

## Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Energi Alternatif *Binderless Biobriquette*

Subardi <sup>1)</sup>, Sunoro Wongso Atmojo<sup>2)</sup>, Dwi Aries Himawanto<sup>\*3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Lingkungan UNS <sup>2)</sup> Staf Pengajar Fakultas Pertanian UNS, <sup>3)</sup> Staf Pengajar Fakultas Teknik UNS Universitas Sebelas Maret, Jalan Sutami 36A  
Kentingan Surakarta 57126

Email korespondensi: [dwiarieshimawanto@gmail.com](mailto:dwiarieshimawanto@gmail.com)

### Abstrak

Diversifikasi energy menuntut pencarian sumber-sumber dari bahan terbarukan. Penelitian bertujuan menganalisis karakteristik termal dan pembakaran sampel biobriket tanpa perekat tambahan (*binderless biobriquette*) tipe *screw* dari bahan limbah pertanian potensial meliputi :padi, jerami padi, tongkol jagung, kulit singkong dan serbuk gergaji sengon. Uji coba pembriketan menggunakan mesin tipe *heated die screw extruder* pada putaran 30 rpm dan penggerak berdaya 3 PK. Karbonisasi dilakukan terhadap 7 varian sampel biobriket terseleksi, dengan metode pirolisis di bawah nitrogen. Pengujian meliputi uji *proximate*, nilai kalor dan uji pembakaran sampel biobriket terseleksi baik yang sebelum maupun sesudah dikarbonisasi. Uji pembakaran menggunakan metode macro-TGA dengan laju kenaikan temperatur 10 °C dalam lingkungan udara dan berat sampel 15 gram. Data diperoleh berupa penurunan massa dan perubahan temperatur yang tercatat otomatis pada software RS-Key, Ms Excel dan Adam NET Utility untuk dianalisis grafis kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan karakteristik *proximate* dan nilai kalor sampel biobriket setelah dilakukan karbonisasi. Rerata laju reaksi terbesar pada sampel biobriket tongkol jagung non-karbonisasi dan campuran kulit singkong-grajen sengon karbonisasi masing-masing  $5,69 \times 10^{-3} \text{g/s}$  dan  $4,01 \times 10^{-3} \text{g/s}$ . Energi aktivasi terkecil diperoleh dari pembakaran biobriket tongkol jagung non-karbonisasi sebesar 19,93 kJ/mol dan campuran tongkol jagung-grajen sengon sebesar 10,77 kJ/mol. Proses dekomposisi lignoselulosa biobriket terkarbonisasi terjadi pada suhu yang lebih tinggi serta durasi pembakaran karbon terikat lebih lama dibanding biobriket non-karbonisasi.

**Kata Kunci:** biobriket tipe screw, limbah pertanian potensial, karakteristik termal

### PENDAHULUAN

Pandangan terhadap penyediaan energy perlu diubah arah, yang semula memburu energi (*energy-hunting*) dari energi fosil berubah ke upaya membudidayakan energi (*energy-farming*) dengan energi nabati (Wongsoatmojo, 2006). Sektor pertanian merupakan salah satu tulang punggung potensial penyediaan pasokan biomassa untuk energi alternatif ketika ketersediaan energi berbasis fosil berada di ambang kritis dan kebutuhan masyarakat terhadap energi semakin besar. Potensi biomassa untuk energi alternatif di sektor pertanian adalah jenis biomassa yang berasal dari limbah pertanian seperti limbah padi, jagung dan ubi kayu (singkong), dan beberapa jenis tanaman yang tidak digunakan untuk penyediaan pangan (Hermawati, 2014). Melalui teknologi konversi energi, limbah dapat menghasilkan bahan bakar padat (*char*), cair (*tar*), gas bahkan listrik.

Beberapa nilai lebih biomassa sebagai energi alternatif karena memiliki beberapa karakteristik antara lain (Mac Queen et al., 2011):terbarukan dan dapat berkelanjutan;dapat disimpan, diganti dan dipindahkan/diangkut; jumlahnya relatif melimpah; dan bersifat netral karbon sehingga relatif lebih ramah lingkungan.Pembriketan adalah proses konversi limbah pertanian menjadi briket dengan bentuk dan ukuran yang relatif seragam sehingga mudah digunakan, ditransportasikan dan disimpan. Proses pembriketan biomassa akan meningkatkan karakteristik penanganan, meningkatkan nilai kalor secara volumetrik, mengurangi biaya transportasi dan memungkinkan untuk berbagai penggunaan.

Proses penting dalam produksi briket adalah pirolisis ekstrim berupa karbonisasi. Beberapa

keuntungan proses pirolisis antara lain memiliki rasio konversi yang tinggi, produk-produknya memiliki kandungan energi yang tinggi, produk-produk yang dihasilkan dapat ditingkatkan menjadi bahan dasar keperluan lain serta pengontrolan proses yang lebih mudah bila dibandingkan dengan proses insenerasi (Himawanto dkk., 2011). Arang briket dipandang sebagai bahan bakar yang relatif maju karena sifat pembakaran yang bersih dan secara nyata dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama tanpa degradasi (Raju et al., 2014). Penelitian dimaksudkan untuk menganalisis upaya optimalisasi pemanfaatan biomassa limbah pertanian lokal yang tersedia melimpah sebagai bahan bakar alternatif biobriket. Pada tahap awal ini, terbatas pada pembuatan sampel uji, pengujian proksimasi, nilai kalor dan karakteristik dekomposisi termal pembakaran sampel biobriket terseleksi untuk diperoleh gambaran peluang pengembangan selanjutnya dari berbagai aspek terkait.

## METODE

### a. Lokasi dan waktu

Sampel bahan diperoleh dari sentra produksi pertanian yang ada di sekitar Karesidenan Surakarta. Jerami padi dan sekam padi diambil dari kelompok tani KNOC Ngawi, tongkol jagung dari kelompok tani di Toroh Grobogan, Kulit Singkong dan Grajen Sengon dari Girimarto Wonogiri. Pengambilan sampel pada bulan September-Oktober. Produksi sampel biobriket di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin UNS. Uji pembakaran di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin UNS. Pengujian proximate dan nilai kalor dengan mengacu pada standard ASTM D1762-84 di Laboratorium Kimia Biokimia PSPG PAU UGM. Rangkaian proses di Laboratorium berlangsung antara bulan Desember s/d April 2016.

### b. Metode penelitian

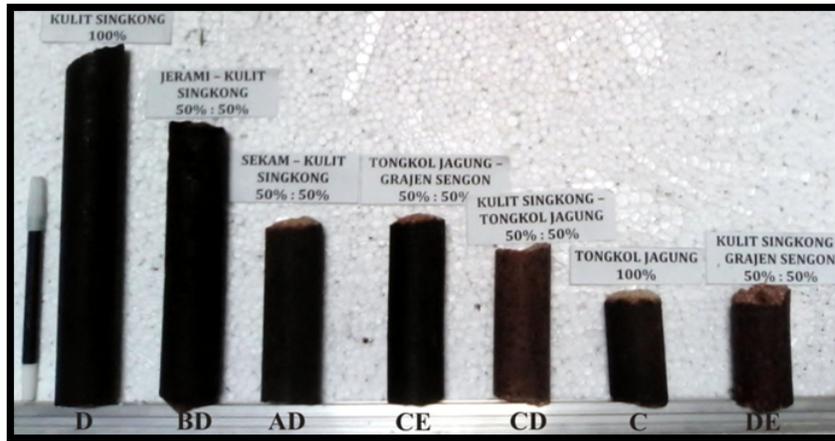
Menggunakan metode observasi lapang dan penelitian laboratorium.

### c. Metode analisis data

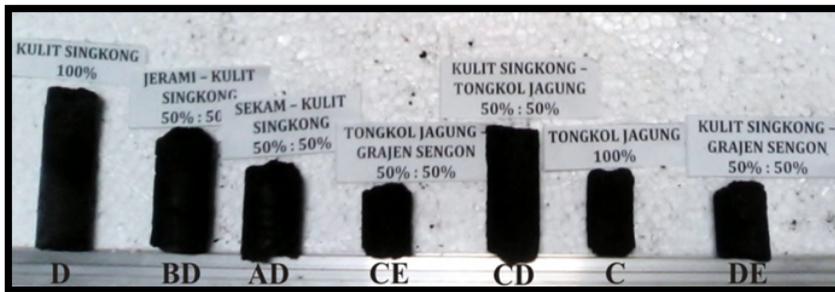
Secara umum menggunakan analisis kuantitatif. Bahan mentah dilakukan pengeringan sampai kadar air diperkirakan sekitar 10-15%, kemudian dilakukan pencacahan dengan mesin *disc-mill* (kecuali grajen sengon) hingga diperoleh ukuran setara 20 mesh. Pembriketan dilakukan dengan menggunakan mesin tipe *heated die screw extruder* berdaya 3 PK. Karbonisasi terhadap biobriket terseleksi dilakukan dengan menggunakan metode fixed bed pirolisis dengan kondisi inert dibawah nitrogen ( $N_2$ ) pada suhu 400 °C dan heating rate 10 °C. Ujipembakarandilakukandengan macro-TGA atau macro thermobalance dengan heating rate 10°C. Hasil penurunan massa yang terekam pada timbangan dibaca melalui laptop yang dilengkapi software RS-key. Sementara akuisisi data kenaikan suhu yang terhubung melalui termokopel type-K direkam dalam pencatatan digital thermoreader ADAM utility. Hasil penurunan massa dan kenaikan suhu tersebut selanjutnya diolah secara grafis untuk menentukan laju pengurangan massa, karakteristik devolatilisasi serta menghitung nilai aktivasinya menggunakan persamaan Arrhenius.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Seleksi terhadap 15 varians bahan tunggal maupun campuran (komposisi 50%:50%) yang dihasilkan dari mesin *heated die screw extruder* diperoleh 7 macam biobriket limbah pertanian yang akan dianalisis lebih lanjut.



Gambar 1. Biobriket terseleksi non karbonisasi



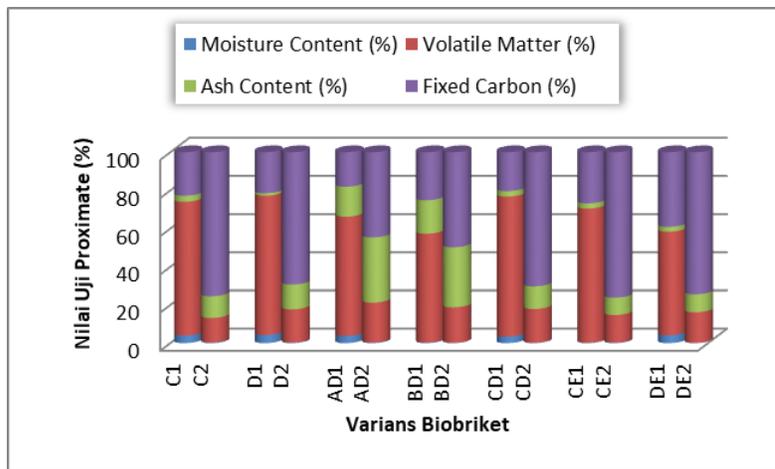
Gambar 1. Biobriket terseleksi non karbonisasi

Tampak bahwa panjang biobriket yang bisa dihasilkan dalam bentuk tercetak tidak sama antara satu dengan yang lain. Hal tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi dan komposisi bahan yang memiliki karakter masing-masing. Kulit singkong mampu dibriket dengan mesin screw dan menghasilkan briket terpanjang. Kondisi alat dan setting suhu *die* juga mempengaruhi hasil pembriketan. Pada penelitian ini perlakuan terhadap semua jenis bahan ditentukan sama, yaitu pada set suhu die 350 °C dan putaran *speed reducer* 30 rpm.

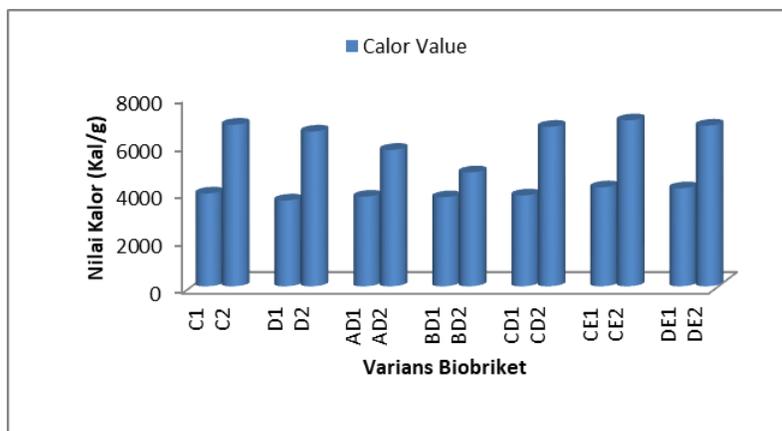
Tabel 1. Uji Proksimat dan Nilai Kalor Bahan Mentah Tunggal Limbah Pertanian

No	Biomassa	Air %	Abu %	Volatile Matter %	Karbon Terikat %	Nilai Kalor kal.g <sup>-1</sup>
1.	Sekam	19,34	9,11	51,90	19,67	3.273,95
2.	Jerami	18,18	11,18	50,89	19,77	3.995,26
3.	Tongkol Jagung	3,97	13,58	61,18	21,29	3.565,95
4.	Kulit Singkong	5,82	54,06	30,19	9,93	1.900,82
5.	Grajen Sengon	1,28	10,38	63,72	24,62	4.866,62

Sumber : data diolah, 2016



Gambar 2. Karakteristik proksimat dari biobriket terseleksi



Gambar 3. Perbandingan Nilai kalor sebelum (1) dan sesudah karbonisasi (2)

**Pengaruh Kadar Air (Moisture Content, wt.%, wb)**

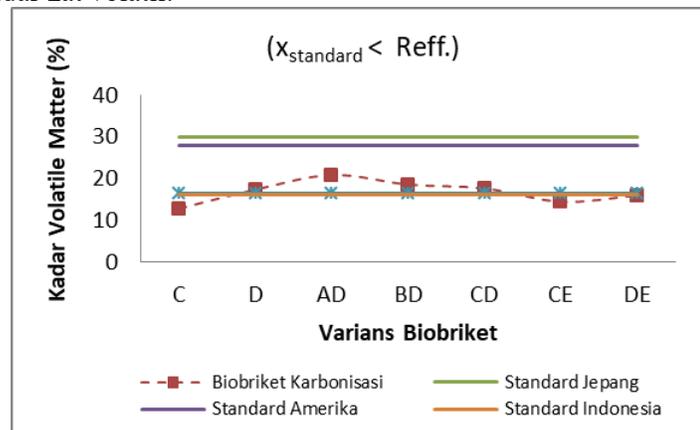
Kadar air biomassa adalah jumlah air yang terkandung dalam bahan dan dinyatakan sebagai persentase dari berat material. Berat ini dapat dinyatakan dalam kondisi basah (*wet basis, wt*) maupun kondisi kering bebas abu (*dry basis, db*). Jika kadar air ditentukan atas dasar 'basah', berat air dinyatakan sebagai persentase dari jumlah berat air, abu, dan bahan kering bebas abu. Demikian pula, ketika menghitung kadar air secara 'kering' (meskipun tampak berbeda), berat air dinyatakan sebagai persentase dari berat abu dan bahan kering bebas abu. Sehingga, kadar air dapat dinyatakan sebagai persentase dari kandungan bahan kering dan bebas abu. Dalam hal ini, berat air berhubungan dengan berat biomassa kering. Karena kadar air mempengaruhi nilai kualitas suatu biomassa sebagai bahan bakar, dasar pengukuran kadar air harus selalu disebutkan. Diketahui bahwa kadar kelembaban yang tinggi dari bahan biomassa dapat mencegah terjadinya proses konversi termo-kimia termasuk pembakaran, sebagaimana halnya kadar air yang mempengaruhi nilai kalor bersih. Selain itu juga akan mempengaruhi efisiensi pembakaran dan temperatur pembakaran. Peningkatan material kadar air dari bahan biomassa menyebabkan penurunan kepadatan briket meskipun diproduksi pada tekanan tinggi sekalipun. Hasil penelitian Affan (2009) menunjukkan bahwa densitas produk bahan bakar pelet selada berduri (sejenis briket tetapi

berukuran kecil) maksimum adalah 1238,1 kg / m<sup>3</sup> yang diamati pada kelembaban 5 %. Sementara pada kondisi kadar air 20 % , kepadatan menurun menjadi 926,5 kg / m<sup>3</sup>. Dari hasil penelitian ini, kadar air untuk jenis biobriket non-karbonisasi secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air briket karbonisasi. Hal ini dikarenakan proses karbonisasi telah melalui tahap pengeringan lanjut yang mampu mengurangi kadar air biobriket. Namun, ada hal menarik pada jenis biobriket campuran tongkol jagung dan grajen sengon (Kode:CE), dimana kadar air biobriket yang terkarbonisasi justru sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan biobriket non-karbonisasi. Hal ini dimungkinkan karena sifat dari briket karbonisasi sangat mudah menyerap air dari udara terbuka akibat penyimpanan pada suhu ruangan rendah atau tanpa perlakuan penyimpanan yang baik. Pada proyeksi skala komersial, berdasarkan standard briket arang yang ditetapkan oleh beberapa negara, indikator kadar air untuk biobriket terkarbonisasi dari limbah pertanian terseleksi berada dibawah standard, yang artinya lolos persyaratan.

### Pengaruh Zat Terbang (*Volatile matter, wt.%, db*)

*Volatile matter* mengacu pada bagian dari biomassa yang dilepaskan ketika biomassa dipanaskan (hingga 400 sampai 500 ° C). Selama proses pemanasan ini biomassa terurai menjadi gas yang mudah menguap dan arang padat. Biomassa biasanya memiliki kandungan zat terbang tinggi (bisa mencapai 80 persen), sedangkan batubara memiliki kandungan rendah volatil (kurang dari 20 persen) atau, dalam kasus batubara antrasit bahkan diabaikan. *Volatile matter* tertinggi pada biobriket non-karbonisasi terdapat pada komposit tongkol jagung dan kulit singkong (kode:CD) sebesar 73,35%, disusul biobriket kulit singkong (kode:D) sebesar 72,89%, komposit tongkol jagung-grajen sengon (kode:CE) sebesar 70,31% serta biobriket tongkol jagung (kode: C) sebesar 70,09%.

Sementara untuk biobriket karbonisasi nilai kadar zat terbang (*volatile matter*) berada pada rentang 12,83% sampai dengan 20,88%. Hal tersebut membuktikan bahwa teknologi pirolisis mampu mengurangi kadar zat volatil.



Gambar 4. Standard Volatile matter briket arang

Proporsi yang lebih tinggi dari volatil hasil bagian utama dari bahan bakar biomassa yang diupayakan sebelum reaksi pembakaran gas-fase homogen berlangsung. Arang yang tersisa mengalami reaksi pembakaran heterogen. Oksidasi Char berlangsung jauh lebih lama dari oksidasi gas mudah terbakar selama proses pembakaran. Jumlah materi yang mudah menguap tersebut sangat mempengaruhi dekomposisi dan pembakaran perilaku termal dari bahan bakar padat. Bahan bakar dengan volatil yang lebih rendah, atau sebaliknya nilai karbon tetap sangat tinggi, seperti batu

bara, harus dibakar di perapian karena mereka membutuhkan waktu lama untuk terbakar jika mereka tidak dicecilkan ukurannya. Sebuah studi laboratorium perilaku abu aktual dari rumput switch menunjukkan bahwa unsur-unsur seperti K, S, B, Na, dan Cu akan dilepaskan dari abu pada suhu tinggi [Misra, et al., 1993]. Sementara unsur-unsur seperti Ca, Mg, P, Mn, Al, Fe dan Si akan tetap bertahan pada suhu yang tinggi sekalipun (Steenari et al., 1999).

#### **Pengaruh Kadar Abu (Ash Content, wt.%, db)**

Komponen anorganik dapat dinyatakan sama dengan kadar air pada kondisi basah dan kondisi kering bebas abu. Namun, secara umum kadar abu dinyatakan secara kering. Abu adalah materi anorganik yang ditinggalkan setelah pembakaran sempurna suatu biomassa. Umumnya mengandung Kalsium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg) dan unsur Fosfor (P) yang mempengaruhi peleburan abu. Kadar abu terendah diperoleh dari biobriket non-karbonisasi kulit singkong (kode:D) sebesar 1,37%. Sementara untuk varians biobriket karbonisasi, kadar abu terendah adalah campuran tongkol jagung-grajen sengan dan kulit-singkong-grajen sengan yang berada pada kisaran 9%. Salah satu masalah spesifik yang dihadapi selama proses termal biomassa adalah adanya endapan (deposisi) dan penggumpalan (aglomerasi) yang disebabkan oleh pencairan mineral abu. Baxter (1993) menyatakan bahwa perilaku abu dari limbah pertanian selama konversi termokimia adalah salah satu hal yang paling penting untuk dipelajari. Bahan-bahan mineral yang terdapat pada bahan baku, ketika berada pada suhu tinggi dan kondisi tertentu, dapat menggumpal dan mengendap dalam peralatan yang cenderung membentuk kerak, dan mengotori dasar gumpalan. Kandungan anorganik, seperti kation organik terikat, garam anorganik dan mineral akan menyusun abu dibawah atau diatas permukaan biomassa. Abu biasanya terbentuk dari CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, MgO, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub> dan Cl. Kadar abu limbah pertanian mempengaruhi perilaku *slagging* bersama-sama dengan operasi suhu dan komposisi mineral abu.

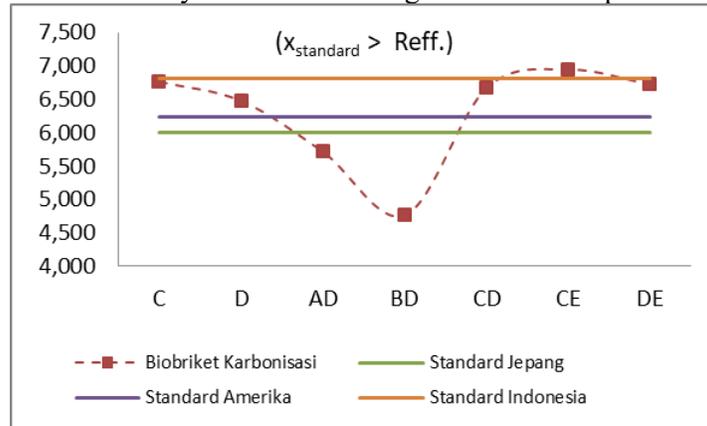
#### **Karbon terikat (Fixed carbon, wt.%, db)**

Fiksasi karbon adalah konversi dari karbon anorganik (karbon dioksida) menjadi senyawa organik oleh organisme hidup. Pada dasarnya, karbon terikat bahan bakar adalah persentase karbon yang tersedia untuk pembakaran arang (char). Jumlahnya tidak sama dengan jumlah karbon dalam bahan bakar (ultimate karbon) karena juga bisa berupa hidrokarbon yang dikeluarkan dalam bentuk volatil. Karbon tetap mengindikasikan proporsi dari arang (char) yang tersisa setelah fase devolatilisasi. Karbon tetap ditentukan sebagai selisih = 100 - (kadar volatilisasi + kadar abu + kadar air). Karbon tetap dari biobriket terseleksi tertinggi dihasilkan dari komposisi AD terkarbonisasi sebesar 34,17%, disusul BD sebesar 31,48%. Namun jika dicermati, nilai karbon tetap untuk biobriket non karbonisasi campuran jerami-kulit singkong (kode: BD) justru sedikit lebih tinggi daripada biobriket campuran sekam-kulit singkong (kode: AD). Hal ini disebabkan oleh kandungan volatil dari jerami yang tinggi sehingga ketika proses karbonisasi menyisakan fraksi karbon tetap yang lebih sedikit. Semakin tinggi kandungan karbon tetap, semakin baik arang yang dihasilkan karena energi kalor yang dimilikinya biasanya juga tinggi (FAO, 1995). Sementara, kandungan karbon tetap yang rendah akan cenderung memperpanjang waktu memasak akibat proses pelepasan panas rendah (efek panggangan-oven) [Onchieku et al., 2012]. Hal tersebut akan mengurangi energi kalor dari biobriket dengan menyebabkan apa yang disebut efek hemat bahan bakar (Raju et al., 2014).

#### **Nilai Kalor (calorific value, kal.g-1)**

Secara keseluruhan, nilai kalor biobriket terkarbonisasi mengalami kenaikan nilai dibandingkan biobriket yang non karbonisasi. Hal tersebut menunjukkan bahawa teknologi pirolisis khususnya karbonisasi sangat menjanjikan untuk memperbaiki sifat termal dari suatu bahan bakar padat sejenis biobriket. Sebanyak 5 (lima) dari 7 (tujuh) varians yang diteliti menghasilkan nilai kalor diatas angka 6000 k.kal/kg. Nilai tersebut cukup baik untuk suatu bahan bakar padat dan

melampaui standard nilai kalor arang atau briket yang bisa masuk pasaran internasional khususnya untuk standard Amerika dan Jepang sebagaimana terlihat pada gambar . Sementara untuk jenis biobriket non-karbonisasi seluruhnya dibawah ambang batas standard pasar internasional.



**Gambar 5.** Standard nilai kalor briket arang pasar internasional

**Uji Pembakaran Makro-TGA**

Hasil pengujian pembakaran biobriket limbah pertanian terseleksi (14 varians) dengan udara, diketahui bahwa massa biobriket berubah terhadap waktu. Setelah dilakukan tabulasi dan analisa grafik dapat ditentukan beberapa karakteristik yang relevan.

**Tabel 1.** Perbandingan Nilai Laju Reaksi Rata-Rata Masing-Masing Varians Biobriket

Varians	Biobriket Non-Karbonisasi		Biobriket Karbonisasi	
	Perhitungan Rumus ( $\times 10^{-3}$ g/s)	Regresi linier massa vs t ( $\times 10^{-3}$ g/s)	Perhitungan Rumus ( $\times 10^{-3}$ g/s)	Regresi linier massa vs t ( $\times 10^{-3}$ g/s)
C	5,69	7,10	2,83	3,70
D	3,62	4,70	2,62	3,40
AD	4,87	5,60	1,92	2,50
BD	3,29	4,50	2,16	2,80
CD	4,45	5,80	2,74	3,60
CE	3,75	5,20	3,55	4,70
DE	4,04	5,50	4,01	4,80

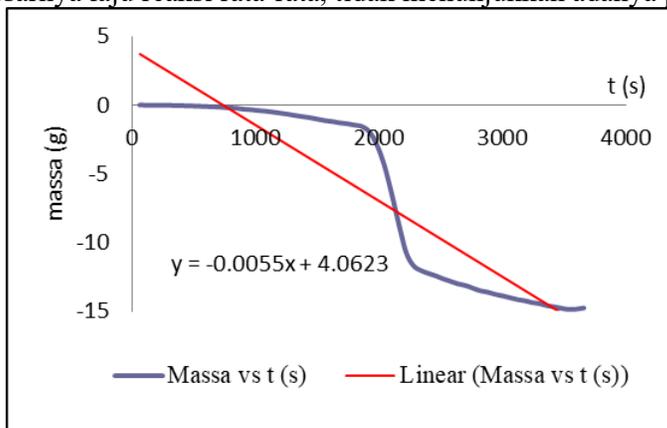
Sumber : Data diolah, 2016

Laju reaksi rata-rata dihitung dari laju penurunan massa rata-rata dengan pendekatan massa akhir dikurangi massa awal dibagi waktu yang dibutuhkan. Laju reaksi rata-rata terbesar diperleh dari pembakaran biobriket tongkol jagung (100%, kode: C) non karbonisasi sebesar  $5,69 \times 10^{-3}$ g/s.

Sementara pada varians biobriket karbonisasi, laju reaksi rata-rata terbesar dihasilkan oleh biobriket campuran kulit singkong dan grajen sengon (kode:DE) yaitu sebesar  $4,01 \times 10^{-3}$ g/s. Namun demikian, jika dicermati lebih seksama pada grafik penurunan massa terhadap waktu, terlihat bahwa laju reaksi (kemiringan) untuk setiap waktu tidaklah sama.

Oleh sebab itu, dengan menggunakan pendekatan regresi linier, dapat diperoleh grafik hubungan antara massa dengan waktu. Sehingga laju reaksi rata-rata dapat dinyatakan dengan kemiringan (gradien) dari persamaan tersebut. Sebagai contoh, analisis pada grafik penurunan massa pembakaran biobriket campuran kulti singkong dan grajen sengon (kode:DE) non

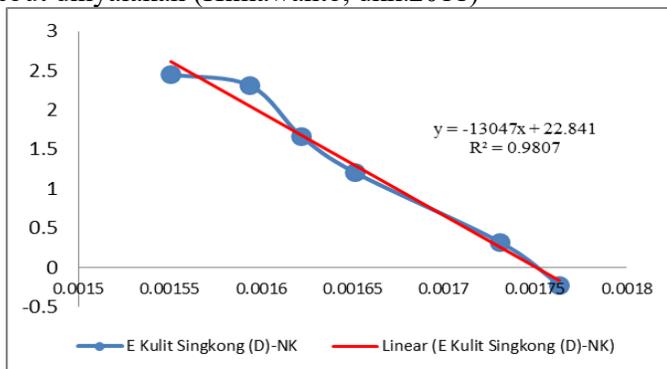
karbonisasi pada gambar 4. Berdasarkan perhitungan, nilai laju reaksi rata-rata DE adalah  $4,04 \times 10^{-3}$  g/s, sedangkan berdasarkan grafik diperoleh laju rata-rata sebesar  $5,5 \times 10^{-3}$  g/s. Terdapat sedikit perbedaan antara hasil perhitungan manual rumus dengan hasil gradient regresi liniernya. Namun secara trend urutan besarnya laju reaksi rata-rata, tidak menunjukkan adanya perbedaan.



Gambar 6. Rerata Laju Reaksi Pembakaran Biobriket Dengan Regresi Linier

**Energi Aktivasi**

Reaksi yang terjadi pada proses pengujian *macro-thermo-balance* terjadi secara bersamaan atau paralel, sehingga sangat sulit ditentukan kapan awal terjadinya oksidasi karbon tetap. Energi aktivasi ditentukan dengan metode grafik. Data hasil penelitian yang pertamakali diperoleh adalah  $m_0$ ,  $m_t$  dan temperatur untuk setiap waktu yang kemudian dikonversi menjadi  $dY/dt$ . Dengan membuat  $\ln(dY/dt)$  kemudian dibuat grafik hubungan antara  $\ln(dY/dt)$  terhadap  $1/T$  (dalam K). Grafik yang terbentuk kemudian dibuat regresi linier dan dicari persamaan garis lurusinya. Sebagai contoh, ditampilkan grafik perhitungan energi aktivasi untuk biobriket limbah kulit singkong (kode:D) non-karbonisasi. Titik-titik pada garis diambil dari rentang devolatilisasi yang telah diidentifikasi sebelumnya. Titik-titik terbaik dapat diketahui dari nilai korelasi  $R^2$  yang mendekati nilai 1. Pada penelitian ini, hampir seluruhnya nilai  $R^2$  pada rentang nilai 0,9 s/d 1,0 yang bermakna bahwa terdapat korelasi dan pengaruh yang erat antara temperatur dan laju penurunan massa pada zona devolatilisasi. Koefisien x atau gradien dari persamaan garis regresi linier yang terbentuk selanjutnya dikalikan dengan konstanta gas (8,31 J/mol K) sehingga muncul nilai energi aktivasi yang nilainya selalu positif. Nilai energi aktivasi mengindikasikan tingkat kemudahan suatu biobriket dapat dibakar atau dinyalakan. Semakin tinggi nilai energi aktivasinya, maka semakin sulit bahan bakar tersebut dinyalakan (Himawanto, dkk.2011)



Gambar 7. Menentukan Energi Aktivasi dengan Metode Regresi Linier

Nilai energi aktivasi tertinggi terdapat pada sampel biobriket campuran jerami dan kulit singkong (kode:BD) non karbonisasi sebesar 190,35 kJ, disusul biobriket campuran sekam padi-kulit singkong (kode:AD) sebesar 129,89 kJ. Secara umum proses briket karbonisasi memiliki nilai energi aktivasi yang lebih rendah dibandingkan biobriket yang non-karbonisasi. Hal tersebut terkait dengan tingginya kadar air dan besarnya zat volatil pada biobriket non-karbonisasi sehingga energi yang dibutuhkan untuk menyalakannya menjadi lebih besar.

## KESIMPULAN

Mesin pembriket tipe *screw extruder* dapat mencetak briket dari bahan limbah pertanian yang mudah dikesalkan ukurannya. Teknologi pirolisis (karbonisasi) berpotensi meningkatkan kualitas karakteristik termal dari biobriket limbah pertanian yaitu menurunkan kadar air, menurunkan kandungan zat volatil, menaikkan fraksi karbon tetap dan meningkatkan nilai kalor. Laju reaksi pembakaran biobriket karbonisasi mengalami penurunan, yang diikuti dengan waktu pembakaran karbon terikat yang berdurasi lebih lama. Secara umum, nilai energi aktivasi untuk varians biobriket karbonisasi lebih kecil dibandingkan dengan biobriket non karbonisasi yang berarti bahwa biobriket tersebut memiliki reaktivitas yang tinggi atau lebih mudah dinyalakan.

## REFERENSI

- Affan, O. H. 2009. Using of Crop Biomass for Energy Purpose Processing, Pelleting and Pellets Properties. *Thesis*, Slovak University of Agriculture In Nitra faculty of engineering department of machines and production systems, 3
- Brown, M.E. 1988. *Introduction of Thermal Analysis Techniques and Applications*, Chapman and Hall, USA.
- Baxter, L. L. 1993. Ash Deposition During Biomass and Coal Combustion: A Mechanistic Approach. *Biomass and Bioenergi Journal* 4 (2): 85-102
- Hermawati. 2014. *Sumber Daya Biomassa untuk Energi Terbarukan di Indonesia : Potensi Biomassa Sektor Pertanian, Perkebunan dan Sampah Kota, Konversi Biomassa untuk Energi Alternatif di Indonesia*. - Jakarta : LIPI.
- Himawanto, DA, Budiana, Eko Prasetyo, D. Danardono, DPT, Purwadi Joko Widodo. 2014. *Rekayasa Heated Die Screw Extruder Untuk Pembuatan Binderless Biobriquette*. Simposium Nasional RAPI XIII - 2014 FT UMS
- \_\_\_\_\_, Indarto, Harwin Saptoadi, dan Tri Agung Rohmat. 2011. Karakteristik Dan Pendekatan Kinetika Global Pada Pirolisis Lambat Sampah Kota Terseleksi. *Jurnal Reaktor*, Vol. 13 No. 3, Juni 2011, Hal. 140-147
- Jayanti, S., Maheswaran, K. , Saravanan, V. 2007. Assessment of the effect of high ash content in pulverized coal combustion, *Journal Applied Mathematical Modelling*, Vol 31 pp. 934–953, Elsevier, 2007.
- MacQueen D & Korhaliller, 2011. Bundles of Energy : The Case of Renewable Biomass Energy [Journal] // *IIED Natural Resources Issues*. pp. 15-24.
- Misra, M. K., Ragland, K. W., et al., .1993. Wood ash composition as a function of furnace temperature. *Journal Biomassa and Bioenergi*, 4(2): 103-116

- Qing Wang, Hao Xu, Hongpeng Liu, Chunxia Jia, Jingru Bai. 2011. Thermogravimetric Analysis of The Combustion Characteristics of Oil Shale Semi-Coke/Biomass Blends, *Oil Shale*, Vol. 28, No. 2, pp. 284–295, Estonian Academy Publishers.
- Raju U Ch. A. I., Praveena, M. Satya, K Ramya Jyothi, S Sarveswara Rao. 2014. Studies on Development of Fuel Briquettes using Biodegradable Waste Materials *.Journal of Bioprocessing and Chemical Engineering*. - [s.l.] : Science Q Publishing Club, 2014. - 1 : Vol. 2. - pp. 1-10.
- Sarasuk K and Sajjakulnukit, S. 2011. Design of a Lab-Scale Two-Stage Rice Husk Gasifier [Article]. - [s.l.] : *Energy Procedia*, 2011. - 9. - pp. 178-185
- Steenari, B. M., Karlsson, L. G., et al., .1999. Evaluation of the leaching characteristics of wood ash and the influence of ash agglomeration. *Biomass and Bioenergy*. 16(2): 119- 136.
- Wongsoatmojo, S. 2006. *Potensi Pertanian Dalam Mengatasi Krisis Energi*. Materi Sidang Senat Terbuka Dies Natalis XXX (LUSTRUM VI) Universitas Sebelas Maret pada Tanggal 11 Maret 2006