



Co-Firing Biomassa *Dengan*

Batubara Peringkat Rendah
(LOW - RANK COAL, LRC)

Prof. Dr. Ir. Daud Patabang, M.T.



Co-Firing Biomassa Dengan Batubara Peringkat Rendah (LOW- RANK COAL,LRC)

Penulis:
Prof. Dr. Ir. Daud Patabang, M.T.



UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Co-Firing Biomassa Dengan Batubara Peringkat Rendah (LOW- RANK COAL,LRC)

Prof. Dr. Ir. Daud Patabang, M.T.

**TATA LETAK:
Wahyuni Putri Adeningsi**

**DESAIN SAMPUL:
Muhammad Adhar**

**SUMBER:
www.tdjpublisher.com**

**ISBN:
978-634-279-125-7**

**CETAKAN PERTAMA:
Juni 2026**

**UKURAN:
iii + 111 Hal; 15.5 cm x 23 cm**

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.
Dilarang menggandakan atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
ini dalam bentuk apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit dan penulis.

ANGGOTA IKAPI: 006/NTT/2022
TANGGUH DENARA JAYA PUBLISHER
Jl. Timor Raya No. 130 B, Kota Kupang, NTT
E-mail: tdj.denarapublisher@gmail.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas kasih dan kemurahan-Nya sehingga penulisan buku berjudul *Co-Firing Biomassa dengan Batubara Peringkat Rendah (Low-Rank Coal/LRC)* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Buku ini membahas efek penambahan limbah biomassa ke dalam batubara peringkat rendah (*Low-Rank Coal/LRC*) dalam rangka meningkatkan kinerja pembakaran batubara peringkat rendah. Pembahasan dalam buku ini merupakan rangkuman hasil temuan penulis yang disusun secara sistematis sebagai bentuk kontribusi terhadap pengembangan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Buku ini terdiri atas tiga bab utama. Bab pertama membahas *co-firing* LRC dengan arang cangkang kemiri (*Candlenut Shell Char/CNS*), bab kedua mengulas *co-firing* LRC dengan arang limbah serbuk gergaji kayu meranti, dan bab terakhir menyajikan analisis mendalam mengenai *co-firing* LRC dengan arang limbah kulit kelapa muda (*Green Coconut Shell/GCS*). Ketiga pembahasan tersebut diarahkan untuk memberikan gambaran mengenai potensi limbah biomassa sebagai bahan bakar campuran yang mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas pembakaran batubara peringkat rendah.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam proses penyusunan, hingga publikasi buku ini. Dukungan dan kerja sama dari berbagai pihak sangat berarti dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, peneliti, dunia industri, maupun masyarakat luas dalam upaya pemanfaatan limbah biomassa

sebagai sumber energi baru dan terbarukan, khususnya untuk memperoleh bahan bakar dengan kinerja pembakaran yang lebih optimal.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I CO-FIRING BATUBARA PERINGKAT RENDAH (LRC) DENGAN ARANG CANGKANG KEMIRI.....	1
1.1. Bahan baku	6
1.2. Preparasi sampel	7
1.3. Karakterisasi	7
1.4. co-firing LRC dengan CNS	13
BAB II CO-FIRING LRC DENGAN ARANG SERBUK GERGAJI KAYU MERANTI	59
2.1. Bahan baku	59
2.2. Preparasi	60
2.3. Karaktrisasi	61
BAB III TERMOGRAVIMETRI PENAMBAHAN LIMBAH BIOMASSA ARANG KULIT KELAPA MUDA (<i>GREEN COCONUT SHELL</i> ,GCS), TERHADAP KINERJA PEMBAKARAN BATUBARA PERINGKAT RENDAH (<i>LOW-RANK COAL</i> ,LRC).....	81
3.1. Bahan Baku.....	84
3.2. Preparasi	86
3.3. Karakterisasi	86
3.4. TGA-DTA.....	87
3.5. ENERGI AKTIVASI.....	100
3.6. INDEKS PEMBAKARAN.....	101
LAMPIRAN.....	108

BAB I

CO-FIRING BATUBARA PERINGKAT RENDAH (LRC) DENGAN ARANG CANGKANG KEMIRI

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, (M.M.El-Wakil 1988). Menurut *General Version of the United Nations Economic Commission for Europe in-seam coal rank classification*, batubara diklasifikasikan menjadi 3 rangking 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, (Romero, Arce, and Avila 2018). Indonesia memiliki potensi sumber daya batubara mencapai 151 miliar ton. Dari jumlah tersebut sekitar 61% adalah batubara peringkat rendah (*Low-Rank Coal*) LRC(Renstra KSDEM RI(2015-2019) 2015). 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 mengakibatkan rendahnya efisiensi pembakaran. Batubara ini juga memiliki kandungan Sulfur(S), dan Nitrogen (N₂) yang tinggi, di samping

itu batubara secara umum memiliki kandungan karbon terpendam, sehingga jika dibakar menghasilkan emisi gas CO₂, CO, NO_x dan SO_x yang relatif tinggi. Hal ini berpotensi meningkatkan pemanasan global. Polutan NO_x dan SO_x 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 alat perpindahan kalor, (Kopczyński et al. 2017), (Khatami and Levendis 2016).

Untuk memperbaiki kualitas pembakaran LRC, maka diperlukan strategi, salah satunya adalah pembakaran campuran (*co-firing*) antara LRC dengan biomassa. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang pembakaran campuran LRC dengan biomassa. (Jayaraman, Versan, and Gokalp 2017) Jayaraman et.al (2017) Pembakaran campuran LRC dengan biomassa *poplar wood* dan *hazelnut shell* dengan menggunakan *Thermogravimetric and mass spectrometric (TG-MS) analysis* diperoleh peningkatan indeks performance pembakaran yaitu reaktivitas pembakaran meningkat dan menurunkan emisi gas SO₂ pada penambahan masing- masing biomassa tersebut.

Hutrindo et.al (2006) meneliti karakteristik pembakaran campuran LRC dengan gambut (*peat*) dengan 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, Hardianto, and Suwono 2006) (Zhang et al. 2014). Penelitian tentang efek