



## SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI) 5 - 2009

**Auditorium Gedung Utama  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta, 08 Oktober 2009**

**RISET APLIKATIF  
BIDANG TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI**

**Diselenggarakan oleh:  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara**





# SERTIFIKAT

*Diberikan Kepada:*

*Hukman*

*Sebagai:*

*Pemakalah*

**SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI5) 2009**  
***“Riset Aplikatif Bidang Teknik Mesin dan Industri”***

*Diselenggarakan oleh*

*Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara*

*Jakarta, 8 Oktober 2009*

Dekan

Dr. Ir. Danang Priatmodjo, M.Arch.

Ketua Panitia

Delvis Agusman, ST., M.Sc

## **SUSUNAN PANITIA**

### SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI) 5 – 2009

**Pelindung :** Rektor Universitas Tarumanagara, Dr. Monty P. Satiadarma, MS/AT,  
MCP.MFCC/DCH.Psi.

**Penasehat :** Dekan Fakultas Teknik, Dr. Ir. Danang Priatmodjo, M.Arch.

**Penanggung Jawab:** Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr. Abrar Riza, S.T., M.T.

**Panitia Pengarah Merangkap Editor:**

**Ketua:** Prof. Dr. Ir. Dahmir Dahlan

**Anggota:**

1. Prof. Dr. Ir. Edi Siradj
2. Prof. Dr. Ir. Bambang Suryawan
3. Prof. Dr. Ir. I Made Kartika, Dipl Ing
4. Dr. Ir. Iftikar Z. Satalaksana

**Panitia Pelaksana:**

**Ketua :**

Delvis Agusman, S.T., M.Sc.

**Sekretariat :**

1. Ir. Erwin Siahaan, M.Si. (Sekretaris/Koordinator)
2. Wilson Kosasih, S.T., M.T.
3. Endro Wahyono
4. Sulastini
5. Kusno Aminoto

**Bendahara :**

1. Lina Gozali, S.T., M.M. (Koordinator)
2. Lithrone Laricha Salomon, S.T., M.T.

**Seksi Publikasi dan Sponsor:**

1. Lamto Widodo, S.T., M.T. (Koordinator)
2. Didi Widya Utama, S.T.
3. Agus Halim, S.T., M.T.
4. Hermansyah
5. Mahasiswa 2 orang

**Seksi Makalah :**

1. Dr. Abrar Riza, ST, MT (Koordinator)
2. Ir. Sofyan Djamil, M.Si.
3. Khomeni Suntoso, S.T., M.T.
4. Heriyanto

**Seksi Acara dan Dokumentasi:**

1. Agustinus Purna Irawan, S.T., M.T. (Koordinator)
2. I Wayan Sukania, S.T., M.T.
3. Ahmad, S.T., M.T.
4. Mariswan
5. Mahasiswa 2 orang

**Seksi Perlengkapan :**

1. Drs. Totok Sugiarto (Koordinator)
2. Suryo Djatono
3. Pramono
4. Darwanto
5. Marsudi
6. Herman
7. Mahasiswa 2 orang

Seksi Konsumsi :

1. Suparti, S.E. (Koordinator)
2. Sulastini

Seksi Penerima Tamu :

1. Lithrone Laricha S.T., M.T(Koordinator)
2. Mahasiswa 6 Orang

Seksi Keamanan :

1. Didi W.U. S.T. (Koordinator)
2. Mahasiswa 6 orang

### JADWAL SUSUNAN ACARA

SEMINAR NASIONAL MESIN DAN INDUSTRI (SNMI) 5 – 2009  
**Jakarta, 8 Oktober 2009**

No.	Waktu	Acara
1.	07.30 – 08.45	Registrasi Peserta
2.	08.45 – 09.00	Persiapan Pembukaan
3.	09.00 – 09.15	Laporan Ketua Panitia: <b>Delvis Agusman, S.T., M.Sc.</b>
4.	09.15 – 09.30	Sambutan dan Pembukaan oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara: <b>Dr. Ir. Danang Priatmodjo, M. Arch.</b>
5.	09.30 – 10.00	<i>Coffee Break I</i>
6.	10.00 – 10.40	Keynote Speaker I: <b>Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto (UI)</b> Moderator: <b>Ir. Erwin Siahaan, M.Si.</b>
7.	10.40 – 11.20	Keynote Speaker II: <b>Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel (UI)</b> Moderator: <b>Ir. Erwin Siahaan, M.Si.</b>
8.	11.20 – 12.00	Keynote Speaker III: <b>Ir. Alexander Chandra, M.B.A. (Praktisi Industri)</b> Moderator: <b>Ir. Erwin Siahaan, M.Si.</b>
9.	12.00 – 13.00	<i>ISOMA</i>
10.	13.00 – 15.00	Presentasi Paralel I
11.	15.00 – 15.15	<i>Coffee Break II</i>
12.	15.15 – 16.30	Presentasi Paralel II
13.	16.30 – 17.00	Penutupan oleh Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara <b>Dr. Abrar Riza</b>

## Kata Pengantar

Puji dan syukur kepada tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan kasih-Nya, Seminar Nasional Mesin dan Industri SNMI5 2009 dapat berlangsung dengan baik.

SNMI5 2009 diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik universitas Tarumanagara dalam rangka Dies Natalis ke-27 Program Studi Teknik Mesin dan Dies Natalis ke-3 Program Studi Teknik Industri di Universitas Tarumanagara. Seminar Nasional ini mengambil tema : **"Riset Aplikatif Bidang Teknik Mesin dan Industri"**.

Tujuan penyelenggaraan SNMI5 2009 adalah sebagai berikut:

1. Menumbuhkan sikap inovatif, kreatif serta tanggap terhadap perkembangan IPTEK.
2. Menjadi forum komunikasi hasil penelitian terbaru antar Peneliti, Praktisi, Industri, Akademisi, dan Mahasiswa.
3. Menjadi wadah presentasi ilmiah sehingga memacu pengembangan program penelitian lebih lanjut.

SNMI5 2009 menampilkan 3 (tiga) pembicara kunci yang sangat berkompeten di bidangnya, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto (Universitas Indonesia)
2. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel (Universitas Indonesia)
3. Alexander Chandra, MBA (Praktisi Industri)

Selain pembicara kunci, dalam SNMI5 2009 juga dipresentasikan 50.makalah yang berasal dari berbagai Perguruan Tinggi di Indonesia.

Pada kesempatan ini Panitia SNMI5 2009 mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung terselenggaranya seminar ini dengan baik.

Akhirnya, panitia mengucapkan selamat berseminar kepada seluruh pemakalah dan peserta, semoga melalui SNMI5 2009 ini, peserta dapat membagikan dan memperoleh berbagai pengalaman dan pengetahuan baru di Bidang Teknik Mesin dan Industri.

Jakarta, 08 Oktober 2009

Ketua Panitia SNMI5 2009

**Delvis Agusman, ST, M.Sc**

## Daftar isi

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Susunan Panitia	vii
Susunan Acara	ix

### Makalah Pembicara Kunci

1. Riset Aplikatif Bidang Teknik Mesin dan Teknik Industri  
**Bambang Sugiarto**
2. TQM – *Strenghtening Indonesian Industry*  
**T. Yuri Zagloel**
3. Usaha Kecil dan Menengah Sebagai Peluang Membangun Industri Umat  
**Alexander Chandra**

### Makalah Bidang Teknik Industri

4. Peranan Teknologi Informasi dalam Implementasi Manajemen Rantai Pasok <b>Diana Suzana Mandar</b>	1
5. Analisa Pengendalian Kualitas di PT. Mega pelita Jaya <b>Feliks Prasepta</b>	6
6. Implementasi Kesehatan dan keselamatan kerja di YIMM <b>Feliks Prasepta</b>	16
7. Pengurangan Biaya yang Ditimbulkan <i>Waste</i> dengan Konsep <i>Lean Manufacturing</i> pada PT. FJ <b>Helena J Kristina, Darwin Sumarlin</b>	26
8. Analisis produk terbaik dengan metode AHP dan Fuzzy AHP: studi kasus Pemilihan produk MP4 Player <b>Windita Fitri N, Andi Sudiarmo</b>	39
9. Integrasi Metode Balanced Scorecard dan AHP dalam pemilihan Strategi Peningkatan Kinerja perusahaan <b>Diah Pramestari</b>	46
10. <i>Production Sceduling</i> Using genetic Algoritma Method di PT ABC <b>Trifenaus P Hidayat, Benny Saputra</b>	57
11. <i>Plant layout Design Using Modular Layout</i> <b>Trifenaus P Hidayat, Benny Saputra</b>	65
12. Pendekatan Metode Modular, corelap dan Aldep Untuk perbaikan Tata Letak lantai produksi, <b>Hotma AH, Anityo Lestari</b>	74
13. Pendekatan Metode Response Surface dan Metode Taguchi Untuk penentuan Setting Optimal Mesin, <b>Hotma AH, Anityo Lestari</b>	85
14. Perancangan Tas yang Ergonomi <b>I Wayan S</b>	97
15. Rumusan strategi Produk yang berorientasi Pada tuntutan pelanggan (studi Kasus pada Perusahaan Perakit Komputer tidak bermerk di Bandung) <b>Chevy Heri Sumerli A.</b>	105

16.	Studi Klatering Wilayah Kecamatan Untuk Kawasan Industri Berdasarkan Potensi Sumber Daya Alam Dan Sosial Kependudukan(Studi Kasus Di Bantalan Madura)	115
	<b>Fitri Agustina</b>	
17.	Analisa kepuasan pelanggan Pada penanganan Pelanggan di Departemen Sales dan Marketing dengan Menggunakan Servqual	126
	<b>Marselinus bahtiar, Adela Putri Arum</b>	
18.	Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Efektifitas Penilaian Kerja Dengan Metode Persamaan Struktural di PT. X Tbk	137
	<b>Marselinus bahtiar, Adela Putri Arum</b>	
19.	Penentuan Rute Distribusi Dengan pendekatan Vehicle Routing Problem dan Metode Tabu Search Untuk Minimasi Biaya Transportasi	148
	<b>Ayu Budiarti, Lestari Setiawan</b>	
20.	Analisis Sistim Antrian Guna Tercapainya Jumlah Teller Yang optimal Pada kantor Cabang Pembantu Bank X	158
	<b>A ditya Wardiman, A. Amaningsih Junhur</b>	
21.	Analisis Perbaikan Lini Produksi Pada Proses Produksi Produk X dengan Metode Value Stream Mapping (studi kasus di plant 1 PT. XYZ)	171
	<b>Muslimin</b>	
22.	Analisis Kualitas Jasa Periklanan Pada Media Cetak yang Efektif Untuk Meningkatkan Kualitas pelayanan Pelanggan	186
	<b>Rini A, Kartiko EP, Dahmir Dahlan</b>	
23.	Analisa Model Penggantian Komponen Berdasarkan Kriteria Total Down Time Terkecil Guna Menentukan Tingkat Persediaan Pengaman dan Reorder Point	196
	<b>Ahmad</b>	
24.	Analisa Pengaruh Koordinasi Dan Peranan Staf Terhadap Efektifitas Pelayanan Dengan Model Korelasi Dan Regresi Berganda	212
	<b>Ahmad</b>	
25.	Penyusunan Program komputasi Analisis Statik ada Struktur Truss dengan Pendekatan Elemen Hingga	224
	<b>Dedi Suryadi</b>	
26.	Pengaruh Aliran Fluida Gas Cair Terhadap Getaran Pada Belokan Pipa Horisontal	236
	<b>Muh. Irsyad</b>	
27.	Rancang Bangun Perkakas Ekstrusi Skala Laboratorium	245
	<b>P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi, War'an Rosihan dan Martijanti</b>	
28.	Pengaruh Geometri Tahapan Pembentukan Pada Proses Tempa Dingin Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Aluminium Paduan	254
	<b>P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi dan Martijanti</b>	
29.	Perancangan Penjejak Garis Pada Robot Berbasis Mikrokontroler	262
	<b>Syarif Hidayatulloh, Dede Lia Zariatn, Yohannes Dewanto</b>	
30.	Pengaruh Alat Penghemat Bbm "Elektrolizer" Pada Mesin Mobil	272
	<b>Arijanto</b>	
31.	Analisis Kekuatan Chassis Gokart Tipe Kadet Hasil Modifikasi Dengan Menggunakan Program Berbasis Finite Element Analysis (Fea)	279
	<b>Toto Triantoro dan War'an Rosihan</b>	



32.	Pengaruh Pemanfaatan Zeolit Pelet Tekan Pembebanan Kejut Asal Lampung yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Motor Diesel 4 Langkah	289
	<b>Herry Wardono</b>	
33.	Perancangan Sepeda Motor <i>HYBRID</i> dengan Metoda <i>QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT</i>	296
	<b>Riyadi</b>	
34.	Pengaruh Rake Angle Terhadap Gaya Potong Pada External Turning	310
	<b>Rosehan, Erry Y.T. Adesta, Muhammad Averrusd</b>	
35.	Analisis Struktur Chassis Kendaraan Serbaguna Untuk Perkebunan	321
	<b>Noor Eddy</b>	
36.	Rancang Bangun Kendaraan Serbaguna Untuk Perkebunan	338
	<b>Noor Eddy</b>	
37.	Studi dan Pengembangan Sambungan Adesif Pada Pipa Komposit Yang Mendapat Beban Kombinasi Internal Pressure Dan Puntir	353
	<b>Jamiatul Akmal, Ign Wiratmaja Puja, Satriyo Sumantri Brodjonegoro, Rochim Suratman, dan I Wayan Suweca</b>	
38.	Peningkatan Ergonomi Dengan Penerapan Teknik Sentuh pada Pengendalian Kecepatan Motor Dc	353
	<b>Agus Sofwan dan Novizal</b>	
39.	Perancangan Angkutan Umum yang Ergonomis Bagi Penumpang (Studi Kasus Pada Mikrobis)	364
	<b>Lamto Widodo, Lina Gozali dan Handrie</b>	
40.	Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja Dengan Menggunakan Analytic Network Process (Anp) Di PT. X	378
	<b>Al Ikbal Arbi dan Diah Pramestari</b>	
41.	Analisis Produk Terbaik Dengan Metode <i>Alaytical Hierarchy Process</i> Dan <i>Fuzzy Analytical Hierarchy Process</i> : Studi Kasus Pemilihan Produk Mp4 Player	385
	<b>Windita Fitri Nugraheni Dan Andi Sudiarso</b>	
42.	Pengaruh Pengurangan Kadar Abu Terhadap Kenaikan Nilai Kalori Batubara Tanjung Enim: Perbandingan Metoda Pencucian Batubara Aglomerasi Air-Minyak Sawit dan Air Bergelembung	309
	<b>Nukman</b>	
43.	Energi Aktivasi Dari Dekomposisi Batubara Yang Dicuci Dengan Metode Aglomerasi Minyak Sawit	402
	<b>Nukman</b>	
44.	Optimalisasi Proses <i>Parting</i> Pada <i>Machining</i> Benda Kerja <i>Throttle</i>	409
	<b>Didi Widya Utama dan Wilson Kosasih</b>	
45.	Evaluasi Level Keandalan Sebagai Dasar Optimasi Keandalan Mesin	418
	<b>Zuliantoni</b>	
46.	Analisis Respon Dan Kestabilan Sistem Kontrol Hidrolik pada Pengangkat Forklift	427
	<b>Zuliantoni</b>	
47.	Model Matematis Variabel Pemo tongan Terhadap Keausan Tepi Pahat pada Proses Gurdi	437
	<b>Zuliantoni</b>	

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 48. | Studi Desain Termal Bejana Pressurizer PWR Daya 600 MWe - 1000 MWe<br><b>Suroso</b>  | 448 |
| 49. | Studi Awal Perancangan <i>Escapade</i> pada Kendaraan Bermotor Roda Dua Saat Mengalami Gangguan Ban<br><b>Delvis Agusman</b> | 451 |
| 50. | Pengaruh filler metal pada proses pengelasan baja AISI 1045<br><b>Sofyan Djamil</b>  | 460 |

## PENGARUH PENGURANGAN KADAR ABU TERHADAP KENAIKAN NILAI KALORI BATUBARA TANJUNG ENIM: PERBANDINGAN METODA PENCUCIAN BATUBARA AGLOMERASI AIR-MINYAK SAWIT DAN AIR BERGELEMBUNG

**Nukman**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jalan Raya Inderalaya Prabumulih km 32 Inderalaya (30662)  
Ogan Ilir Sumatera Selatan  
email: ir\_nukman2001@yahoo.com

### Abstrak

*Teknologi Batubara bersih mensyaratkan agar hasil pembakaran batubara seminimal mungkin mengeluarkan polutan. Salahsatu cara untuk mendapatkan batubara bersih yaitu dengan cara membersihkan batubara dari unsur pengotor sebelum pembakaran. Proses pencucian batubara berfungsi untuk menurunkan nilai kadar abu serta kadar sulfur agar sesuai dengan persyaratan yang diinginkan oleh pihak pemakai batubara. Dua metode telah dilakukan untuk mencuci batubara, pertama metode pencucian aglomerasi dengan media air-minyak sawit dan kedua dengan metode air bergelembung. Penelitian dilakukan terhadap batubara asal Tanjung Enim. Tiga jenis batubara dicuci, dengan ukuran butir tertentu. Hasil analisa menunjukkan adanya penurunan kadar abu dan sulfur yang cukup signifikan. Penurunan kadar abu sebagai pengotor telah meningkatkan nilai kalori batubara. Hasil pencucian dengan metode aglomerasi minyak sawit mampu menurunkan kadar abu pada batubara semi antrasit sebesar 49%, pada batubara Bituminus, kadar abu dapat dikurangi sampai 63% dengan menggunakan CPO dan pada batubara sub bituminus, dapat diturunkan sampai sekitar 56%. Sedangkan Nilai Kalori batubara Semi Antrasit dapat ditingkatkan hingga 6 %, Bituminus 11% dan Sub Bituminus meningkat hingga 13 %. Hasil pencucian dengan metoda air bergelembung mampu menurunkan kadar abu batubara semi antrasit hingga 41 %, dan persentase kenaikan Nilai Kalori hingga 6 % terdapat pada batubara Sub Bituminus.*

**Kata kunci:** Pencucian Batubara, Aglomerasi air-minyak sawit, Gelembung udara.

### PENDAHULUAN

Dalam pembakaran batubara, karbon sebagai unsur utama batubara bereaksi dengan udara (oksigen). Ada tiga jenis utama emisi gas buang yang bersifat pencemar yang dihasilkan oleh pembakaran batubara, yaitu,  $SO_x$ , CO dan  $NO_x$ . Unsur seperti Sulfur terbakar dan menjadi gas batubara yang disebut  $SO_x$  dan unsur nitrogen berubah menjadi gas  $NO_x$ . Emisi ketiga gas ini harus dikurangi persentasenya. Mengingat ketiganya mempunyai andil yang sangat besar dalam kerusakan lingkungan. Baik secara langsung dihirup oleh pernapasan manusia dan makhluk hidup lainnya, maupun secara tidak langsung akan merusak lingkungan dalam jangka waktu lama. Untuk mengatasi hal ini dikenal teknologi batubara bersih (*Clean Coal Technology*) yang diharapkan dapat mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan pembakaran batubara.

Beberapa ciri khas dari teknologi batubara bersih ini adalah naiknya efisiensi dan keandalan, serta lebih baiknya unjuk kerja lingkungan dibandingkan dengan teknologi konvensional yang serupa (Sulaksono, 1997). Teknologi Batubara Bersih dapat mengurangi emisi-emisi  $SO_x$ ,  $NO_x$  dan polutan lainnya. Salah satu jenis dari teknologi batubara bersih adalah usaha membersihkan permukaan batubara dari kotoran-kotoran yang berpotensi menjadi pencemar. Secara langsung proses ini dapat menurunkan kadar abu dan kadar sulfur pirit dalam batubara. Proses pembersihan ini dikenal dengan proses pencucian batubara (Sulaksono, 1997), (Speight, 1994). Bahan kimia di udara yang

berpengaruh negatif pada manusia, hewan, barang dari logam, batubara dan material lain dapat dikategorikan sebagai pencemar udara.

Selain daripada gas emisi sebagai pencemar, pembakaran batubara pada akhirnya akan meninggalkan abu. Abu dari hasil pembakaran ini ada tiga jenis yaitu; abu terbang (*fly ash*), abu tertinggal (*bottom ash*) dan abu tertinggal di ketel uap sebagai pengotor (*boiler slag*). Ada sejumlah elemen yang berpotensi menjadin racun yang ditemukan pada abu terbang (Keefer, 1993).

Sebagai salah satu parameter kualitas batubara, sulfur menjadi perhatian dari banyak pihak. Kandungan sulfur dalam batubara apabila dibakar akan berubah menjadi oksida sulfur (Suganal, 2000). Oksida sulfur ( $SO_x$ ) akan menjadi  $H_2SO_4$  (asam sulfat) dalam udara lembab atau berair, dan bila jatuh ke bumi akan menjadi hujan asam dan menimbulkan dampak negatif terhadap manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan (Ismail, 1995).

Usaha pengurangan kadar abu 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.

Parameter kualitas batubara lainnya adalah nilai kalori. Nilai kalori atau juga disebut sebagai energi spesifik adalah parameter yang diperlukan untuk menentukan jumlah sumberdaya dan cadangan energi guna kepentingan pemanasan. Selain itu nilai kalori digunakan untuk sebagai parameter dalam pengklasifikasian batubara.

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.

Ada empat teknologi yang ada untuk mereduksi polutan ini (Speight, 1994):

- a. Pembersihan Sebelum Pembakaran.  
Pembersihan ini dilakukan sebelum batubara tersebut dibakar, yaitu dengan cara antara lain secara fisik (*Physical Cleaning*) – pencucian batubara, dan secara kimia/biologi (*Chemical/biological cleaning*).
- b. Pembersihan Selama Pembakaran  
Pembersihan dilakukan dengan cara mengontrol pembakaran yaitu dengan cara kontrol suplai udara, temperatur dan menambah zat-zat kimia penyerap unsur polutan.
- c. Pembersihan Sesudah Pembakaran  
Cara ini dilakukan antara lain dengan menangkap abu yang terbang.
- d. Konversi Batubara dengan Nilai Tambah  
Cara yang dilakukan antara lain, gasifikasi batubara, liquifaksi batubara.

Dalam rangkuman tulisan ini dilakukan teknologi pembersihan sebelum pembakaran, yaitu dengan pencucian batubara.

### 1. Aglomerasi Air-Minyak Sawit

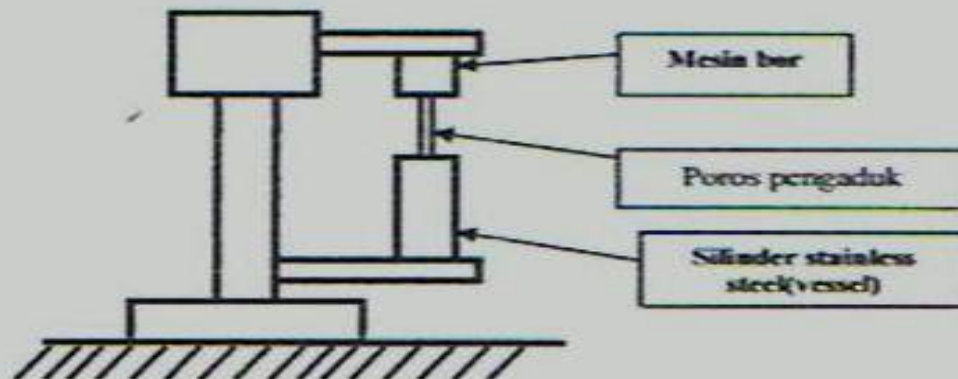
Metode aglomerasi air-minyak adalah suatu teknik yang efektif untuk mengembalikan (*recovery*) dan mengeliminasi abu dari batubara (Garcia, et.al., 1996), (Robbins, et.al., 1992), (Alonso, et.al., 2002), (Ghani, 2000), (Valdes, et. al., 2006), (Gurses, 1996), (Gence, 2006). Proses aglomerasi mampu mengolah batubara jenis antrasit, sub bituminus maupun bituminus. Metode ini merupakan pencucian secara kimia, yaitu dengan cara menambahkan media pemisah yang berupa cairan. Abu dan sulfur dapat terpisah dari batubara berdasarkan perbedaan tegangan permukaan.

Aglomerasi minyak dapat digunakan untuk menghasilkan suatu padatan, produk kental yang digabung dari berbagai ukuran partikel batubara, yang disebut sebagai

aglomerat. Tiap aglomerat dapat mengandung *fragment* (bagian-bagian kecil) batubara yang bervariasi pada bentuk ukuran sebesar 2 mm sampai partikel sangat halus dengan ukuran beberapa mikrometer, dan akan memiliki kekuatan melekat yang cukup besar untuk tetap utuh. Metode aglomerasi ini dapat diterapkan karena sifat *lipophilic* (oil loving) dan *hydrophobic* (water hating) dari permukaan batubara (Speight, 1994). Material yang tenggelam pada media air merupakan bahan buangan, sedangkan material yang mengapung pada media yang sama (air) adalah batubara yang bersih (Alonso, et.al., 2002).

Karena partikel-partikel batubara pada dasarnya *hydrophobic*, mereka dapat dibuat menjadi aglomerat dalam bentuk campuran batubara minyak. Pada sisi lain, partikel-partikel mineral yang *hydrophilic* (yang menjadi sumber kadar abu dan sulfur pada batubara) tidak dipengaruhi dan tetap bertahan dalam air. Karena partikel-partikel aglomerat batubara lebih besar daripada partikel mineral, maka mereka dapat dipisahkan. Dengan adanya minyak saat pencucian, mengakibatkan air bercampur abu tidak akan melekat lagi ke permukaan batubara.

Dalam penelitian yang telah dilakukan, proses aglomerasi dilakukan dengan menggunakan tabung silinder. Tabung dilengkapi dengan stir yang dapat diputar pada kecepatan 1450 rpm. Silinder dan stir dibuat dari baja tahan karat (lihat lampiran 1). Sebagai pemutar dipakai mesin bor (*drilling machine*), poros stir dihubungkan langsung ke penjepit mata bor. Partikel batubara dimasukkan ke dalam tabung silinder yang sebelumnya telah diisi dengan air sebanyak 500 ml. Air dan partikel batubara diaduk dengan stir pada putaran mesin 1450 rpm selama 4 menit. Pada awal menit kelima, sejumlah minyak dimasukkan ke dalam silinder dan mesin tetap diputar selama satu menit. Putaran stir dihentikan pada akhir menit kelima. Aglomerat yang terbentuk diambil, kemudian dikeringkan selama 24 jam di atas saringan, agar air yang terikat dapat dibuang.



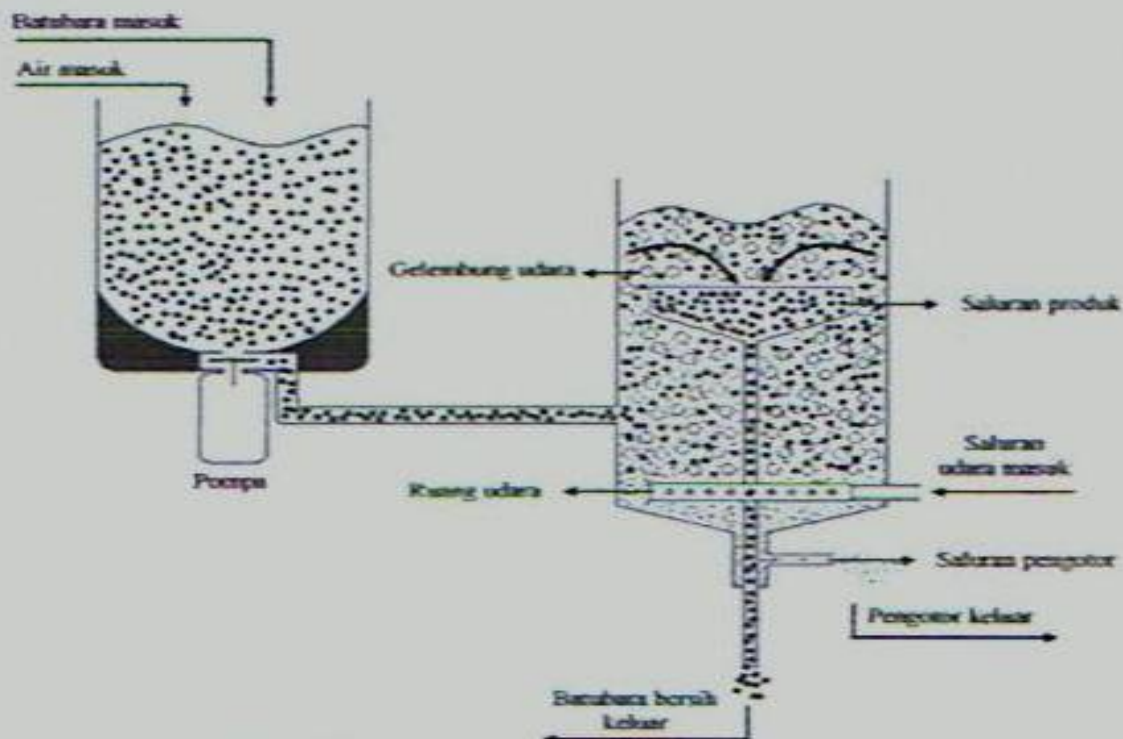
Gambar 1: Vessel/Silinder Aglomerasi pada Pemasangannya

## 2. Pencucian Dengan Menggunakan Air Bergelembung Udara

Pencucian batubara dengan menggunakan air bergelembung udara adalah metoda yang digunakan untuk proses pencucian batubara halus. Prinsip dasar proses pencuciannya adalah dengan menggunakan gelembung udara. Kemampuan batubara dan ketidakmampuan pengotor melekat pada gelembung udara diakibatkan oleh perbedaan sifat permukaannya. Sifat permukaan batubara bersifat *hidrophobik* karena sulit dibasahi oleh air, sedangkan sifat permukaan pengotor bersifat *hidrophilik* karena lebih mudah dibasahi oleh air.

Jika gelembung udara dihembuskan pada batubara yang bercampur dengan pengotor, batubara bersih akan menempel pada gelembung udara sedangkan pengotor tidak menempel. Pengotor akan tetap berada didalam air dan akan keluar melalui saluran

pengotor, sedangkan batubara yang menempel pada gelembung udara akan terbawa naik ke permukaan air dan keluar melalui saluran produk. Dengan demikian batubara dan pengotor dapat di pisahkan.



Gambar 2. Skema Alat Metoda Air bergelembung

## PREPARASI MATERIAL

### 1. Sampel Batubara

Ketiga jenis batubara masing-masing dihancurkan dalam ukuran minimal 5 mm dengan *Jaw Crusher*. Kemudian dilakukan proses homogenisasi yaitu proses untuk menyetarakan sifat-sifat material, dengan cara cara mengaduknya dan dilakukan secara berulang sehingga merata.

Batubara kemudian digerus hingga didapat partikel berukuran 20 - 30 mesh, 40 -50 mesh serta 60-70 mesh, <120 mesh dan >200 mesh dan sedikit sampel diambil untuk analisis proksimatnya, diukur kadar sulfur, pengukuran nilai kalori dan sebagian besar siap dipakai untuk diproses lebih lanjut.

### 2. Media Pencucian

Media pencucian utama adalah air bersih. Untuk pencucian dengan air bergelembung udara, air bergelembung didapat dengan cara menghembuskan udara bersih kedalam air. Sedangkan untuk pencucian dengan metoda aglomerasi air-minyak sawit, dua jenis minyak sawit yang digunakan dalam penelitian, yaitu minyak sawit mentah atau disebut CPO (*Crude Palm Oil*). (selanjutnya disebut sebagai sawit mentah). Sedangkan minyak sawit yang dipakai bermerek Filma (selanjutnya disebut sebagai minyak sawit).

## METODA, DATA DAN PEMBAHASAN

### 1. Pencucian dengan metoda air-minyak sawit

Sejumlah partikel batubara dimasukkan kedalam silinder berisi air, kemudian ditambahkan minyak sawit. Sesaat kemudian stir diputar, hasil pencucian ini disebut sebagai aglomerat. Aglomerat dikeringkan setelah mengalami proses pencucian, dengan maksud agar air yang menempel pada permukaan batubara dapat dikurangi semaksimal mungkin. Analisa kadar abu dan sulfur dilakukan untuk mengetahui banyaknya kadar abu dan sulfur yang tersisa pada batubara bersih. Nilai kalori diukur dengan bomb calorimeter (bomb washing).

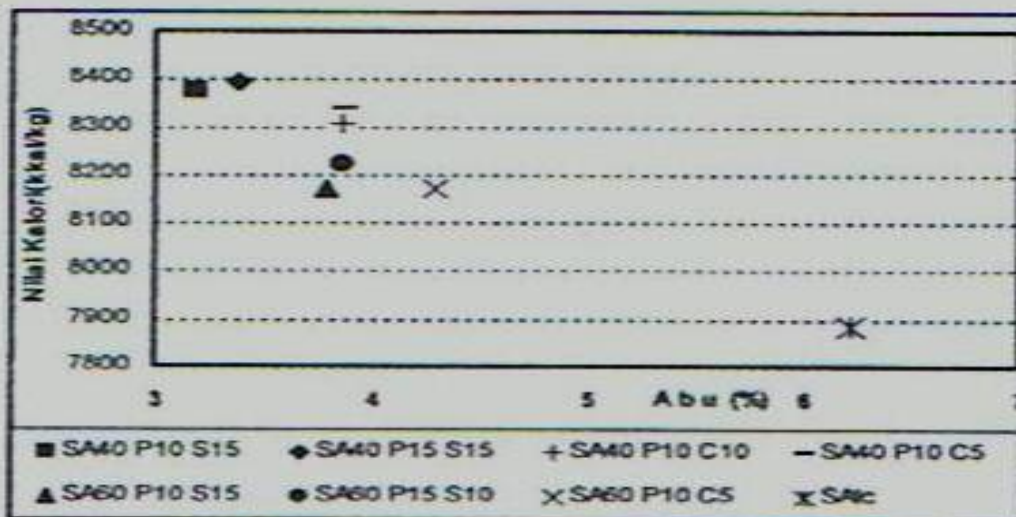
#### Pengaruh Kadar Abu terhadap Nilai Kalori. (Nukman, 2007)

Setiap sampel diberi kode identifikasi: XxPyQz, dengan pengertian:

- Xx = jenis batubara (X = SA-semi antrasit; B-bituminus; dan SB-sub-bituminus; dengan ukuran, x = 20, 40 dan 60 mesh);  
 Py = jumlah padatan batubara (y gram batubara per 100 gram cairan aglomerat, dengan y = 5, 10 dan 15 %);  
 Qz = minyak sawit (Q = S) atau sawit mentah (Q = C) dalam jumlah z % relatif terhadap berat batubara (z = 10, 15 dan 20%).

#### Batubara Semi Antrasit

Gambar 3, menunjukkan kadar abu yang minimum dan nilai kalori yang maksimum dapat dicapai dalam proses aglomerasi ini.



Gambar 3. Hubungan Nilai Kalori maksimum dengan Kadar Abu minimum yang dicapai batubara Semi Antrasit. Btc adalah batubara Bituminus yang tidak dicuci.

Penurunan kadar abu terendah yang dapat dicapai dalam proses ini adalah 49 %. Disisi lain telah terjadi peningkatan nilai kalori yang optimum sebesar 6,43%.

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 adalah 3,19%, sedangkan nilai kalori tertinggi yang dicapai adalah 8392 kkal/kg.

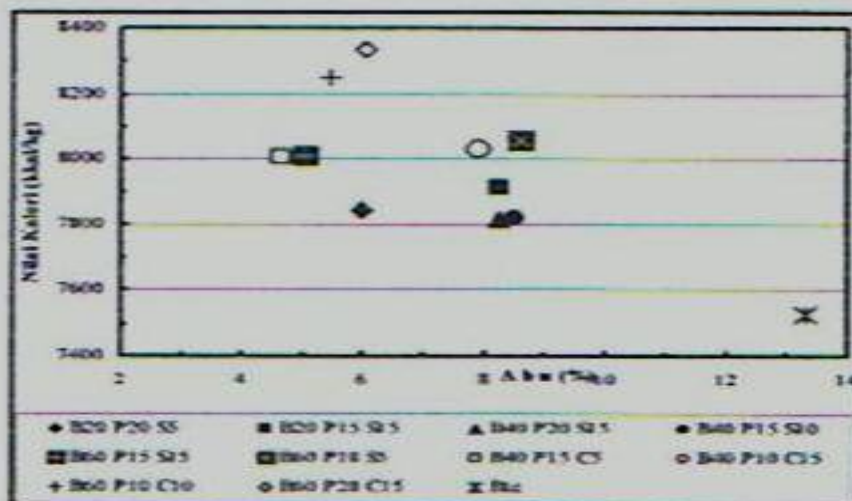
Dari pembahasan diatas dapat dilihat bahwa proses aglomerasi dengan kedua jenis minyak dapat menurunkan kadar abu dan menaikkan nilai kalori untuk batubara semi antrasit.

**Batubara bituminus**

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara kadar abu terendah yang tercapai dengan nilai kalorinya serta nilai kalori tertinggi dengan kadar abunya. Sampel B40P15C5 menjadi aglomerat batubara dengan kadar abu minimum 4,66%, dengan nilai kalori 8006 kkal/kg. atau terjadi penurunan kadar abu sebesar 63 %. Sedangkan nilai kalori tertinggi dicapai oleh B60P20C15, dengan nilai kalori 8332 kkal/kg dan kadar abu 6,04% atau terjadi peningkatan nilai kalori sebesar 11,4%. Disini terlihat bahwa sawit mentah sebagai media pencuci menghasilkan kadar abu terendah dan nilai kalor tertinggi. Walaupun salah satu sampel dari batubara yang dicuci dengan minyak sawit mempunyai kadar abu rendah yaitu sampel B60P10S15, namun nilai kalori yang dapat dicapai oleh sampel yang menggunakan minyak sawit tidak sebegitu besar dibandingkan dengan menggunakan sawit mentah.

Ukuran partikel batubara berpengaruh terhadap penurunan kadar abu yang cukup signifikan terutama pada partikel 60 mesh. Proses aglomerasi batubara ukuran 60 mesh dengan sawit mentah mampu menghasilkan aglomerat dengan kadar abu  $(5,86 \pm 0,18)\%$ , dan nilai kalori  $(8211 \pm 72)$  kkal/kg.

Dengan minyak sawit sebagai media aglomerasi, dihasilkan batubara dengan kadar abu lebih tinggi, yaitu  $(8,77 \pm 0,15) \%$  dan nilai kalori lebih rendah, yaitu  $(8020 \pm 23)$  kkal/kg.



Gambar 4. Hubungan Nilai Kalori maksimum dengan Kadar Abu minimum yang dicapai batubara Bituminus. Btc adalah batubara Bituminus yang tidak dicuci.

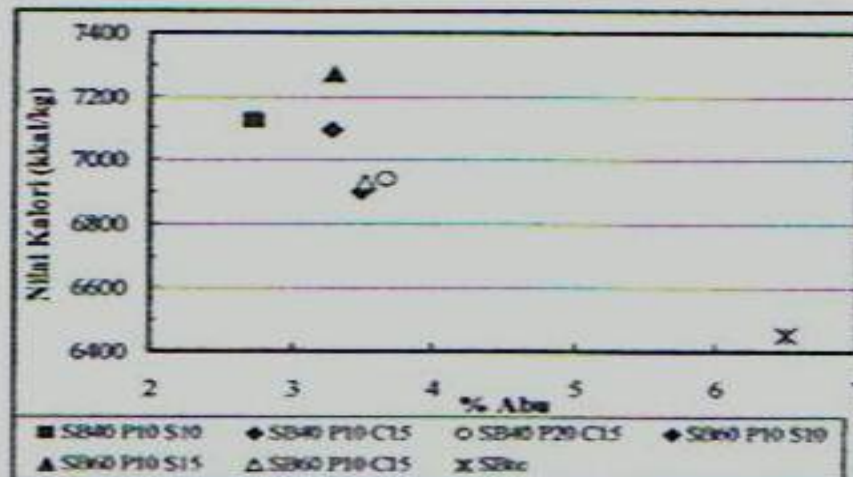
Sawit mentah (CPO), disamping lebih murah, ternyata lebih efektif untuk menurunkan kadar abu dan meningkatkan nilai kalori batubara bituminus 60 mesh daripada minyak goreng sawit.

Penelitian telah mencapai kadar abu minimum dengan jumlah padatan besar dengan kadar sawit mentah yang sedikit. Ini berarti bahwa metode aglomerasi ini dapat mencuci batubara dalam jumlah cukup besar dengan jumlah persen minyak yang sedikit sekali untuk jenis minyak yang murah (CPO).



### Batubara Sub Bituminus

Gambar 5 yang merupakan grafik hubungan antara kadar abu terendah yang tercapai dengan nilai kalorinya serta nilai kalori tertinggi dengan kadar abunya. Nilai kalori terbesar dalam penelitian ini terdapat pada sampel SB60P10S15 dan untuk kadar abu terendah terdapat pada sampel SB40P10S10. Dibanding dengan batubara yang tidak dicuci maka telah terjadi peningkatan nilai kalori sebesar 12,73%. Sedangkan penurunan kadar abunya adalah 56 %. Dilihat dari gambar 7, maka jelas bahwa minyak sawit sangat menentukan sekali untuk meningkatkan nilai kalori dan menurunkan kadar abu.



Gambar 5. Hubungan Nilai Kalori maksimum dengan Kadar Abu minimum yang dicapai batubara Sub Bituminus. SBtc adalah batubara Sub Bituminus tdk dicuci.

Namun jumlah persen sawit mentah sebesar 5 % dapat menghasilkan nilai kalori yang tertinggi dan kadar abu terendah.

Metode aglomerasi dengan dengan media campuran air dan minyak sawit telah dapat menurunkan kadar abu dan menaikkan nilai kalor batubara sub bituminus.

## 2. Pencucian Dengan Menggunakan Air Bergelembung Udara.

Penelitian yang dilakukan dengan metoda ini telah menghasilkan sejumlah data-data yang penting. (Nukman, 2009). Dalam penelitian ini sampel batubara diberi kodifikasi khusus yaitu: A, B. Sampel A dan B adalah batubara yang diambil dari Dermaga Kertapati Palembang dari tumpukan batubara yang berbeda. Disamping itu sebagai pembandingan ditunjukkan hasil penelitian Abdul Rijal (C, D, E, F) (Rijal, 2009).

A adalah batubara Tanjung Enim dengan ukuran 40 mesh.

B adalah batubara Tanjung Enim dengan ukuran 200 mesh.

C adalah batubara Semi Antrasit dengan ukuran 120 mesh

D adalah batubara Semi Antrasit dengan ukuran 200 mesh

E adalah batubara Sub Bituminus dengan ukuran 120 mesh

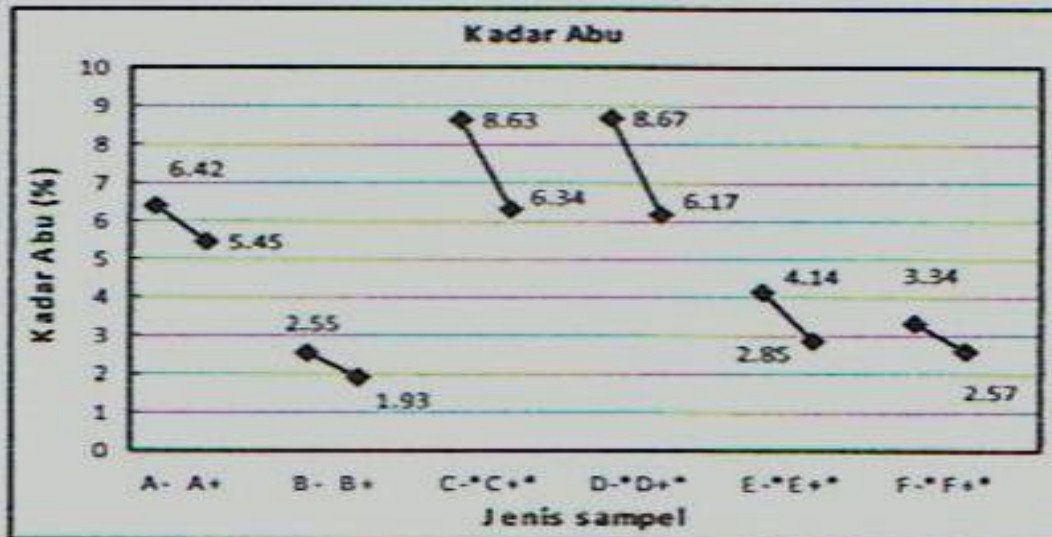
F adalah batubara Sub Bituminus dengan ukuran 200 mesh.

- adalah sampel yang belum dicuci.

+ adalah sampel yang telah dicuci

### Pengurangan Kadar Abu

Pengurangan kadar Abu berdasarkan jumlah mineral pada batubara yang dapat dikurangi melalui operasi pencucian. Semakin banyak jumlah mineral yang dapat dikurangi selama proses pencucian, maka kadar Abu dianakisa akan semakin sedikit.



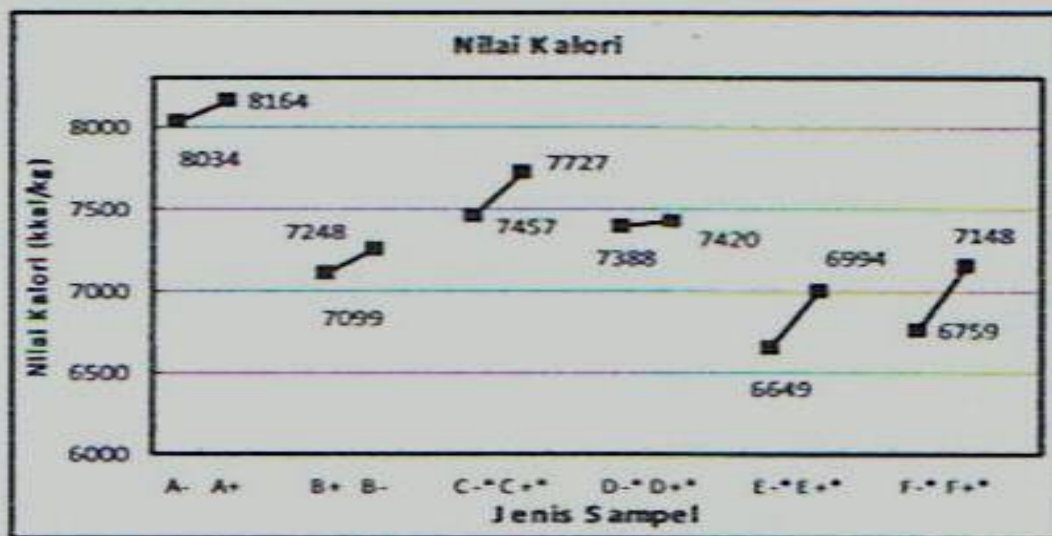
Gambar 6. Kadar Abu dari berbagai jenis sampel.

Dari gambar 6, dapat dilihat bahwa pada dasarnya pencucian dengan metoda ini mampu menurunkan kadar abu batubara. Namun terlihat bahwa untuk batubara yang diambil dari dermaga Kertapati Palembang (A dan B), persentase penurunan kadar abunya lebih rendah dibanding dengan batubara Semi Antrasit (C dan D). Metoda yang dipakai ini mampu menurunkan kadar abu maksimum pada batubara Semi Antrasit dengan ukuran partikel 200 mesh, yaitu penurunan sebesar 40,51 %.

### Pengaruh terhadap Nilai Kalori

Secara keseluruhan tiap-tiap sampel batubara mengalami peningkatan mutu dalam hal ini meningkatnya Nilai Kalori setelah operasi pencucian dengan menggunakan air bergelembung udara. Dari data-data hasil pengujian nilai kalori (NK) dari batubara sebelum dan sesudah pencucian dapat dilihat bahwa karakteristik batubara setiap sampel berbeda-beda sesuai dengan jenis batubara dan ukuran butirnya.

Peningkatan nilai kalori terjadi pada sampel D, yaitu batubara Semi Antrasit dengan ukuran partikel 200 mesh. Sedangkan peningkatan yang signifikan terjadi pada sampel F yaitu sampel batubara jenis Sub Bituminus dengan persentase penurunan sebesar 5,8 %. (Lihat gambar 7).



Gambar 7. Nilai Kalori dari Berbagai Jenis Sampel

Melihat hubungan antara penurunan kadar Abu dan peningkatan Nilai Kalori, maka dengan metoda pencucian air bergelembung ini dapat dikatakan bahwa penurunan kadar Abu selalu diikuti peningkatan Nilai Kalori.

## KESIMPULAN

Dari kedua metoda pencucian batubara ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

### 4.1. Metoda Agglomerasi Air-Minyak Sawit.

- Secara umum dapat dikatakan penurunan kadar abu terendah batubara Semi Antrasit yang dicapai adalah 49 %, sedangkan nilai kalori tertinggi yang dicapai adalah 8392 kkal/kg atau meningkat 6,4 %.
- Sampel batubara jenis Bituminus yang dicuci dengan metoda agglomerasi air-minyak sawit telah mampu menurunkan kadar abu maksimum sebesar 63 %. Sedangkan peningkatan nilai kalori tertinggi dicapai sebesar 11,4%.
- Untuk sampel sub Bituminus, maka dibanding dengan batubara yang tidak dicuci maka telah terjadi peningkatan nilai kalori sebesar 12,73%. Sedangkan penurunan kadar abunya adalah 56 %.

### 4.2. Metoda Air Bergelembung

- Metoda yang dipakai ini mampu menurunkan kadar abu maksimum pada batubara Semi Antrasit dengan ukuran partikel 200 mesh, yaitu penurunan sebesar 41 %.
- Nilai Kalori maksimum yang dapat dilakukan yaitu pada sampel batubara jenis Sub Bituminus dengan persentase peningkatan sebesar 6 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alonso M. I., A. F. Valdes, R. M. Martinez-Tarazona and A. B. Garcia, (2002), *Coal recovery from fines wastes by agglomeration with colza oil: a contribution to the environment and energy preservation*, Journal of Fuel Processing Technology, 75.
- Ghani, M. Ulum A., (2000), *Removal of Todongkurah Coal Ash by Oil Agglomeration Method*, Proceedings Southeast Asian Coal Geology Conference, Bandung Indonesia.
- Garcia, Ana B., M. Rosa Martinez-Tarazona and Jose M, G. Vega, (1996), *Cleaning of Spanish High Rank Coals by Agglomeration with Vegetable Oils*, Journal of Fuel.

4. Ismail, Syarifuddin, (1995), *Batubara Indonesia: Potensi dan Harapan*, Penerbit Universitas Sriwijaya Palembang.
5. Gurses, Ahmet., Kemal Doymus and Samih Bayrakceken, (1996), *Selective Oil Agglomeration of Brown Coal: a Systematic Investigation of Design and Process Variables in the Conditioning Step*, Journal of Fuel, 75-10.
6. Gence, Nermin, (2006), *Coal recovery from bituminous coal by agglototation with petroleum oils*, Journal of Fuel, 85.
7. Keefer, R.F., (1993), *Coal Ashes-Industrial Wastes or Beneficial By-Product, in Trace Elements in Coal and Coal Combustion Residues*, Lewis Publishers.
8. Nukman, (2007), *Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit untuk menurunkan Kadar Abu dan Sulfur serta meningkatkan Nilai Kalori Batubara Semi Antrasit, Bituminus dan Sub Bituminus*, Disertasi Program Doktor Ilmu Material, Universitas Indonesia
9. Nukman, (2009), *Pencucian Batubara asal Tanjung Enim Dermaga Kertapati dengan Menggunakan Air Bergelembung Udara: Suatu Usaha Peningkatan Mutu Batubara*, Jurnal Rekayasa Sriwijaya (dalam proses terbit).
10. Osborne D.G., (1988), *Coal Preparation Technology*, Volume 1, Graham dan Trotman Limited, London.
11. Rijal, Abdul, (2009), *Pengaruh Pencucian Batubara Semi-Antrasit dan Sub-Bituminus Terhadap Kualitas Batubara dengan Menggunakan Air Bergelembung Udara*, Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
12. 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.
13. Speight, James G., (1994), *The Chemistry and Technology of Coal*, Marcel Dekker, Inc. New York.
14. Suganal, (2000), *Pengaruh Kadar Sulfur Batubara Indonesia terhadap Emisi SO<sub>2</sub> pada Pembakaran Pulverized Coal untuk PLTU*, Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII, FMIPA-UGM, Yogyakarta.
15. Sulaksono, Djoko, (1997), *Teknologi Batubara Bersih di Indonesia*, Prosiding Konperensi Energi, Sumber Daya Alam dan Lingkungan, BPP Teknologi, Jakarta, 11-12 Maret.
16. 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, 85.