

## Proses Pembriketan *Binderless* Temperatur Rendah pada Batubara Muda Indonesia

Adrian R Irhamna<sup>a\*</sup>, Pandji Prawisudha<sup>b</sup>, Toto Hardianto<sup>c</sup>, Aryadi Suwono<sup>d</sup>

Laboratorium Termodinamika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10 Bandung, Indonesia

<sup>a</sup>ar.irhamna@gmail.com, <sup>b</sup>pandji@termo.pauir.itb.ac.id, <sup>c</sup>toto@termo.pauir.itb.ac.id,  
<sup>d</sup>aryadi@termo.pauir.itb.ac.id

### Abstrak

*Coal Upgrading Technology (CUT)* yang dikembangkan oleh Lab Termodinamika ITB merupakan sebuah teknologi untuk meningkatkan kualitas batubara muda yang memiliki nilai kalor rendah. Proses dari CUT tersebut akan memberikan hasil dalam bentuk serbuk. Namun demikian, tidak semua produk CUT akan digunakan secara langsung pada proses pembakaran dalam tungku. Ada kalanya produk tersebut akan dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain kemudian disimpan dalam waktu tertentu. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan penyimpanan dan transportasi produk CUT tersebut diperlukan proses pembriketan. Pada perkembangannya, proses pembriketan tanpa penggunaan tambahan zat pengikat (pembriketan *binderless*) dipilih.

Umumnya pembriketan *binderless* dilakukan pada kondisi tekanan dan temperatur tinggi, namun pada penelitian ini dilakukan investigasi terhadap proses pembriketan *binderless* pada temperatur rendah, yaitu di bawah 100 °C. Sebuah penekan aksial bertenaga hidrolik dengan tekanan hingga 2500 bar digunakan untuk mencetak briket berbentuk silinder. Silinder cetakan dilengkapi dengan pemanas pada dindingnya untuk menjaga temperatur konstan pada 50 °C. Uji nilai kalor, reabsorptivitas dan kekuatan briket dilakukan untuk mengetahui kualitas dari briket yang dihasilkan, dilanjutkan dengan analisis termogravimetri untuk mengetahui komposisi fisiknya. Dari rangkaian pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa kondisi pembriketan dengan temperatur rendah dapat dilakukan. Faktor tekanan pembriketan, kondisi awal kandungan air, dan komposisi fisik dari briket merupakan parameter-parameter penting yang menentukan kualitas briket.

**Kata Kunci:** *Coal Upgrading Technology*, batubara muda Indonesia, pembriketan *binderless* temperatur rendah, pengujian produk briket

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya batubara yang melimpah. Berdasarkan data kementerian ESDM, disebutkan bahwa Indonesia memiliki sumber daya batubara sebesar 104 miliar ton. Namun demikian, 30-40% dari keseluruhan batubara yang ada tergolong ke dalam batubara yang muda, yang sering disebut juga batubara peringkat rendah [1]. Batubara muda ini memiliki nilai kalor yang rendah dibandingkan dengan jenis batubara yang lain.

Di Indonesia, sekitar 80% batubara yang dieksploitasi dimanfaatkan sebagai bahan bakar utama dalam proses pembangkitan listrik. Data terbaru menunjukkan 78 juta ton batubara dibutuhkan setiap tahunnya untuk keperluan pembangkitan listrik [2]. Namun demikian, hanya batubara dengan peringkat menengah dan tinggi yang dapat digunakan dalam proses pembangkitan listrik di PLTU. Batubara muda tidak cocok bila dibakar pada tungku pembakaran konvensional

yang umumnya terinstal di PLTU di Indonesia. Selain nilai kalornya yang rendah, sifatnya yang basah dan mudah terbakar menyebabkan batubara muda memerlukan peralatan khusus jika ingin digunakan di tungku pembakaran konvensional [3]. Oleh karena itu, kendati memiliki jumlah yang banyak, namun batubara muda tidak mendapat perhatian lebih di Indonesia.

Untuk dapat digunakan pada tungku konvensional, peningkatan kualitas batubara muda perlu dilakukan. Oleh karena itu, Laboratorium Termodinamika ITB melakukan pengembangan teknologi peningkatan kualitas batubara berperingkat rendah yang disebut dengan *Coal Upgrading Technology (CUT)* [4] [5]. Dalam proses CUT, batubara muda akan dikeringkan menggunakan uap superpanas sehingga menghasilkan batubara dengan kandungan air yang rendah, nilai kalor yang tinggi, dan tingkar reabsorptivitas air yang rendah. Selain berkualitas tinggi, batubara yang dihasilkan

dari proses CUT akan memiliki bentuk serbuk [4]. Batubara serbuk ini akan mudah diproduksi dan digunakan sangat baik jika terintegrasi dengan fasilitas pembangkit listrik, sehingga dapat dibakar di tungku pembangkit.

Namun demikian, ada kalanya batubara tersebut tidak digunakan secara langsung. Sebagai contoh, proses CUT perlu dilakukan di mulut tambang dan perlu ditransportasikan sebelum akhirnya digunakan untuk proses pembakaran. Pada kasus ini, diperlukan perlakuan tambahan bagi serbuk batubara produk CUT untuk menjaga kualitasnya selama proses pemindahan dan penyimpanan; salah satunya dengan kombinasi aglomerasi serta kompaksi yang lazim disebut sebagai proses pembriketan.

Pada umumnya, proses pembriketan terdiri atas dua cara, yaitu pembriketan dengan penambahan zat pengikat (*binder*) dan pembriketan tanpa penambahan zat pengikat, atau biasa disebut dengan *binderless binderless* [6]. Proses pembriketan dengan penambahan zat pengikat menggunakan material tambahan selain serbuk material utama untuk digunakan sebagai perekat, sementara metode pembriketan *binderless* memanfaatkan potensi perekat yang sudah ada atau berasal dari komposisi material utama itu sendiri. Dalam pembriketan batubara, metode pembriketan dengan adanya tambahan zat pengikat tersebut cenderung ditinggalkan selain karena harganya yang mahal, adanya material zat pengikat tambahan tersebut akan mengubah sifat dari batubara tersebut.

Oleh karena itu pembriketan *binderless* lebih disukai sebagai metode pembriketan batubara [6].

### Pembriketan *Binderless* Temperatur Rendah

Pembriketan *binderless* batubara pada hakikatnya memanfaatkan potensi zat perekat yang sudah terdapat di dalam batubara untuk memicu perekatan antar-partikel batubara ketika proses penekanan dilakukan. Proses perekatan antar-partikel batubara ini yang kemudian menyebabkan naiknya kekuatan briket batubara. Oleh karena itu, pada umumnya pembriketan *binderless* dilakukan pada temperatur tinggi untuk memicu keluarnya tar dari pori-pori batubara dan menjadi perekat yang berasal dari dalam batubara itu sendiri [5].

Penelitian tentang pembriketan *binderless* pada batubara muda Indonesia pada tekanan dan temperatur tinggi telah dilakukan. Dari penelitian tersebut didapatkan briket dengan kualitas yang baik, baik dari sisi kekuatan, nilai kalor, maupun dari sifat reabsorptivitasnya terhadap air [7].

Namun demikian, proses pembriketan *binderless* tersebut membutuhkan temperatur

operasi yang cukup tinggi, di atas 200 °C [5]. Hal ini tentunya akan menyulitkan saat operasinya terutama jika proses pembriketan dilakukan di lokasi dengan sumber panas yang terbatas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan investigasi alternatif pembriketan *binderless* temperatur rendah di bawah 100 °C. Jika pembriketan *binderless* pada temperatur tinggi memicu keluarnya tar sebagai zat perekat, maka pada kasus pembriketan *binderless* temperatur rendah kandungan air dan tar (yang berasal dari zat volatil ringan) merupakan komponen penyusun batubara yang diduga dapat menjadi zat perekat meskipun beroperasi pada temperatur rendah.

### Pengujian Pembriketan *Binderless* Temperatur Rendah

**Bahan dan Persiapan.** Pada penelitian ini, tiga jenis batubara muda Indonesia digunakan sebagai material utama. Komposisi fisik batubara tersebut dianalisis menggunakan uji proksimat di TekMIRA (Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara) Kementerian ESDM Bandung. ASTM D3173 digunakan untuk menguji prosentase kandungan air, ASTM D3174 untuk menguji prosentase abu, ISO 562 untuk menguji komposisi zat-zat volatil, dan ASTM D3172 untuk menguji prosentase karbon tetap. Hasil analisis tersebut ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil Analisis Proksimat Batubara

	Batubara X	Batubara Y	Batubara Z
<b>Karbon tetap (%)</b>	37,44	36,99	14.03
<b>Zat volatil (%)</b>	40,29	39,34	36.84
<b>Kandungan air total (%)</b>	19,8	20,96	47,30
<b>Abu (%)</b>	5,58	5,85	1.83

Setelah mengetahui komposisi proksimatnya, ketiga jenis batubara tersebut digerus menggunakan blender lalu diayak dan dicampur lagi hingga memenuhi distribusi ukuran partikel tertentu seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.

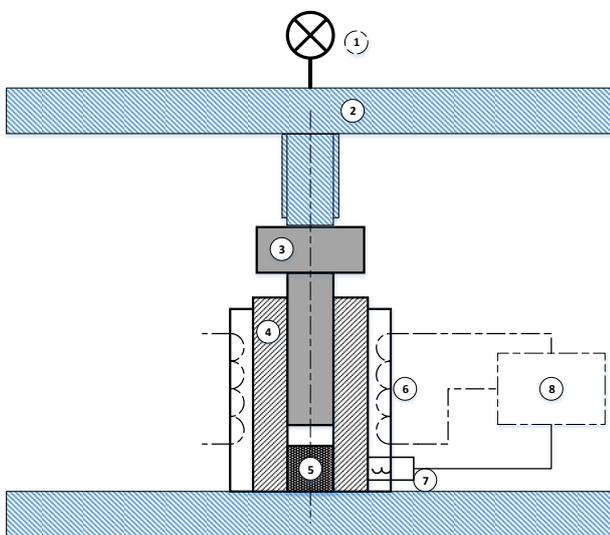
Tabel 2 Distribusi ukuran partikel batubara pada penelitian ini

Ukuran mesh	komposisi (%)
710-2000 µm	15
354-710 µm	8
251-354 µm	21

125-250 $\mu\text{m}$	30
<125 $\mu\text{m}$	26

Serbuk batubara yang akan dibriket lalu dikeringkan hingga kandungan airnya menjadi 10 dan 20 % untuk mencari tahu pengaruh kandungan air batubara, dengan cara memanaskan serbuk batubara pada temperatur konstan 100 °C.

**Persiapan dan Proses Pembriketan.** Eksperimen pembriketan dilakukan menggunakan peralatan piston-silinder yang ditekan secara hidrolik dan dilengkapi dengan pemanas elektrik yang dipasang pada dinding silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Skema peralatan briket skala lab.

Keterangan:

1. Alat ukur tekanan
2. Sistem piston hidrolik
3. Silinder penekan
4. Silinder dies
5. Briket
6. Pemanas elektrik
7. Termokopel
8. Termokontroler

Setelah itu, 20 g serbuk batubara yang sudah disesuaikan ukuran partikel dan kondisi kandungan airnya dimasukkan ke dalam silinder untuk ditekan. Selama proses pembriketan, temperatur silinder dijaga pada temperatur konstan 50 °C, sedangkan tekanan pembriketan divariasikan pada 250, 750, 1250, dan 2500 bar.

**Pengujian produk briket batubara.** Dalam pemanfaatannya, batubara biasa dipindahkan dari

satu tempat ke tempat lain, baik melalui jalur darat ataupun laut. Setelah sampai tujuan batubara akan disimpan pada tempat terbuka (*stockpile*) sebelum akhirnya dibakar di tungku. Selama proses tersebut, berbagai beban akan dialami oleh batubara seperti beban dampak saat jatuh serta kondisi lingkungan dengan kelembaban tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa tes untuk mengetahui kualitas briket yang akan mengalami proses-proses di atas saat digunakan sebagai pengganti batubara. Pada tahap ini, briket hasil pembriketan *binderless* temperatur rendah diuji kekuatannya saat jatuh (*drop test*), ketahanannya terhadap air (*reabsorptivity test*), dan nilai kalornya.

#### 1. Pengujian kekuatan briket dengan metode *drop test*

Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM D440-86 (2002): “*Standard Test Method of Drop Shatter Test for Coal*” dengan beberapa modifikasi. Urutan pengujiannya adalah:

- a. Penimbangan massa awal briket
- b. Penjatuhan briket dari ketinggian 2 m ke pelat baja
- c. Briket yang telah dijatuhkan kemudian diayak pada ayakan 2 mm
- d. Penimbangan serbuk dan pecahan briket yang lolos dari ayakan
- e. Pencatatan berapa banyak pecahan briket yang tertinggal di ayakan
- f. Pengumpulan dan analisis data
- g. Perhitungan kekuatan briket sesuai persamaan berikut:

$$\text{kekuatan briket} = \frac{m_a - m_l}{m_a} \times 100\% \quad (1)$$

dengan

$m_a$  = massa awal briket

$m_l$  = massa batubara yang lolos ayakan

#### 2. Pengujian ketahanan briket terhadap penyerapan air dengan metode uji reabsorptivitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan briket terhadap penyerapan kembali (reabsorpsi) air pada kondisi ekstrem dan melepaskannya kembali secara alami. Urutan pengujiannya adalah:

- a. Timbang massa awal briket
- b. Celupkan briket pada cawan berisi air hingga seluruh bagian briket tercelup dalam air, selama 24 jam
- c. Setelah 24 jam periode pencelupan selesai, ukur massa akhir briket
- d. Briket diangin-anginkan secara alami di dalam ruangan, tanpa bantuan kipas maupun panas matahari

e. Pengukuran massa briket dilakukan secara periodik setiap 1 jam selama 24 jam pertama kemudian 2 kali setiap harinya hingga tercapai massa briket yang konstan

### 3. Pengujian nilai kalor briket

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan bom kalorimeter adiabatik, Gallenkamp Calorimeter Autobomb CBA-305.

### Hasil dan Analisis

**Densitas Briket.** Briket yang terbentuk kemudian dihitung densitasnya dengan mengukur massa dan menghitung volumenya. Hasil estimasi densitas briket tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis batubaranya seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa semakin tinggi tekanan pembriketan maka semakin tinggi densitas briket yang dihasilkan hingga tekanan jenuh tertentu. Sementara itu, perbedaan kandungan air pada batubara umpan tidak memberikan perbedaan densitas briket yang terbentuk.



Gambar 2 Estimasi densitas briket batubara X



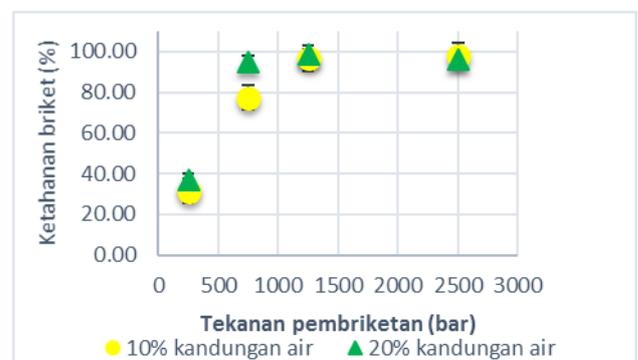
Gambar 3 Estimasi densitas briket batubara X



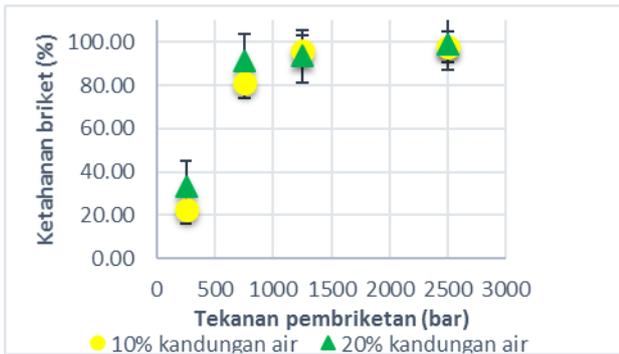
Gambar 4 Estimasi densitas briket batubara X

**Kekuatan Briket.** Briket yang terbentuk diuji kekuatannya dengan metode *drop test*. Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7 merupakan hasil pengujian *drop test* dari ketiga jenis batubara. Dari hasil tersebut terlihat bahwa briket dengan tekanan pembriketan yang lebih tinggi memiliki kekuatan briket yang lebih baik. Pada pengujian ini, tekanan pembriketan 2500 bar memberikan briket dengan kekuatan yang paling baik.

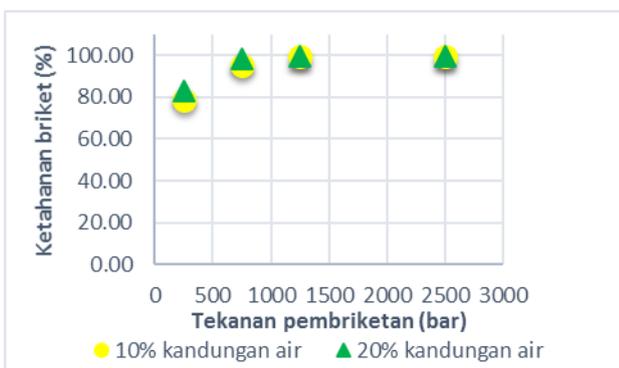
Sementara itu, kandungan air memiliki pengaruh besar pada kekuatan briket. Berdasarkan hasil *drop test*, briket dengan kandungan air batubara umpan yang lebih rendah (10 %), memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan briket dengan kandungan air 20 %. Perbedaan kekuatan ini akan terlihat jelas pada tekanan pembriketan yang lebih rendah, 250 dan 750 bar. Sedangkan untuk briket dengan tekanan pembriketan yang lebih tinggi, kekuatan briket relatif sama antara briket dengan kandungan air 10 dan 20 %. Namun demikian, meskipun memiliki kekuatan yang relatif sama, secara fisik, briket dengan kandungan air 10% akan lebih mudah rontok/lepas terutama di daerah pinggiran briket.



Gambar 5 Kekuatan briket batubara X berdasar tekanan pembriketannya



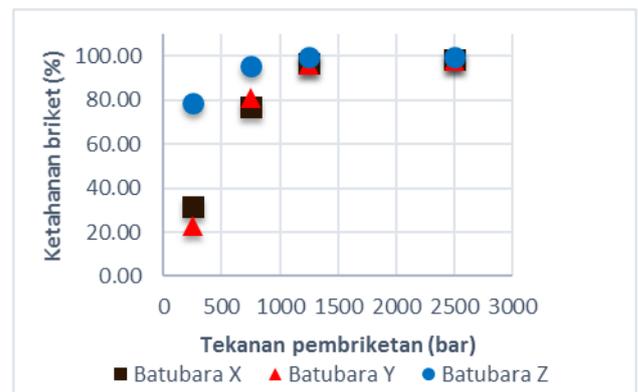
Gambar 6 Kekuatan briket batubara Y berdasar tekanan pembriketannya



Gambar 7 Kekuatan briket batubara Z berdasar tekanan pembriketannya

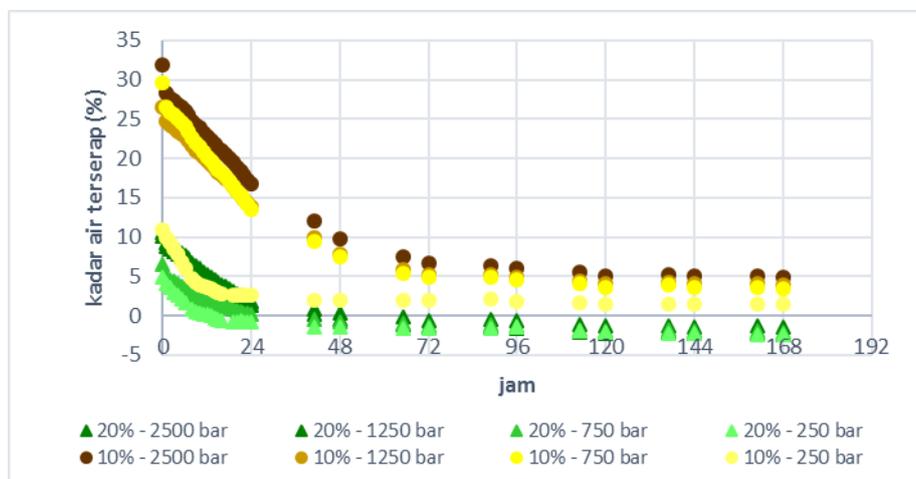
Gambar 8 menunjukkan perbandingan kekuatan briket antara batubara X, Y, dan Z pada kondisi kandungan air 10%. Pada Gambar 8 terlihat bahwa briket yang berasal dari batubara Z memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan briket dari batubara X dan Y. Hal ini terlihat jelas pada briket hasil tekanan pembriketan 250 dan 750 bar. Besar kemungkinan fenomena ini disebabkan oleh tingginya porositas pada partikel batubara Z sebelum proses pembriketan akibat pengeringan yang dilakukan

sebelumnya telah menghilangkan kandungan air dalam jumlah besar (47 % menjadi 10-20 %). Kandungan air permukaan yang terletak diantara pori-pori partikel batubara akan hilang dan meninggalkan rongga di antara partikel batubara. Ketika proses pembriketan berlangsung, rusaknya rongga dalam jumlah yang besar pada partikel batubara Z ini akan menambah kemungkinan terjadinya proses *mechanical interlocking* pada briket dari batubara Z, meningkatkan kekuatan ikatan partikel dan pada akhirnya meningkatkan kekuatan briket secara keseluruhan.

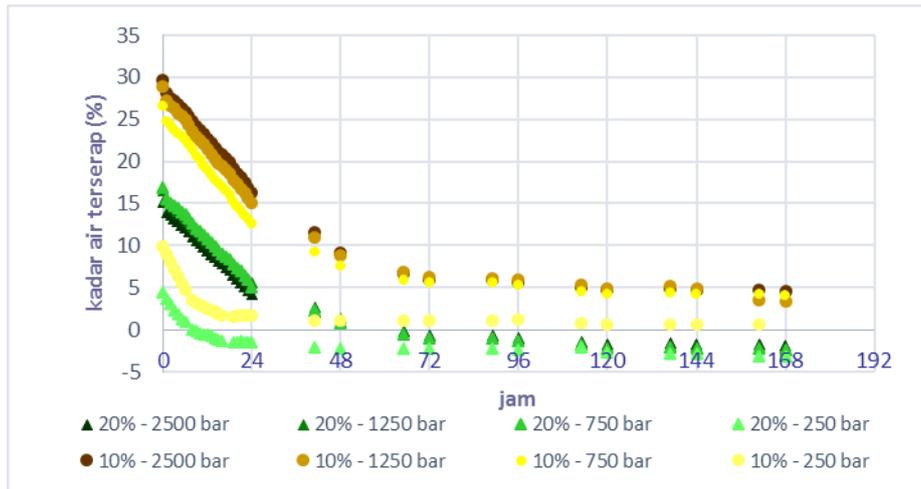


Gambar 8 Perbandingan kekuatan briket Batubara X, Y, dan Z pada 10 % kandungan air

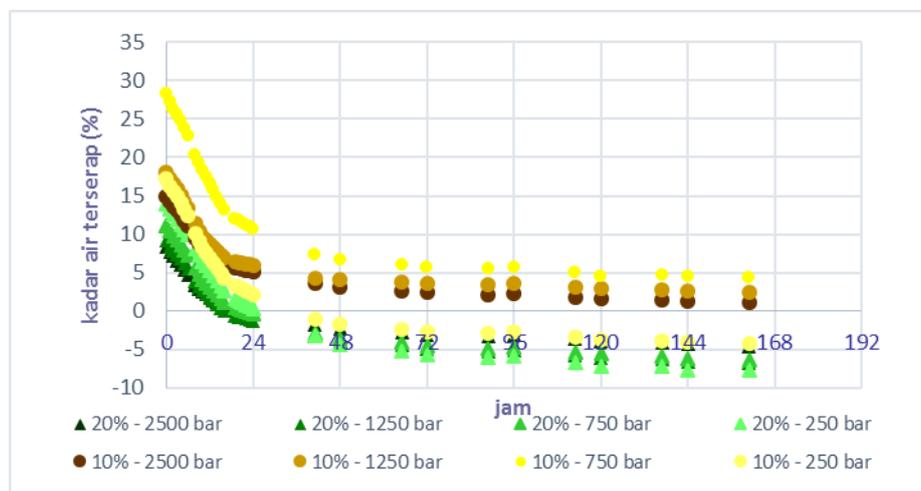
**Uji Reabsorptivitas Briket.** Hasil pengujian ini disajikan dalam bentuk plot kandungan air terserap yang dikeringkan secara alami terhadap waktu. Proses pengeringan alami ini dilakukan selama kurang lebih 175 jam. Plot tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis batubaranya seperti yang terlihat Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 9 Kurva uji reabsorptivitas 24 jam briket batubara X



Gambar 10 Kurva uji reabsorptivitas 24 jam briket batubara Y



Gambar 11 Kurva uji reabsorpsivitas 24 jam briket batubara Z

Dari ketiga hasil pengujian tersebut, secara umum, briket dengan 10 % kandungan air batubara umpan, akan menyerap air lebih besar dibandingkan dengan briket dengan 20 % kandungan air batubara umpan. Batubara dengan 10 % kandungan air batubara umpan menyerap air sekitar 15 – 30 %, sedangkan batubara dengan 20 % kandungan air batubara umpan menyerap air sebesar 5 – 15 %.

Selain itu, briket dengan 10 % kandungan air batubara umpan tidak mampu mengeluarkan seluruh air yang terserap. Artinya, ada air yang masih terperangkap setelah pengeringan alami dilakukan selama periode tersebut. Di sisi lain, untuk briket dengan 20 % kandungan air batubara umpan, air yang terserap akan hilang pada rentang waktu 24 – 50 jam.

Fenomena tersebut memperlihatkan bahwa kadar kandungan air batubara umpan, selain pada

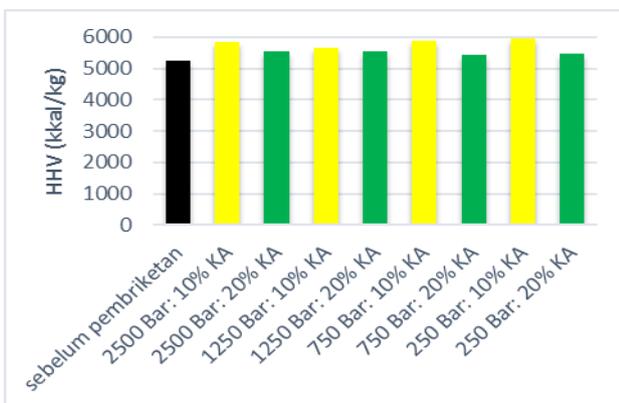
kekuatan briket, juga memiliki pengaruh yang besar dalam proses reabsorptivitas briket batubara yang diperlakukan pada temperatur rendah. Besar kemungkinan dalam kasus pembriketan batubara dengan temperatur rendah, kandungan air menjadi *binder* (zat pengikat). Kadar zat pengikat yang lebih banyak dalam briket menyebabkan perekatan briket yang lebih baik dan mencegah air dari luar masuk ke pori-pori menjadi air ineren, sehingga secara makro menjadi lebih mudah kering.

Selain itu terdapat perbedaan di antara ketiga jenis briket dari batubara yang berbeda tersebut. Penyerapan air yang terjadi pada batubara Z cenderung lebih rendah dibandingkan dengan jenis batubara lainnya, baik itu batubara umpan dengan 10% kandungan air ataupun 20 % kandungan air. Hal ini memperlihatkan gejala yang sama pada kasus uji kekuatan briket. Pori-

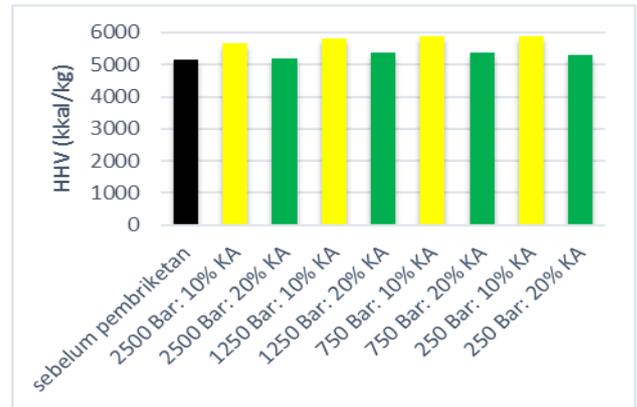
pori yang terbentuk akibat pengeringan batubara Z dengan kandungan air 47,30 %, menyebabkan *mechanical interlocking* pada proses pembriketan semakin kuat. Proses inilah yang menyebabkan briket dari batubara Z menyerap lebih sedikit air dibandingkan briket dari jenis batubara lainnya.

Anomali juga terjadi pada pengujian ini. Setiap briket yang dibentuk pada tekanan pembriketan 250 bar, menyerap air paling rendah dibandingkan dengan kondisi tekanan pembriketan yang lebih tinggi lainnya. Ini disebabkan karena banyaknya rongga di dalam briket yang menyebabkan banyaknya udara terperangkap di dalam briket tersebut. Selain densitas yang rendah, banyaknya udara di dalam briket batubara ini menyebabkan air tidak mampu masuk ke dalam briket tersebut.

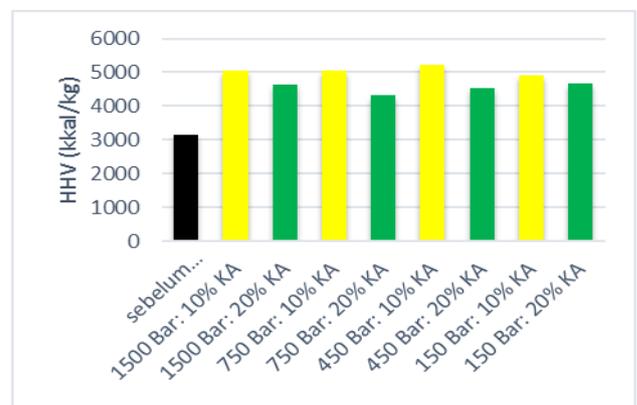
**Uji Nilai Kalor Briket.** Produk pembriketan *binderless* temperatur rendah ini juga diuji nilai kalornya, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14. Dari hasil pengujian yang ada, dapat terlihat bahwa secara umum tidak terjadi peningkatan signifikan nilai kalor akibat pembriketan pada temperatur rendah. Terdapat sedikit kenaikan nilai kalor dari batubara yang telah dibriket karena terjadi pengurangan kadar air. Pengurangan kadar air tersebut terjadi karena proses pemanasan batubara umpan dan pembriketan itu sendiri. Semakin sedikit kandungan air yang tertinggal di dalam briket, akan semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Oleh karena itu, batubara Z yang memiliki kandungan air lebih tinggi, akan mengalami kenaikan nilai kalor yang signifikan setelah melalui proses pembriketan.



Gambar 12 HHV dari batubara X dan produk pembriketannya



Gambar 13 HHV dari batubara Y dan produk pembriketannya



Gambar 14 HHV dari batubara Z dan produk pembriketannya

### Kesimpulan

1. Pembriketan *binderless* temperatur rendah dapat dilakukan
2. Semakin tinggi tekanan pembriketan, akan memberikan produk briket yang semakin kuat dan semakin tahan terhadap penyerapan kembali air.
3. Kandungan air diduga sebagai *binder* (zat pengikat) utama dalam proses pembriketan *binderless* temperatur rendah.
4. Tar atau zat pengaglomerasi lainnya diduga dapat terbentuk dari zat volatil ringan di dalam batubara pada temperatur rendah, sekitar 100 °C.

## Referensi

- [1] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Peta Sebaran Lokasi Batubara Indonesia, Pusat Sumber Daya Geologi, 2009.
- [2] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2901 K/30/MEM/2013 tentang Penetapan Kebutuhan dan Persentase Minimal Penjualan Batubara untuk Kepentingan Dalam Negeri Tahun 2014, Indonesia, 2013.
- [3] Central Research Institute of Electric Power Industry. Improvement of Pulverized Coal Combustion Technology for Power Generation. Yokosuka Research Laboratory. Kanagawa, Japan, 2002.
- [4] T. Hardianto, A. Jauhary, P. Prawisudha, A. Suwono, Development of Seven Ton per Hour Coal Upgrading Pilot Plant Based on CUT Process, Preprints of International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion 2006, Jakarta, Indonesia, December 10 – 14, 2006
- [5] T. Hardianto, A. Suwono, W. Ardiansyah, N.P. Tandian, W. Lawrence. Analisis Tentang Temperatur Pengeringan Untuk Mendapatkan Hasil Terbaik Dalam Proses Coal Upgrading Technology (CUT), Proceeding pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI (SNTTM XI) & Thermofluid IV, Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012.
- [6] Komarek, R.K., “Binderless Briquetting of Peat, Lignite, Sub-bituminous and Bituminous Coal in Roll Press”, Komarek Co. Technical Paper.
- [7] T. Hardianto, P. Prawisudha, T. Novera, A. Suwono, Experimental Study on Hot Binderless Briquetting of Indonesian Low Rank Coal, Proceedings of the International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion. Jakarta, Indonesia. December 10-14, 2006.