

# **PENGARUH SIFAT FISIK DAN STRUKTUR MINERAL BATU BARA LOKAL TERHADAP SIFAT PEMBAKARAN**

Oleh; \*A.P. Bayuseno, Sulistyono dan \*\*Istadi  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Tembalang-Semarang 50255

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mengkaji secara seksama tentang potensi kualitas batubara Indonesia yang diambil dari sumber lokal dan selanjutnya menerapkan prosedur/teknologi penyiapan batubara dalam usaha meningkatkan penyalaan dan pembakaran. Sasaran utama didalam teknologi penyiapan batubara diarahkan pada peningkatan penyalaan (*ignition*) serta hasil pembakaran yang bersih dengan penurunan emisi karbon dioksida dan belerang. Selanjutnya penelitian ini juga mengkaji tentang prospek pengkayaan (*enrichment*) batubara dalam proses penyiapan batubara lokal. Metode ini diharapkan dapat menaikkan kecepatan penyalaan dan pembakaran nyala api batubara serbuk. Perubahan sifat fisik dan kimia serta struktur mineral sebelum dan setelah proses penyiapan dianalisa dengan metode XRF untuk komposisi kimia dan difraksi sinar-X (XRD) untuk komposisi mineral. Sementara nilai kalor batubara dianalisa dengan Bomb Kalorimeter. Pada dasarnya batubara lokal memiliki kandungan mineral utama seperti kaolinite, quartz, jarosite, illite maupun pyrite. Sementara nilai kalor yang dimiliki batubara lokal berkisar antara 4000 -6000 cal/gr dan LOI untuk empat macam batubara berkisar 97-99%. Sebaliknya pengaruh proses pencucian dengan air tidak meningkatkan nilai kalor batubara yang signifikan. Dilain pihak pelaksanaan penelitian ini juga membuat briket bahan bakar batubara dengan campuran polimer dan molase termasuk prosedur mengkaji tingkat penyalaan batubara. Hasilnya menunjukkan bahwa briket batubara dari campuran polyethelene meningkatkan nilai kalor dan mempercepat pembakaran. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kualitas batubara produk lokal tergolong batubara dengan nilai kalor rendah dan perlu penelitian lanjutan dalam meningkatkan kualitas agar bisa kompetitif dengan produk batubara impor.

---

\*Dosen Teknik Mesin-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
\*\* Dosen Teknik Kimia-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

### **Abstracts**

The objective of research was to examine accurately the potential quality of locally coal and to subsequent implement the preparing technology for improved ignition and clean combustion of coal. The main purpose of the research was focussed on the examination of the prospect enrichment and preparing process of local coal. These were expected to improve ignition rate and combustion powdered coal. The physical and chemical modification of coal before and after water-washing were analysed by XRF for chemical composition and XRD for minerals composition, whereas calorific heating value of coal was determined by Bomb calorimeter. As a result, it shows that the four different coal have predominant mineral phases namely kaolinite, quartz, jarosite, illite and pyrite in addition to glass. While the calorific values of that coal were measured in the range of 4000-6000 cal/gr and LOI were 97-99 %. The effect of water-washing did not increase significantly calorific value of coal. On the other hand, briquet was made by mixing coal with polyethelene yielding that increased calorific value and improved combusting rate. From the research, it can be concluded that the local coal was catogorised as coal with low calorific value and therefore it needs to do further research on improving coal quality which can be competitive with imported coal.

**Keywords:** quality of locally coal, mineral composition and calorific value

## 1. Pendahuluan

Secara umum batubara digunakan untuk tujuan: pembakaran, memasak, hydrogenation maupun pyrolysis. Batubara telah digunakan untuk untuk jangka waktu yang lama sebagai penghasil tenaga, meskipun usaha-usaha yang lebih besar telah dilakukan untuk memperoleh produk-produk kimia maupun bahan bakar cair berbahan dasar batubara.

Mineral dan unsur kimia didalam batubara memainkan peranan penting didalam pemanfaatan batubara. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa mineral didalam batubara dapat memberikan baik persoalan maupun keuntungan didalam proses konversi energi. Peneliti terdahulu mengamati proses [1] deactivation of the hydrocracking catalyst disebabkan karena pengendapan logam tertentu didalam batubara cair. Dilaporkan adanya abrasi, abrasion, slagging and fouling selama rangkaian pemindahan/transport batubara didalam sistem pembakaran. Akan tetapi keberadaan beberapa mineral memberikan efek balik yang menguntungkan kearah pembuatan minyak didalam produksi cair dari proses coal liquefaction [3].

Sebagai upaya menghilangkan dampak buruk keberadaan mineral maka unsur inorganik dan mineral didalam batubara perlu dihilangkan menggunakan proses pencucian atau pembersihan (*beneficiation process*), yang merupakan tahap awal sebelum proses pembakaran batubara. Dengan cara ini berarti menggunakan sembarang proses untuk meningkatkan kualitas batubara atau memudahkan untuk mengontrol, memindahkan (*transport*) maupun menyimpan (*store*). Akan tetapi dalam pengertian yang lebih tepat pengkayaan batubara (*coal beneficiation*) berarti membersihkan batubara agar diperoleh bagian/fraksi yang hanya terkonsentrasi pada unsur organik saja serta menurunkan kadar mineral maupun unsur inorganik. Pengkayaan batubara menggunakan proses kimia dan fisika. Dalam hal ini proses kimia menggunakan media ekstraksi dengan media asam, sementara proses fisika memanfaatkan perbedaan sifat fisik diantara materi organik dan mineral. Beberapa proses fisika telah digunakan untuk memperkaya batubara, tetapi lebih penting diantaranya pemisahan dengan media berat (*dense medium*) dan pengapungan [3].

Beberapa metode karakterisasi telah diterapkan agar mengidentifikasi dan mengkuantitas mineral didalam residu batubara diperoleh dengan pemisahan secara fisika (contohnya float-sink process), diantaranya dengan metode XRD yang merupakan teknik yang secara luas dipakai untuk menganalisa mineral [4]. Metode ini dianggap merupakan teknik yang sangat baku untuk bahan kristal. Akan tetapi teknik ini juga terbatas oleh karena variasi didalam tingkat kekristalan untuk setiap material yang disebabkan oleh pengaruh matrik dan kompleksnya campuran batubara. [5]. Mossbauer Spectroscopy (MS) memainkan peranan penting dalam mempelajari material yang mengandung besi dan juga mampu mengidentifikasi berbagai transformasi besi [3]. Selain itu karena berat atom karbon itu rendah maka MS merupakan teknik yang cocok untuk mengidentifikasi mineral besi dengan konsentrasi serendah-rendahnya 1%. Meskipun kenyataannya MS terbatas untuk menganalisa mineral besi, akan tetapi teknik ini menghasilkan sejumlah informasi penting tentang mineral yang relevant seperti pyrite ( $\text{FeS}_2$ ), yang merupakan salah satu penghasil utama oksida sulfur didalam proses pembakaran. Seperti kita ketahui bahwa oksida sulfur berkontribusi besar terhadap hujan asam dan akan menghasilkan persoalan polusi lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi dan mengkuantitas fasa mineral didalam batubara sebelum dan sesudah pencucian agar supaya mampu menetapkan kualitas batubara dan menganalisa mampu cuci dalam menurunkan kadar fasa mineralnya. Komposisi kimia batubara dianalisa dengan metode XRF, sementara komposisi mineral dengan XRD serta nilai kalor diuji dengan Bomb kalorimeter.

## **2. Material dan Metode**

### *2.1 Material*

Dalam penelitian ini menggunakan batu bara muda (*brown coal*) atau batu bara sub bituminous dengan kandungan kalori sekitar 4000-6000 kcal/kg dari PT. Bukit Asam Sumatra, PT. Prima coal Kalimantan Timur, PT. Batu Licin Kalimantan Tengah dan PT. Sungai Danau Kalimantan Selatan.

### *2.2 Pengujian dengan X-Ray Fluorescence (XRF)*

Pengujian dengan X-Ray Fluorescence (XRF) juga menggunakan metode serbuk, dimana sebelum melakukan pengujian batu bara harus ditumbuk sampai halus. Setelah dirasa cukup halus, kemudian batu bara serbuk tersebut diayak dengan menggunakan meshing 100 dan ditimbang seberat 1 gram. Setelah itu di tempatkan di atas detektor untuk dilakukan pengujian.

### 2.3 Pengujian dengan X-ray diffraction (XRD)

Sampel batubara diperoleh dari berbagai sumber di tanah air dilakukan dengan pengujian dengan metode XRD. Untuk pengujian XRD maka setiap sampel digiling selama 10 menit dengan mortar dan pastel. Akhirnya serbuk untuk setiap sampel dipress kedalam pemegang sampel untuk pengukuran.

Koleksi data untuk identifikasi mineral dilakukan dengan menggunakan Cu-K $\alpha$  monochromated radiation in a conventional Bragg-Brentano (BB) parafocusing geometry (X-RD 6000 SHIMADZU). Akselerasi tegangan sebesar 45 kV, dan arus sebesar 30 mA. The scan parameters ( $5 - 85^\circ$   $2\theta$ ,  $0.020^\circ$  step width, 10-15 s/step) dipilih untuk pengamatan. Data dicatat secara digital dan posisi peak serta intensitas diidentifikasi dengan pencari puncak (*the peak search software*) atau secara grafik didalam layar. Sebuah PC-based search match program, the Philips X'Pert Software (Philips Electronics N.V) termasuk the ICDD-PDF database sebagai sumber data referensi digunakan untuk membantu identifikasi fasa kristalin yang mungkin didalam sampel. Calon fasa kristalin yang mungkin disarankan oleh prosedur search match selanjutnya diverifikasi dengan analisa Rietveld full profile fitting [9]. Metode Rietveld dipilih untuk penelitian ini karena (i) informasi kuantitatif tentang fasa minor diperlukan, (ii) signifikan peak yang overlap ada didalam sampel dan (iii) keyakinan terbaik tentang hasil identifikasi.

Perhitungan secara Rietveld dilakukan dengan the SIROQUANT *Quantitative XRD software* program (2002) [10]. Program SIROQUANT terdiri databasa model struktur kristal untuk perhitungan full diffraction profiles. Model struktur tambahan diambil dari *the inorganic crystal structure data base* (ICSD, 1999) [6]. Didalam penelitian ini, parameter yang direfine adalah: (i) the  $2\theta$  scale zero position, (ii) the phase scale factors (iii) the lattice parameters, (iv) the parameter of the peak asymmetry and peak shape functions. SIROQUANT menggunakan the diffraction line widths (FWHM)

sebagai fungsi menggunakan  $\tan(\theta)$  menggunakan the u-v-w formula of Caglioti *et al.* (1958) [2]; untuk fasa dengan lebih kecil 1 wt.% hanya w-parameter yang direfine, sedangkan u and v tetap. Preferred orientation dianggap tidak ada didalam serbuk dan untuk semua kasus atomic positional parameters ditetapkan pada harga literatur. Karena kapasitas yang tidak memuaskan didalam program SIROQUANT terhadap model amorphous background ada didalam sampel maka the backgrounds difix dan dihilangkan secara manual.

#### 2.4 Pengujian nilai kalor batubara dengan bomb kalorimeter

Pengukuran nilai kalor (*heating value*) didalam batu bara dilakukan dengan menggunakan bomb kalorimeter dibawah pengaruh volume konstant dan tanpa aliran (*flow*) Sampel yang akan diukur kemudian dimasukan kedalam sebuah kontainer logam yang tertutup, serta diberi muatan oksigen dengan tekanan tinggi. Kemudian bomb ditempatkan didalam kontainer air dan selanjutnya bahan bakar dinyalakan menggunakan eksternal kontaktor listrik. Selanjutnya temperatur air diukur sebagai fungsi waktu sesudah proses pembakaran berakhir dan dari pengetahuan besaran masa air didalam sistem, masa dan panas spesifik kontainer dan kurva pemanasan maupun pendinginan, maka energi yang terlepas selama pembakaran bisa ditentukan. Dalam hal ini motor penggerak pengaduk bekerja untuk menjamin keseragaman temperatur air disekitar bomb. Dalam kondisi khusus pemanasan luar disuplai oleh mantel air untuk mempertahankan suhu seragam, sementara dalam control lain mantel bisa dibiarkan kosong untuk mempertahankan mendekati kondisi air didalam kontainer adiabatis. Kompensasi untuk panas hilang ke udara sekitarnya bisa dibuat melalu analisa kurva pendinginan dan pemanasan transient.

#### 2.5 Proses pencucian Batubara

Batu bara serbuk yang telah dipersiapkan untuk proses pencucian ditempatkan didalam sebuah glass beaker berisi air. Selanjutnya diaduk pada suhu kamar. Setelah diaduk untuk jangka waktu 3 jam, maka lumpur ini difilter didalam kain untuk memisahkan serbuk basah dengan menyiram air berulang-ulang sampai bersih. Serbuk

basah batubara diharapkan memiliki kadar abu yang rendah kemudian dikeringkan untuk diukur dengan XRD dan bomb kalorimeter.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### *3.1 Komposisi kimia didalam Batubara*

Table 1 menyajikan hasil pengujian komposisi kimia empat macam batubara yang diperoleh dari beberapa pertambangan lokal seperti dari PT. Bukit Asam Sumatra, PT. Prima coal Kalimantan Timur, PT. Batu Licin Kalimantan Tengah dan PT. Sungai Danau Kalimantan Selatan. Total dari komponen mayor maupun konsentrasi trace untuk batubara tersebut lebih kecil dari pada 100 % karena sisanya mungkin terdiri air dan karbon dioksida. LOI batu bara dari Sungai Danau menunjukkan harga yang paling tinggi diantara batubara dari pabrik lain, mengidentifikasi batubara tersebut memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara lainnya, selain juga memiliki nilai kalor yang paling tinggi, hal ini juga dibuktikan dengan hasil pengujian dari bom kalorimeter.

Disamping itu batubara dari PT Batu Licin memiliki kandungan mineral dengan kadar senyawa silikon oksida dan aluminium oksida yang paling tinggi dibandingkan dari batubara dari tempat lain. Keberadaan senyawa kimia ini dapat menyebabkan dampak buruk terhadap nilai pembakaran dan juga sifat penyalaan batu bara. Selanjutnya dari tabel 1 terlihat bahwa batubara dari PT Batu Licin memiliki LOI yang paling rendah, hal ini berbanding terbalik dengan jumlah kandungan mineralnya. Untuk meningkatkan nilai kalor dalam menunjang proses pembakaran bersih perlu dilakukan proses pembersihan mineral sebelum dilakukan pembakaran. Dalam hal ini yang perlu mendapatkan perhatian adalah batubara dari PT Bukit Asam yang memiliki kadar sulfur yang relatif paling tinggi, dimana memberikan indikasi bahwa pembersihan senyawa mineral ini sangat penting untuk mendukung pembakaran bersih. Namun demikian identifikasi mineral yang mengandung belerang sangat penting sebelum dilakukan proses pengkayaan untuk mendapatkan data mineral yang perlu dibersihkan. Sesuai dengan data dapat dilihat bahwa batubara memiliki konsentrasi S, dan Fe relatif kecil, mengidentifikasi kehadiran pyrite, karbon sisa dan organik belerang. Konsentrasi unsur Mn, Sb, Zn, As, Pb dan Cr dianggap sangat terbatas, tetapi unsur ini karena sifat larutnya harus diprediksi.

### 3.2 Komposisi Mineral Batubara

Analisa fasa dengan metode XRD dilakukan pada keempat batubara dari berbagai sumber untuk mendapatkan data komposisi mineral. Data pengukuran XRD dan hasil analisa kualitatif disajikan didalam grafik 1.

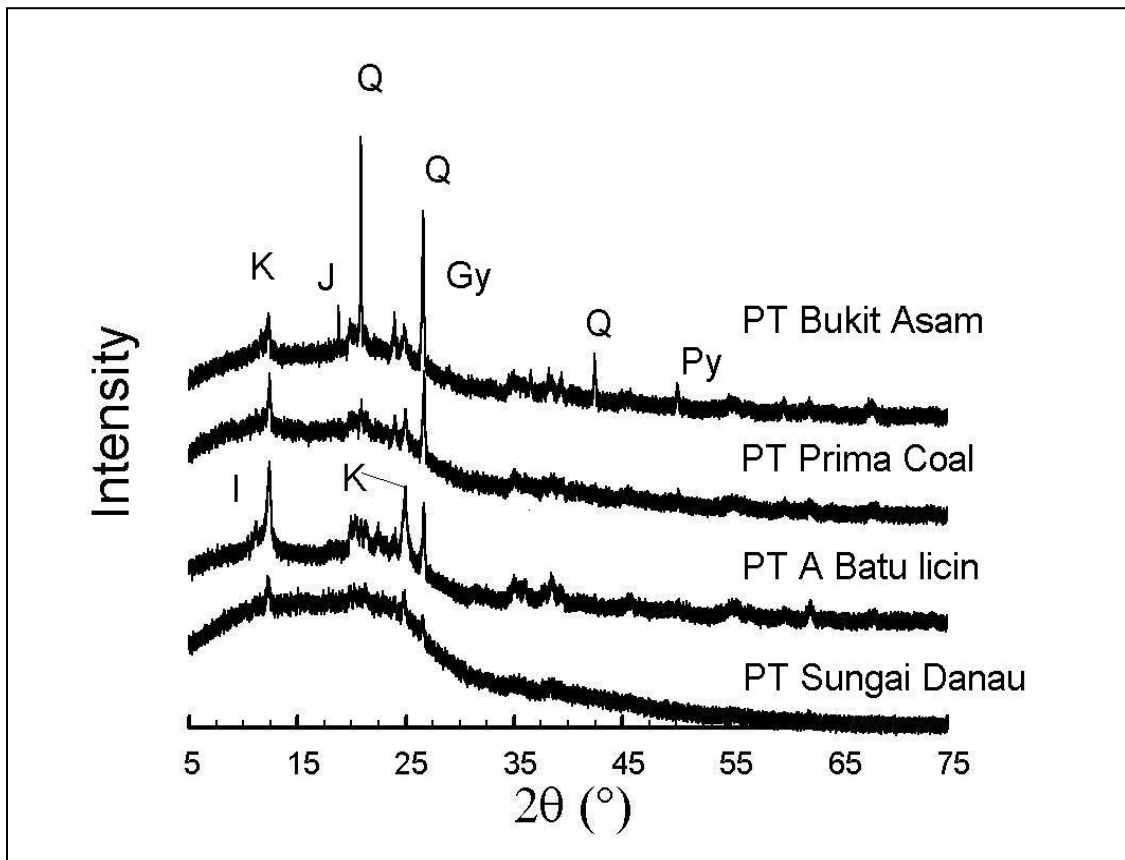
**Table 1. Komposisi kimia batubara**

No	Element	Bukit Asam Wt.%	Batu licin Wt.%	Prima Coal Wt.%	Sungai Danau Wt.%
1	SiO <sub>2</sub>	11,400 (160)	13,810 (170)	7,990(140)	2,060(070)
2	TiO <sub>2</sub>	0,417(012)	0,825(025)	0,201(006)	0,112(003)
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,290(060)	9,100(080)	6,200(060)	2,630(040)
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,860(050)	0,828(029)	0,870(030)	0,178(006)
5	MnO	0,010(0)	0,010(0)	0,004(0)	0,002(0)
6	CaO	0,426(015)	0,125(005)	0,175(006)	0,079(003)
7	MgO	0,127(004)	0,098(003)	0,253(008)	0,061(002)
8	Na <sub>2</sub> O	0,129(006)	0,144(007)	0,557(029)	0,988(049)
9	K <sub>2</sub> O	0,356(018)	0,162(008)	0,193(010)	0,013(001)
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,049(003)	0,017(001)	0,029(001)	0,035(002)
11	SO <sub>3</sub>	2,040(007)	1,330(060)	1,530(060)	0,851(042)
12	LOI	76,750	73,190	81,770	92,870
13	ZnO	0,005(0)	0,011(0)	0,003(0)	0,003(0)
14	PbO				
15	NiO	0,003(002)	0,103(004)		0,003(002)
16	ZrO <sub>2</sub>	0,018(001)	0,036(001)	0,012(001)	0,015(001)
17	Cs <sub>2</sub> O	0,019(004)	0,021(005)	0,010(002)	0,012(0040)
18	CuO	0,003(0)	0,011(0)	0,002(0)	0,002(0)
19	AS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			0,001(0)	
20	SrO	0,015(001)	0,004(0)	0,006(0)	0,009(0)
21	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,016(0)	0,035(001)	0,005(001)	0,008(0)
22	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,007(005)	0,078(053)	0,003(0)	0,004(0)
23	CO <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,001(0)	0,005(0)	0,001(0)	
24	Ag <sub>2</sub> O				
25	Cl	0,041(002)	0,033(002)	0,020(001)	0,050(003)
26	Rb <sub>2</sub> O	0,003(0)	0,001(0)		
27	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,001(0)	0,003(0)	0,000(0)	0,001(0)
28	RuO <sub>4</sub>				0,003(0)
29	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
30	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,003(003)	0,005(0)	0,002(0)	0,002(0)
31	Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				0,001(0)
32	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			0,002(001)	
33	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,002(002)	0,004(0)	0,001(0)	0,001(0)
34	CeO <sub>2</sub>		0,003(001)		
35	Rh <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			0,146(016)	0,001(0)
Jumlah		99,989	99,992	99,982	99,992



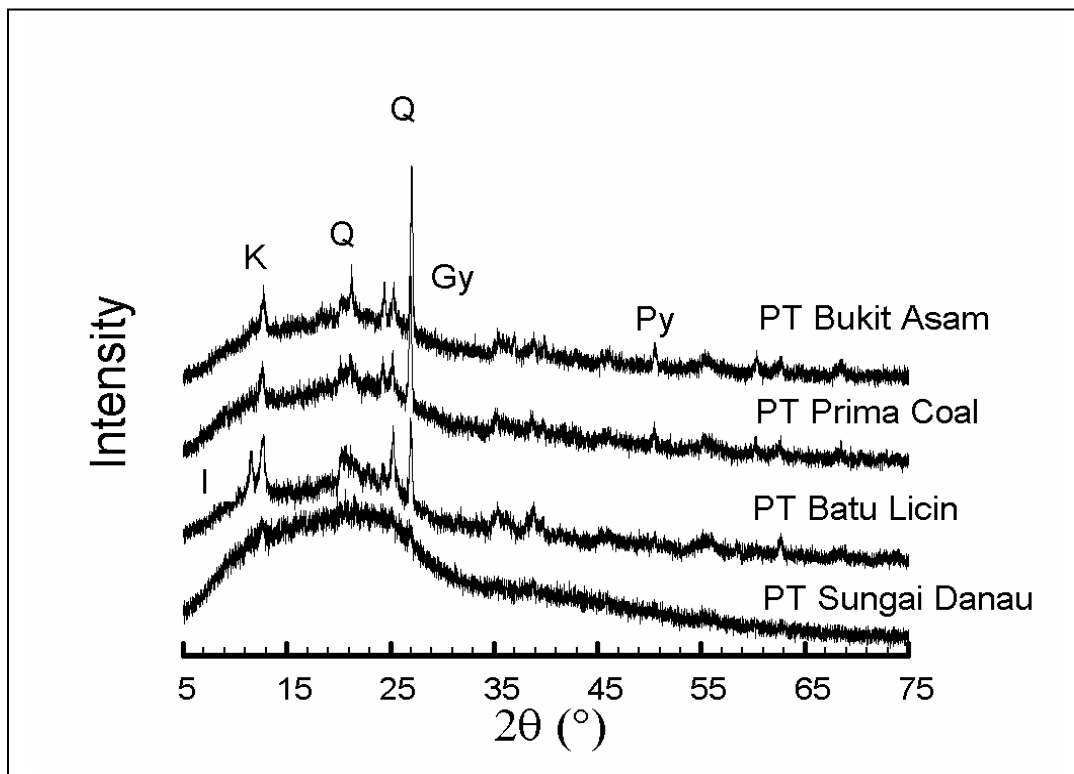
**Catatan** : nilai didalam kurung menunjukkan harga standar deviasi dari kekiri.

Analisa secara kualitatif baik menggunakan prosedur Search-Match serta dibuktikan dengan metode Rietveld maka dapat diidentifikasi mineral utama yang terkandung didalam batubara antara lain: quartz (Q), Kaolinite (K), ilite (I) dan pyrite (Py) dan jarosite-group mineral (J). Gambar 4.2 menyajikan XRD diffraktogram untuk batu bara dari berbagai sumber. Dari grafik terlihat bahwa batubara dari PT Sungai Danau memiliki komposisi utama gelas seperti terlihat dari grafik dengan data grafik background yang melengkung, sementara kaolinite merupakan komponen mineral yang utama. Akan tetapi secara umum batubara lokal memiliki struktur gelas seperti pada grafik.



**Grafik 1.** Grafik hasil pengukuran XRD pada batubara dari berbagai sumber. Puncak intensitas ditandai dengan huruf Gy (gypsum), I (illite), J (jarosite), K (kaolinite), P (pyrite) dan Q (quartz).

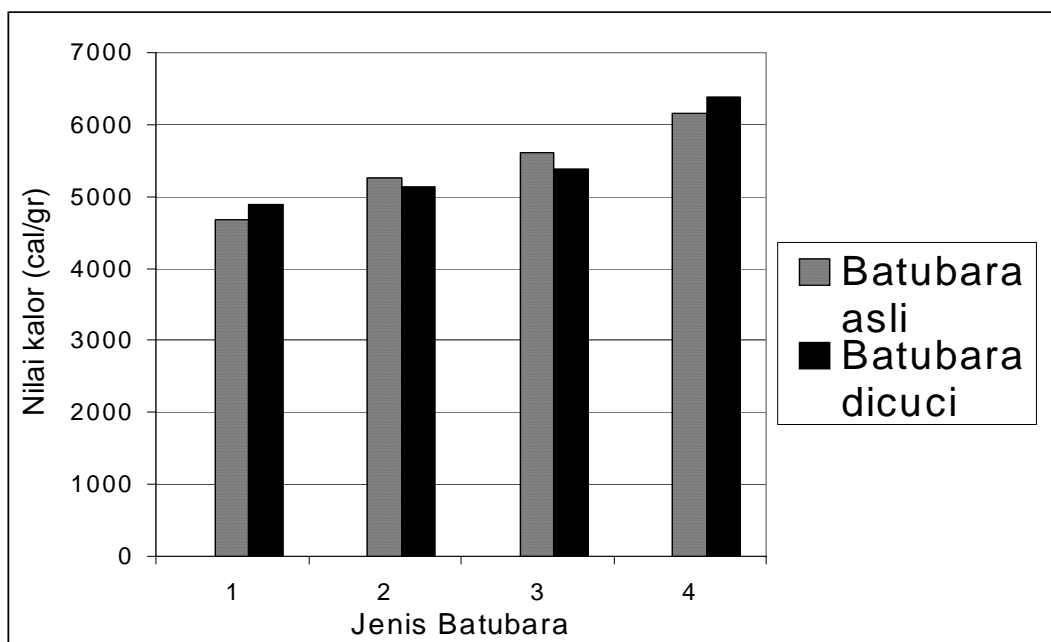
Selanjutnya seperti terlihat dari grafik bahwa ada kandungan mineral quartz cukup tinggi didalam batubara PT Bukit Asam maupun PT Prima Coal, sedangkan kadar kaolinite cukup tinggi berada pada batubara dari PT Batu Licin. Dalam hubungannya dengan proses pencucian dengan air sesuai dengan prosedur yang diuraikan pada bagian terdahulu dan hasilnya disajikan dalam grafik 2. Dari grafik terlihat beberapa mineral tetap berada didalam batubara, sehingga proses pencucian dengan air tidak akan merubah struktur mineral yang ada.



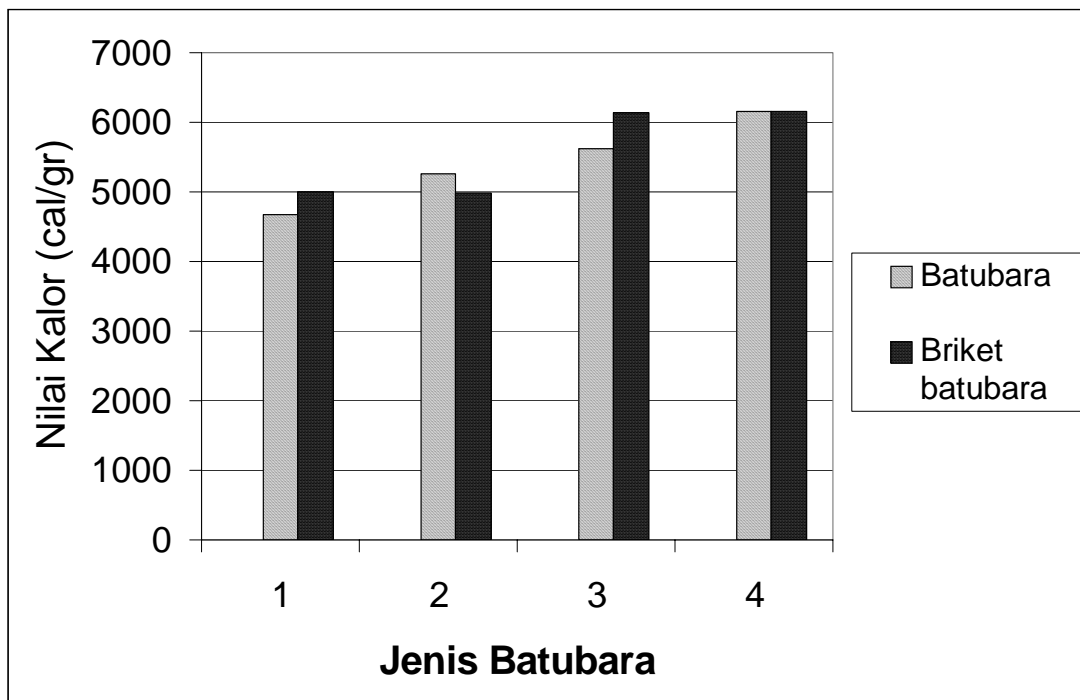
**Grafik 2.** Grafik hasil pengukuran XRD pada batubara setelah mengalami pencucian air. Puncak intensitas ditandai dengan huruf Gy (gypsum), I (illite), J (jarosite), K (kaolinite), P (pyrite) dan Q (quartz).

### 3.4 Nilai Kalor Batubara

Nilai kalor batubara diukur dengan Bomb kalorimeter dan hasilnya disajikan dalam grafik 3. Terlihat dari grafik bahwa batu bara dari PT Sungai Danau memiliki nilai kalor yang paling tinggi lebih dari 6000 cal/gr, hal ini sesuai dengan hasil pengujian pada XRF, dengan nilai LOI yang paling tinggi. Secara umum batubara dari Indonesia dapat dikategorikan batubara muda atau kalori rendah. Untuk meningkatkan nilai kalor maka dilakukan pencucian dengan air untuk menghilangkan mineral dan sulfur. Namun demikian hasil yang dicapai tidak mengalami peningkatan nilai kalor yang signifikan sehingga perlu dilakukan alternatif proses pencucian lain. Untuk proses pengujian bahan bakar batubara sebagai pembangkit tenaga, maka dilakukan pembuatan briket. Dalam hal ini bahan poly-ethelene (PE) dan molase dipilih sebagai bahan pengikat, hasil pengujiannya disajikan didalam grafik 4. Jika dibandingkan dengan nilai kalor didalam grafik 3, untuk batubara yang sama maka ada peningkatan nilai kalor sebesar 5-10 %, akan tetapi hasil ini belum maksimal mengingat masih masuk dalam kategori nilai kalor rendah.



**Gambar 3.** Grafik hasil pengujian nilai kalor bahan bakar batubara dengan Bomb Kalorimeter. Catatan: 1: PT Bukitasm, 2: PT Batu Licin, 3: PT Prima Coal dan 4:PT Sungai Danau.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengujian nilai kalor bahan bakar batubara dengan Bomb Kalorimeter. Catatan: 1: PT Bukitasm, 2: PT Batu Licin, 3: PT Prima Coal dan 4:PT Sungai Danau.

### 3.5 Pengujian Pembakaran

Untuk melakukan pengujian pembakaran maka batubara serbuk dibuat briket. Dari pertimbangan diatas bahwa pemberian bahan pengikat dapat meningkatkan nilai

kalor bahan bakar briket. Dalam hal ini tentu saja perlu mengetahui mudah dan tidaknya penyalaan bahan bakar ini. Briket batubara dengan campuran PE dilakukan dengan proses pengepresan dan disinter pada suhu 150 °C selama 1 jam. Percobaan pembakaran ini dilakukan untuk mengetahui kualitas batubara dalam hal proses penyalaan dan pembakaran. Hasil secara umum dapat disajikan dalam tabel 2 berikut:

Dari tabel 2 terlihat bahwa briket batubara dengan bahan perekat polyethelene (PE) memberikan waktu penyalaan yang relatif cepat dengan lama penyalaan relatif pendek. Sebaliknya briket batubara dengan bahan campuran molase memberikan waktu penyalaan dan pembakaran yang relatif lama. Sehingga campuran dengan PE dapat memberikan bahan bakar batubara yang relatif baik.

**Tabel 2.** Hasil pengujian briket batubara

**Briket batubara campuran Polyethylene PT. KPC Prima Coal berat 5 gram**

Suhu Sintering	Menyala	Mati	Sifat Abu
150°C 1 jam	31 detik	46 menit 44 detik	Abu berwarna kecoklatan dan abu sisa pembakaran hancur sehingga tidak dapat diangkat

**Briket campuran Polyethylene PT. Sungai Danau berat 5 gram**

Suhu Sintering	Menyala	Mati	Sifat Abu
150°C 1 jam	30 detik	44 menit 1 detik	Abu berwarna kecoklatan dan abu sisa pembakaran hancur sehingga tidak dapat diangkat

**Batubara PT Batu Licin Perekat Molase 150°C 1 jam berat 5 gram**

Menyala	Mati	Sifat Abu
2 menit 30 detik	48 menit 62 detik	abu berwarna keabu-abuan dan abu sisa pembakaran padat sehingga masih dapat diangkat

**Batubara PT Bukit Asam perekat Molase 150°C 1 jam berat 5 gram**

Menyala	Mati	Sifat Abu
2 menit 8 detik	61 menit 27 detik	abu berwarna kecoklatan dan abu sisa pembakaran padat sehingga masih dapat diangkat

*3.6 Pembahasan*

Analisa pengaruh sifat fisik dan struktur mineral terhadap sifat pembakaran batubara lokal telah memberikan informasi penting mengenai kualitas batubara lokal dalam aspek struktur mineral dan nilai kalornya. Batubara lokal umumnya dikategorikan batubara muda dengan nilai kalor rendah (6000 cal/gr). Dari percobaan pemisahan mineral tidak meningkatkan nilai kalor secara signifikan. Selanjutnya pencampuran dengan bahan perekat seperti PE (polyethelene) juga tidak memberikan peningkatan nilai kalornya. Didalam menurunkan pengaruh lingkungan oksidasi didalam ruang pembakaran, maka materi mineral didalam batubara mengalami berbagai transformasi selama pembakaran (5). Sebagai contoh tanah liat (Clays) ditransformasikan kedalam aluminosilicates maupun mullite ( $Al_6Si_2O_{13}$ ), sementara calcite berubah menjadi calcium oxide, akan tetapi quartz mungkin tidak berubah. Selanjutnya didalam sistem campuran  $Al_2O_3-SiO_2-FeO-CaO-K_2O$ , materi akan sebagian mencair pada suhu  $900\text{ }^{\circ}C$ . Illite adalah fasa pertama yang sebagian dikonversi menjadi bentuk cair (5). Sisa materi mineral akan ditransformasikan secara langsung kedalam abu didalam zona pembakaran. Tergantung pada temperature-time history, maka partikel abunya akan berbentuk bulat atau semi bulat (8). Distribusi ukuran dari abu ini tergantung pada distribusi ukuran materi mineral lanjut. Intrinsic materi mineral membentuk partikel kecil abu didalam pori-pori arang ketika arang terbakar berlangsung, selanjutnya materi mineral berbenturan pada permukaan arang. Seringkali terbentuk cenospheres (hollow glass-like spheres). Distribusi abu ini tergantung pada temperature-time history didalam zona pembakaran.

#### **4. Kesimpulan**

Penelitian ini telah mengkaji karakter batubara Indonesia diambil dari sumber lokal yang tersebar di berbagai pulau. Sifat fisik, komposisi kimia dan struktur mineral batubara telah dievaluasi. Temuan yang utama dan kesimpulan dari karakter bulk-batubara dapat disajikan berikut ini:

- Batubara dari PT Sungai Danau memiliki kandungan senyawa kimia yang dominan  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$ , sebaliknya kadar sulfur relatif rendah.
- Harga LOI yang paling besar dimiliki oleh batubara dari PT Sungai Danau dengan harga 92,87 %, kemudian diikuti PT Prima Coal, PT Batu Licin dan PT Bukit

Asam. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kalorimeter yang memberikan harga nilai kalor paling tinggi untuk batubara dari PT Sungai Danau.

- Komposisi mineral batubara lokal terdiri kaolinite, quartz diikuti berturut-turut illite, jarosite dan pyrite. Namun demikian batubara lebih banyak mengandung gelas dimana terlihat dari data XRD.
- Pengujian dengan bomb kalorimeter menunjukkan bahwa batubara dari sumber lokal termasuk dalam kategori nilai kalor rendah (5000 – 6000 cal/gr). Data ini juga sesuai dengan hasil pengujian dengan metode XRF.
- Proses pencucian dengan air tidak meningkatkan secara signifikan nilai kalornya. Disamping itu penambahan bahan perekat (PE) dengan batubara serbuk dapat menghasilkan proses penyalaan yang relatif cepat dan juga waktu pembakaran yang pendek.

Agar didapat hasil yang lebih akurat, maka disarankan :

- Untuk mengidentifikasi mineral khususnya karbon secara akurat maka perlu menggunakan metode spektrometry. Metode ini telah banyak digunakan oleh para peneliti dalam mengidentifikasi mineral karbon.
- Untuk proses pemisahan mineral sebaiknya dicari alternatif lain dengan mempertimbangkan faktor kelarutan mineral didalam media pemisah.

### **Ucapan Terimakasih**

Penelitian ini dibiayai oleh Fakultas Teknik Universitas Diponegoro sesuai dengan surat Perjanjian Nomor 3994/H7.1.31/PG/2008 tanggal 28 Mei, Tahun 2008. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu selesainya penelitian ini khususnya mahasiswa S1 teknik mesin, Dhanu Prima S (No MHS: L2E003402) dan Muflikhudin (No MHS: L2E003436).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Burdukov, A. P., Konovalov, V. V. and Yusupov, T. S. (2002). Prospects for use of micronized coal in power industry. *Thermal Science*, **6**, 29-42.
- [2] Caglioti, G., Paoletti, A. and Ricci, F. P. (1958). Choice of Collimator for a Crystal Spectrometer for Neutron Diffraction. *Nuclear Instrumental Methods*, **35**, 223-228.
- [3] Fajardo, M., Mojicab, J., Barraza, J., P´erez Alc´azar G.A. and Tabares. J.A (1999). Mineral identification in Colombian coals using M´ossbauer spectroscopy and X-ray diffraction Hyperfine Interactions, **122**, 129–138
- [4] Harvey, R.D and Ruch, R.R. (1986). Mineral Matter Other U.S. Coals, p.p. 10-40, in *Mineral Matter ACS Symposium Series 301*, American Chemical Society.
- [5] Huffman, G.P. and Huggins, F.E. (1986). Reactions and Transformations of Coal Mineral Matter at Elevated Temperatures, pp.100-113, in *Mineral Matter and Ash in Coal*, ACS Symposium Series 301, Am.Chem.Soc.
- [6] Inorganic Crystal Structure Database (ICSD). (1999). FIZ Karlsruhe and Gmelin-Institute, Germany.
- [7] Komnitsas, K., Stouraiti, C. and Paspaliaris, I. (2001). Sulfur Removal from coal beneficiation wastes. CEST Conference, Syros, Greece.



- [8] Raask, E. (1986). Vitrification and Sintering Characteristics of Silicate Ash, pp.138-155 in Mineral Matter and Ash in Coal, ACS Symposium Series 301, Am. Chem. Soc.
- [9] Rietveld H.M (1969). A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structures. *Journal of Applied Crystallography*, **2**, 65-71.
- [10] Taylor, J.C. and Clapp, R.A. (1992). *New Features and Advances Applications of SIROQUANT<sup>TM</sup>: A Personal Computer XRD Full Profile Quantitative Analysis Software Package*. *Advances in X-Ray Analysis*, **35**, 48-55.