

# Peran Sistem Klasifikasi Bahan Bakar Padat Konvensional Hubungannya dengan Diversifikasi Energi

STEFANO MUNIR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Unisba,  
Jl. Tamansari No.1 Bandung. Email: stefano@unisba.ac.id

## Abstract

The wave of energy crisis nowadays are resulted from the shortage and supply problems, due to the depletion of oil resources along with the prevailing trend of global escalating petroleum price linked to international politics. Based on principles of National Energy Strength, a sustainable energy policy is needed in the form of guidelines for promoting the use of other energy sources to replace unrenovable conventional fossil fuels. The objective of this paper is to encourage and promote the utilization of renewable fuels through the classification system of conventional fuels. The classification system could be used as guidelines for selecting and providing solid fuel according to customer or market requirements.

Kata kunci: renewable energy, nilai kalori, analisis ultimat, sistem klasifikasi

## I. PENDAHULUAN

Bahan bakar adalah suatu bahan organik. Apabila dibakar akan menghasilkan panas dan energi, dan dapat dibagi atas 3 (tiga) kategori, yaitu padat, cair, dan gas.

Mengingat akan fakta bahwa semakin menipisnya cadangan sumberdaya minyak dan gas bumi/alam (migas) (biasanya diwakili dengan istilah minyak mentah = *crude oil = petroleum*) sebagai sumber energi fosil yang tidak terbarukan (*non-renewable energy source*) selalu menimbulkan terjadinya krisis energi sebagai akibat dari masalah kekurangan dan tidak terjaminnya pasokan, sehingga harga minyak mentah sebagai bahan baku untuk menghasilkan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang cenderung terus meningkat secara global di samping adanya pengaruh kepentingan politik

internasional.

Untuk mengatasi masalah ini, perlu didorong dan ditingkatkan program pengembangan bahan bakar alternatif yang sering disebut sebagai bahan bakar pengganti (*substitute fuels*) dari kelompok bahan bakar padat konvensional baik berupa sumber energi fosil tidak terbarukan (*non-renewable energy sources*), seperti batubara maupun sumber energi terbarukan (*renewable energy sources*) yang diperoleh dari sistem energi biomas yang berasal dari limbah pertanian, kehutanan, peternakan, atau sampah organik pasar tradisional dan industri.

Di sini, peran dari sumber energi terbarukan dan batubara peringkat rendah yang diwakili oleh sub-bituminous adalah sebagai bahan bakar padat alternatif untuk menggantikan peran BBM. Walaupun

batubara adalah sumber bahan bakar padat fosil konvensional yang tidak terbarukan dan harganya juga dipengaruhi oleh harga pasar global, tetapi karena potensi sumber daya batubara di Indonesia masih berlimpah yang ditaksir secara geologi sekitar 57,85 milyar ton (2003) dimana 85 %-nya adalah berperingkat rendah (*Low Rank Coal* = LRC) dari lignite sampai sub-bituminous dan terdapat sebagian besarnya di Sumatera sekitar 53,2 % dan di Kalimantan sekitar 47,44 %, maka batubara perlu juga dikelola secara bijaksana menurut azas konservasi atau penghematan sumber daya alam. Hal ini menyebabkan bahwa pendekatan peran penggunaan batubara sebagai sumber energi alternatif dengan peluang sebagai pengganti BBM perlu ditingkatkan untuk dikembangkan, terutama sebagai sumber energi primer untuk boiler dalam baik untuk industri maupun untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Batubara (PLTU).

Kebijakan dan prosedur penggunaan bahan bakar padat konvensional ini dapat dikembangkan melalui sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional menurut parameter kriteria dari analisa proksimat, analisis ultimat, dan nilai kalori sehingga dapat dipakai sebagai panduan (*guidelines*) dalam pemilihan dan penggunaan suatu tipe bahan bakar padat untuk diaplikasikan langsung oleh industri pengguna atau konsumen.

Hal ini dapat membantu dan mendorong pihak yang berkepentingan/pengguna (*stakeholders*) dalam pemilihan dan penggunaan suatu tipe bahan bakar padat yang terbarukan dan cocok untuk diaplikasikan dalam sistem pembakaran yang telah ada di samping peduli dengan masalah lingkungan. Seperti diketahui bahwa keuntungan dari penggunaan biomas terhadap lingkungan adalah mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan, kontribusi terhadap penurunan emisi seperti CO<sub>2</sub> sebagai gas rumah kaca dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, dan memaksimalkan perolehan energi dari limbah (*waste recovery*).

Kelompok bahan bakar padat konvensional (tidak termasuk bijih uranium) yang digunakan sebagai bahan uji selama penelitian ini dapat diwakili oleh sebanyak 18 buah tipe bahan bakar padat, yang seluruhnya dianggap sebagai biomas yang baik primer maupun sekunder. Untuk mempermudah pengelompokan bahan uji ini, biomas dapat dibagi atas dua subkelompok/bagian utama yaitu: (1) biomas primer/alami terdiri dari: jerami padi, sekam padi, kertas, kotoran sapi, bagas tebu, kayu, batok kelapa, kulit buah kelapa sawit, kulit dan bungkil buah jarak, dan kertas; (2) biomas sekunder/buatan terdiri dari: briket batubara karbonisasi (briket arang batubara = semikokas), arang kayu, arang batok kelapa, plastik dan ban bekas (*used tires*) serta kokas minyak bumi (*petroleum coke* = *pet coke*) sebagai limbah pabrik penyulingan minyak bumi.

Di sini, batubara peringkat rendah yang diwakili oleh batubara subbituminus dianggap sebagai rujukan saja (*reference*) yang posisinya dimasukkan ke dalam sub kelompok biomas sekunder menurut skala nilai kalorinya.

Sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional dirancang atas dasar parameter-parameter analisis, baik proksimat maupun ultimat yang memengaruhi nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat dari kedua subkelompok biomas ini. Di samping itu, parameter nilai kalori diurut mulai dari yang terendah sampai yang tertinggi, sehingga mempermudah dalam pemilihan tipe-tipe bahan bakar padat yang lebih murah dan mudah diperoleh secara lokal supaya cocok dengan persyaratan kualitas (spesifikasi) yang diinginkan. Lagi pula, teknik pencampuran antar tipe-tipe bahan bakar padat konvensional yang berbeda mungkin dapat dikembangkan menurut kategori/kelompok nilai kalori yaitu yang rendah dan yang tinggi untuk memperoleh suatu bahan bakar padat campuran (*blend solid fuel*) dengan nilai kalori yang diinginkan.

Karena itu, tujuan dari tulisan ini adalah untuk menyediakan informasi sistem

klasifikasi berbagai tipe bahan bakar padat konvensional agar dapat digunakan sebagai pedoman (*guidelines*) dalam pemilihan dan penggunaan suatu tipe bahan bakar padat yang diinginkan sehingga cocok/tepat dikembangkan untuk kondisi sistem pembakaran yang ada secara teknis, non-teknis (ekonomis dan sosial) dan lingkungan serta berkesinambungan.

#### A. Bahan Uji

Ada 18 tipe bahan bakar padat konvensional (tidak termasuk bijih uranium) yang digunakan sebagai bahan uji selama penelitian ini adalah biomas yang baik primer maupun sekunder ditambah dengan limbah-limbah dari industri polymer dan plastik serta pabrik penyulingan minyak.

Yang dimaksud dengan biomas adalah bahan organik yang dihasilkan dari makhluk hidup sebagai akibat dari proses konversi fotosintesis. Energi biomas dihasilkan dari bahan tumbuh-tumbuhan dan binatang, seperti kayu (lunak dan keras) dari hutan, limbah-limbah pengolahan pertanian dan kehutanan, binatang atau sampah organik pasar tradisional (sayur-sayuran, kulit kacang dan jagung, dan daun-daunan). dan limbah-limbah industri.

Untuk mempermudah pengelompokan bahan uji, biomas dapat dibagi atas dua subkelompok/bagian utama, yaitu:

- (1) Biomas primer terdiri atas: jerami padi, sekam padi, kertas, kotoran sapi, sampah organik pasar, bagas tebu, kayu, batok kelapa, kulit buah kelapa sawit, kulit dan bungkil buah jarak dan kertas.
- (2) Biomas sekunder terdiri atas: plastik, batubara, briket batubara karbonisasi, arang kayu, arang batok kelapa, dan ban bekas serta kokas minyak bumi (*petroleum coke = petcoke*) sebagai limbah pabrik penyulingan minyak bumi.

#### B. Karakteristik Bahan Bakar Padat Konvensional

Karakteristik berbagai tipe bahan bakar padat konvensional dapat ditentukan

dengan menggunakan analisis proksimat dan ultimat serta nilai kalori. Dipandang dari semua parameter analisis proksimat, yaitu air-lembab (*moisture = M*), abu (*ash = A*), zat-terbang (*volatile matter = VM*), dan karbon-tertambat (*fixed carbon = FC*), ada 2 (dua) kelompok parameter analisis proksimat yang berlawanan sifatnya yaitu air-lembab dan abu sebagai 2 (dua) komponen yang tidak dapat terbakar (*non-combustible*) dan zat-terbang dan karbon tertambat sebagai 2 (dua) komponen yang dapat terbakar (*combustible*). Dari kedua kelompok parameter analisa proksimat ini, kelompok komponen yang dapat terbakar, yaitu VM dan FC dipakai untuk pembangunan sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional dengan kriteria praktis sebagai hipotesis bahwa menaiknya % FC akan menaikkan nilai kalori dan sebaliknya, menaiknya % VM akan me-nurunkan nilai kalori.

Dipandang dari analisis ultimat dengan parameter-parameternya yaitu C, H, O, N, dan S, yang dianggap sebagai unsur-unsur yang mempengaruhi nilai kalori adalah C, H, O karena unsur C dan H akan membentuk senyawa hydrocarbon sedangkan unsur H dan O akan membentuk air (Speight, 1994).

Untuk keseragaman hasil analisis yang standar baik analisis proksimat (Standar ASTM D 3172) maupun analisis ultimat (ASTM D 3176), maka hasil kedua analisis semua contoh tipe bahan bakar padat konvensional yang diteliti dilaporkan menurut *air dried basis* (adb), yang artinya bahwa kedua analisa ini dilakukan setelah semua contoh, kering udara (*air dried samples*). Dengan kata lain, kadar total moisture (TM) dari semua contoh yaitu kadar *Free Moisture = FM* ditambah dengan kadar *Inherent Moisture = IM* tidak ditentukan kecuali tipe contoh sampah organik padat kota (sampah pasar tradisional yang terdiri dari seperti sayur-sayuran, kulit-kulit produk pertanian [*crops*] dan daun-daunan) yang kondisinya banyak mengandung air (*moisture*). Hal ini perlu dipertimbangkan apakah dapat digunakan sebagai bahan bakar atau tidak

dan apabila kadar air lembab totalnya (TM) terlalu tinggi tentu sulit membakarnya tanpa dikering-udarkan terlebih dahulu supaya mudah dibakar.

Karena suatu bahan bakar didefinisikan sebagai bahan organik apa saja yang dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau tenaga melalui proses pembakaran, maka tinggi rendahnya suhu hasil pembakarannya tergantung pada nilai kalori suatu tipe bahan bakar padat yang digunakan.

Dengan demikian, sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional yang dikembangkan ini dapat digunakan sebagai panduan berupa rujukan praktis (*practical reference*) melalui pendekatan yang

bertanggung jawab dan ber-kesinambungan dalam pemilihan dan penggunaan suatu atau lebih tipe bahan bakar padat konvensional sesuai dengan spesifikasi bahan bakar padat yang disyaratkan oleh pasar atau diinginkan oleh pengguna bahan bakar (*stakeholders* atau *consumers*).

Dalam hal ini, dapat dianggap bahwa bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih kecil dari nilai kalori kayu bakar (*woodfuels*) dapat dianggap sebagai bahan bakar berkalori rendah (*low-calorific value solid fuel*) dan sebaliknya untuk bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih besar dari nilai kalori kayu dapat dianggap sebagai bahan bakar berkalori tinggi (*high-calorific value solid fuel*). Karena itu, di sini teknik pencampuran bahan bakar padat (*solid fuel*)

Tabel 1  
**Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat serta Nilai Kalori dari Berbagai Tipe Bahan Bakar Padat Konvensional**

Tipe Bahan Bakar	Parameter Analisa Proksimat, %				Parameter Analisa Ultimat, %					Nilai Kalori, kcal/kg
	IM	A	VM	FC	C	H	O	S	N	
Jerami Padi	8,17	22,51	54,68	14,64	32,60	4,59	39,55	0,13	0,52	3.131
Sekam Padi	8,01	24,74	53,24	14,01	32,85	4,79	37,17	0,06	0,39	3.226
Kertas	5,96	8,74	74,50	10,81	39,38	5,62	46,04	0,07	0,15	3.714
Kotoran Sapi	8,92	20,97	55,50	14,61	36,47	5,80	34,65	0,23	1,98	3.781
Sampah Organik Pasar	5,45	9,39	69,29	15,87	41,12	6,77	40,66	0,30	1,76	3.865
Bajag Tebu	9,37	3,08	74,23	13,32	41,70	6,19	42,68	0,16	6,19	4.138
Kayu	11,03	1,54	72,55	14,88	42,97	6,47	48,76	0,09	0,17	4.198
Batok Kelapa	10,39	0,53	70,77	18,31	46,52	6,78	45,96	0,10	0,11	4.419
Kulit Sawit	10,35	2,14	69,32	18,19	49,96	6,36	41,07	0,07	0,40	4.587
Kulit Buah Jarak	5,87	4,88	65,85	23,40	46,62	5,88	41,30	0,07	1,25	4.658
Bungkil Buah Jarak	5,04	7,45	75,66	11,85	47,32	6,79	33,04	0,23	5,17	5.211
Plastik	0,89	0,28	92,90	5,93	-	-	-	-	-	5.551
Batubara Sub-tuminous	15,15	1,45	42,32	41,08	58,55	5,63	33,59	0,20	0,58	5.622
Briket Batubara Karbonisasi	6,42	15,82	24,64	53,12	65,19	3,87	13,96	0,29	0,37	5.891
Arang Kayu	6,97	5,14	11,64	76,25	80,44	4,50	9,44	0,21	0,27	6.889
Arang Batok Kelapa	7,26	1,92	7,78	83,04	86,25	2,69	8,84	0,07	0,23	7.392
Kokas Minyak Bumi	0,53	0,85	14,72	83,90	79,74	3,31	10,60	4,47	1,51	8.634
Ban Bekas	0,73	4,04	61,97	27,26	-	-	-	-	-	9.345

Keterangan : - = tidak ada data.

*blending technique*) dapat dilakukan untuk memperoleh suatu bahan bakar padat campuran dengan nilai kalori yang sesuai dengan spesifikasi nilai kalori dari bahan bakar padat rancangan yang diinginkan. Sedangkan sistem dan metode pembakaran dua tipe bahan bakar padat yang berbeda (*co-firing system*) baik hasil pencampuran maupun terpisah masing-masingnya dapat dilakukan secara bersamaan melalui satu pembakar (*burner*) atau secara terpisah melalui burner masing-masingnya dalam tungku (*furnace*) yang sama.

## II. PEMBAHASAN

Untuk mempermudah pembangunan sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional, maka kedelapanbelasan (= 18) tipe bahan bakar padat yang diuji diurut menurut *hierarchy* nilai kalori, dari yang terendah sampai yang tertinggi, dengan hasil analisa proksimat dan ultimat-nya masing-masing dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mengevaluasi pengaruh baik analisis proksimat maupun analisis ultimat terhadap nilai kalori dari setiap tipe bahan

bakar padat, maka data parameter kedua analisis ini pada Tabel 1 yang memengaruhi nilai kalori seperti % VM dan % FC dari analisa proksimat dan % C, % H, % O dari analisis ultimat, diplot masing-masingnya sehingga diperoleh hubungan antara parameter dan nilai kalori dari semua tipe bahan bakar padat konvensional yang diteliti.

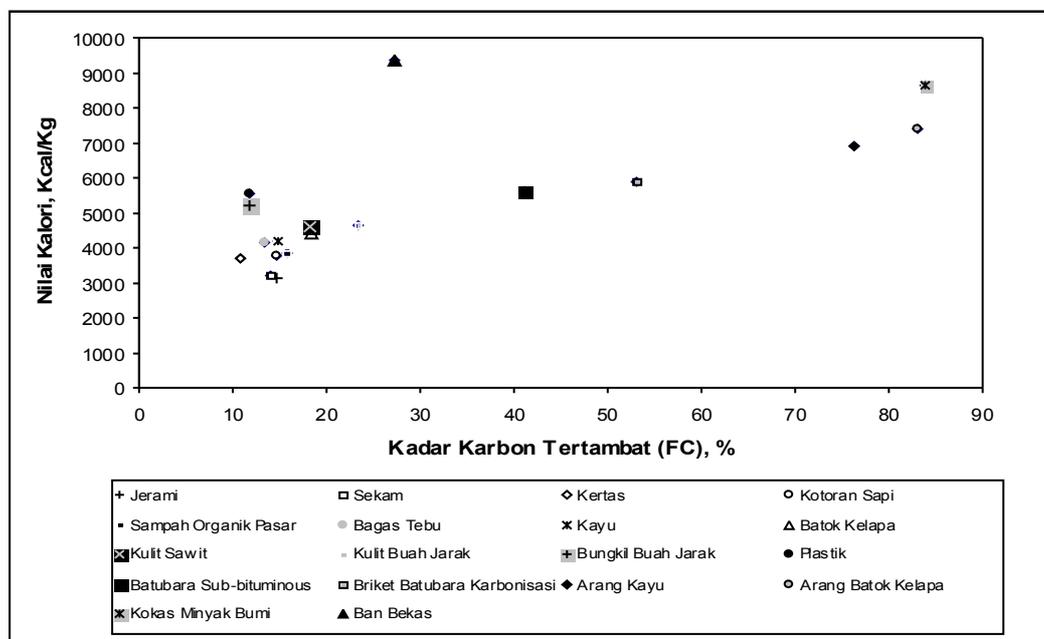
### A. Hubungan antara kadar FC dan Nilai Kalori

Data % FC dan nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat konvensional pada Tabel 1 diplot pada Gambar 1 untuk menentukan tren hubungannya.

Gambar 1 menunjukkan bahwa meningkatnya % FC akan menaikkan nilai kalori, kecuali dua tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer/karet dan plastik berupa ban bekas dan plastik.

### B. Hubungan antara kadar VM dan Nilai Kalori

Data % VM dan nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat konvensional pada



Gambar 1  
Hubungan antara % FC dan Nilai Kalori dari Setiap Tipe Bahan Bakar Padat

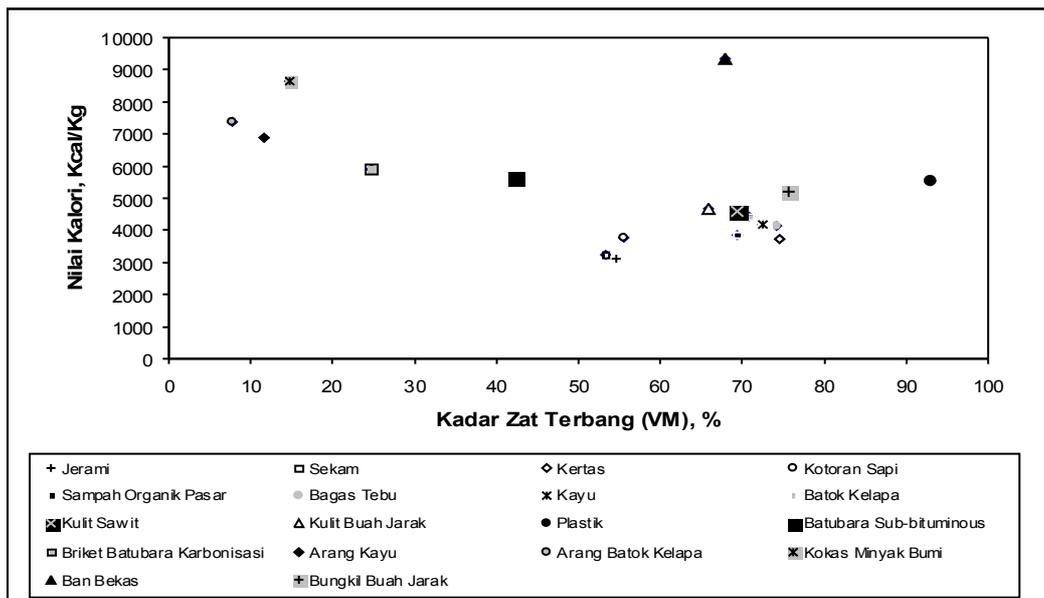
Tabel 1 diplot pada Gambar 2 untuk menentukan tren hubungannya.

Gambar 2 menunjukkan bahwa menurunnya % VM akan menaikkan nilai kalori, kecuali dua tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer/karet dan plastik berupa ban bekas dan plastik.

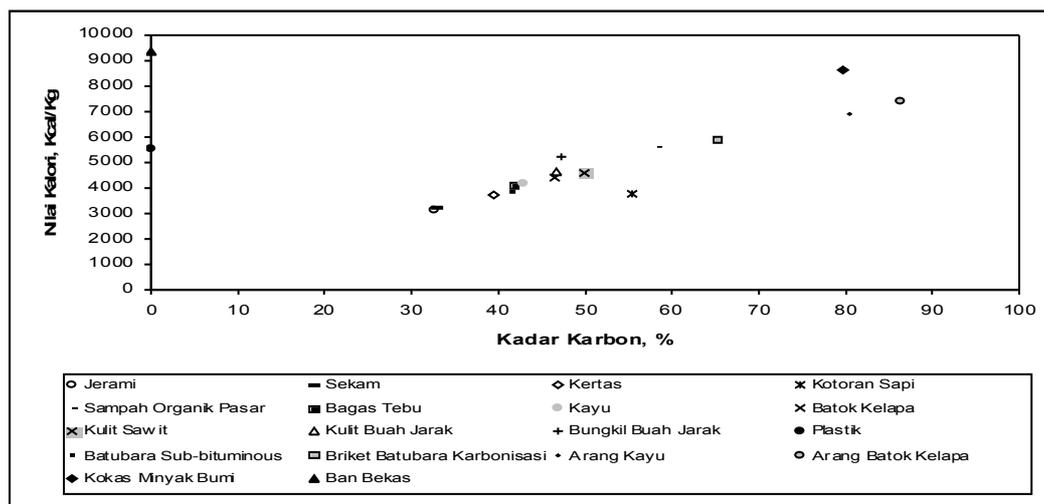
C. Hubungan Antara Kadar C dan Nilai Kalori

Data % C dan nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat konvensional pada Tabel 1 diplot pada Gambar 3 untuk menentukan tren hubungannya.

Gambar 3 menunjukkan bahwa



Gambar 2  
Hubungan antara % VM dan Nilai Kalori dari Setiap Tipe Bahan Bakar Padat



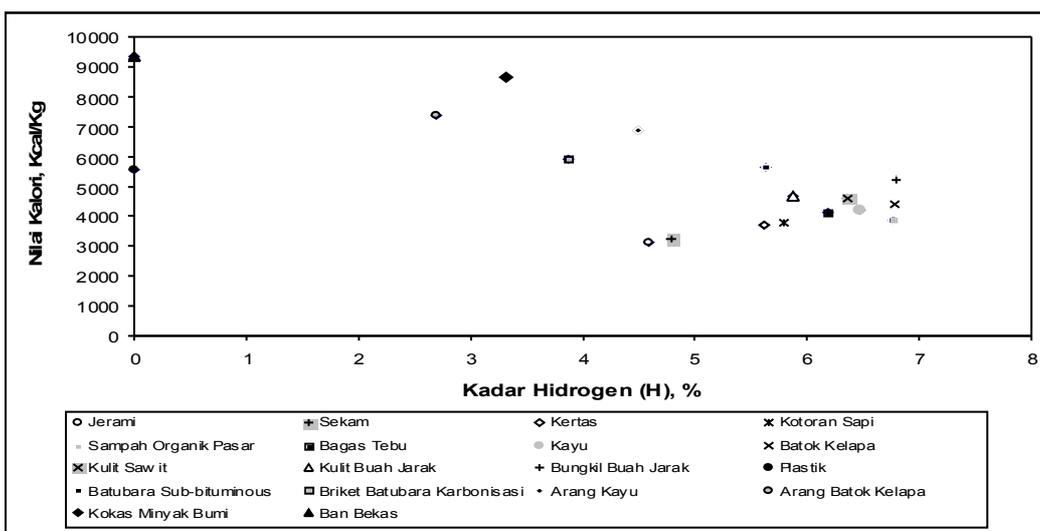
Gambar 3  
Hubungan antara % karbon (C) dan Nilai Kalori dari Setiap Tipe Bahan Bakar Padat

menaiknya % C akan menaikkan nilai kalori, kecuali dua tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer/karet dan plastik berupa ban bekas dan plastik.

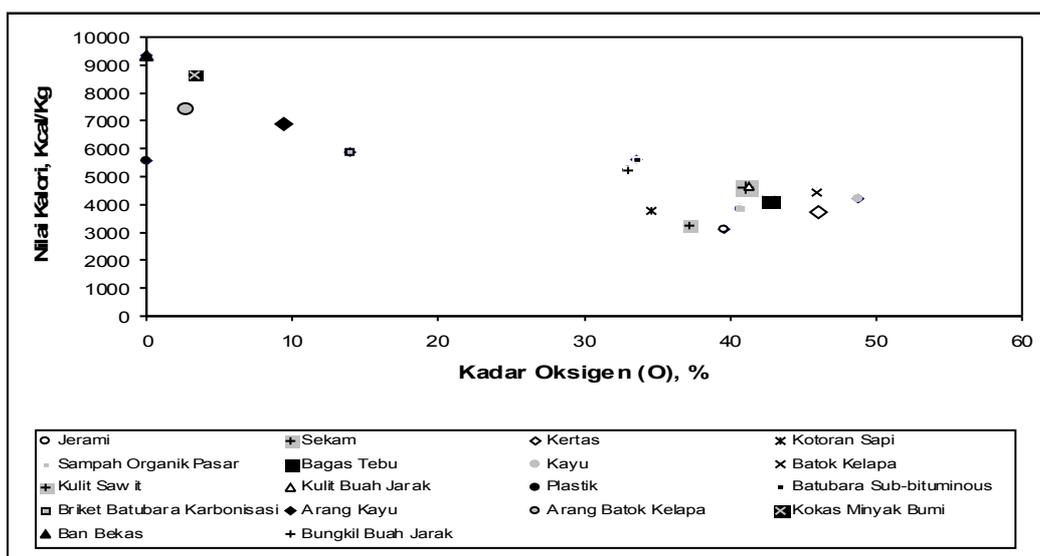
D. Hubungan Antara Kadar H dan Nilai Kalori

Data % H dan nilai kalori dari setiap

tipe bahan bakar padat konvensional pada Tabel 1 diplot pada Gambar 4 untuk menentukan tren hubungannya. Gambar 4 menunjukkan bahwa menurunnya % H akan menaikkan nilai kalori, kecuali dua tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer/karet dan plastik berupa ban bekas dan plastik.



Gambar 4 Hubungan antara % H dan Nilai Kalori dari Setiap Tipe Bahan Bakar Padat



Gambar 5 Hubungan antara % O dan Nilai Kalori dari Setiap Tipe Bahan Bakar Padat

e. Hubungan antara kadar O dan Nilai Kalori

Data % O dan nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar pada Tabel 1 diplot pada Gambar 5 untuk menentukan tren hubungannya.

Gambar 5 menunjukkan bahwa menurunnya % O akan menaikkan nilai kalori, kecuali dua tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer/karet dan plastik berupa ban bekas dan plastik.

Dipandang dari analisis proksimat, ada dua parameter analisis proksimat, yaitu % VM dan % FC yang memengaruhi nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat, sehingga dapat dipakai sebagai kriteria untuk pembuatan sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional melalui hubungan antara % VM dan % FC dengan nilai kalori seperti terlihat pada Tabel 2 yang datanya diambil dari Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 2 menunjukkan adanya tren secara keseluruhan bahwa menaiknya % FC akan menaikkan nilai kalori, tetapi menaiknya

% VM akan menurunkan nilai kalori, walaupun dari bagian biomas sekunder ada beberapa tipe bahan bakar padat seperti limbah industri polymer dan plastik berupa plastik dan ban bekas menunjukkan sebaliknya. Di samping itu, kayu dengan sekitar 15 % FC dan nilai kalori sekitar 4.200 kcal/kg dapat dipakai sebagai rujukan pembedaan, yaitu tipe-tipe bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih kecil dari nilai kalori kayu dianggap sebagai bahan bakar berkalori rendah (*low-calorific value solid fuel*), sedangkan tipe-tipe bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih besar dari nilai kalori dapat dianggap sebagai bahan bakar berkalori tinggi (*high-calorific value solid fuel*).

Sedangkan dipandang dari analisis ultimat, ada tiga parameter analisis yang dipakai sebagai kriteria untuk menilai nilai kalori dari setiap tipe bahan bakar padat, yaitu % C, % H dan % O, sehingga dapat dipakai sebagai kriteria untuk pembuatan sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional melalui hubungan antara %

Tabel 2  
Hubungan antara % VM dan % FC dari Analisis Proksimat dengan Nilai Kalori

Tipe Bahan Bakar	Parameter Analisis Proksimat, %		Nilai Kalori, kcal/kg
	VM	FC	
jerami padi	54,68	14,64	3.131
sekam padi	53,24	14,01	3.226
kertas	74,50	10,81	3.714
kotoran sapi	55,50	14,61	3.781
sampah organik pasar	69,29	15,87	3.865
bagas tebu	74,23	13,32	4.138
kayu	72,55	14,88	4.198
batok kelapa	70,77	18,31	4.419
kulit sawit	69,32	18,19	4.587
kulit buah jarak	65,85	23,40	4.658
bungkil buah jarak	75,66	11,85	5.211
plastik	92,90	5,93	5.551
batubara sub-tuminous	42,32	41,08	5.622
briket batubara karbonisasi	24,64	53,12	5.891
arang kayu	11,64	76,25	6.889
arang batok kelapa	7,78	83,04	7.392
kokas minyak bumi	14,72	83,90	8.634
bas bekas	67,97	27,26	9.345

Tabel 3  
**Hubungan antara % C, % H dan % O dari Analisis Ultimat dengan Nilai Kalori**

Tipe Bahan Bakar	Parameter Analisis Ultimat, %			Nilai Kalori, kcal/kg
	C	H	O	
jerami padi	32,60	4,59	39,55	3.131
sekam padi	32,85	4,79	37,17	3.226
kertas	39,38	5,62	46,04	3.714
kotoran sapi	36,47	5,80	34,65	3.781
sampah organik pasar	41,12	6,77	40,66	3.865
bagas tebu	41,70	6,19	42,68	4.138
kayu	42,97	6,47	48,76	4.198
batok kelapa	46,52	6,78	45,96	4.419
kulit sawit	49,96	6,36	41,07	4.587
kulit buah jarak	46,62	5,88	41,30	4.658
bungkil buah jarak	47,32	6,79	33,04	5.211
plastik	-	-	-	5.551
batubara sub-tuminous	58,55	5,63	33,59	5.622
briket batubara karbonisasi	65,19	3,87	13,96	5.891
arang kayu	80,44	4,50	9,44	6.889
arang batok kelapa	86,25	2,69	8,84	7.392
kokas petroleum	79,74	3,31	10,60	8.634
ban bekas	-	-	-	9.345

Keterangan: - = tidak ada data

C, % H, dan % O dengan nilai kalori seperti terlihat pada Tabel 3 yang datanya diambil dari Tabel 1.

Tabel 3 menunjukkan bahwa meningkatnya % C akan menaikkan nilai kalori secara progresif dari 18 tipe bahan bakar padat konvensional yang diimbangi dengan menurunnya % H dan % O. Di sini jelas terlihat bahwa kayu dengan 15 % FC (Tabel 2), 43 % C dan nilai kalori sekitar 4.200 kcal/kg dapat dirujuk sebagai pembatas antara bagian tipe-tipe biomas yang berkalori rendah (< 4.200 kcal/kg) seperti jerami padi, sekam padi, kertas, kotoran sapi, sampah organik pasar (sayur-sayuran, kulit jagung dan kacang, dan daun pisang), bagas tebu dan bagian tipe-tipe biomas yang berkalori tinggi (> 4.200 kcal/kg) seperti batok kelapa, kulit sawit, kulit buah jarak, bungkil buah jarak, plastik, batubara peringkat rendah sub-bituminous, briket batubara karbonisasi, arang kayu, arang batok kelapa, kokas minyak bumi (*petroleum coke = pet coke*),

dan ban bekas.

Banyak informasi literatur yang menyatakan bahwa semua tipe bahan bakar padat konvensional yang diteliti ini dianggap sebagai *biomas* dan umumnya telah banyak digunakan sekarang ini sebagai bahan bakar alternatif untuk menggantikan sebagian atau seluruh bahan bakar fosil konvensional seperti batubara, minyak, atau gas, yang selama ini biasa digunakan, terutama dalam industri yang menggunakan tungku pembakaran batubara (*coal-firing furnaces*) dari boiler (*steam generator = pembangkit uap*) baik untuk industri seperti pabrik pembuatan semen maupun untuk PLTU. Hal ini harus dilakukan mengingat fakta bahwa biaya penggunaan sumber bahan bakar fosil yang tidak terbarukan merupakan komponen biaya produksi yang terbesar dalam suatu industri, sehingga perlu dikurangi melalui tindakan penghematan sumber daya bahan bakar fosil tersebut secara berkesinambungan. Karena potensi cadangan

sumber daya bahan bakar fosil yang tidak terbarukan semakin menipis dan harganya terus menaik, maka tiba saatnya suatu industri pengguna bahan bakar fosil beralih menggunakan bahan bakar alternatif dari sistem energi biomas yang terbarukan.

### III. PENUTUP

Dari uraian hasil penelitian ini dapatlah disimpulkan dan disarankan hal-hal sebagai berikut: *pertama*, dipandang dari hubungan antara parameter analisis proksimat dan nilai kalori, ada tren secara keseluruhan bahwa nilai kalori suatu tipe bahan bakar padat konvensional menaik dengan meningkatnya % FC, tetapi menurun dengan meningkatnya % VM, terkecuali ada beberapa tipe bahan bakar padat, terutama dari biomas sekunder seperti limbah industri polymer dan plastik, yaitu plastik dan ban bekas menunjukkan sebaliknya.

*Kedua*, dipandang dari hubungan antara parameter analisis ultimat dan nilai kalori, ada tren secara keseluruhan bahwa nilai kalori suatu tipe bahan bakar padat konvensional menaik secara progresif dengan meningkatnya % C, tetapi menurun dengan meningkatnya % H dan % O.

*Ketiga*, apabila kayu dengan sekitar 15 % FC dan nilai kalori sekitar 4.200 kcal/kg dapat dipakai sebagai rujukan pembedaan, maka tipe-tipe bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih kecil dari nilai kalori kayu seperti jerami padi, sekam padi, kertas, kotoran sapi, sampah organik pasar, bagas tebu dianggap sebagai bahan bakar berkalori rendah (*low-calorific value solid fuel*), sedangkan tipe-tipe bahan bakar padat dengan nilai kalori lebih besar dari nilai kalori kayu seperti batok kelapa, kulit sawit, kulit buah jarak, plastik, batubara sub-bituminous, briket batubara karbonisasi, arang kayu, arang batok kelapa, kokas minyak bumi dan ban bekas dapat dianggap sebagai bahan

bakar berkalori tinggi (*high-calorific value solid fuel*).

*Keempat*, dengan diklasifikasikannya kelompok bahan bakar padat konvensional menurut *hierarchy* nilai kalori ini, maka teknik pencampuran suatu tipe bahan bakar padat (dengan nilai kalori rendah) dengan tipe bahan bakar padat yang lainnya (dengan nilai kalori tinggi) dapat dilakukan secara bijaksana dalam rangka pemenuhan persyaratan spesifikasi yang diminta oleh konsumen di pasar.

*Kelima*, Sistem klasifikasi bahan bakar padat konvensional ini dapat dipakai sebagai pedoman yang dijadikan kebijakan untuk mengambil keputusan dalam pemilihan dan penggunaan suatu tipe bahan bakar padat konvensional yang diinginkan dipandang dari segi kelayakan teknik, non-teknik (ekonomis dan sosial), dan lingkungan.

### DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, D 3172, (1989). *Proximate Analysis of Coal and Coke*.
- CEMBUREAU – The European Cement Association, (1997). *Alternative Fuels in Cement Manufacture*. Brussels.
- Kinsky, R., (1982). *Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization*. Coal Science and Technology 2, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Munir, S. (2003). *Kajian Pengaruh Karakteristik Mutu Briket Batubara terhadap Karakteristik Pembakarannya yang Diperlukan untuk Tujuan Pemilihan Domestic Fuel*. Prosiding Seminar Nasional VI 'Kimia dalam Pembangunan', Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, Yogyakarta, 8 – 9 April.
- Speight, J. G., (1994). *The Chemistry and Technology of Coal*, Marcel Dekker, Inc., New York.