abu dari batu bara selama proses pembakaran.

Li dan Liu (2000) dalam penelitiannya mengenai pengaruh kadar moisture terhadap pengolahan limbah kayu menjadi bahan bakar alternatif melalui proses densifikasi menyatakan bahwa kadar moisture terbaik untuk pengolahan limbah kayu menjadi bahan bakar alternatif berkisar antara 6 % sampai dengan 12 % dengan hasil terbaik didapatkan pada kadar moisture sekitar 8 %.

Biagini dan Tognotti (2004) melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran partikel dan variasi struktur kimia terhadap aspek dasar proses pembakaran bahan bakar biomassa dan batubara. Penelitian dilakukan dengan variasi laju pemanasan tungku pembakaran 5 °C/menit, 10 °C/menit, dan 20 °C/menit untuk bahan bakar yakni batubara Kema (kadar volatile yang tinggi), batubara Chang Cun dengan kadar zat volatil rendah, limbah tanaman zaitun, limbah lumpur kertas, dan butiran batubara Kema-kayu (10 % berat). Biagini dan Tognotti menyatakan bahwa ukuran dan porositas bahan bakar biomassa memiliki efek langsung terhadap sifat pembakaran. Sifat pembakaran dan stabilitas penyalan dapat diatur dengan memvariasi ukuran dari bahan bakar. Sedangkan variasi struktur dan kimia (arang, gas, jelaga) yang terjadi selama proses devolatilisasi mempunyai pengaruh kuat terhadap sifat bahan bakar padat biomassa selama proses pembakaran yakni arang biomassa reaktif akan memerlukan oksigen dalam waktu singkat dibanding dengan arang biomassa yang kurang reaktif.

## **Bahan dan Metode Penelitian**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pertanian yang banyak terdapat di kawasan pertanian, yang meliputi sekam padi, limbah grajen mahoni dan limbah grajen sengon

### **Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat karbonasi sistem fixed bed yang mampu menampung maksimum 5 kg sampel dengan sumber panas berasal dari pembakaran gas LPG. Dalam gambar 1 dan gambar 2 diberikan gambar peralatan penelitian yang digunakan.

### **Cara penelitian**

Penelitian diawali dengan pengumpulan bahan baku yang berupa sampah limbah pertanian yang banyak terdapat di kawasan pertanian, yang meliputi sekam padi, limbah grajen mahoni dan limbah sengon,. Bahan-bahan tersebut dicuci dan dikeringkan hingga kadar airnya tidak lebih dari 10 %.

Tahap selanjutnya adalah uji pirolisis bahan baku dengan kondisi penelitian yang diinginkan. Pyroliser yang digunakan dalam penelitian ini adalah pyroliser type batch. Kondisi pirolisis yang diinginkan adalah temperatur akhir pirolisis 400 °C dengan heating rate 10 °C/menit yang ditahan selama 20 menit. Tar (synthetic oil) diperoleh dengan proses pendinginan gas hasil pirolisis, proses pendinginan direncanakan dengan menggunakan 2 kali proses pendinginan. Karakteristik proses pirolisis didapatkan dengan membuat grafik keterkaitan antara suhu sampel dengan waktu pirolisis untuk melihat kecepatan pirolisis yang dilakukan serta dengan membuat menghitung perbandingan antara char dan tar yang dihasilkan.



Gambar 1. Peralatan karbonasi yang digunakan



Gambar 2. Sistem pemanasan yang digunakan dalam penelitian

### Hasil dan Pembahasan

Dalam gambar 3 hingga gambar 5 disajikan gambar hasil produk proses pirolisis yang dilakukan



Gambar 3. Hasil karbonasi sekam padi

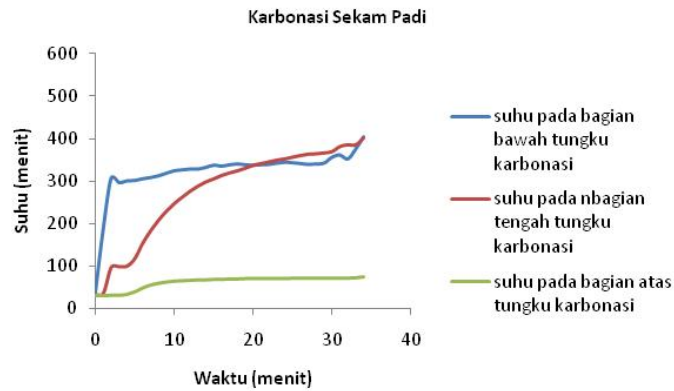


Gambar 4. Hasil karbonasi grajen mahoni

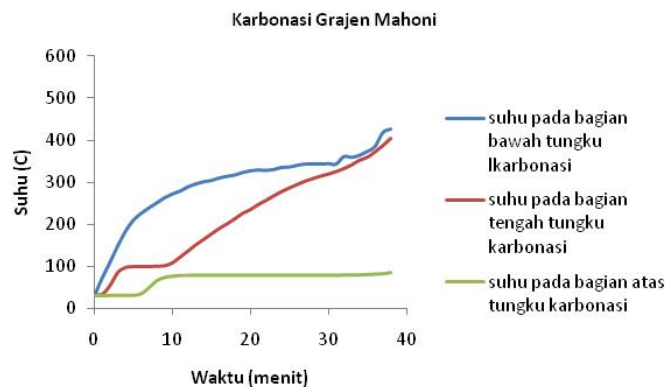


Gambar 5. Hasil karbonasi sengon

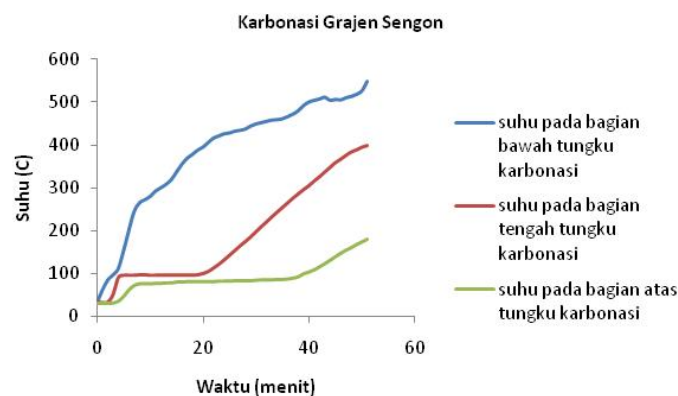
Dari gambar diatas terlihat bahwa proses sekam padi dan grajen mahoni menghasilkan char yang lebih sempurna bila dibandingkan dengan grajen sengon, hal tersebut diduga terkait dengan suhu awal terjadinya dekomposisi termal, hal tersebut diperkuat dengan satu kenyataan bahwa sekam padi dan grajen mengalami proses dekomposisi termal yang lebih cepat seperti terlihat dalam gambar 6 hingga gambar 8 dibawah ini.



Gambar 6. Karakteristik proses pirolisis sekam padi



Gambar 7. Karakteristik proses pirolisis grajen mahoni



Gambar 8. Karakteristik proses pirolisis grajen sengon

Dalam pengambilan data mengenai karakteristik proses pirolisis, data suhu yang diambil adalah suhu pada bagian bawah sampel (thermocouple terletak pada dasar reaktor), suhu pada bagian tengah sampel (thermocouple terletak pada dimasukkan dalam sampel, pada pertengahan antara bagian dasar reaktor dan bagian atas sampel) serta suhu bagian atas sampel (thermocouple diletakkan pada bagian atas sampel), namun untuk analisa digunakan suhu pada bagian tengah tungku karbonasi. Pertimbangan hal tersebut diatas adalah adanya thermal lag pada arah vertikal, dimana suhu bagian tengah diasumsikan mencerminkan kondisi rerata dari perbedaan perambatan panas akibat thermal lag tersebut.

Dalam gambar 6 terlihat suhu sekam padi mengalami kenaikan yang drastis setelah menit ke -5, sementara pada grajen mahoni, hal tersebut terjadi pada menit ke-10 (gambar 7) dan pada grajen sengon terjadi pada menit ke-20 (gambar 8), hal tersebut diduga karena perbedaan konduktivitas termal sampel disamping dapat juga disebabkan karena perbedaan kadar air yang harus diuapkan dalam proses pirolisis. Namun satu hal yang menarik adalah dalam hal karakteristik pirolisis grajen sengon, sebagaimana terlihat dalam gambar 8, tampak bahwa suhu bagian atas tungku karbonasi melonjak secara drastis hingga melebihi suhu pirolisis yang ditargetkan, hal ini diduga karena kandungan volatile matter dari grajen sengon lebih besar bila dibandingkan dengan kedua sampel yang lain, sehingga setelah volatile matter dapat dihilangkan dari sampel, terjadi pengurangan volumetrik sampel yang cukup besar sehingga thermocouple tidak lagi mengukur suhu sampel, namun mengukur suhu ruangan diatas sampel. Dugaan tersebut diatas, didukung oleh satu kenyataan bahwa tar yang dihasilkan oleh proses grajen sengon menghasilkan tar lebih banyak daripada sampel yang lain, yaitu sebesar 39,1 % disusul oleh grajen mahoni 12,5 % dan sekam padi sebesar 3,91 %. Sementara itu, proses karbonasi grajen mahoni menghasilkan 49,8 % char, pirolisis grajen sengon menghasilkan 60 % char dan pirolisis sekam padi menghasilkan 61,1 % char.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa dari proses pirolisis sekam padi merupakan proses pirolisis dengan karakteristik pirolisis yang optimum dipandang dari kecepatan proses pirolisis. Sementara itu, dari ketiga sampel penelitian, pada kondisi pirolisis yang diteliti, sekam padi menghasilkan char yang paling banyak, sedangkan grajen sengon menghasilkan tar terbanyak. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan, bahwa kecepatan proses

pirolisis dan komposisi produk pirolisis sangat ditentukan dari sifat termal sampel tersebut dan komponen penyusun dari sampel tersebut.

#### Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M Ditjen Dikti atas didanainya kegiatan penelitian ini melalui skema Hibah Unggulan Madya Universitas Sebelas Maret Tahun 2013. Tim peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada semua asisten penelitian yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Biagini, E., Tognotti, L., Mallogni, S., Pasini, S., 2002, *Co-Combustion of Coal and Tire Residue in A Pilot Plant : A Simplified Modeling Approach For Scale-Up Predictions of Char Oxidation*, Combust.Sci. and Tech, 174 (11&12) pp. 129-150
- Cai, J., Wang, Y., Zhou, L., Huang, Q., 2008, *Thermogravimetric Analysis and Kinetic of Coal/Plastic Blends during Co-Pyrolisis in Nitrogen Atmosphere*, Fuel Processing Technology 89, pp. 21-27
- Di Blasi, C. (2008), *Modeling Chemical and Physical Processes of Wood and Biomass Pyrolysis*, Progress in Energy and Combustion Science 34, pp. 47-99
- Li, Y., Lu, H., 2000, *High-pressure Densification of Wood Residues to Form an Upgraded Fuel*, Biomass and Bioenergy 19 (2000) pp. 177-186
- 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
- Naruse, Ichiro., Lu, Guoqing., Kim, Heejoon., Yuan, Jianwei., 1999, *Combustion Behavior and Emission Control In Biobriquette Combustion*, Proc.Int.Conf.on Mech.Eng., Tanzania, Africa
- Swithenbank, J., Sharifi, V.N., Ryu, C., 2005, *Waste Pyrolysis and Generation of Storable Fuel*, SUWIC Department of Chemical and Process Engineering, The University of Sheffield
- Werther, J., Saenger, M., Hartge, E-U., Ogada, T., Siagi, Z., 2000, *Combustion of Agricultural Residues*, Progress in Energy and Combustion Science 26, pp.1-27