

# Optimasi Kinerja Teknologi *Co-Firing* Batubara dengan Biomasa dalam Industri Pengguna Batubara

(Studi Kasus : Puslitbang tekMIRA, Wr. Muncang, Bandung, Provinsi Jawa Barat)

<sup>1</sup>Eggy Maulana Putra, <sup>2</sup>Stefano Munir, <sup>3</sup>Sriyanti  
<sup>1,2,3</sup>Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
Email: [ajava19@gmail.com](mailto:ajava19@gmail.com)

**Abstract.** The use of fossil fuels (fuel oil and coal) is dominant to produce energy in order to meet the needs of human life. Until now, the use of coal as a fuel in power plants is considered very economical, So that utilization is increasing despite produces carbon emissions that can interfere with the environment. Biomass is a renewable energy source that has not been widely used. Combustion of biomass following the reverse reaction of photosynthesis that is known as CO<sub>2</sub> neutral. Therefore, substitution of coal with biomass portion is expected to reduce GRK emissions and to reduce carbon emissions. In other words, the combustion produces carbon, whereas biomass absorbs carbon as it grows, so that the life cycle of biomass from planting to be converted into electrical energy can produce a very small carbon footprint. In this case, the technology of solid fuel burning two different conventional simultaneously (*co-firing*), can partially replace fossil fuels, especially coal, in order to implement a policy of conservation and diversification of energy resources. Testing *co-firing* combustion system itself uses ingredients of low rank coal and sawdust. provision of standard ESDM ministry in getting the best results in the mixing of coal and sawdust, with optimum conditions based use was at 80% blending of coal : 20% sawdust.

**Keywords:** *Co-firing*, Coal, Biomass, Ash Properties, Calories

**Abstrak.** Penggunaan bahan bakar fosil (bahan bakar minyak dan batubara) sangat dominan untuk menghasilkan energi guna memenuhi kebutuhan hidup manusia. Sampai dengan saat ini penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik dinilai sangat ekonomis, sehingga pemanfaatannya semakin meningkat walaupun menghasilkan emisi karbon yang dapat mengganggu lingkungan. Biomasa merupakan sumber energi terbarukan yang belum banyak dimanfaatkan. Pembakaran biomasa mengikuti reaksi balik (*reverse reaction*) dari fotosintesis sehingga dikenal sebagai *CO<sub>2</sub> neutral*. Karena itu substitusi sebagian batubara dengan biomasa diharapkan akan menurunkan emisi GRK dan dapat mengurangi emisi karbon. Dengan kata lain pembakaran menghasilkan karbon, sedangkan biomasa menyerap karbon saat tumbuh, sehingga siklus hidup biomasa dari mulai penanaman sampai dikonversikan menjadi energi listrik dapat menghasilkan emisi karbon yang sangat kecil. Dalam hal ini, teknologi pembakaran dua bahan bakar padat konvensional yang berbeda secara bersamaan (*co-firing*) dapat menggantikan sebagian bahan bakar fosil, terutama batubara, dalam rangka melaksanakan kebijakan konservasi dan diversifikasi sumber daya energi. Pengujian sistem pembakaran *co-firing* ini sendiri menggunakan bahan batubara peringkat rendah dan serbuk gergaji. Berdasarkan ketentuan dari standar kementerian ESDM di dapatkan hasil terbaik pada pencampuran batubara terhadap serbuk gergaji, dengan kondisi optimum berdasarkan pemanfaatannya pada pencampuran 80% batubara : 20% biomasa.

**Kata Kunci:** *Co - firing*, batubara, biomas, sifat abu, kalori

## A. Pendahuluan

### Latar Belakang

Penggunaan batubara sebagai sumber energi utama semakin hari semakin meningkat terutama sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik, industri semen, dan industri-industri lainnya. Dilakukan teknologi *co-firing* yang berwawasan lingkungan, karena mengingat potensi biomasa sangat banyak di Indonesia. Selain itu *biomass* bisa dijadikan penyeimbang dan meminimalisir ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Biomasa juga dapat mengurangi dampak terhadap lingkungan yang disebabkan

oleh pembakaran batubara, sedangkan biomasa saat pertumbuhannya membutuhkan CO<sub>2</sub>.

### Tujuan Penelitian

1. Mengkaji dan mengetahui hasil campuran batubara dengan serbuk biomasa terhadap analisis proksimat, ultimat dan TGA/DTA.
2. Mengkaji dan mengetahui hasil terbaik pengaruh campuran batubara dan biomasa dengan analisis nilai kalor pada biobatubara tersebut.
3. Mengkaji dan mengetahui komposisi bahan baku batubara terhadap bahan campuran biomasa serbuk gergaji sebelum mengalami proses *co-firing* dengan pengaruh persen campuran batubara terhadap biomasa.

### B. Landasan Teori

Sistem pembakaran *co-firing* adalah suatu proses pembakaran dua material yang berbeda secara bersamaan, *co-firing* juga didefinisikan sebagai proses pembakaran simultan dari beberapa bahan bakar biomas dengan mensubstitusi sebagian batubara di dalam unit pembangkit uap yang sama, dengan menggunakan ruang bakar (*combustion chamber*) yang biasa digunakan untuk pembakaran batubara, atau menggunakan ruang bakar baru (pada proses *retrofitting*) yang khusus di desain untuk digunakan, baik batubara maupun biomas atau bagi campuran keduanya. Penerapan teknologi ini merupakan kombinasi dari penyelamatan lingkungan di satu sisi dan keuntungan finansial di sisi lainnya.

Sebuah pendekatan yang memungkinkan untuk dapat meningkatkan penggunaan energi biomas dalam waktu singkat adalah dengan mencampurkan biomas dengan batubara dan membakarnya pada pembangkit listrik yang di desain untuk bahan bakar batubara.

Pada beberapa literatur maupun hasil penelitian yang membahas topik energi terbarukan maupun teknologi *co-firing* mengindikasikan bahwa pilihan pencampuran biomas dengan bahan bakar fosil padat (dalam hal ini batubara berbagai kualitas) merupakan bentuk pemanfaatan paling sempurna atau ideal bagi kontribusi biomas sebagai bahan bakar, dengan pencampuran pada umumnya 5 – 15% dari basis berat, bahkan ada yang sampai 20% (Gan Thay Kong., 2010).

Terdapat 3 kelompok teknologi *co-firing* yakni:

Pembakaran campuran langsung (*direct co-firing*), dimana digunakan ketel uap (boiler) tunggal dengan sistem pembakar (burner) umum atau (burner) terpisah. Teknologi ini merupakan yang paling murah dan paling banyak digunakan.

Pembakaran campuran tidak langsung (*indirect co-firing*), biomas diproses secara *thermis* terlebih dahulu untuk diolah/dikonversi menjadi bahan bakar berbentuk gas atau cair, dan kemudian dibakar bersama dengan batubara di dalam ruang bakar yang sama.

Proses pembakaran paralel (*parallel combustion*); biomas dibakar seluruhnya di ketel uap yang lain dan hasil uapnya dimanfaatkan di dalam sirkuit sistem pembangkitnya, jadi semacam "*booster*" atau penambah jumlah uap pada sirkuit tersebut.

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Hasil Analisis Proksimat

Pada hasil pengujian analisis proksimat, *fuel ratio* dan nilai kalor dapat dilihat pada (Tabel 1).

**Tabel 1.** Hasil Analisis Proksimat dan Nilai kalor (adb)

Sampel	IM %	ASH%	VM%	FC%	Fuel Ratio	Nilai Kalor kal/gr
Batubara	25,06	20,12	22,035	36,86	20,05	5458
Biomasa	8,14	11,2	9,13	71,56	7,83	3259

## 1. Hasil Analisis Ultimat

Pada hasil pengujian analisis ultimat dapat dilihat pada (Tabel 2).

**Tabel 2.** Hasil Analisis Ultimat (adb)

Sampel	C	H	O	N	S
Batubara	61,9	4,0	15,1	1,6	1,3
Biomasa	46,9	5,2	37,8	0,1	0,04

2. Hasil Pengujian Pencampuran (*co-firing*)

Adapun proses pengujian pencampuran antara biomasa dan batubara proses dan tahapannya tetap sesuai dengan uji mekanis dengan pengujian, uji proksimat diantaranya, uji kandungan air (IM), abu (ash), zat terbang (VM), *fixcarbon*, *fuel ratio* dan nilai kalor (NK) (Tabel 3). Berikut hasil dari proses pencampuran *co-firing*:

**Tabel 3.** Hasil Pencampuran Batubara dan Biomasa (adb)

<i>Co-Firing</i> Batubara dan Biomasa							
Komposisi bahan bakar campuran, %		%IM	%A	%VM	%FC	Fuel Ratio	Nilai Kalori (Kcal/kg)
Batubara	Biomasa						
95	5	24,21	19,67	21,38	38,59	1,8	5347,95
90	10	23,36	19,22	20,74	40,33	1,9	5237,90
85	15	22,52	18,78	20,09	42,06	2,09	5127,85
80	20	21,67	18,33	19,45	43,80	2,2	5017,80
75	25	20,83	17,89	18,80	45,53	2,4	4907,75

Selanjutnya ada analisis ultimat yang dilakukan untuk menentukan kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen, (N), dan sulfur (S) dalam batubara. Berikut hasil pencampuran pada analisis ultimat antara batubara dan biomas seperti pada (Tabel 4).

**Tabel 4.** Hasil Pencampuran Ultimat Batubara dengan Biomasa (adb)

<i>Co-Firing</i> Batubara dan Biomasa						
Komposisi bahan bakar campuran, %		C	H	O	N	S
Batubara	Biomasa					
95	5	61,15	4,06	16,23	1,52	1,23
90	10	60,4	4,12	17,37	1,45	1,17
85	15	59,65	4,18	18,5	1,37	1,11
80	20	58,9	4,24	19,65	1,3	1,04
75	25	58,15	4,3	20,77	1,22	0,98

Selanjutnya setelah didapatkan hasil pencampuran batubara terhadap biomas, tahapan selanjutnya mengambil sampel batubara dan biomasa dengan 100% tiap-tiap sampel, dan sampel yang telah di campur antara (0% - 100%) untuk di uji dan di analisa DTA/TGA, berikut ini hasil dari pengujian DTA/TGA pada (Tabel 5).

**Tabel 5.** Hasil Data Penelitian DTA dan TGA

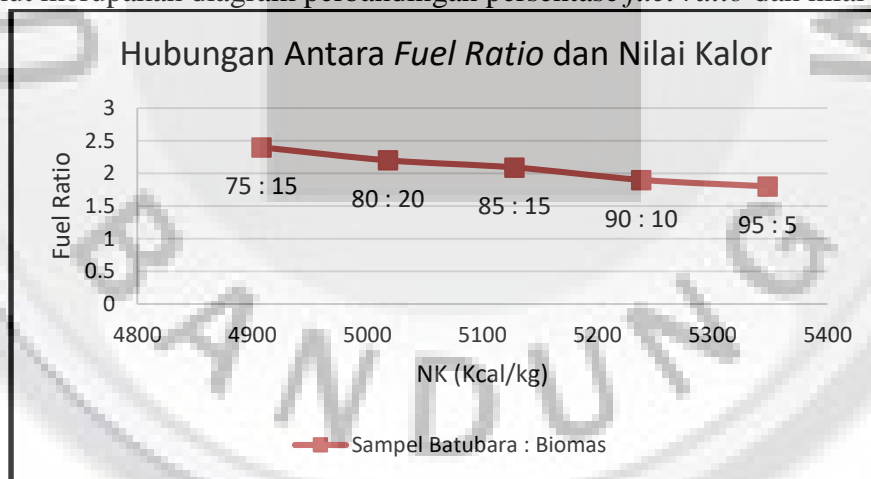
Sampel	Tig (°C)	Tmax (°C)	Rmax (mg/min)	Tbo (°C)	ASH (%)	Kalori (cal/gr)
Batubara 100%	350	394.40	0.28	497.60	5.63	5458
Biomasa 100%	395	470.40	0.02	521.70	15.15	3259
Batubara 95% : Biomasa 5%	350	398.70	0.23	499.80	6.67	5347
Batubara 90% : Biomasa 10%	357	410.10	0.21	505.10	7.62	5237
Batubara 85% : Biomasa 15%	368	415.10	0.18	511.80	8.04	5127
Batubara 80% : Biomasa 20%	376	424.10	0.16	514.00	10.04	5017
Batubara 75% : Biomasa 25%	380	432.70	0.13	518.80	13.67	4907

## 3. Hubungan Antara Karakteristik Bahan Bakar dan Nilai Kalor

**Tabel 6.** Hasil Data Penelitian Nilai Kalor

Komposisi bahan bakar campuran, %		Fuel Ratio	Nilai Kalori (Kcal/Kg)
Batubara	Biomasa		
95	5	1,8	5347,95
90	10	1,9	5237,9
85	15	2,09	5127,85
80	20	2,2	5017,8
75	25	2,4	4907,75

Berikut merupakan diagram perbandingan persentase *fuel ratio* dan nilai kalor:

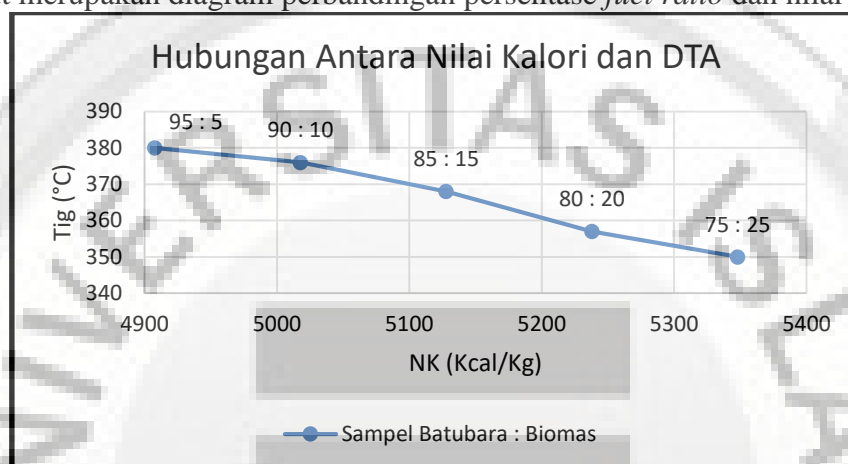
**Gambar 1.** Grafik Hubungan Antara Karakteristik Bahan Bakar dan Nilai Kalor

Pada grafik hubungan antara karakteristik bahan bakar dan nilai kalor (Gambar 1) dapat dilihat bahwa semakin tinggi *fuel ratio* maka semakin rendah nilai kalor, ini disebabkan karena komposisi campuran batubara yang lebih sedikit dan biomas yang lebih banyak relatif memiliki *fuel ratio* yang tinggi karena biomas memiliki kandungan zat terbang lebih sedikit (9,13%) dan *fix carbon* (71,56%) yang lebih banyak dari batubara (36,86%). Nilai kalor biomas juga lebih rendah dari batubara sehingga dapat mempengaruhi kualitas dari bahan bakar batubara. Hubungan antara Nilai Kalor dan DTA

**Tabel 7.** Hasil Data Penelitian DTA

Karakteristik bahan bakar campuran, %		Nilai Kalori (Kcal/Kg)	Tig (°C)
Batubara	Biomasa		
95	5	5347,95	350
90	10	5237,9	357
85	15	5127,85	368
80	20	5017,8	376
75	25	4907,75	380

Berikut merupakan diagram perbandingan persentase *fuel ratio* dan nilai kalor:

**Gambar 2.** Grafik Hubungan Antara Nilai Kalor dan DTA

Dari hasil penelitian DTA dapat dilihat bahwa titik nyala yang tertinggi yaitu pada campuran batubara biomasa (75% : 25%). Dengan demikian semakin banyak komposisi campuran biomasa dibanding batubara maka akan semakin tinggi titik nyala yang dihasilkan karena kandungan *fix carbon* pada biomasa (71,56%) lebih banyak dari batubara (36,86%). Hal ini berbanding terbalik dengan nilai kalor yang dihasilkan karena semakin tinggi titik nyala maka akan semakin rendah nilai kalor yang dihasilkan, ini terjadi karena biomasa memiliki nilai kalor yang rendah, maka apabila campuran biomasa semakin banyak maka nilai kalor akan rendah dan titik nyala tinggi.

#### 4. Optimasi Kinerja Co-Firing Batubara dengan Biomasa

**Tabel 8.** Hasil Data Penelitian DTA

Komposisi bahan bakar campuran, %		<i>Fuel Ratio</i>	Nilai Kalori (Kcal/Kg)	Tig (°C)
Batubara	Biomasa			
95	5	1,8	5347,95	350
90	10	1,9	5237,9	357
85	15	2,09	5127,85	368
80	20	2,2	5017,8	376
75	25	2,4	4907,75	380

Pada analisis DTA dapat dilihat bahwa titik nyala tertinggi yaitu pada sampel dengan campuran batubara biomasa (75% : 25%). Dari pengamatan ini (Gambar 2) terlihat bahwa semakin banyak kandungan batubara maka akan semakin rendah titik nyala (Tig) dan sebaliknya apabila kandungan biomasa banyak maka nilai Tig akan semakin tinggi. Oleh karena itu pemilihan bahan bakar campuran yang ideal yaitu titik



pembakaran dan fuel ratio yang tidak tinggi dan memiliki nilai kalor diatas 5000 Kcal/Kg sebagai syarat umpan pada PLTU. Pemilihan bahan bakar campuran yang relatif memenuhi syarat untuk PLTU yaitu pada campuran batubara biomasa (80% : 20%) karena nilai kalor sudah memenuhi syarat.

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sesuai dengan standar ketentuan spesifikasi batubara PLTU Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan 2015 nilai yang ideal pada penelitian ini adalah pada pencampuran batubara terhadap biomasa serbuk gergaji dengan persentasi campuranya (80% : 20%) yaitu dengan nilai proksimat kadar air 21,67%, kadar abu 18,33%, *fix carbon* 43,80% dan *fuel ratio* 2,2. Untuk nilai ultimat pada persentasi campuranya (80% : 20%) dengan kadar karbon 58,9%, kadar hydrogen 4,24%, kadar oksigen 19,65%, kadar nitrogen 1,3% dan kadar sulfur 1,04%. Dengan melakukan proses *co-firing* dapat mengurangi penggunaan batubara sehingga akan mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat pembakaran batubara. Penggunaan biomas juga dapat dimaksimalkan agar pasokan bahan bakar padat alternatif dapat terjamin secara berkelanjutan. Untuk hasil pengujian DTA/TGA, data pada pengujian ini menunjukkan bahwa campuran biobatubara dengan serbuk gergaji sudah cukup baik, ini dapat dilihat dari titik nyala bahan bakar campuran yang tidak terlalu rendah pada campuran batubara dengan biomas (80% : 20%) yaitu 376 °C.
2. Proses pencampuran batubara dan biomasa menunjukkan bahwa proses ini efektif untuk meningkatkan nilai kalor biomasa. Nilai kalori biomasa serbuk gergaji yaitu 3259 Kcal/Kg dan batubara 5458 Kcal/Kg. Pada pencampuran batubara terhadap biomasa serbuk gergaji dengan persentasi campuranya (80% : 20%) dengan nilai kalor 5017,80 Kcal/Kg sudah memenuhi standar ketentuan spesifikasi batubara PLTU Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan 2015.
3. Komposisi yang optimum dalam pencampuran batubara dan biomasa yaitu dengan perbandingan (80% : 20%). Di karenakan pada analisis proksimat, ultimat dan nilai kalor dapat memenuhi standar ketentuan spesifikasi batubara PLTU Bukit Asam Tanjung Enim Sumatera Selatan 2015.

#### Daftar Pustaka

- Badan Geologi – Kementerian ESDM, 2014, “Anatomi Sumberdaya dan Kualitas Batubara Indonesia”. Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Badan Pusat Statistik, 2000, “Produksi dan Limbah Kayu Lapis di Indonesia”. BPS Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.
- Ciejewska, 2006, “A., et all. *Co-firing of Biomass with Coal: Constraints and Role of Biomass Pre-treatment. DG JRC*”, *Institute for Energy*.
- Febrianto F. 1999, “*Preparation And Properties Enhancement Of Moldable Wood–Biodegradable Polymer Composites*”, *Kyoto University, Doctoral Dissertation. Division of Forestry and Bio-material Science, Faculty of Agriculture, Kyoto*. G Pari, 2002, “Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Kompos”, *Prosiding Seminar Nasional MAPEKI V, Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan*, pp 525 – 530, Bogor.

- Kementerian ESDM, 2012, “Sistem Pembakaran *Co-Firing*”. Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.
- Kementerian Kehutanan, 2011, “Rencana Kehutanan Tingkat Nasional RKTN Tahun 2011-2030”, Lampiran dari Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.49/Menhut-II/2011, Jakarta.
- Priyono, 2001, “Potensi Pemanfaatan Limbah Kayu”, Institut Pertanian Bogor Fakultas Kehutanan, Bogor.
- Savage, 1974, “*Hardgrove grindability index*”, *Applied Catalysis B: Environmental*, **104**, 136-143.
- Stefano Munir, 2008, “Peran Sistem Co-firing Batubara Dengan Ban Bekas Dalam Industri Pengguna Batubara”, *Jurnal Tekmira ESDM* ISSN : 0854 – 7890, Bandung.
- Sumbono, Aung, 2010, “*Thermogravimetric Analysis*”, Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Thay Kong, Gan, 2010, “Peran Biomassa Bagi Energi Terbarukan”, Gramedia : Jakarta.
- Tirtosoekotjo, Soejodko, 2005, “Batubara Indonesia Dari Masa Kemasa”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, tekMIRA, Bandung.
- Van Loo dan Koppejan, “The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing”.
- Veijonenet All, “*Biomass Co-Firing: An Efficient Way To Reduce Greenhouse Gas Emissions*”, *European Bioenergy Network (EUBIONET)*.