



## Effect of pyrolysis temperature and number of molasses's adhesive toward quality of mud cake based bio briquette

Andy Chandra<sup>1</sup>, Melia Laniwati<sup>2</sup>, Melissa Yusuf<sup>1</sup>, Welianny Pratiwi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chemical Eng. Dept., FTI, Parahyangan Catholic University, 94<sup>th</sup> Ciumbuleuit Street, Bandung, 40141, Indonesia

<sup>2</sup>Chemical Eng. Dept., ITB, 10<sup>th</sup> Ganesha Street, Bandung, Indonesia

E-mail: andyc@unpar.ac.id

### Abstract

*Biomass waste utilization can be one solution to find another alternative fuels that can be renewable. Two kinds of biomass which were used in this research are mud cake (produce from rotary vacuum filter in sugar production process) which was used as the raw material and molasses which was used as an adhesive. First, the mud cake was dried and pyrolyzed became charcoal. Then, the charcoal mixed with water and molasses, formed into a cylindrical shape, and dried it up to be a combustible bio briquettes. The quality of bio briquette was dependent on kind of raw materials, quantity of adhesive, temperature of pyrolysis, and compaction pressure. The result: the lower pyrolysis temperature, the more yield of charcoal, but it followed by the shorter flaming time, the shorter combustion time, and lower calorific value. Besides, the more molasses use, the bio briquette become more compact and more flammable but it had shorter combustion time. Pyrolysis temperature influences the compressive strength, besides, amount of adhesive influences the flaming time and combustion time. Overall, the best bio briquette can be produced with conditions of pyrolysis temperature 600 °C and ratio between molasses and charcoal 0.3.*

**Keywords:** bio briquette, fuel, mud cake, molasses, pyrolysis.

### Pendahuluan

Bahan bakar merupakan kebutuhan penting untuk menunjang kehidupan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Secara langsung, manusia membutuhkan bahan bakar untuk keperluan rumah tangga atau transportasi. Secara tidak langsung, bahan bakar dapat digunakan untuk pembangkit listrik. Bahan bakar fosil terbentuk dalam waktu yang relatif lama, yakni hingga ratusan tahun. Ketersediaan bahan bakar fosil di alam sangat terbatas, namun peningkatan kebutuhan manusia dan industri akan bahan bakar semakin meningkat.

Biomassa dapat berasal dari sisa hasil panen pertanian dan perkebunan, langsung berasal dari makhluk hidup, atau dari limbah industri tertentu. Berdasarkan jenisnya, pengolahan biomassa sebagai bahan bakar dapat dibagi menjadi bahan bakar alternatif berwujud cair yaitu biofuel, bahan bakar alternatif berwujud gas yaitu biogas, dan bahan bakar alternatif berwujud padat yaitu biobriket. Salah satu limbah industri yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan biobriket adalah limbah industri gula berupa blotong dan tetes tebu. Blotong merupakan limbah padat berwarna hitam dan berbau menyengat yang diperoleh dari *rotary vacuum filter* pada pemurnian nira dalam proses pembuatan gula, sedangkan tetes tebu merupakan limbah dari proses kristalisasi gula. Perolehan blotong dari proses pembuatan gula tebu berkisar antara 2 – 4% dari berat tebu yang diolah. Pada tahun 2009, tebu yang diolah per tahun adalah sebesar 28,5 ribu ton, blotong yang dihasilkan berkisar antara 0,57 – 1,14 ton/ hari (Bappenas, 2011).

Briket adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran tertentu yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu sehingga bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya (Tekmira, 2011).

Pembuatan biobriket berbahan baku blotong dilakukan melalui beberapa tahap. Mula-mula blotong dikeringkan dan dipirolisis sehingga menjadi arang. Arang yang terbentuk dicampurkan dengan perekat tetes tebu, lalu dicetak dan dikeringkan agar menjadi lebih mudah dibakar.



**Tabel 1.** Kandungan dan komposisi komponen penyusun blotong (Maurice, 1969)

Komposisi	Kandungan (%)
<i>Crude Wax dan lemak (lipid)</i>	5 - 14
Serat	15 - 30
Gula	5 - 15
<i>Crude Protein</i>	5 - 15
Total Abu	9 - 20
SiO <sub>2</sub>	4 - 10
CaO	1 - 4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1 - 3
MgO	0,5 - 1,5



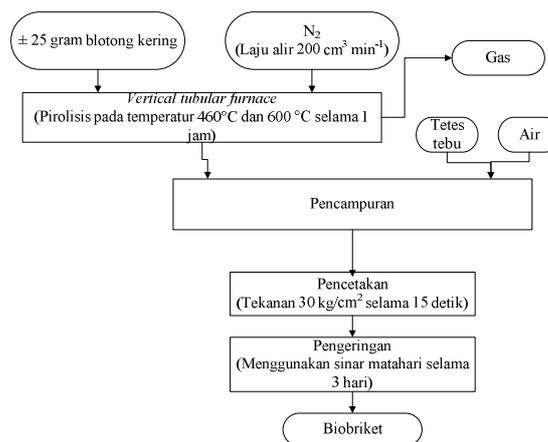
**Gambar 1.** Skema pembuatan biobriket (Christan, 2009)

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal yang tidak sempurna terhadap suatu biomassa yang mengandung C dan O<sub>2</sub> pada temperatur relatif tinggi dengan jumlah oksigen yang terbatas sehingga tidak terjadi pembakaran. Dekomposisi tersebut akan menghasilkan produk berupa CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, dan hidrokarbon ringan. Denbigh (2008) menyatakan bahwa ada beberapa parameter yang mempengaruhi perolehan produk hasil pirolisis, yakni: jenis biomassa, komposisi dan struktur kimia bahan, temperatur, dan ukuran partikel. Biomassa yang mengandung kadar karbon tinggi tentu akan menghasilkan produk dengan kadar karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa dengan kadar karbon yang rendah. Secara umum, pirolisis akan menghasilkan *yield* hanya 30 – 40%-berat dari umpan kering (Ferrero, 1989).

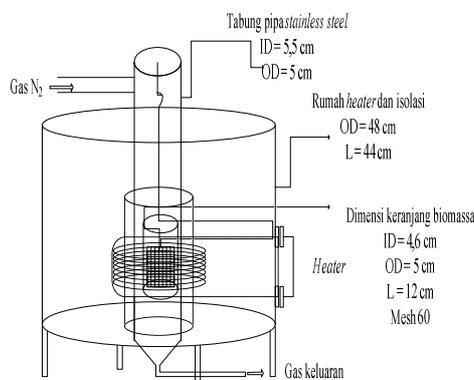
Biobriket berbahan baku blotong memiliki kelebihan karena berbahan baku limbah, mudah diperoleh, dan tersedia dalam jumlah banyak. Sebagai produk samping pembuatan gula, tetes tebu dapat digunakan sebagai bahan perekat dalam pembuatan biobriket. Pengolahan biomassa menjadi biobriket dapat meningkatkan nilai ekonomis biomassa yang digunakan dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang ditimbulkan karena penimbunan biomassa. Untuk itu perlu diteliti cara terbaik untuk membuat biobriket berbahan baku blotong, dengan mempelajari pengaruh temperatur pengarangan, serta pengaruh jumlah penambahan perekat tetes tebu terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan. Diharapkan biobriket yang dihasilkan dapat memiliki kualitas yang baik, seperti: memiliki waktu nyala yang cepat, memiliki waktu pembakaran yang lama, memiliki nilai kalor yang tinggi, serta tidak mudah pecah dalam penyimpanannya.

## Metodologi

Dalam penelitian ini, karakterisasi awal blotong dilakukan dengan *Thermogravimetric Analysis* (TGA), yang merupakan suatu teknik untuk mengetahui karakterisasi suatu sampel apabila sampel tersebut dipanaskan. Pemanasan menyebabkan terjadinya perubahan wujud atau struktur pada sampel yang ditunjukkan oleh adanya pengurangan massa. Analisis TGA menggunakan sampel blotong sebanyak 5,0144 mg yang diletakkan dalam *crucible*. *Crucible* tersebut ditempatkan dalam *chamber* pengujian, dialiri gas nitrogen dengan laju alir 50 mL/menit dan dipanaskan pada temperatur 400 °C – 700 °C dengan kenaikan temperatur 10 °C/menit.



Gambar 2. Diagram alir penelitian utama



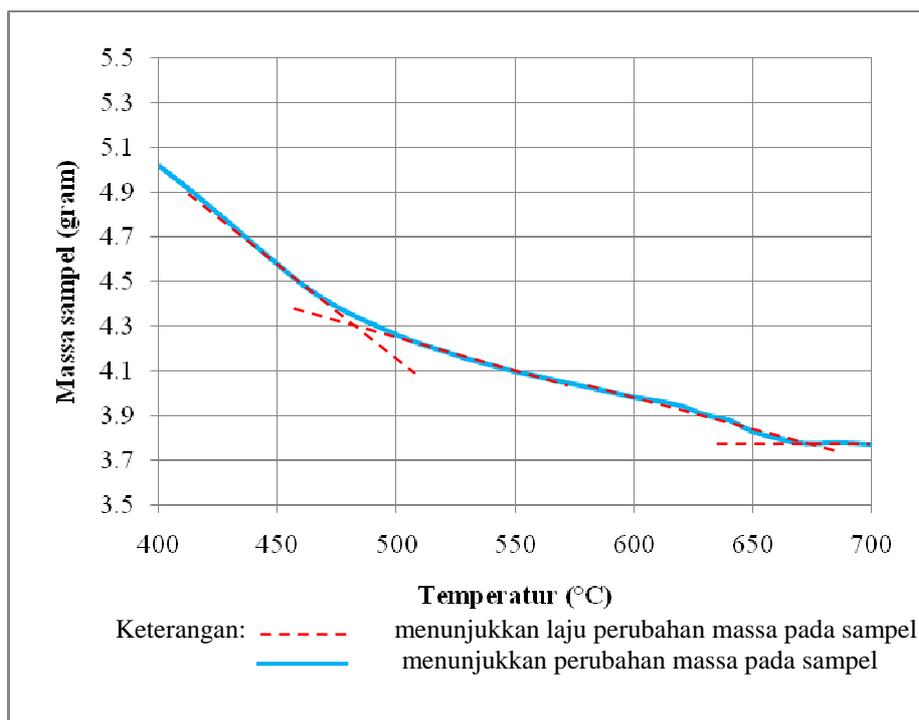
Gambar 3. Dimensi vertical tubular furnace reactor

## Hasil dan Pembahasan

Dari Gambar 5 terlihat bahwa massa sampel berkurang karena adanya penguapan zat-zat volatil dan penguraian senyawa organik dalam blotong. Penguapan suatu zat volatil atau penguraian senyawa organik yang sama berlangsung dengan laju perubahan massa yang sama, sehingga apabila digambarkan dalam diagram Cartesius seperti pada Gambar 5, peristiwa tersebut dapat diamati dengan kemiringan garis biru yang sama. Apabila peristiwa penguapan atau penguraian terjadi pada zat atau senyawa yang berbeda, laju perubahan massanya juga berbeda. Pada saat terjadi perbedaan laju perubahan massa, penguapan atau penguraian senyawa sudah mencapai temperatur penguapan atau penguraian yang optimum. Pada Gambar 5, temperatur optimum tersebut terjadi pada temperatur 460 °C, 600 °C, 650 °C, dan 670 °C.

Menurut Peters (1995), ada beberapa peristiwa yang terjadi selama analisis berlangsung. Pada temperatur 400 °C, lignin di dalam biomassa terurai menghasilkan tar dan senyawa volatil berupa gas CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan hidrogen. Jika biomassa dipanaskan pada temperatur 500 °C – 750 °C, sebanyak 95% selulosa terurai pada rentang temperatur tersebut. Pada temperatur 600 °C, penguapan zat volatil terjadi secara maksimum sehingga menghasilkan residu berupa arang yang dapat dibakar tanpa menghasilkan asap. Apabila pemanasan dilanjutkan hingga mencapai temperatur lebih dari 600 °C, karbon dalam biomassa akan lebih banyak membentuk CO dibandingkan arang. Oleh karena itu, hanya dua temperatur saja yang digunakan sebagai temperatur pirolisis pada temperatur 460 °C dan 600 °C.

Berdasarkan uji coba pembakaran, biobriket tidak dapat menyala apabila hanya disulut menggunakan api. Oleh karena itu, bahan penyalu perlu ditambahkan untuk mempermudah penyaluan biobriket. Ada dua jenis bahan penyalu yang diuji coba, yaitu spiritus dan minyak tanah. Pembakaran 5 mL spiritus menaikkan temperatur 200 gram air dari 30 °C menjadi 65 °C, sedangkan pembakaran 5 mL minyak tanah menaikkan temperatur air dari 30 °C menjadi 49 °C. Perbandingan nilai kalor dan karakteristik pembakaran antara spiritus dan minyak tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan perbandingan pada Tabel 2, bahan penyalu yang dipilih adalah spiritus karena spiritus memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan minyak tanah dan tidak menghasilkan asap apabila dibakar.



Gambar 4. Kurva hasil TGA blotong

Tabel 2. Perbandingan nilai kalor dan karakteristik pembakaran antara spiritus dan minyak tanah

Kondisi	Spiritus	Minyak tanah
Kalor pembakaran	7,8 kJ/mL	4,2 kJ/mL
Kehadiran asap	Tidak	Ya

Pirolisis dilakukan dengan memanaskan blotong yang divariasikan pada dua temperatur, yaitu 460 °C dan 600 °C. Mula-mula air di dalam blotong menguap pada temperatur 100 °C – 150 °C. Selanjutnya, hemiselulosa dan selulosa dalam blotong terurai membentuk karbon, asam asetat dan metanol pada temperatur 150 °C – 240 °C. Pada temperatur 240 °C – 400 °C, ikatan C-C pada blotong putus sehingga karbon dan oksigen dapat saling berikatan atau berikatan dengan unsur lain yang terdapat dalam blotong (Wibowo, 2002). Selama pirolisis berlangsung, gas nitrogen dialirkan ke dalam *furnace*. Gas nitrogen dipilih sebagai *carrier* karena bersifat inert, sehingga dapat mencegah terjadinya oksidasi karbon oleh oksigen yang berasal dari udara.

Secara kuantitatif, perolehan arang pada temperatur pirolisis 460 °C sebesar 41,40% ± 0,89, sedangkan perolehan arang pada temperatur pirolisis 600 °C berkisar antara 38,21% ± 0,82. Dari perolehan tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis, semakin banyak pula senyawa yang dilepaskan dari blotong. Hal ini terjadi karena pada temperatur 400 °C, senyawa volatil baru mulai dilepaskan dari biomassa sehingga residu arang yang tersisa dari pirolisis pada temperatur 460 °C masih mengandung senyawa volatil, sedangkan pada temperatur pirolisis 600 °C, penguapan senyawa volatil sudah terjadi secara maksimum, sehingga residu yang tersisa hanya berupa arang. Cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis ini adalah tar yang menyerupai minyak berwarna hitam dan berbau tidak sedap yang turun ke bagian bawah alat *vertical tubular furnace*. Sementara itu, gas-gas dan uap air yang terlibat dalam proses ini langsung dikeluarkan melalui saluran keluar gas selama pirolisis berlangsung.

Berdasarkan Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa untuk pencetakan arang hasil pirolisis dengan rasio perekat 0,1, jumlah air yang ditambahkan adalah sebanyak 0,6 kali massa arang, sedangkan untuk pencetakan arang hasil pirolisis dengan rasio perekat 0,3, jumlah air yang ditambahkan adalah sebanyak 0,4 kali massa arang.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa, untuk rasio tetes tebu 0,1, kekuatan tekan biobriket hasil pirolisis pada temperatur 460 °C memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan biobriket hasil pirolisis pada temperatur 600 °C. Hal ini terjadi karena pada temperatur pirolisis 460 °C, arang yang terbentuk memiliki lebih banyak serabut-serabut kasar dibandingkan pada temperatur pirolisis 600 °C, sehingga biobriket hasil pirolisis pada temperatur 460 °C memiliki struktur yang lebih kompak untuk jumlah perekat yang sama. Biobriket dengan rasio tetes tebu 0,3 memiliki kekuatan tekan yang tidak berbeda secara signifikan, sehingga secara keseluruhan tidak ada kesimpulan yang dapat diambil dari pengaruh temperatur pirolisis terhadap kekuatan tekan biobriket. Jika

dibandingkan pada temperatur pirolisis yang sama, terlihat bahwa biobriket dengan rasio tetes tebu 0,1 memiliki kekuatan tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan biobriket dengan rasio tetes tebu 0,3. Hal ini terjadi karena semakin banyak perekat, maka serbuk-serbuk arang dapat terikat lebih baik, sehingga biobriket akan semakin kompak dan memiliki kekuatan tekan yang lebih besar.

**Tabel 3.** Hasil uji coba pencetakan

Rasio komposisi adonan			Kondisi fisik biobriket yang dihasilkan
Arang	Tetes tebu	Air	
1	0,1	0,4	Adanya retakan pada dinding biobriket.
		0,5	Adanya serpihan adonan yang tidak ikut tercetak saat biobriket dikeluarkan dari cetakan.
		0,6	Biobriket dapat dicetak dengan jumlah serpihan yang lebih sedikit.
		0,7	Biobriket dapat dicetak tetapi ada sebagian air yang keluar dari adonan saat diberi tekanan pencetakan.
	0,3	0,2	Adanya retakan halus pada dinding biobriket.
		0,3	Adanya serpihan adonan yang tidak ikut tercetak saat biobriket dikeluarkan dari cetakan.
		0,4	Biobriket dapat dicetak tanpa adanya serpihan.
		0,5	Biobriket dapat dicetak tetapi ada sebagian air yang keluar dari adonan saat diberi tekanan pencetakan.

**Tabel 4.** Hasil kekuatan tekan biobriket

Run	Temperatur pirolisis (°C)	Rasio arang : tetes tebu : air	Kekuatan tekan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	460	1 : 0,1 : 0,6	11,69
2	460	1 : 0,3 : 0,4	16,71
3	600	1 : 0,1 : 0,6	9,19
4	600	1 : 0,3 : 0,4	16,7

**Tabel 5.** Waktu nyala dan waktu pembakaran biobriket

Run	Temperatur pirolisis (°C)	Rasio arang : tetes tebu : air	Waktu nyala (detik)	Waktu pembakaran (detik)
1	460	1 : 0,1 : 0,6	57	3666
2	460	1 : 0,3 : 0,4	59	3661
3	600	1 : 0,1 : 0,6	66	3861
4	600	1 : 0,3 : 0,4	77	3722

Berdasarkan Tabel 5, di atas dapat dilihat bahwa, untuk jumlah perekat yang sama, biobriket hasil pirolisis pada temperatur 460 °C memiliki waktu nyala dan waktu pembakaran yang lebih cepat dibandingkan dengan biobriket hasil pirolisis pada temperatur 600 °C. Hal ini disebabkan biobriket yang dihasilkan dari temperatur pirolisis 460 °C masih mengandung senyawa volatil sehingga biobriket lebih mudah menyala. Apabila ditinjau berdasarkan temperatur pirolisis, biobriket dengan rasio tetes tebu 0,1 memiliki waktu pembakaran yang lebih lama dibandingkan dengan biobriket dengan rasio tetes tebu 0,3. Hal ini disebabkan adanya kandungan abu dalam tetes tebu sebesar 0,8%. Pembakaran arang akan menyisakan abu yang tidak dapat dibakar lebih lanjut. Semakin banyak jumlah perekat yang digunakan, semakin banyak abu yang terdapat dalam biobriket setelah dicetak. Adanya kandungan abu mengakibatkan pembakaran menjadi kurang efisien sehingga waktu pembakaran yang berlangsung akan lebih singkat (Syamsudin, 2007).

Bila dilihat berdasarkan jumlah perekat, biobriket hasil pirolisis pada temperatur 460 °C memiliki waktu pembakaran yang lebih singkat dibandingkan biobriket hasil pirolisis pada temperatur 600 °C. Hal ini disebabkan biobriket hasil pirolisis pada temperatur 460 °C masih mengandung senyawa volatil sehingga kandungan karbon dalam setiap gram arang yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dalam setiap gram arang yang dihasilkan dari pirolisis pada temperatur 600 °C.

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa, nilai kalor terbesar dimiliki oleh biobriket hasil pirolisis pada temperatur 600 °C dengan rasio tetes tebu 0,3. Hal ini terjadi karena pada temperatur pirolisis 600 °C, residu arang yang dihasilkan lebih banyak mengandung karbon dibandingkan dengan residu arang bertemperatur pirolisis 460 °C sehingga nilai kalor ikut meningkat apabila kandungan karbonnya semakin banyak. Selain itu, nilai kalor biobriket juga dipengaruhi oleh kalor dari tetes tebu sebesar 2100 J/kg°C.



**Tabel 6.** Nilai kalor biobriket

Run	Temperatur pirolisis (°C)	Rasio arang : tetes tebu : air	Nilai kalor (kJ/g)
1	460	1 : 0,1 : 0,6	43,8
2	460	1 : 0,3 : 0,4	36,8
3	600	1 : 0,1 : 0,6	42,3
4	600	1 : 0,3 : 0,4	49,9

## Kesimpulan

Blotong dan tetes tebu dapat digunakan menjadi sumber bahan bakar alternatif padat melalui pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan dapat dilakukan dengan cara yang relatif sederhana sehingga pembuatan biobriket dapat dilakukan oleh industri kecil dan menengah maupun oleh pabrik gula itu sendiri, serta produk yang dihasilkan juga dapat digunakan oleh industri lain. Ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini:

1. Semakin rendah temperatur pirolisis, semakin banyak jumlah arang yang diperoleh, semakin singkat waktu penyalaan dan waktu pembakaran biobriket, dan semakin rendah nilai kalor yang dihasilkan dari pembakaran biobriket. Temperatur pirolisis juga mempengaruhi kuat tekan dari biobriket yang dihasilkan.
2. Semakin banyak tetes tebu yang digunakan, semakin besar kekuatan tekan biobriket (biobriket semakin kompak), semakin lama waktu penyalaannya, dan semakin singkat waktu pembakaran biobriket. Penambahan jumlah perekat berpengaruh nyata terhadap waktu penyalaan dan waktu pembakaran.

Secara keseluruhan, dari variasi temperatur pirolisis dan rasio tetes tebu yang yang ditambahkan, biobriket paling baik diperoleh pada pirolisis blotong pada temperatur 600 °C dengan rasio tetes tebu : arang 0,3. Pada kondisi tersebut, biobriket mampu menghasilkan kalor yang paling besar dan membentuk struktur yang kompak.

## Daftar Pustaka

- Bappenas, 2011, Perkembangan Produksi Gula di Indonesia. Jakarta.
- Christan, M. dan Willy, 2009, Pengaruh Variabel Proses (Metode dan Tekanan) Pembuatan Biobriket Berbahan Baku Blotong terhadap Kalor, Waktu Nyala, dan Waktu Pembakaran, *Skripsi*, UNPAR, Bandung.
- Clark, J. and Denbigh, F., 2008, *Introduction to Chemicals from Biomass*, John Wiley and Sons, USA.
- Ferrero, G.L., 1989, *Pyrolysis and Gasification*, Elsevier Science Publishers Ltd., USA.
- Maurice, P. J., 1969, *By-products of The Cane Sugar Industry: An Introduction to Their Industrial Utilization*. 2<sup>nd</sup> ed., New York: Elsevier Scientific, pp. 151-154.
- Peters, J.H., Barry, M., Fraser, N., and Collin, E.S., 1995, *The Copyrolysis of Poly (Vinyl Chloride) with Cellulose Derived Materials as A Models for Municipal Solid Waste Derived Chars*. McGraw-Hill, New York.
- Syamsudin, S. P., dan Ike R., 2007, Pemanfaatan Campuran Limbah Padat dengan Lindi Hitam dari Industri Pulp dan Kertas sebagai Bahan Biobriket, *Berita Selulosa*, Vol. 42, 67-74.
- Tekmira, 2011, Briket, Bandung.
- Wibowo, S., 2002, *Karakteristik Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung (Calophyllum inophyllum Linn) dan Aplikasinya sebagai Adsorben Minyak Nyamplung*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.





**Lembar Tanya Jawab**  
**Moderator : Supranto (Universitas Gadjah Mada)**  
**Notulen : Mitha Puspitasari (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Hargono (Universitas Diponegoro, Semarang)  
Pertanyaan : Kalau di *scale up* untuk UMKM, bagaimana penerapannya?  
Jawaban : Secara ekonomis, pirolisis dilakukan secara tradisional, sedangkan untuk UMKM dapat digunakan alat sederhana dari drum bekas dengan menggunakan molases bekas. Besaran faktor ekonomi belum diperhitungkan karena ada faktor teknis lain yang berpengaruh.
2. Penanya : Suhartono (Universitas Jenderal Achmad Yani)  
Pertanyaan : Bagaimana mengatasi kesulitan penyalaan awal briketnya?  
Jawaban : Biobriket yang dihasilkan, setelah proses sintering dicelupkan ke dalam spirtus, kemudian dikering angin.
3. Penanya : Supranto (Universitas Gadjah Mada)  
Saran : Bagaimana jika hasil range temperatur dapat dimanfaatkan untuk proses gasifikasi maupun pengarangan

