DIGITAL PROSIDINGS

ISBN : 978-979-95752-9-6

SNMI 5 2009

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

HONG CHEK

BSDCITY

SERTIFIKAT

Diberikan Kepada:

Nukman

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	Ketua Panitia
Dr. Ir. Danang Priatmodjo, M.Arch.	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. Sutalaksana

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: **Delvis Agusman, S.T., M.Sc.**
4.	09.15 – 09.30	Sambutan dan Pembukaan oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara: **Dr. Ir. Danang Priatmodjo, M. Arch.**
5.	09.30 – 10.00	*Coffee Break I*
6.	10.00 – 10.40	Keynote Speaker I: **Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto** (UI) Moderator: **Ir. Erwin Siahaan, M.Si.**
7.	10.40 – 11.20	Keynote Speaker II: **Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel** (UI)
		Moderator: **Ir. Erwin Siahaan, M.Si.**
8.	11.20 – 12.00	Keynote Speaker III: **Ir. Alexander Chandra, M.B.A.** (Praktisi Industri) Moderator: **Ir. Erwin Siahaan, M.Si.**
9.	12.00 – 13.00	*ISOMA*
10.	13.00 – 15.00	Presentasi Paralel I
11.	15.00 – 15.15	*Coffee Break II*
12.	15.15 – 16.30	Presentasi Paralel II
13.	16.30 – 17.00	Penutupan oleh Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara **Dr. Abrar Riza**

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

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

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

48. Studi Desain Termal Bejana Pressurizer PWR Daya600 MWe - 1000 MWe 448
Suroso
49. Studi Awal Perancangan *Escapade* pada Kendaraan Bermotor Roda Dua Saat Mengalami Gangguan Ban 451
Delvis Agusman
50. Pengaruh filler metal pada proses pengelasan baja AISI 1045 460
Sofyan Djamil

ENERGI AKTIVASI DARI DEKOMPOSISI BATUBARA YANG DICUCI DENGAN METODE AGLOMERASI MINYAK SAWIT

Nukman
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jalan Raya Prabumulih km 32 Inderalaya (30662)
Ogan Ilir Sumatera Selatan
email: ir_nukman2001@yahoo.com

Abstrak

Batubara yang dicuci dengan metode aglomerasi telah menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kalori. Abu yang merupakan pengotor dalam batubara dapat dikurangi dengan cara dicuci dengan metode aglomerasi air-minyak sawit. Dekomposisi atau devolatisasi batubara adalah cara untuk mengetahui besaran energy aktivasi yang diperlukan untuk melakukan pembakaran batubara. Devolatisasi terhadap batubara jenis batubara Semi-Antrasit, Bituminus dan Sub_Bituminus yang telah dicuci dengan metode aglomerasi air-minyak sawit menunjukkan nilai masing-masing sebesar 141,9 kJ/mol, 19,8 kJ/mol dan 18,4 kJ/mol.

***Kata Kunci**: Batubara, Aglomerasi, Thermogravimetry, Devalotisasi, Energi Aktivasi*

PENDAHULUAN

Batubara adalah salahsatu sumber energi yang tak terbarukan. Pemakaian batubara saat ini semakin meningkat, hal ini disebabkan meningkatnya jumlah penduduk dunia, yang diikuti kebutuhan akan energi yang besar. Pada saatnya nanti, energi batubara akan habis. Namun adanya ilmu pengetahuan untuk memanfaatkan dan memakai batubara secara arif, akan memperlambat laju kecepatan pemakaian batubara yang tidak terkendali. Selain daripada isu emisi gas buang pembakaran batubara yang merusak lingkungan, maka saat ini telah dipelajari beberapa metode yang dapat memanfaatkan batubara secara lebih efisien. Pencucian batubara selain daripada mengurangi kadar abu dan sulfur juga dapat meningkatkan nilai kalori (Poertadji. et.al, 2004).

Volatile matter dari batubara adalah salahsatu bagian utama dari uji proksimat batubara. Pada saat dibakar, batubara akan mengalami dekomposisi material, dimana kadar air akan berkurang, *volatile matter* yang terdiri dari beberapa gas yang mudah terbakar akan terbakar, dan hasil akhir daripada pembakaran batubara adalah abu. Dekomposisi material batubara ini dapat diuji dengan alat Thermogravimetry Analyzer (TGA). Pengujian dengan alat TGA untuk menghitung besarnya energy aktivasi yang diberikan kepada batubara baik yang belum dicuci (Nukman, 2008) maupun terhadap batubara yang telah mengalami proses pencucian. Dalam makalah ini dibahas devolatisasi material, yaitu dekomposisi material pada sisi *volatile matter*.

Dua besaran utama dalam pengujian dekomposisi TGA adalah Temperatur thermal dekomposisi dan energi aktivasi.

DEKOMPOSISI TERMAL MATERIAL BATUBARA

1. Temperatur Thermal Dekomposisi

Analisa *thermogravimetry* adalah suatu cara yang cepat dan secara teknis efektif dalam pembiayaan untuk memonitor profil-profil pembakaran batubara dan volatil nya (perubahan/dekomposisi pada *volatile matter*). *Thermogravimetry Analyser* (TGA), *Differential Thermal Analyser* (DTA) dan *Differential Scanning Calorimeter* (DSC) telah memainkan peranan penting dalam mempelajari dekomposisi thermal dalam bahan bakar padat, termasuk dalam hal ini batubara (Solomon, et.al, 1993), (Puente, et.al, 2000), (Lu, et. al, 1991) dan (Samolada, et.al, 1991).

Istilah dekomposisi termal (*thermal decomposition*) atau pirolisa (*pyrolisis*), maupun karbonisasi (*carbonization*) sudah kerapkali digunakan. Pemahaman tentang kelakuan termal dari batubara seperti layaknya pemahaman tentang kelakuan kimiawi dari batubara. Saat batubara dipanaskan ke temperatur tinggi dalam suatu *inert atmosphere* (zat bebas oksigen), batubara akan terdekomposisi dengan evolusi air, tar, dan gas dan akan meninggalkan suatu sisa padatan dimana komposisi dan sifat-sifatnya bervariasi bergantung pada temperatur perlakuan panas. (Gu, et.al, 1990). Walaupun biasanya diasosiasikan dengan kisaran temperatur (350 – 500°C), dimana proses devolatisasi berlangsung secara cepat, dekomposisi termal sebenarnya mulai terjadi pada temperatur yang lebih rendah dan diilustrasikan sebagai suatu kurva dekomposisi material, seperti gambar 1 berikut, dan terbagi dalam tiga tingkatan.

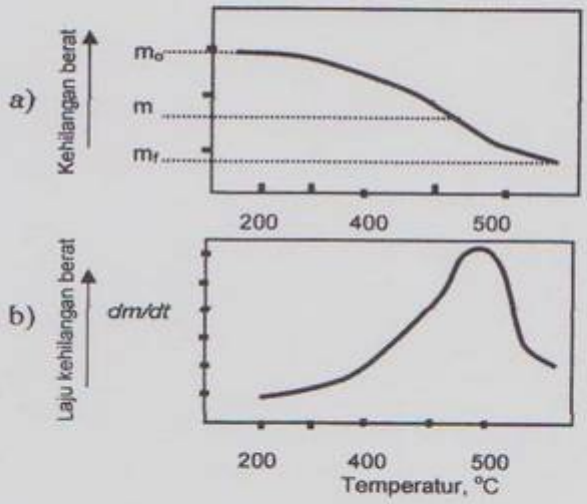
Pada tingkat pertama batubara dengan masa, m_o, (lihat gambar 1.a) di bawah temperatur 200°C, dekomposisi masih terjadi perlahan dan mulai melepaskan sejumlah kecil kombinasi kimia air, oksida dari karbon, dan hidrogen. Pada masa, m dari batubara di atas 200°C, terjadi pemanasan awal (*preheating*) yang cenderung terjadinya perubahan berbentuk "*cake*".

Tingkatan kedua, yang kadangkala disebut sebagai dekomposisi termal aktif *(active thermal decomposition)*, mulai antara 350°C dan 400°C dan berakhir pada saat mendekati 550°C. Sekitar 75% *volatile matter* lepas dari batubara, termasuk juga semua tar, hidrokarbon ringan yang dapat menguap. Pada temperatur awal 400°C ini dikatakan sebagai temperatur awal untuk proses dekomposisi material. Perubahan fasa terjadi antara ~350 – 450°C yaitu suatu karakteristik kondisi plastis dimana terbentuk kokas berpori.

Tingkat akhir dari dekomposisi ini, ditunjukkan garis yang mulai mendatar, yang pada akhirnya menjadi massa, m_f (massa final, suatu residu berupa grafit yang solid). Saat ini terjadi degasifikasi kedua. Dalam prakteknya, komposisi dan jumlah *volatile matter* berubah melepaskan diri pada temperatur 800– 850°C.

Dari gambar 1.b, dapat dilihat bahwa kehilangan berat dari material dapat digambarkan dengan hubungan antara laju kehilangan berat dm/dt terhadap temperatur. Dari kurva yang terbentuk akan terlihat beberapa puncak kurva yang menunjukkan puncak laju kehilangan berat dari dekomposisi material pada fasa waktu dan temperatur tertentu.

Hasil penelitian menunjukkan untuk ketiga jenis batubara yang tidak dicuci, (Nukman, 2007) telah terjadi proses dekomposisi material batubara dengan tingkatan-tingkatan dekomposisi seperti yang dikemukakan dari beberapa sumber acuan.



Gambar 1. Dekomposisi Material

Dekomposisi dari batubara dapat terjadi dalam tiga tingkat/reaksi yang didasarkan pada hasil pengamatan thermobalans (Menendez, et.al, 1998), (Iglesias, et.al, 1998), (Krevelen, 1993):

- Reaksi (1): Batubara $\xrightarrow[\text{Reaksi lambat Desintregrasi}]{k_1}$ Metaplast (M) Produk Dekomposisi utama
- Reaksi (2): Metaplast $\xrightarrow[\text{Reaksi cepat}]{k_2}$ Semi Kokas (R)+Volatil utama (G_1)
- Reaksi (3): Semi-Kokas $\xrightarrow{k_3}$ Kokas (S) + Gas kedua (G_2)

Pada saat reaksi (1), terjadi pembentukan fasa menengah yang tak stabil (*metaplast –M*), pada sebagian besar masa akan terjadi pembentukan plastifikasi. Reaksi (2) adalah fasa pembentukan menjadi semikokas atau resolidifikasi dari sistem plastis batubara. Produk lainnya adalah volatil utama. Reaksi (3), fasa pembentukan dari semikokas menjadi kokas (solidifikasi) dan produk lainnya adalah gas kedua (degasifikasi akhir), dimana k_1, k_2, k_3, adalah konstanta kecepatan reaksi.

Dalam tulisan ini, akan ditunjukkan gambaran tiga jenis batubara yang telah mengalami proses pencucian dengan metode aglomerasi air-minyak sawit. Dari gambaran ini akan dapat dihitung besarnya energi aktivasi yang diperlukan untuk dekomposisi material batubara tersebut.

2. Energi Aktivasi

Untuk mengetahui besarnya energi kinetis atau energi aktivasi yang diperlukan untuk proses termal dekomposisi material ini diperlukan satu gambar khusus (Askeland, 1993), (Fogler, 1992).

Pada proses dekomposisi yang memakai TGA, terdapat hubungan antara berkurangnya masa batubara akibat meningkatnya temperatur. Bila kehilangan masa adalah suatu fungsi dari temperatur pada laju pemanasan konstan (dengan laju pemanasan sebagai parameter), maka dapat diasumsikan bahwa laju dekomposisi sesaat (laju kehilangan berat), adalah refleksi dari kehilangan berat, adalah fungsi dari fraksi batubara yang tidak terdekomposisi, dan laju dekomposisi itu dapat ditulis sebagai (Berkowitz , 1979):

$$-\frac{dm}{dt} = km^n \qquad (1)$$

dengan k = konstanta kecepatan reaksi yang mengikuti hukum Arrhenius (Fogler, 1992):

$$k = Ae^{-E/RT} \qquad (2)$$

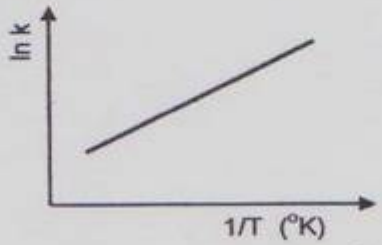
Sedangkan n adalah order reaksi, n = 1 untuk dekomposisi batubara (Berkowitz, 1979) dengan:

A = faktor pre-eksponensial atau faktor frekuensi atau faktor Arrhenius
E = energi aktivasi, J/mol
R = konstanta gas, (8.314 J/mol °K)
T = temperatur absolut, °K

Bila persamaan (2) ditulis dalam bentuk: (Askeland, 1993)

$$\ln k = \ln A - \frac{E}{RT}$$

Dengan menggunakan nilai-nilai *m*, terhadap fungsi waktu dari data TGA, satu garis dapat dibuat antara sisi kiri persamaan *ln k* terhadap *1/T*. (gambar 1). Maka untuk itu energi aktivasi dapat dihitung.



Gambar 2. Konstanta Arrhenius dalam laju termal vs 1/T untuk menghitung Energi Aktivasi

EKSPRIMENTAL

1. Batubara

Batubara yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari Tanjung Enim Sumatera Selatan. Tiga jenis batubara yang dipakai adalah Semi-Antrasit, Bituminus dan Sub-Bituminus. Spesifikasi proksimat dan ultimat dari ketiga jenis batubara ini masing-masing berbeda (Nukman, 2007). Masing-masing batubara digerus sampai dengan ukuran 60 mesh. Batubara halus kemudian dicuci dengan metode aglomerasi (Nukman, 2008) sehingga didapatkan aglemerat yang akan diuji TGA. Aglomerat yang telah kering dimasukkan kedalam *cell* (*crussible*) alumina dan ditimbang berat maksimum 80 mg. Gas nitrogen dialirkan dengan laju alir 20 ml/menit. Laju kenaikan temperatur pemanasan di*setting* 10°C/menit dengan maksimum temperatur operasi 900 °C. Waktu yang di*setting* untuk pemanasan adalah 90 menit.

2. Minyak Sawit

Minyak sawit dalam penelitian ini digunakan sebagai media aglomerasi, yang dicampur air, untuk menurunkan kadar abu dan sulfur di dalam batubara (Nukman, 2007).

Indonesia merupakan salahsatu negara produsen utama minyak sawit. Minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil – CPO*) berwarna merah jingga yang disebabkan oleh adanya karotenoid (Mangoensoekarjo, et.al., 2005). Kelapa sawit menghasilkan dua macam minyak yang sangat berlainan, yaitu yang berasal dari sabut dan minyak yang berasal dari biji (*kernel*). Minyak sawit bersifat setengah padat pada temperatur kamar, dengan titik cair antara 40 - 70°C, karena minyak sawit kasar mengandung beberapa macam asam lemak yang mempunyai titik cair yang berbeda-beda. Sifat fisiko-kimia minyak sawit meliputi antara lain warna, bau dan *flavor*, kelarutan, titik cair, titik didih, titik pelunakan, berat jenis, titik asap, titik nyala dan titik api (Ketaren, 1986). Minyak goreng sawit adalah minyak yang telah mengalami proses pemurnian yang meliputi *degumming*, pemucatan, dan deodorisasi. Secara umum komponen utama minyak yang sangat menentukan mutu minyak adalah asam lemaknya, karena asam lemak menentukan sifat kimia maupun

stabilitas minyak (Penelitian IPB, 1991). Yang menarik dari minyak sawit adalah titik nyalanya (*flash point*) 243°C dengan kadar sulfur nol persen dan kadar air kurang dari 0,3% (Valdes, 2006). Sedangkan batubara mempunyai temperatur (titik) penyalaan antara 400 sampai dengan 600°C (Koestoer, et.al, 1997).

CPO mengandung asam lemak jenuh yang mudah teroksidasi baik pada temperatur kamar maupun pada temperatur tinggi saat pemanasan. Oksigen akan merusak asam-asam lemak tak jenuh yang terdapat dalam sawit mentah. Oksidasi minyak akan menghasilkan antara lain; senyawa hidrokarbon dan alkohol (Mangoensoekarjo, et.al., 2005).

3. Dekomposisi Termal Masa Material

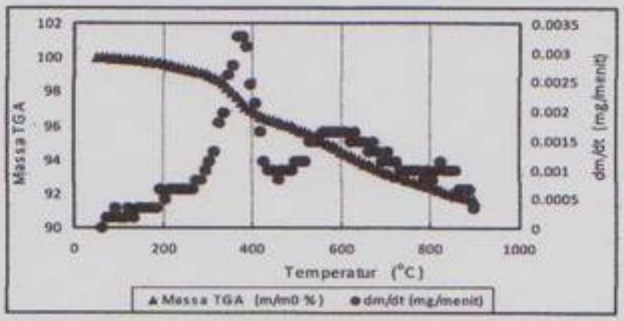
Batubara mengandung berbagai material yang sangat kompleks. Apabila dipanaskan, setiap jenis material akan mengalami dekomposisi yang mengikuti hukum Arrhenius seperti dijelaskan sebelumnya.

Analisis dekomposisi termal dilakukan dengan TGA, yang menghasilkan data-data angka dan dengan mendiferensialkan perubahan masa selama proses pemanasan terhadap temperatur, akan dapat diketahui material yang terdekomposisi atau devolatisasi pada temperatur-temperatur yang berbeda. Alat yang dipakai adalah *Thermogravimetry Analyzer* (TGA) merek Shimadzu TGA-50.

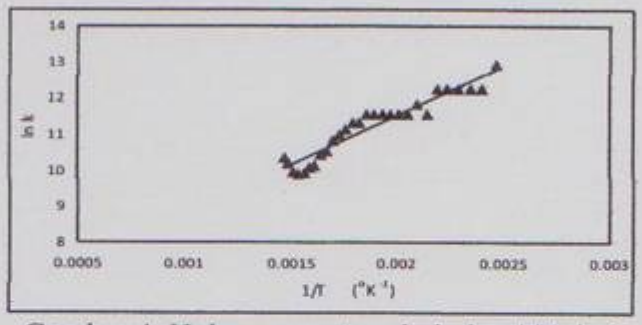
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Batubara Semi-Antrasit yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

Terdapat perbedaan pola kurva yang cukup mendasar antara batubara semi antrasit yang belum diproses aglomerasi dengan yang sudah diproses. Dari gambar 3, hampir dapat dikatakan bahwa, tidak terlihat terjadinya dekomposisi pengurangan kadar air pada sampel ini. Hal ini terlihat pada kurva, dimana tidak terdapat puncak pemanasan disekitar temperatur 150°C (Krevelen, 1993). Namun (Speight, 1994) mengatakan bahwa reaksi evavorasi air dapat saja terjadi pada temperatur maksimum 350° C. Ini berarti bahwa diperlukan energi aktivasi untuk pelepasan air dan sedikit *volatile matter*.



Gambar 3. Kurva TGA terhadap Temperatur untuk Batubara Semi-Antrasit yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

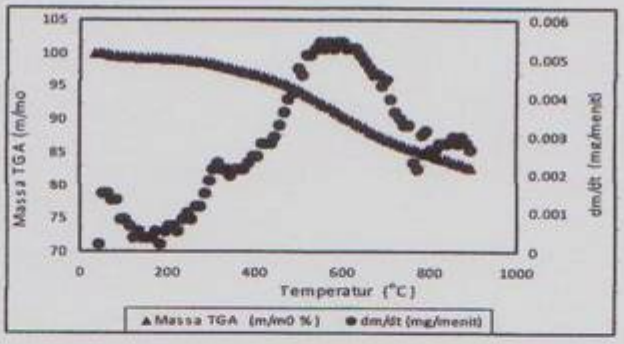


Gambar 4. Hubungan antara ln k dan 1/T dari
Batubara Semi-Antrasit yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

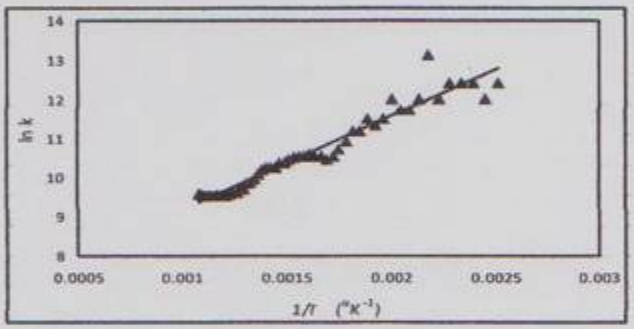
Penambahan sejumlah 15% sawit mentah memberikan pengaruh yang cukup signifikan, yaitu perubahan temperatur pemanasan awal pada batubara semi antrasit (51°C) (Nukman, 2008) menjadi temperatur 113°C yang lebih tinggi pada sampel ini. Pada akhir temperatur ini hidrokarbon yang terbentuk akibat pemanasan sawit mentah diperkirakan akan mulai bersenyawa dengan hidrokarbon batubara. Pada tahap selanjutnya terjadinya perubahan masa yang cukup cepat yang ditandai sempitnya kurva sekitar temperatur 377°C. Pada temperatur sekitar ini, sejumlah besar *volatile matter* termasuk tar dan hidrokarbon ringan terlepas dari batubara. Pada temperatur sekitar 377°C ini, gas CO_2 dan CH_4 mulai terlepas. Ini berarti bahwa pada temperatur sekitar ini telah terjadi reaksi penguraian ikatan hidrokarbon. Dapat dikatakan bahwa ikatan hidrokarbon pada sawit mentah telah terurai dan telah terjadi persenyawaan antara sawit mentah dengan karbon batubara semi antrasit. Akhir dari devolatisasi yaitu pada temperatur 407°C. Hasil penggambaran (gambar 4) didapat besaran energy aktivasi untuk ini sebesar 141,9 kJ/mol.

2. Batubara Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

Pada awal pemanasan, yaitu sekitar temperatur 65°C mengindikasikan adanya pelepasan air lebih awal yang tidak begitu banyak dibandingkan dengan batubara bituminus yang tidak diproses aglomerasi. Pada temperatur di atas 200°C atau temperatur puncak 246°C telah terjadi pemanasan awal yang pada saat ini batubara cenderung berubah fasa menjadi melembut. Pada saat ini sejumlah besar air telah terlepas, dan sejumlah kecil oksida dari karbon dan hidrogen mulai dilepaskan oleh batubara. Timbulnya puncak temperatur 317°C, diperkirakan akibat adanya sawit mentah pada permukaan batubara yang memberikan pengaruh untuk pelepasan awal beberapa gas. Pada saat ini, tar diperkirakan telah menguap habis, sedangkan gas CO_2 mulai dilepaskan.



Gambar 5. Kurva TGA terhadap Temperatur untuk
Batubara Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

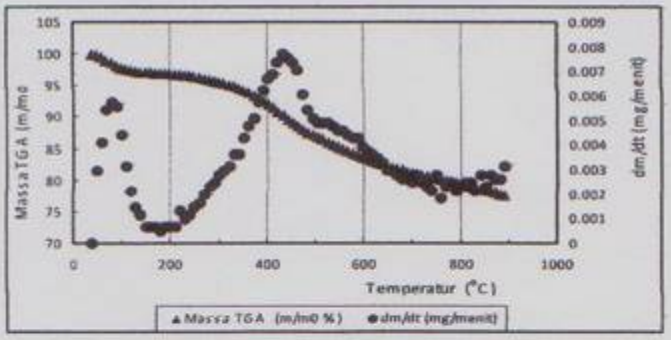


Gambar 6. Hubungan antara ln k dan 1/T dari
Batubara Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

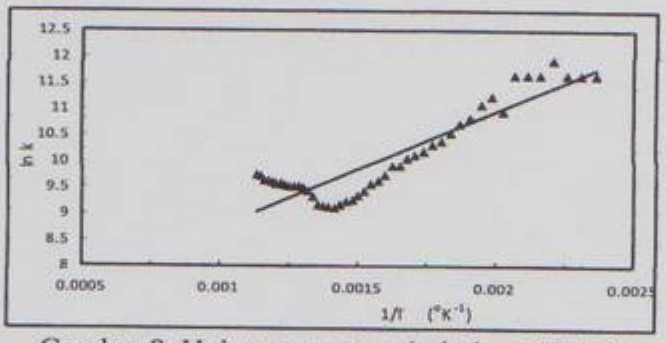
Terurainya asam lemak tidak jenuh sawit mentah dan membentuk hidrokarbon akan membentuk senyawa baru antara karbon hidrokarbon sawit mentah dengan hidrokarbon batubara. Pada puncak temperatur 399°C, pada saat ini gas CO_2, CH_4 sudah mulai dilepaskan. Pada sekitar temperatur puncak 510°C, gas-gas H_2, CH_4, CO dan CO_2 telah dilepaskan, dan timbulnya puncak ini diperkirakan karena pengaruh adanya sawit mentah pada permukaan batubara, dimana sebelumnya puncak ini tidak terdapat pada batubara bituminus yang tidak diproses aglomerasi. Telah terjadi persenyawaan antara sawit mentah dengan karbon batubara saat reaksi dekomposisi gas-gas itu berlangsung. Sawit mentah sebagai salahsatu *volatile matter*, dengan nilai kalori yang cukup tinggi (Nukman, 2007) telah memberikan pengaruh pemanasan yang besar, dimana sebelumnya telah diketahui bahwa temperatur nyala dari sawit mentah tersebut adalah 240°C (Nukman, 2008). Devolatilisasi primer ini terus berlanjut sampai pada temperatur sekitar 653 °C. Pada saat ini semua gas masih dalam proses dekomposisi untuk pelepasan. Walau puncak temperatur ini terbilang besar dan polanya relatif lebar, namun energi aktivasinya relatif kecil dibanding dengan pada temperatur sebelumnya. Lebarnya kurva ini menunjukan proses dekomposisi berjalan lamban. Dari penggambaran seperti gambar 6, didapat besaran energi aktivasi sebesar 19,8 kJ/mol.

3. Batubara Sub-Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

Pada batubara hasil proses aglomerasi ini (gambar 7), menunjukkan pola kurva yang berbeda dengan batubara sub bituminus yang tidak diproses aglomerasi. Terdapat lima puncak temperatur dekomposisi pada batubara ini.



Gambar 7. Kurva TGA terhadap Temperatur untuk
Batubara Sub-Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit



Gambar 8. Hubungan antara ln k dan 1/T dari
Batubara Sub-Bituminus yang dicuci dengan Air-Minyak Sawit

Terdapat sejumlah air yang harus dilepas pada sampel ini. Puncak temperatur pelepasan air terdapat 139°C. Temperatur sekitar 149°C adalah temperatur dimana sampel mengalami pemanasan awal untuk pembentukan fasa berbentuk *cake*.

Disisi lain pemanasan temperatur sebelum ini telah menguraikan asam lemak tak jenuh sehingga membentuk hidrokarbon. Dapat diperkirakan persenyawaan hidrokarbon sawit mentah dengan batubara terjadi pada temperatur sekitar ini. Temperatur sekitar 312°C ini menjadikan sampel yang melembut sebagai gambaran terjadinya reaksi dekomposisi awal material batubara. Dimana pada saat ini, tar telah mulai timbul. Dekomposisi pada temperatur sekitar 433°C, gas CO_2 mulai dilepas. Bergesernya puncak temperatur devolatilisasi batubara sub bituminus dari temperatur 309°C ke 312°C dapat dikatakan sebagai pengaruh terjadinya reaksi senyawa sawit mentah dengan karbon batubara. Dari gambar 7, terlihat bahwa dekomposisi ini terjadi relatif lebih cepat, hal ini ditunjukkan oleh bentuk kurva yang lebih sempit. Atau dengan kata lain adalah penurunan masa selama beda temperatur yang singkat akan membentuk pola kurva yang menyempit. Ini berarti telah terjadi dekomposisi cepat pada temperatur sekitar 433°C, padamana gas CH_4 dan CO_2 mulai dilepaskan. Pelepasan CH_4 yang lebih cepat sangat menguntungkan karena sebagai salahsatu elemen *volatile matter*, CH_4 dapat mudah terbakar dan ini merupakan penambahan nilai kalori untuk membakar karbon batubara. Gas-gas H_2, CO bersama-sama CH_4 dan CO_2 mulai dilepaskan pada temperatur sekitar 607°C. Energi aktivasi yang diperlukan untuk devolatisasi ini sebesar 18,4 kJ/mol.

KESIMPULAN

Dari ketiga sampel ini, sifat proksimat dan ultimat sangat berpengaruh, perbedaan-perbedaan sifat utama ini dan dipengaruhi dengan sifat minyak sawit menjadikan ketiga sampel mempunyai nilai energi aktivasi yang tak sama. Besaran energi aktivasi untuk sampel Semi-Antrasit yang dicuci dengan metode aglomerasi ini adalah 141,9 kJ/mol dan bila dibandingkan dengan batubara Semi-Antrasit yang tidak dicuci yang besar energi aktivasi sebesar 37, 2 kJ/mol, maka sampel ini mengindikasikan mudah terbakar. Untuk sampel Bituminus yang dicuci dengan besaran energi aktivasi sebesar 19,8 kJ/mol, maka dibandingkan dengan Bituminus yang tidak dicuci telah terjadi penurunan energi aktivasi akibat pencucian dan ini mengidikasikan bahwa sampel ini lebih lambat terbakarnya. Sedangkan untuk sampel Sub-Bituminus yang dicuci, besarnya energi aktivasinya adalah 18,4 kJ/mol dan dibandingkan dengan batubara Sub-Bituminus yang tidak dicuci yang

besar energi aktivasinya 32,5 kJ/mol, maka ini juga menunjukkan penurunan nilai *volatile matter* dan ini mengindikasikan pembakaran awal sampel ini lebih lambah terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Askeland, Donald R., (1993), ***The Science and Engineering of Materials***, PWS-KENT Publishing Company, Boston.
2. Berkowitz, N., (1979), ***An Introduction to Coal Technology***, Academic Press, New York.
3. Fogler, H. Scott., (1992), ***Elements of Chemical Reaction Engineering***, second edition, Prentice Hall International, New Jersey.
4. Poertadji, Suhardjo., Nukman dan M. Hikam (2006), ***Pengaruh Aglomerasi Air-Minyak sawit terhadap karbon dan nilai kalori batubara semi-antrasit, bituminus dan sub-bituminus***, Jurnal Sains Materi Indonesia, Badan Tenaga Atom Nasional, Volume 7, Nomor 3.
5. Gu SL, Ji RD, CaoSR, (1990), ***The physical and chemical characteristics of particels in door air where high fluoride coal burning takes place***, Chinese Academy of Preventive Medicine, Beijing, Biomed Enviro Sci.
6. Iglesias, M.J., G. de la Puente, E. Fuente, J.J Pis, (1998), ***Compositional and structural changes during aerial oxidation of coal and their relations with technological properties***, Journal of Vibrational Spectroscopy, 17.
7. Ketaren, S., (1986), ***Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan***, edisi 1, Penerbit Universitas Indonesia.
8. Koestoer, R.A., Yulianto SN, Iwan Masri, Martino RS, Nandy S, (1997), ***Studi Tentang Batubara Indonesia***, Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
9. Krevelen, Van D.W. (1993), ***Coal-Typology-Physics-Chemistry-Constitution***, Elsevier.
10. Laporan Penelitian, (1991), ***Perubahan Sifat Fisikomimia dan Pembentukan Senyawa Toksik Selama penggorengan***, Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
11. Lu, G.Q., and D.D. Do, (1991), ***A kinetic model for coal reject pyrolisis at low heating rates***', Journal of Fuel Processing Technology, 28.
12. Mangoensoekarjo, Soepadiyo, Haryono Semangun, (2005), ***Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit***, Gadjah Mada University Press, Cetakan kedua.
13. Menendez, J.A., M.A. Diez, G. de la Puente, E. E. Fuente, R. Alvarez, J.J. Pis, (1998), ***Thermal behaviour and reactivity of green petroleum cokes used as additives in metallurgical cokemaking***, Journal of Analytical and Apllied Pyrolisis.
14. 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.
15. Nukman (2008), ***Dekomposisi Volatile Matter dari Batubara Tanjung Enim dengan Menggunakan Alat Thermogravity Analyzer (TGA)***, Jurnal MAKARA seri Teknologi, Universitas Indonesia, Volume 12, Nomor 2.
16. Puente, G. de la., E. Fuente, J.J. Pis, (2000). ***Reactivity of pyrolisis chars related to precursor coal chemistry,*** Journal of Analytical and Apllied Pyrolisis, 53.
17. Samolada, M. C. and I.A. Vasalos, (1991), ***A kinetic approach to the flash pyrolisis of biomass in a fluidized bed reactor***, Journal of Fuel, vol. 70.
18. Solomon, P.R., T.H. Flecher and R.J. Pugmire (1993), ***Progress in coal pyrolisis,*** Journal of Fuel, vol. 72, number 5.

19. Speight, James G, (1994), ***The Chemistry and Technology of Coal***, Marcel Dekker, Inc. New York.
20. 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.