

**PIDATO ILMIAH**  
***CO-COMBUSTION BATU BARA PERINGKAT RENDAH***  
***(LOW RANK COAL,LRC)YANG DICAMPUR DENGAN***  
***BIOMASSA***

**PADA**  
**PENGUKUHAN GURU BESAR**



**OLEH :**

**Prof.Dr.Ir.DAUD PATABANG,MT**

**Nip/NIDN : 19591229198801001/0029125914**

**UNIVERSITAS TADULAKO**

**NOVEMBER, 2023**

## **Kata pengantar**

Segala puji dan syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas pimpinan dan penyertaannya sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat disusun untuk disampaikan dalam sidang senat terbuka Universitas Tadulako, dalam rangka pengukuhan Guru Besar.

Orasi ilmiah ini diberikan judul *Co-combustion batubara peringkat rendah dengan biomassa*.

Tulisan ini merupakan intisari beberapa hasil penelitian dalam rangka meningkatkan kinerja pembakaran batubara peringkat rendah yaitu meningkatkan indeks pembakaran, efisiensi termal pembakaran, meningkatkan reaktivitas pembakaran dan mereduksi dampak negatif emisi pembakaran batubara peringkat rendah, karena pembangkitan daya berbahan bakar batubara peringkat rendah menggunakan batubara yang dibakar secara tunggal.

Dengan dilaksanakannya orasi ilmiah ini maka, penulis mengucapkan terima kasih kepada

1. Prof.Dr.Ir.Amar,ST,M.T, selaku rektor Universitas Tadulako
2. Senat Universitas Tadulako
3. Senat Fakultas Teknik Universitas Tadulako
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tadulako
5. Tenaga kependidikan Universitas Tadulako, dan Fakultas Teknik, dan semua pihak Yang telah memberikan dukungan dalam proses pengusulan Guru Besar sehingga usulan tersebut dapat disetujui dan saat ini orasi ilmiah dapat disampaikan.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembacanya,

Syalom.

**Prof.Dr.Ir.Daud Patabang,MT**

Nip.195912291988011001

## **CO-COMBUSTION BATUBARA PERINGKAT RENDAH (LRC) DENGAN BIOMASSA**

Kebutuhan dan konsumsi energi hingga saat ini semakin meningkat dan terfokus kepada penggunaan bahan bakar fosil yang terdiri atas : Bahan Bakar Minyak, Bahan bakar Gas, dan bahan bakar batubara, yang cadangannya terbatas dan harganya fluktuatif.

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil yang paling banyak digunakan sebagai bahan bakar pembangkit daya, karena ketersediaannya melimpah dan harganya relatif lebih murah jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Batubara sebagai bahan bakar padat menurut standar The American Society of Testing and Material (ASTM), dikategorikan ke dalam 4 jenis yaitu : batubara antrasit dengan nilai kalor 7.622,22 kcal/kg, batubara bituminous dengan nilai kalor 7.950 kcal/kg, batubara sub bituminous dengan nilai kalor 5.627,78 kcal/kg dan batubara lignit dengan nilai kalor 4.005,56 kcal/kg [1], Menurut General Version of the United Nations Economic Commission for Europe in-seamcoal rank classification, batubara diklasifikasikan menjadi 3 ranking masing-masing: Low- Rank Coal (LRC) yang terdiri atas batubara lignit dan subbituminous, Medium- Rank Coal (MRC) yaitu batubara bituminous dan High- Rank Coal (HRC) yaitu batubara anthracit [2]. Total cadangan batubara dunia per 2020 sebanyak 1,08111E+12 Ton atau 1,08111 TTon; Indonesia memiliki total cadangan batubara 38,84 Miliard ton. Dari jumlah ini sekitar 86,4 % merupakan LRC dengan Nilai kalor berkisar 5.100 – 6.100 kcal/kg[3]. Berdasarkan data kementerian sumber daya mineral Republik Indonesia, rata-rata produksi batubara Indonesia 600 juta ton/tahun; Umur cadangan batubara nasional adalah 65 tahun, apabila tidak ditemukan lagi sumber batubara yang lain di Indonesia [4]; LRC memiliki nilai kalor antara 5.100 \_ 6.100 kcal/kg, kandungan, moisture antara 30- 40%, dan memiliki suhu nyala yang rendah sekitar 1.050 K, (Khatami and Levendis 2016). Tingginya kandungan moisture berdampak terhadap rendahnya reaktivitas pembakaran, dan rendahnya suhu nyala yang berimplikasi terhdap rendahnya efisiensi pembakaran. Batubara

ini juga memiliki kandungan sulfur(S), dan Nitrogen (N<sub>2</sub>) yang tinggi, disamping itu batubara secara umum memiliki kandungan karbon terpendam, sehingga jika dibakar menghasilkan emisi gas CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> yang relatif tinggi. Hal ini berpotensi meningkatkan pemanasan global. Polutan NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> dapat meningkatkan hujan asam, korosi terhadap material logam, berbahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan hidup seperti tanaman, bahkan dapat menimbulkan slaging dan fouling pada pipa-pipa alat perpindahan kalor di dalam boiler, (Kopczyński et al. 2017) [5],(Khatami [6],and Levendis 2016[7]). Berdasarkan data Minerba One Data Indonesia (MODI), per 26 Juli 2021, realisasi produksi batubara Indonesia sebesar 328,75 juta ton dengan rincian 96,81 juta ton (realisasi domestik), 161,99 juta ton (realisasi ekspor), dan 52,22 juta ton untuk DMO. "Saat ini 80 persen batubara digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga uap.

Sebagai dampak pembakaran batubara secara tunggal yang berimplikasi terhadap perubahan iklim, terjadinya pemanasan global (*Global warming*), hujan asam dan sifat yang sangat korosif, maka Para menteri iklim dan energi negara-negara industri G7 hari Jumat (27/5-2022) berjanji untuk menghentikan penggunaan energi batu bara pada 2035, menurut komunike akhir yang disusun di Berlin, Jerman. Namun jika kita melihat potensi energi dari cadangan batubara di Indonesia bahkan dunia, maka diperlukan strategi untuk mengurangi bahkan menghilangkan dampak akibat pembakaran batubara secara tunggal, dengan cara Co-combustion (Co-firing) batubara dengan biomassa. Potensi LRC di Indonesia bahkan dunia cukup tinggi, namun dibalik jumlah potensi tersebut yang melimpah, terdapat dampak buruk yang ditimbulkan apabila LRC dibakar secara tunggal, oleh karena itu diperlukan strategis untuk mengurangi dampak negative dari pembakaran LRC secara tunggal. Salah satu metode yang banyak diteliti adalah dengan pembakaran Bersama dengan Biomassa atau *Co-combustion (co-firing) LRC mixed with biomass*. Bahan bakar biomassa menempati urutan keempat sebagai sumber daya energi di seluruh dunia, dan menyediakan sekitar 14% dari

kebutuhan energi dunia, Demirbas,A (2005)[8]. Potensi sumber daya energi yang berasal dari limbah biomassa di Indonesia berdasarkan data Kementrian ESDM RI (2015) adalah 32.000 MW, dengan kapasitas terpasang 1.740,4 MW atau sekitar 5,4%.

Berikut beberapa hasil penelitian yang dilakukan dengan *Co-combustion LRC or Coal mixed with Biomass* masing-masing : penelitian tentang pembakaran campuran LRC dengan biomassa. (Jayaraman, Versan, and Gokalp 2017[9]) Jayaraman et.all (2017)[10], Pembakaran campuran LRC dengan biomassa poplar wood an hazelnut shell dengan menggunakan Thermogravimetric and mass spectrometric (TG-MS) analysis diperoleh peningkatan indeks performance pembakaran yaitu reaktivitas pembakaran meningkat dan menurunkan emisi gas SO<sub>2</sub> pada penambahan masing- masing biomassa tersebut. Hutrindo et.all (2006) meneliti karakteristik pembakaran campuran LRC dengan gambut (peat) melalui simulasi pembakaran dalam tanur listrik , hasil penelitian tersebut diperoleh korelasi antara jumlah gambut yang dicampur dengan LRC berdampak terhadap peningkatan laju pembakaran. Peneliti yang sama juga melakukan penelitian lanjutan tentang partikel abu hasil pembakaran campuran antara LRC dengan gambut, hasilnya menunjukkan bahwa partikel abu dari produk pembakaran lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa dampak penambahan gambut ke dalam LRC meningkatkan reaktivitas pembakaran dan hal tersebut mengindikasikan terjadinya pembakaran yang relatif sempurna(Hutrindo[11], Hardianto[12], and Suwono 2006)(Zhang et al. 2014) [13]. Penelitian tentang efek penambahan biomassa jerami gandum dan kayu dicampur dengan batubara dalam proses pembakaran pada suhu 900 - 1.100 °C. Hasil penelitian ini menunjukkan terjadinya penurunan emisi NO, CO, dan mengurangi karbon yang tidak terbakar unburn-carbon (UBC)(Riaza et al. 2013)[14]. Penelitian pembakaran biomassa residu zaitun (olive residu) yang dicampur dengan batubara berbagai peringkat dengan menggunakan atmosfer oxy-fuel pada suhu pembakaran 400 - 800 °C, menghasilkan dampak signifikan terhadap penurunan

emisi NO (Ghenai and Janajreh 2010)[15] dalam analisis komputasional dinamika fluida (The analysis Computational Fluid Dynamics,CFD) tentang efek hasil pembakaran batu bara-yang dicampur dengan biomassa jerami gandum (wheat straw), didapatkan hasil penurunan emisi NO<sub>x</sub> dan CO<sub>2</sub> yang signifikan dimana penurunan emisi ini sangat tergantung pada proporsi biomassa dalam campuran dengan batu bara. Berdasarkan hasil-hasil penelitian ini maka Patabang et.all melalui penelitian yang dipublish dalam jurnal terindeks scopus antara lain THE EFFECT OF ADDING CANDLENUT SHELL INTO THE LOW-RANK COAL ON COMBUSTION PERFORMANCE (2019)[16][17][18], Hasil penelitian dengan melakukan co-combustion LRC mixed with CNS dalam menguji dampak penambahan CNS ke dalam LRC menunjukkan peningkatan efisiensi pembakaran sebesar 1,42, peningkatan reaktivitas pembakaran, dan penurunan emisi gas hasil pembakaran berupa CO<sub>2</sub> sebanyak 72,09% , CO 80,9% , SO<sub>x</sub> 67% , dan NO<sub>xm</sub> sekitar 80,67%. Peningkatan kinerja pembakaran LRC diperoleh pada penambahan CNS 10 % . Selanjutnya Patabang, et.al [19] melakukan penelitian dengan co-combustion LRC mixed with charcoal of Sawdust of meranti wood, diperoleh peningkatan efisiensi pembakaran dan peningkatan reaktivitas pembakaran, dan persentase penambahan optimal biomassa serbuk gergaji kayu meranti adalah 10%, Dan penelitian terbaru oleh Patabang,et,al [18][20], dari kedua penelitian ini dilakukan dengan co-combustion LRC mixed with CPH untuk melihat dampak peningkatan kinerja pembakaran, diperoleh hasil peningkatan kinerja pembakaran berupa indeks pembakaran dan efisiensi termal pembakaran, dengan persentase penambahan optimal sebesar 30%

#### KESIMPULAN :

Penambahan biomassa ke dalam LRC atau batubara secara keseluruhan memperbaiki kualitas pembakaran batubara yaitu terjadi peningkatan efisiensi pembakaran, peningkatan reaktivitas pembakaran, peningkatan indeks pembakaran dan penurunan emisi gas hasil pembakaran

seperti CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> yang signifikan sehingga metode co-combustion biomassa dengan batubara memberikan harapan baru dalam penggunaan batubara dalam mereduksi dampak negatif penggunaan batubara yang dibakar secara tunggal.

### References:

- [1] “M.M.El-Wakil (1985). Power Plant Technology” .
- [2] C. M. Romero, G. L. A. F. Arce, and I. Avila, “Comparative study on combustion and oxy-fuel combustion environments using mixtures of coal with sugarcane bagasse and biomass sorghum bagasse by the thermogravimetric analysis a,” 2018, doi: 10.1016/j.joei.2018.02.008.
- [3] D. Arinaldo and J. C. Adiatma, “Indonesia ’ s Coal Dynamics :,” *Inst. Essent. Serv. Reform*, pp. 1–12, 2019, [Online]. Available: <https://iesr.or.id/download/spm-indonesias-coal-dynamics-pdf>.
- [4] Renstra KSDM RI(2015-2019), “Renstra Kementerian Sumber Daya Energi dan Mineral Republik Indonesia.(2015-2019) in bahasa.,” 2015.
- [5] M. Kopczyński, J. A. Lasek, A. Iluk, and J. Zuwała, “The co-combustion of hard coal with raw and torrefied biomasses (willow (*Salix viminalis*), olive oil residue and waste wood from furniture manufacturing),” *Energy*, vol. 140, pp. 1316–1325, 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.04.036.
- [6] R. Khatami and Y. A. Levendis, “An overview of coal rank influence on ignition and combustion phenomena at the particle level,” *Combust. Flame*, vol. 164, pp. 22–34, 2016, doi: 10.1016/j.combustflame.2015.10.031.
- [7] Y. A. Levendis, K. Joshi, R. Khatami, and A. F. Sarofim, “Combustion behavior in air

- of single particles from three different coal ranks and from sugarcane bagasse,” *Combust. Flame*, vol. 158, no. 3, pp. 452–465, 2011, doi: 10.1016/j.combustflame.2010.09.007.
- [8] A. Demirbas, “Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion problems in boiler power systems and combustion related environmental issues,” *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 31, no. 2, pp. 171–192, 2005, doi: 10.1016/j.pecs.2005.02.002.
- [9] K. Jayaraman, M. Versan, and I. Gokalp, “Thermogravimetric and mass spectrometric ( TG-MS ) analysis and kinetics of coal-biomass blends,” *Renew. Energy*, vol. 101, pp. 293–300, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2016.08.072.
- [10] K. Jayaraman and I. Gokalp, “Effect of char generation method on steam , CO 2 and blended mixture gasification of high ash Turkish coals,” vol. 153, pp. 320–327, 2015.
- [11] E. Hutrindo, T. Hardianto, and A. Suwono, “Characterization of The Ash Residues from The Co-combustion of Coal Mixed with Various Biomass / Peat,” no. Table 1, pp. 1–7, 2006.
- [12] E. Hutrindo, T. Hardianto, and A. Suwono, “Study on Co-combustion Characteristics of LRC Mixed with Peat,” pp. 1–8, 2006.
- [13] G. Wang *et al.*, “Thermal behavior and kinetic analysis of co-combustion of waste biomass / low rank coal blends,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 124, pp. 414–426, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.07.045.
- [14] J. Riaza, L. Álvarez, M. V Gil, C. Pevida, J. J. Pis, and F. Rubiera, “Ignition and NO emissions of coal and biomass blends under different oxy-fuel atmospheres,” vol. 37, pp. 1405–1412, 2013, doi: 10.1016/j.egypro.2013.06.016.

- [15] C. Ghenai and I. Janajreh, "CFD analysis of the effects of co-firing biomass with coal," *Energy Convers. Manag.*, vol. 51, no. 8, pp. 1694–1701, 2010, doi: 10.1016/j.enconman.2009.11.045.
- [16] D. Patabang, E. Arif, and N. Aziz, "Developments ( JMERD ) THE EFFECT OF ADDING CANDLENUT SHELL INTO THE LOW-RANK COAL ON," vol. 42, no. 2, pp. 30–35, 2019.
- [17] D. Patabang, E. Arif, Jalaluddin, and N. Azis, "Combustion reactivity of low rank coal by the mixture of candlenuts shell," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 619, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/619/1/012014.
- [18] B. Daud Patabang, Jeri T. Siang, "Co-combustion characteristics of low-rank coal mixed with candlenut shell by using Thermogravimetry analysis - differential thermal analysis Co-combustion characteristics of low-rank coal mixed with candlenut shell by using Thermogravimetry analysis - dif," 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1034/1/012046.
- [19] and B. D.Patabang, A.Sam, "Thermochemical Characteristics of Briquettes of The Low-Rank Coal Mixed with Charcoal Sawdust of Meranti Wood Thermochemical Characteristics of Briquettes of The Low- Rank Coal Mixed with Charcoal Sawdust of Meranti Wood," vol. 1157, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1157/1/012039.
- [20] D. Patabang, J. T. Siang, and K. Seleng, "Effect of cocoa pods husk blending on combustion characteristics of the low-rank coal analyzed in TGA," *Int. J. Coal Prep. Util.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–9, 2023, doi: 10.1080/19392699.2023.2212597.