

ISSN 1410 - 6841



# POROS

*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*

Volume 10 Nomor 3, Juli 2007

Terakreditasi No. 23a/DIKTI/Kep/2004



<b>POROS</b>	<b>Volume 10</b>	<b>Nomor 3</b>	<b>Halaman 147 - 219</b>	<b>Jakarta Juli 2007</b>	<b>ISSN 1410 - 6841</b>
--------------	------------------	----------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------

**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara**



# POROS

*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*

Volume 10 Nomor 3, Juli 2007

**TERAKREDITASI**

No. 23a/DIKTI/Kep/2004

## DEWAN REDAKSI

- Pelindung** : Dekan Fakultas Teknik
- Ketua** : Ir. Sofyan Djamil, M.Si.
- Penyunting Ahli** : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika D., Dipl. Ing.  
 Prof. Dr. Ir. Eddy S. Siradj, M.Sc. Eng.  
 Dr. Ir. Erry Y. T. Adesta, C.Eng, MIMech E, IPM  
 Dr. Ir. Danardono A.S.  
 Ir. Lamto Widodo, M.T.
- Penyunting Pelaksana** : Agustinus Purna Irawan, S.T., M.T.  
 Delvis Agusman, S.T., M.Sc.  
 Harto Tanujaya, S.T., M.T.  
 I Wayan Sukania, S.T., M.T.
- Sekretariat** : Endro Wahyono
- Penerbit** : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
 Universitas Tarumanagara
- Alamat Redaksi** : Jalan Let. Jend. S. Parman No. 1, Jakarta 11440  
 Telp. (021) 5638358 - 5663124 - 5672548, Fax. (021) 5663277  
 E-mail : [ftmesin@cbn.net.id](mailto:ftmesin@cbn.net.id) atau [mesin@tarumanagara.ac.id](mailto:mesin@tarumanagara.ac.id)

Jurnal Ilmiah Poros terbit sejak bulan Januari 1998 dengan frekuensi 4 (empat) kali dalam setahun (Januari, April, Juli dan Oktober) ini, diharapkan dapat menjadi salah satu sarana para profesional (dari dunia usaha, pendidikan dan peneliti) untuk mengembangkan profesi dan berpartisipasi serta menyebarkan perkembangan tentang iptek bidang teknik mesin melalui publikasi hasil penelitian.

## EDITORIAL

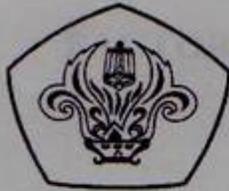
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin "POROS", telah diakreditasi DIKTI dengan No. 23a/DIKTI/Kep/2004. Pada edisi ini jurnal menampilkan 9 (sembilan) buah karya tulis hasil penelitian yang berasal dari berbagai perguruan tinggi dan instansi pemerintah.

Karya tulis ilmiah yang disajikan pada edisi ini diawali oleh J.J. Luthan dengan judul makalah "*On the prediction and usage of operational fouling factor based on Kern-Seaton method*", Wibawa Endra Juwana bersama kawan-kawan dengan judul makalah "*Uji stabilitas dan rheologi campuran biomasa-minyak (CBM) untuk aplikasi pembakaran*", Rudi Hartono bersama Yazid Bindar dengan judul makalah "*Pengaruh konfigurasi aliran dalam perpindahan panas untuk alat penukar panas jenis pelat*", Nukman bersama Suhardjo Poertadji dengan judul makalah "*Peningkatan nilai kalori batubara semi antrasit dengan aglomerasi air-minyak sawit*", Djuhana bersama Bambang Herlambang dengan judul makalah "*Verifikasi akurasi sumbu  $x$  suatu mesin frais (milling NC) menggunakan balok ukur (gauge block) berdasarkan standar BS 4656*", Nurdin dengan judul makalah "*Pengaruh besar butir arang dan holding time terhadap peningkatan kekerasan permukaan baja karbon rendah AISI 1025*", Komang Nelly Sundari dengan judul makalah "*Pemanfaatan batuan lahar Gunung Agung, Bali sebagai bahan mentah glasir stoneware yang unik*", dan Lina Gozali dengan judul makalah "*Usulan metoda penugasan (assignment) dan keseimbangan beban kerja dalam penugasan asisten pada laboratorium fisika dasar Universitas Trisakti*".

Untuk edisi mendatang kami sangat mengharapkan peran serta rekan-rekan sejawat dalam mengisi jurnal ini, demi terciptanya saling tukar informasi hasil penelitian dan terpenuhinya penerbitan jurnal POROS secara berkala.

Jakarta, Juli 2007

S. D



## DAFTAR ISI

### Hasil Penelitian

- 147 – 158 On the prediction and usage of operational fouling factor based on Kern-Seaton method  
*J.J. Luthan*
- 159 – 166 Uji stabilitas dan rheologi campuran biomasa-minyak (CBM) untuk aplikasi pembakaran  
*Wibawa Endra Juwana, Tri Istanto dan Suyitno*
- 167 – 177 Pengaruh konfigurasi aliran dalam perpindahan panas untuk alat penukar panas jenis pelat  
*Rudi Hartono dan Yazid Bindar*
- 178 – 186 Peningkatan nilai kalori batubara semi antrasit dengan aglomerasi air-minyak sawit  
*Nukman dan Suhardjo Poertadji*
- 187 – 193 Verifikasi akurasi sumbu x suatu mesin frais (*milling NC*) menggunakan balok ukur (*gauge block*) berdasarkan standar BS 4656  
*Djuhana dan Bambang Herlambang*
- 194 – 201 Pengaruh besar butir arang dan holding time terhadap peningkatan kekerasan permukaan baja karbon rendah AISI 1025  
*Nurdin*
- 202 – 209 Pemanfaatan batuan lahar Gunung Agung, Bali sebagai bahan mentah glasir *stoneware* yang unik  
*Komang Nelly Sundari*
- 210 – 219 Usulan metoda penugasan (*assignment*) dan keseimbangan beban kerja dalam penugasan asisten pada laboratorium fisika dasar Universitas Trisakti  
*Lina Gozali*

# PENINGKATAN NILAI KALORI BATUBARA SEMI ANTRASIT DENGAN AGLOMERASI AIR - MINYAK SAWIT

Nukman<sup>1)</sup> dan Suhardjo Poertadji<sup>2)</sup>

**Abstract:** *Calorific value of semi anthracite coal could be improved by decreasing of ash content by using agglomeration method. A fraction of coal with 13.25% ash and 7482 kcal/kg calorific value, be mixed with water and palm oil or also crude palm oil (CPO) to be agitated in a stainless steel cylinder to produce agglomerates. The product is clean coal, with lower ash content (3.19%) and higher calorific value (8392 kcal/kg).*

**Keywords:** *Agglomeration method, semi antrasit coal, ash, calorific value.*

## PENDAHULUAN

Batubara banyak dipakai dalam industri berskala besar, terutama pada pembangkit tenaga listrik, pabrik semen, serta industri lain yang memerlukan proses pemanasan seperti pabrik pengecoran dan pengolahan besi baja. Di dunia ketiga, batubara banyak digunakan dalam rumah tangga untuk memasak dan pemanasan ruang (*World Coal Institute, 2000*).

Pada saat ini teknologi batubara diarahkan kepada Teknologi Batubara Bersih (*Clean Coal Technology*), yang merupakan suatu teknologi yang diharapkan dapat mengatasi dampak dari pembakaran batubara. Pembakaran batubara akan menghasilkan dampak lingkungan yang cukup besar. Hal ini terjadi karena hasil pembakarannya akan menghasilkan emisi gas yang dapat membahayakan kehidupan di dunia. Emisi gas buang tersebut antara lain Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), dan Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub> = NO<sub>2</sub> dan NO<sub>3</sub>) (Speight, 1994). Selain daripada emisi, pembakaran batubara juga akan menghasilkan abu yang terdiri dari abu terbang (*fly ash*) dan abu mengendap (*bottom ash*). Dengan semakin terbatasnya sumber energi didunia, maka saat ini diperlukan suatu cara baru untuk dapat memakai batubara secara bijaksana. Salahsatu cara tersebut antara lain adalah memanfaatkan sumber energi yang ada seefisien mungkin.

Minyak sawit yang terdapat melimpah di Indonesia, merupakan salah satu jenis minyak nabati, yang selain dapat digunakan sebagai minyak goreng untuk memasak, juga merupakan sumber energi terbarukan. Pada saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang pemanfaatan minyak sawit ini.

Di Indonesia batubara jenis semi antrasit terdapat dalam jumlah yang sangat terbatas yaitu 0,4% dari total jenis batubara lainnya (Fauji, 2003). Salah satu parameter kualitas batubara adalah nilai kalori. Nilai kalori atau kadang-kadang disebut energi spesifik, ditentukan dengan cara membakar sejumlah sampel batubara halus di dalam peralatan *bomb* kalorimeter adiabatik. Nilai Kalori dari batubara adalah suatu petunjuk langsung dari kandungan kalor (nilai energi) dari batubara. Usaha pengurangan kadar abu dan kadar sulfur pada batubara, selain menghilangkan unsur pencemar, juga merupakan usaha menaikkan nilai kalori batubara itu sehingga dapat memberikan nilai tambah yang mirip dengan batubara kualitas tinggi (Ismail, 1995).

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

<sup>2)</sup> Program Pascasarjana Ilmu Material, FMIPA, Universitas Indonesia

Kelapa sawit adalah tumbuhan tropis yang merupakan tanaman dengan nilai ekonomis yang tinggi yang dapat dibuat menjadi minyak nabati. Saat ini Indonesia merupakan salahsatu produsen minyak sawit utama di dunia. Minyak sawit yang didapat dari pengolahan kelapa sawit merupakan salah satu jenis minyak nabati yang merupakan salah satu sumber energi terbarukan. Minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*) adalah jenis minyak lemak mentah (*Crude Fatty Oil/Crude Vegetable Oil*) yang belum melalui proses lanjutan yang dapat dipakai sebagai minyak goreng (Soerawidjaja, 2005). Sedangkan minyak sawit atau yang dikenal dengan minyak goreng sawit adalah hasil produk dari proses lanjutan minyak sawit mentah.

Nilai kalori batubara dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi kadar abu yang terkandung di dalamnya. Abu dan sulfur merupakan elemen-elemen *impurities* (kotoran pengganggu), di samping kotoran lainnya seperti tanah, batuan, mineral, dan lain-lain. Abu dapat dikurangi dengan cara pencucian serbuk batubara.

## TINJAUAN PUSTAKA

Metode aglomerasi dengan campuran air dan minyak merupakan suatu teknik pencucian untuk me *recovery* dan mengeliminasi abu dari batubara (Robbins, 1992; Valdes, 2006). Proses Aglomerasi minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang disebut aglomerat yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara baik batubara jenis antrasit, sub bituminus ataupun bituminus.

Tiap aglomerat dapat mengandung bagian-bagian kecil batubara yang bervariasi dalam ukuran dari 2 mm sampai beberapa mikrometer, dan memiliki kekuatan melekat yang cukup besar untuk tetap utuh (Osborne, 1988).

Batubara bersifat *lipophilic (oil loving)* yang berarti menyerap minyak dan disisi lain batubara juga bersifat *hydrophobic (water hating)*. Oleh karena itu, metode aglomerasi air-minyak sawit dapat diterapkan untuk mengurangi kadar abu. Akibat berkurangnya kadar abu yang merupakan kotoran pada batubara, maka kadar karbon akan meningkat yang dengan sendirinya akan terjadi kenaikan nilai kalori.

Batubara pada mulanya dicuci dengan air dalam satu tabung, setelah terjadi pemisahan abu yang melekat pada permukaan batubara, maka sejumlah tertentu minyak sawit ditambahkan. Guna dari minyak sawit ini adalah untuk mengisi pori-pori batubara yang akan menghalangi kembalinya abu melekat pada permukaan batubara. Karena kotoran akan mengendap pada dasar tabung, maka aglomerat akan timbul dipermukaan air (prinsip berat jenis dan tegangan permukaan). Dengan sendirinya, maka proses akhir dari aglomerasi ini adalah mendapatkan suatu produk aglomerat berupa gumpalan batubara yang bersih dari abu.

## TATA KERJA

Batubara semi antrasit adalah bahan baku sampel dari PT Tambang Batubara Bukit Asam, tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan. Sedangkan media minyaknya adalah minyak goreng sawit yang dibeli di pasaran merek Filma, dan minyak mentah sawit (*CPO-Crude Palm Oil*) yang didapat dari pabrik pengolahan kelapa sawit Tania Selatan di Kabupaten Ogan Ilir Sumatera Selatan. Nilai Kalori minyak goreng sawit 11510 kkal/kg dan minyak sawit mentah 9565 kkal/kg, dan kadar sulfur nol (Sajoeti, 1991).

Alat untuk proses aglomerasi dibuat khusus yang terdiri dari silinder yang dilengkapi dengan stir (Robbins, 1992), yang diputar pada kecepatan 1450 rpm. Keduanya dibuat dari baja tahan karat.

Batubara semi antrasit dihaluskan dengan *crusher* dan diayak dengan *sieve* (ayakan ukuran kecil untuk laboratorium) hingga didapat partikel 40 *mesh* (0,425 mm) sampai 50 *mesh* dan 60 *mesh* (0,15 mm) sampai 70 *mesh*. Dengan demikian ukuran partikel batubara yang diteliti adalah 40 dan 60 *mesh*. Sedangkan campuran air dan batubara adalah perbandingan antara berat 50, 75 dan 100 gram batubara yang masing-masing dicampur dengan 500 gr air. Adapun persen minyaknya adalah 5, 10 dan 15% pada masing-masing berat batubara 50, 75 dan 100 gram. Air 500 gr (500 ml) dimasukkan ke dalam tabung silinder dan diikuti dengan batubara halus, dan kemudian diaduk selama 4 menit. Pada awal menit ke lima minyak dimasukkan. Putaran stir dihentikan pada akhir menit kelima. Aglomerat yang terbentuk diambil, kemudian dikeringkan selama 24 jam di atas saringan, agar air yang terikut dapat dibuang.

Untuk pengukuran kadar abu dan nilai kalori, hasil proses aglomerasi yang merupakan campuran butiran halus batubara, sedikit air dan minyak, dipanaskan pada temperatur 110°C selama dua jam, yang tujuannya untuk meminimasi kadar air yang merupakan kadar *inherent moisture* (air di dalam pori-pori). Pengukuran kadar abu dilakukan dengan cara pembakaran 1 gram batubara di dalam *crucible* pada dapur *muffle* dengan temperatur 900°C. Untuk pengukuran nilai kalori digunakan *bomb* kalorimeter adibatis. Kedua pengukuran dilakukan pada kondisi *air dry basis* (*adb*).

Untuk selanjutnya akan digunakan istilah: “minyak sawit” untuk “minyak goreng sawit Filma”, dan “sawit mentah” untuk “minyak sawit mentah (CPO)”.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel-sampel dikodifikasi sesuai dengan perlakuan yang diberikan kepada sampel, atau bergantung pada ukuran partikel, persen padatan dan persen-jenis minyak. Yang tujuannya untuk kemudahan pendataan.

Kode setiap sampel: SAx Py Sz

Dengan pengertian:

SAx = batubara Semi Antrasit berukuran partikel x *mesh*

Py = persen Padatan (y gr batubara/100 gr air = y %)

Sz = z % minyak Sawit/berat batubara

SA<sub>tc</sub> adalah batubara tanpa dicuci.

C = CPO adalah sawit mentah

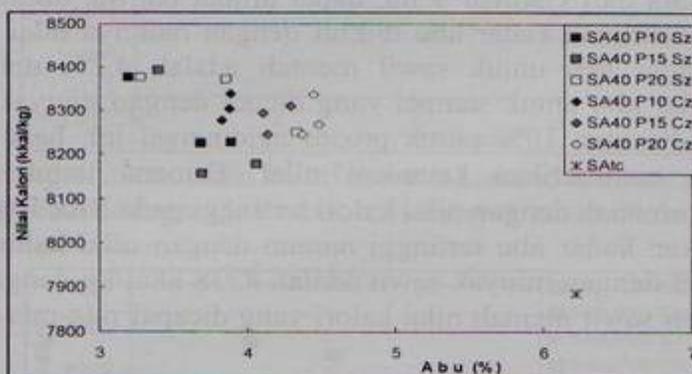
### Pengaruh Besar Ukuran Partikel Batubara

Besar ukuran partikel menunjukkan besarnya permukaan kontak partikel batubara dengan media campuran air- minyak sawit. Ukuran 60 *mesh* adalah ukuran partikel terkecil dari sampel. Diharapkan kadar abu yang terbuang akan lebih banyak pada ukuran 60 *mesh* dibandingkan dengan ukuran 40 *mesh*. Namun pada kenyataannya sulit diambil kesimpulan bahwa makin kecil ukuran partikel akan makin besar abu yang terbuang.

Pada Gambar 1 ini terlihat bahwa, sebaran dari data sampel yang dicuci dengan air-sawit mentah rata-rata membentuk pola distribusi mendatar sedangkan untuk data sampel batubara yang dicuci dengan minyak sawit cenderung miring. Terlihat bahwa nilai kalori terbesar dan kadar abu terkecil didapat dari sampel yang dicuci dengan media air-minyak sawit. Namun begitu, nilai kalori rata-rata yang terbesar terdapat pada sampel yang dicuci dengan media air-sawit mentah yaitu sebesar 8292 kkal/kg dengan deviasi 28 kkal/kg. Sedangkan kadar abu rata-rata terendah terdapat pada sampel dengan minyak sawit sebesar 3,71% dengan deviasi 0,29%,

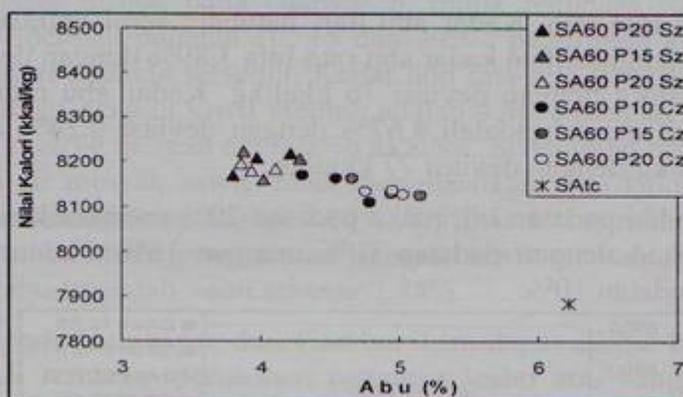
sedangkan pada sampel yang dicuci dengan sawit mentah kadar abu rata-ratanya adalah 4,15% dengan deviasi 0,21%.

Gambar 2 memberikan gambaran yang lebih jelas atas penurunan kadar abu untuk kedua jenis minyak pada partikel 60 mesh yang cukup signifikan. Tetapi perubahan atas kenaikan nilai kalori untuk kedua jenis minyak dapat dikatakan tidak terjadi perubahan yang cukup besar.



Gambar 1. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu untuk partikel batubara 40 mesh dengan padatan 10, 15 dan 20% yang dicucidengan minyak sawit dan sawit mentah.

Perubahan nilai kalori yang tidak begitu besar ini ditunjukkan pada nilai kalori untuk kedua jenis minyak sebesar 8194 kkal/kg dengan deviasi 18 kkal/kg untuk minyak sawit dan 8138 kkal/kg dengan deviasi 18 kkal /kg untuk sawit mentah. Untuk kadar abu, sampel batubara semi antrasit dengan minyak sawit, perubahan kadar abunya tidak begitu besar, yang ditunjukkan oleh sebaran data-data pada gambar. Namun untuk sampel yang dicuci dengan sawit mentah, perbedaan kadar abu diantaranya cukup besar. Kadar abu rata-rata untuk sampel dengan minyak sawit sebesar 4% dengan deviasi 0,13% dan untuk sampel dengan sawit mentah sebesar 4,70% dengan deviasi 0,20%.



Gambar 2. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu untuk ukuran partikel batubara 60 mesh dengan padatan 10, 15 dan 20% yang dicuci dengan minyak sawit dan sawit mentah.

Dari kedua gambar tersebut dapat disimpulkan ukuran partikel 40 dan 60 mesh yang dicuci dengan minyak sawit dan sawit mentah tidak memberikan perubahan nilai kalori yang cukup besar. Sedangkan untuk kadar abu, sampel partikel 60 mesh yang dicuci dengan sawit mentah memberikan sebaran data yang cukup besar, yang berarti bahwa sawit mentah lebih banyak melapisi permukaan partikel.

Pembahasan di atas menunjukkan bahwa ukuran partikel batubara sangat berpengaruh terhadap banyaknya kadar abu yang dapat dibuang dan berpengaruh terhadap kenaikan nilai kalori.

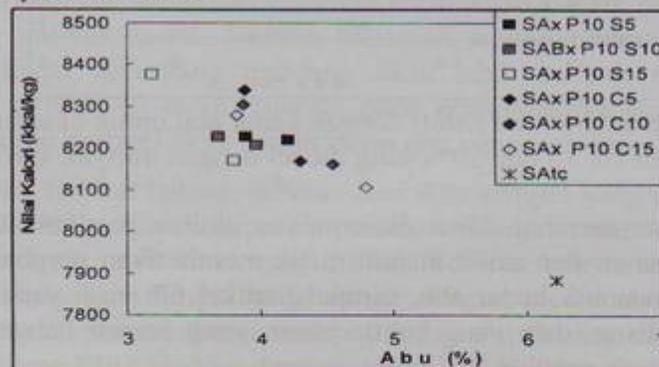
### Pengaruh Persen Padatan

Melihat sebaran data dari Gambar 3 ini, dapat dilihat bahwa, untuk sampel yang dicuci dengan sawit mentah penurunan kadar abu diikuti dengan naiknya nilai kalori dari batubara. Rata-rata penurunan kadar abu untuk sawit mentah adalah 4,2% dengan deviasi 0,34%. Sedangkan rata-rata kadar abu untuk sampel yang dicuci dengan minyak sawit adalah 3,79% dengan deviasi 0,24%. Padatan 10% untuk proses aglomerasi ini, baik untuk minyak sawit maupun sawit mentah memberikan keunikan nilai. Dimana untuk 15% minyak sawit memberikan kadar abu terendah dengan nilai kalori tertinggi pada SAx P10 S15 dan untuk 15% sawit mentah memberikan kadar abu tertinggi namun dengan nilai kalori terendah. Rata-rata nilai kalori untuk sampel dengan minyak sawit adalah 8238 kkal/kg dengan deviasi 46 kkal/kg dan untuk sampel dengan sawit mentah nilai kalori yang dicapai rata-rata 8227 kkal/kg dengan deviasi 80 kkal/kg.

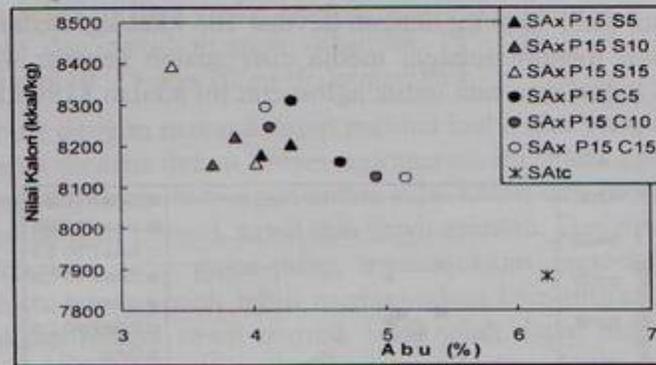
Dari Gambar 4 ini, terlihat bahwa ada kecenderungan untuk sampel yang dicuci dengan sawit mentah, turunnya kadar abu diikuti oleh naiknya nilai kalori pada batubara semi antrasit padatan 15%. Dengan 15% minyak sawit, maka batubara dengan padatan 15% yang diproses aglomerasi ini menghasilkan kadar abu terendah yaitu 3,39% dan nilai kalori tertinggi sebesar 8392 kkal/kg. Berbeda halnya dengan sawit mentah, dengan 15% sawit mentah yang diberikan kepada batubara padatan 15%, maka tersisa kadar abu rata-rata pada aglomerat sebesar 4,55% dengan deviasi 0,37% serta nilai kalori rata-rata sebesar 8211 kkal/kg dengan deviasi 73 kkal/kg.

Dari Gambar 5, ini dapat terlihat bahwa minyak sawit sebagai media aglomerasi dapat menurunkan kadar abu lebih rendah dibandingkan dengan bila memakai sawit mentah. Begitu juga halnya dengan nilai kalori yang meningkat lebih besar dibandingkan dengan bila padatan 20% dari batubara bila memakai sawit mentah. Kedua hal ini dapat ditunjukkan oleh kadar abu rata-rata dan nilai kalori rata-rata. Kadar abu dari batubara semi antrasit padatan 20% yang memakai minyak sawit menghasilkan kadar abu rata-rata 3,89% dengan deviasi 0,23% dan nilai kalori rata-rata 8259 kkal/kg dengan deviasi 76 kkal/kg. Kadar abu rata-rata untuk batubara yang dicuci dengan sawit mentah adalah 4,67% dengan deviasi 0,24% dan nilai kalori rata-ratanya adalah 8208 kkal/kg dengan deviasi 77 kkal/kg.

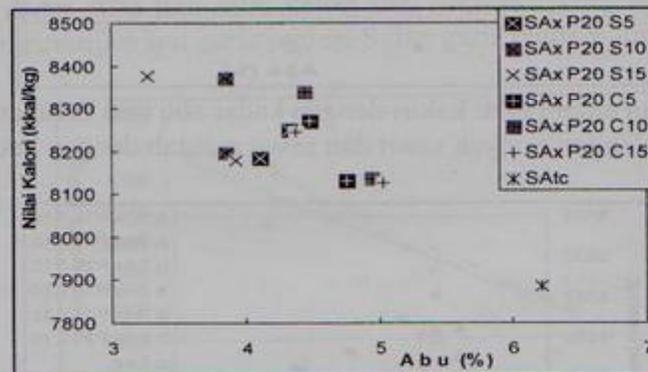
Melihat ketiga kondisi padatan ini, maka padatan 20% memberikan nilai kalori rata-rata yang terbesar dibandingkan dengan padatan 10% maupun 15%. Namun kadar abu rata-rata terendah terdapat pada padatan 10%.



Gambar 3. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu untuk padatan 10% dari batubara yang dicuci dengan 5, 10 dan 15% minyak sawit dan sawit mentah.



Gambar 4. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu untuk padatan 15% dari batubara yang dicuci dengan 5, 10 dan 15% minyak sawit dan sawit mentah.



Gambar 5. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu untuk padatan 20% yang dicuci dengan 5, 10 dan 15% minyak sawit dan sawit mentah.

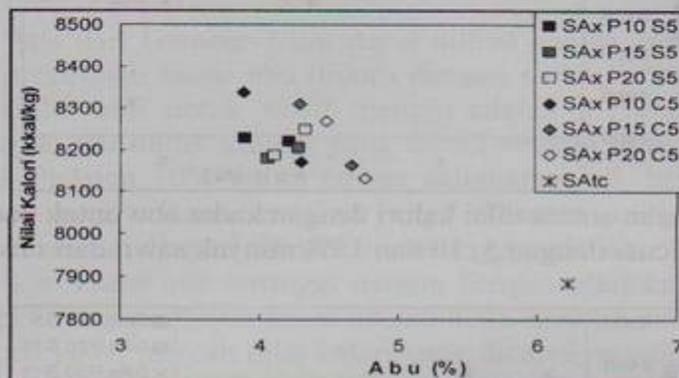
### Pengaruh Kadar Minyak

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6, untuk batubara yang dicuci dengan sawit mentah sebanyak 5% dengan padatan 10, 15 dan 20% , penurunan kadar abu ternyata diikuti oleh naiknya nilai kalori padatan tersebut. Kadar abu rata-rata yang tertinggal pada aglomerat dari batubara yang dicuci dengan sawit mentah adalah 4,40% dengan deviasi 0,24% serta nilai kalori rata-rata 8230 kkal/kg dengan deviasi 76 kkal/kg. Sedangkan batubara semi antrasit yang dicuci dengan media air minyak sawit telah menghasilkan nilai kalori tertinggi sebesar 8249 kkal/kg dan kadar abu terendahnya adalah 3,89%. Terlihat dari gambar ini, nilai kalori tertinggi dicapai aglomerat dari batubara yang dicuci dengan sawit mentah (8339 kkal/kg) dan kadar abunya adalah kadar abu terendah yaitu sebesar 3,88%.

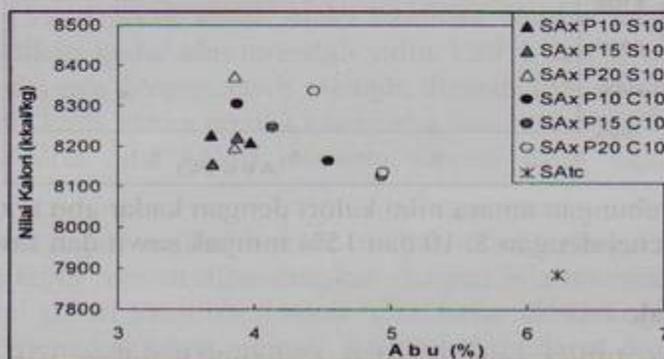
Seperti halnya pada Gambar 6, dari Gambar 7 ini dapat dilihat bahwa sawit mentah 10% memberikan pengaruh terhadap perubahan turunnya kadar abu yang diikuti dengan naiknya nilai kalori batubara. Namun pada Gambar 8 ini, nilai kalori tertinggi (8371 kkal/kg) terdapat pada aglomerat dari batubara yang dicuci dengan minyak sawit dan begitu juga dengan kadar abu yang terendah (3,68%). Kadar abu rata-rata dari aglomerat dari batubara yang dicuci dengan sawit mentah adalah 4,48% dengan deviasi 0,33% dan nilai kalori rata-ratanya adalah 8219 kkal/kg dengan deviasi 77 kkal/kg.

Dari Gambar 8, ini terlihat secara umum menurunnya kadar abu ternyata diikuti meningkatnya nilai kalori. Hal ini terdapat tidak hanya pada aglomerat dari batubara yang dicuci dengan minyak sawit tetapi juga yang memakai sawit mentah. Kadar abu rata-rata untuk aglomerat yang dicuci dengan minyak sawit adalah 3,60% dengan deviasi 0,37% dan nilai

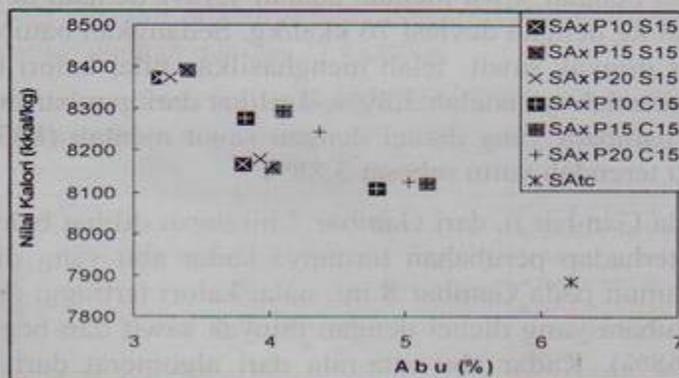
kalori rata-ratanya adalah 8275 kkal/kg dengan deviasi 106 kkal/kg. Sedangkan kadar abu rata-rata yang memakai sawit mentah sebagai media cuci adalah sebesar 4,55% dengan deviasi 0,45%. Sedangkan nilai kalori rata-rata untuk aglomerat ini adalah 8196 kkal/kg dengan deviasi 77 kkal/kg.



Gambar 6. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu dari batubara semi antrasit yang dicuci dengan minyak sawit dan sawit mentah dengan kadar 5%.



Gambar 7. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu dari batubara semi antrasit yang dicuci dengan minyak sawit dan sawit mentah dengan kadar 10%.

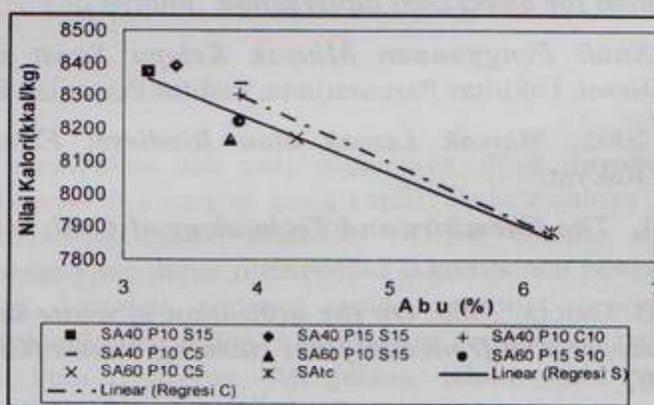


Gambar 8. Hubungan antara nilai kalori dengan kadar abu dari batubara semi antrasit yang dicuci dengan minyak sawit dan sawit mentah dengan kadar 15%.

Dari ketiga Gambar 6, 7 dan 8, maka secara umum dapat dikatakan bahwa minyak sawit dan sawit mentah mempengaruhi perubahan kadar abu dan nilai kalori. Namun demikian, persentase minyak sawit dan sawit mentah sebanyak 15% lebih dapat menunjukkan

keunggulan, karena sebaran data pada gambar tersebut lebih merata. Dan ini menunjukkan bahwa minyak sawit dan sawit mentah sebanyak 15% dapat melapisi permukaan partikel batubara dengan ukuran 10, 15 dan 20 *mesh* dengan baik.

Gambar 9, dibuat dengan maksud dapat melihat kadar abu yang minimum dan nilai kalori yang maksimum dapat dicapai dalam proses aglomerasi ini. Pada gambar ini dibuat dua buah garis regresi yang menunjukkan hubungan antara nilai kalori dan kadar abu. Keduanya masing-masing berhubungan dengan minyak sawit dan sawit mentah. Garis penuh adalah untuk regresi minyak sawit, sedangkan garis putus-putus menunjukkan regresi bagi sawit mentah. dari gambar terlihat bahwa, garis penuh lebih menunjukkan kemiringan dengan sudut yang lebih besar. Ini menunjukkan bahwa sawit mentah yang telah dapat menurunkan kadar abu dapat menaikkan nilai kalori lebih maksimal. Penurunan kadar abu terendah yang dapat dicapai dalam proses ini adalah  $((6,22 - 3,19)/6,22) \times 100\% = 48,71\%$ . Disisi lain telah terjadi peningkatan nilai kalori yang optimum sebesar  $((8392-7885)/7885) \times 100\% = 6,43\%$ . Gambar 9 dilengkapi dengan kadar Abu dan nilai kalori dari batubara semi antrasit yang tidak dicuci (SA<sub>tc</sub>). Garis penuh menunjukkan garis regresi S dan garis putus-putus garis regresi C.



Gambar 9. Hubungan antara nilai kalori maksimum dengan kadar abu minimum yang dapat dicapai dari batubara semi antrasit dengan ukuran 40 dan 60 *mesh* dengan padatan 10, 15 dan 20%, serta persen minyak sawit (S) dan sawit mentah (C) sebesar 5, 10 dan 15%.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses aglomerasi dengan media campuran air dan minyak sawit dapat menurunkan kadar abu dan menaikkan nilai kalori dari batubara semi antrasit. Ukuran partikel batubara berpengaruh terhadap penurunan kadar abu yang cukup signifikan, terutama pada partikel 40 *mesh*. Proses aglomerasi batubara ukuran 40 *mesh* dengan minyak mampu menghasilkan aglomera dengan kadar abu rata-rata  $(3,71 \pm 0,29)\%$ , dan nilai kalori rata-rata  $(8284 \pm 84)$  kkal/kg).

Dengan sawit mentah sebagai media aglomerasi, dihasilkan aglomerat batubara dengan kadar abu lebih tinggi, yaitu rata-rata  $(4,15 \pm 0,21)\%$  dan nilai kalori tertinggi, yaitu rata-rata  $(8292 \pm 28)$  kkal/kg. Variasi persen padatan 10% telah menghasilkan aglomerat dengan kadar abu terendah namun nilai kalori tertinggi didapat dengan memproses batubara semi antrasit ini dengan padatan 20%. Dengan 15% minyak sawit dan sawit mentah yang digunakan sebagai media aglomerasi maka penurunan kadar abu maupun peningkatan nilai kalori terjadi secara signifikan. Secara umum dapat dikatakan kadar abu terendah yang dicapai dalam penelitian ini adalah 3,19%, sedangkan nilai kalori tertinggi yang dicapai adalah 8392 kkal/kg.

Kenyataan dari pembahasan, sulit untuk menyimpulkan bahwa makin kecil ukuran partikel akan makin besar abu yang terbang. Hal ini dipengaruhi oleh persen padatan, kadar dan jenis minyak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fauji, A. dan Sofyan Rahman, 2003, *Dampak Keterbatasan Ketersediaan Batubara Sulfur Rendah terhadap Pengoperasian PLTU Suralaya*, Mindagi - Bulletin Ilmiah Mineral dan Energi, Jakarta, Volume 6 nomor 1, halaman 10.
- Ismail, Syarifudin, 1995, *Batubara Indonesia: Potensi dan Harapan*, Penerbit Universitas Sriwijaya, halaman 13.
- Osborne, D.G., 1988, *Coal Preparation Technology*, Volume 1, Graham dan Trotman Limited, London, page 460.
- Robbins, G.A., R. A. Winschel, C. L. Amos and F. P. Burke, 1992, *Agglomeration of low-rank coal as a pretreatment for direct coal liquefaction*, Journal of Fuel, vol. 71, page 1039.
- Sajoeti, Dasril, 1991, *Studi Penggunaan Minyak Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif Motor Diesel*, Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, halaman 30.
- Soerawidjaja, Tatang, 2005, *Minyak Lemak atau Biodiesel Ester Metil?*, Web Mail: Cakrawala Pikiran Rakyat.
- Speight,, James G., 1994, *The Chemistry and Technology of Coal*, Marcel Dekker, Inc, New York, p. 560.
- Valdes, Adolfo F, Ana B. Garcia, 2006, *On the utilization of waste vegetable oils (WVO) as agglomerants to recover coal from coal fines cleaning wastes (CFCW)*, Journal of Fuel, volume 85, page 607.
- World Coal Institute, 2000, *Coal Utilization*, PT Tambang Batubara.

