

BAHAN BAKAR PADAT



Sonny Djatnika Sunda Daja
Pawenary

**BAHAN BAKAR
PADAT
BIOMASSA**

BAHAN BAKAR PADAT BIOMASSA

**SONNY DJATNIKA SUNDA DAJA
PAWENARY**



Penerbit :

INSTITUT TEKNOLOGI PLN

2022

BAHAN BAKAR PADAT BIOMASSA

Oleh : **Sonny Djatnika Sunda Daja**
Pawenary

Penerbit : **INSTITUT TEKNOLOGI PLN**
Alamat : Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat,
Duri Kosambi, Cengkareng,
Jakarta Barat 11750
Telp/Fax : (021) 544 0342, 544 0344
Email : -

Hak Cipta@2022 pada Penerbit

Hak cipta dilindungi oleh Undang Undang Pasal 72 ayat 1,2 dan 3 Undang-undang Republik Indonesia No. 19 Tahun 2002. Dilarang memperbanyak, sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistim penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit : INSTITUT TEKNOLOGI PLN

Cetakan Pertama, April 2022

Editor : **Iriansyah BM. Sangadji**

Design & Layout : **Akhmad Fauzi**

ISBN : **978-623-5574-17-2**
978-623-5574-18-9 (PDF)

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah dan segala puji hanya kehadirat Allah swt, serta atas ridloNYA pula selesai juga penulisan buku yang berjudul *Bahan Bakar Padat Biomassa* ini, buku pertama dari seri *Sustainable Waste-to-Energy and Waste-to-Material Processing* yang mulai dibuat sejak awal Tahun 2022. Buku ini merupakan kegiatan penulis selama lebih dari tiga dekade terakhir di dalam bidang energi, material dan lingkungan, serta di dalam bidang pemrosesan berbagai jenis sampah dan limbah, baik timbulan yang berasal dari pemukiman, pertanian dan peternakan, maupun timbulan industrial.

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang telah mendorong penulisan serta penyampaian berbagai gagasan dan inovasi dalam bidang-bidang tersebut di atas, yang baru pada tahun ini dapat dilaksanakan, terutama kepada istri serta anak-anak penulis, beserta keluarga besar penulis. Ucapan terimakasih ini disampaikan juga kepada Bapak Supriadi Legino dan Bapak Djoko Paryoto sebagai mantan Ketua dan Wakil Ketua IV Sekolah Tinggi Teknik Perusahaan Listrik Negara dan juga kepada Bapak Profesor Iwa Garniwa Mulyana K., Rektor Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara, serta semua pengajar dan staff pelaksanaanya, dimana mereka semua telah memberi banyak kesempatan yang luas untuk menerapkan dalam praktek tentang manfaat pengetahuan dalam bidang terkait tersebut di atas.

Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi pengetahuan bagi seluruh bangsa Indonesia.

Bandung, 31 Januari 2022

Penulis

Kata Sambutan

Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa Mulyana K., MT

Rektor Institut Teknologi PLN

Guru Besar Fakultas Teknik – Universitas Indonesia



Mengutip pengertian dari Wikipedia Biomassa adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut semua senyawa organik yang berasal dari tanaman pertanian, alga, dan sampah organik. Pengelompokan biomassa terbagi menjadi biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan biomassa sekunder. Biomassa juga dapat dikategorikan menjadi limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman kebun energi, dan limbah organik.

Sifat kimia, sifat fisik, kadar air, dan kekuatan mekanis pada berbagai biomassa sangat beragam dan berbeda-beda. Biomassa merupakan sumber energi terbarukan dengan kualitas yang rendah. Teknologi transformasi energi termal yang menggunakan biomassa sangat rumit dan harus disesuaikan dengan pemanfaatannya. beragam tergantung pemanfaatannya dan relatif rumit.

Biomassa juga disebut sebagai “fitomassa” dan seringkali diterjemahkan sebagai bioresource atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. basis sumber daya ini meliputi ratusan bahkan ribuan spesies tanaman daratan dan lautan, berbagai sumber pertanian, perhutanan dan limbah residu dari proses industri serta kotoran hewan.

Seiring dengan kebutuhan manusia akan energi namun bukan datang dari energi fosil, maka diperlukan pengembangan energi yang bersifat terbarukan namun sesuai dengan kebutuhan manusia tersebut. Sumber biomassa dapat dirubah menjadi energi dengan berbagai metode, salah satu yang ditawarkan adalah melalui proses fermentasi dan dalam buku ini adalah proses *Peuyeumisasi* mengambil nama proses makanan dari Jawa Barat.

Oleh karena Proses tersebut menghasilkan bahan bakar padat dari Biomassa yang menghasilkan kalori yang cukup sebagai bahan maka dapat digunakan sebagai campuran batubara untuk PLTU (*Cofiring*) atau kebutuhan industry lainnya.

Buku ini dibuat untuk mendukung kebutuhan tersebut diatas dengan judul Bahan Bakar Padat Biomassa Ditulis secara ringkas dan praktis tapi mudah dipahami bagi siapa saja yang berminat untuk mempelajari dan mengembangkan konversi Bioamassa menjadi bahan bakar padat sebagai usaha, baik skala kecil maupun besar. Selain dibahas pemrosesan biologis Biomassa dan RDF, juga dibahas aspek lain yang mendukungnya, sehingga para pembaca akan cepat dan mudah menangkap dan memahami buku ini.

Saya sangat berharap bahwa dengan buku ini maka banyak masyarakat dapat turut mengembangkan Bahan bakar padat dari biomassa dan dapat mempelajarinya dan sebagai usaha dalam meningkatkan ekonomi dan sekaligus juga meningkatkan pemanfaatan biomassa yang selama ini hanya belum maksimal digunakan untuk menjadi energi. Apabila digunakan sebagai bahan campuran PLTU batubara maka otomatis akan mengurangi tingkat polusi yang mengganggu lingkungan disekitar PLTU tersebut, sehingga layak dikembangkan dan didukung oleh semua lapisa masyarakat.

Buku ini dirasa tidak hanya dapat bermanfaat bagi peningkatan masyarakat usaha tetapi juga dapat dijadikan referensi dan studi literatur bagi para mahasiswa/i di dalam mempelajari Pemanfaatan Abu terbang dari proses PLTU batubara. Saya mengucapkan dan menjadi bahan pertimbangan serta acuan dalam penyusunan laporan keuangan bagi sebuah organisasi atau perusahaan.

Akhir kata saya sangat menghargai penyusun buku ini denga rela memberikan hasil pengamatan dan penelitiannya bagi masyarakat untuk menambah pengetahuannya sekaligus bisa dikembangkan menjadi usaha kecil ataupun besar. Selamat kepada tim penyusun buku yang dengan keseriusan dan kerja keras mampu menghasilkan sebuah karya yang dapat menginspirasi pembaca.

Jakarta, Februari 2021

Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa Mulyana K., MT

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Kata Sambutan	iii
Daftar Isi	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 SUMBER DAN BIOMASSA TANAMAN	9
2.1. Sumber Biomassa Dan Klasifikasi	9
2.1.1 Biomassa kayu-kayuan	10
2.1.2 Biomassa herba	12
2.1.3 Biomassa Buah-buahan Dan Akuatik	13
2.1.4 Bentuk dan Ukuran Biomassa Yang Banyak Diperdagangkan	14
2.2 Skema Klasifikasi Biomassa Kayu Tanaman-keras Hutan	15
2.2.1 Apakah Produk Tanaman Keras Hutan Digunakan Sebagai Sumber Bahan Bakar Biomassa?	15
2.2.2 Persyaratan Keberlanjutan	17
2.3 Standardisasi Bahan Bakar Padat Biomassa Kayu-kayuan	19
2.3.1. Standar Pengujian	21
2.3.2 Dua Cara Perhitungan HHV Dan LHV	26
2.3.3 Kuantifikasi Sumber Biomassa	26
2.3.4 Metode Penilaian Potensi Biomassa	27
2.3.5 Estimasi Potensi Biomassa	29
2.4 Tanaman Sebagai Sumber Toksin	31
2.4.1 Isu Dioxin (PCCD) Dan Furan (PCDF) Sumber Timbulan Dioxins	31
2.4.2 Sumber Timbulan Dioxins	32
BAB 3 SUMBER DAYA SAMPAH PERKOTAAN (MSW)	35
3.1 Undang-Undang Persampahan dan Turunan Peraturannya ...	35
3.1.1 Undang-undang Pengolahan Nasional	35
3.1.2 Pengembangan Pemahaman Konsep 3R dan Sirkular Ekonomi	37
3.1.3 Pengelolaan Dalam Pengolahan Dan Pemrosesan	40
3.2 Upaya Pemrosesan MSW Oleh Masyarakat Ekonomi Eropa	40
3.3 Pemahaman Biomassa Dan RDF	43
3.3.1 Sumber Biomassa	43
3.3.2 Pendefinisian Biomassa	45
3.3.3 Pengklasifikasian Dan Standardisasi RDF/SRF	47

3.3.4 Ringkasan Klasifikasi RDF	51
BAB 4 PEMROSESAN BIOLOGIS RDF	53
4.1 Daur-ulang dan Pemulihan Energi Dari MSW	53
4.2 Pemrosesan Biologis MSW Di Indonesia	55
4.2.1 Proses Dekomposisi Lignoselulosa Melalui Kompostasi dan Fermentasi	55
4.2.2 Proses Dekomposisi Bahan Biodegradable Terkandung MSW	56
4.2.3 Proses Dekomposisi Bahan Biodegradable Terkandung MSW Metoda Peuyeumisasi	57
4.3 Karakterisasi RDF Peuyeumisasi	61
4.3.1 Karakterisasi RDF Peuyeumisasi MSW	61
4.3.2 Karakterisasi RDF Peuyeumisasi Campuran MSW & Eceng Gondok	64
4.3.3 Karakterisasi RDF Peuyeumisasi MSW Dari TPSA	65
4.3.4 Karakterisasi RDF Peuyeumisasi Campuran MSW dengan limbah lainnya	67
4.3.5 Uji Co-firing Batubara dengan BA dan RDF	70
4.3.6 Sifat Abu Dari Co-firing Campuran Batubara dengan BA dan RDF	72
BAB 5 PEMBENTUKAN DAN DENSIFIKASI PRODUK BIOMASSA	75
5.1 Perlakuan Awal Biomassa	76
5.2 Torefaksi	79
5.2.1 Deskripsi proses	79
5.2.2 Mekanisma dan Kinetika Torefaksi	79
5.2.3 Tahapan proses	80
5.2.4 Produk torefaksi	81
5.2.5 Kombinasi Torefaksi dan Densifikasi	82
5.2.6 Beberapa teknologi pemrosesan torefaksi	82
5.3 Karbonisasi Hidrotermal	84
5.3.1 Produk HTC dan Mekanisme Reaksi	85
5.3.2 Penggunaan energi Dari HTC	86
5.4 Peletisasi Dan Pembriketan	87
5.4.1 Deskripsi Proses	87
5.4.2 Teknologi Densifikasi BBPbm	89
5.4.3 Bahan Baku Untuk Pelet Dan Briket	91
5.4.4 Bahan Imbuh	94
5.4.5 Parameter Yang Mempengaruhi Kualitas Pelet dan Briket BBPbm	95
BAB 6 PERTIMBANGAN ASPEK KEBERLANJUTAN	97
6.1 Gagasan Pengembangan Berkelanjutan	97

6.2	Aspek Keberlanjutan Sumber Daya Biomassa	99
6.2.1	Aspek Lingkungan	100
6.2.2	Aspek Sosial	102
6.2.3	Aspek Ekonomi	103
6.3	Kebijakan Melalui Skema Sertifikasi	103
6.3.1	Direktif energi terbarukan dan kualitas bahan bakar (Contoh di MEE)	103
6.3.2	Persyaratan keberlanjutan biomassa padat dan gas untuk listrik dan panas (CHP)	105
6.4	Tinjauan Sistem Sertifikasi Keberlanjutan	106
6.4.1	Skema Bioenergi	109
6.4.2	Skema Utilitas Daya (Power Utilities' Schemes)	110
6.4.3	Sustainable Forest Management Schemes	110
6.4.4	Skema Sertifikasi Spesifik - Tanaman Pangan	111
6.5	Skema Pensertifikatan Biomassa Produk Hutan	111
6.5.1	Contoh Skema Pensertifikatan Pelet Kayu Dalam Standar ENPlus	111
6.5.2	Contoh Skema Pensertifikatan Standar Lainnya Untuk Pelet Kayu	112
6.6	Skema Untuk Tipikal Pensertifikatan	115
6.7	Jaminan Kualitas & Pengawasan	117
6.7.1	Jaminan Kualitas & Pengawasan BBPBm Berdasarkan EN 15234	117
6.7.2	Metodologi Pengawasan/Penjaminan: Kualitas	118
6.7.3	Metodologi Penjaminan: Pendokumenan Wajib	119
6.7.4	Metodologi Pengawasan/Penjaminan: Pengukuran	120
6.7.5	Metodologi Pengawasan/Penjaminan: Pelabelan	120
DAFTAR PUSTAKA		122

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Konsep penyempurnaan manajemen sampah yang berkelanjutan ESWM menggantikan konsep manajemen pengolahan sampah saniter sebelumnya	5
Gambar 1.2	Kondisi tempat penimbunan sampah yang memperhatikan, bahkan kemungkinan terjadinya degradasi konstruksi yang memungkinkan sanitary landfill pun tidak lagi saniter. Rancangan pengolahan dan pemrosesan sampah baru (fresh MSW) dan/atau sampah lama (aged MSW) untuk dikonversi (up-cycling atau recycling) menjadi bahan bakar padat, cair dan gas sampai pemrosesan pemulihan (recovery) sejumlah logam dan mineral melalui pemrosesan fisika-kimia sangat menarik, sebagai tugas valorisasi, restorasi dan regeneratif tempat penimbunan sampah dan dasar dari sirkular ekonomi lokal, nasional dan global	7
Gambar 2.1	Sumber energi biomassa (bioenergi) berdasarkan berbagai institusi dunia. Biomassa terdefinisi bukan sekedar bahan organik dan produk tanaman dengan nilai ekonomi dan lingkungan tinggi	11
Gambar 2.2	Sumber biomassa residu hasil dari pemrosesan kayu tanaman hutan	12
Gambar 2.3	Pohon pengklasifikasian biomassa ke dalam kategori 1-5 sebagai persyaratan keberlanjutan. Sumber: Netherlands Enterprise Agency, Guidance classification biomass: categories en NTA 8003 codes SDE+	18
Gambar 2.3	Metoda uji terstandarisasi ultimet (Elemental) dan proksimet untuk BBPBm	22
Gambar 2.4	Uji Ash Fusion Temperature (AFT)	25
Gambar 2.5	Mesin uji kerontokan pelet	25
Gambar 2.5	Bentuk umum struktur atom dioxin dan furan. Penggambaran atom karbon (abu-tua), klorin (putih) dan oksigen (merah); dioksin berarti ada dua atom oksigen dalam struktur	31
Gambar 2.6	Cara menghitung Toxic Equivalent (TEQ), yang menyatakan tingkat toksinitas senyawaan dioxin dan furan yang dihasilkan dari suatu pembakaran;	32
Gambar 2.7	Perkiraan timbulan dioxin secara global; jumlah ini akan berbeda bagi setiap regional dan nasional, bergantung	

	kepada keberadaan sumber alam dan kegiatan industri masing-masing	33
Gambar 2.7	Perkiraan timbulan dioxin salah satu negara; dioxin akan lebih banyak dihasilkan dari kegiatan pembangkitan listrik dari pada oleh insinerasi. Tidak semua sampah terinsinerasi, sedangkan kebanyakan pembangkitan adalah melalui pembakaran	33
Gambar 3.1	Konsep Cradle-to-Cradle (CtC) dalam penanganan material di dalam sistem analisis siklus pakai (LCA) dari sejak eksploitasi sampai dengan waktu habis usia, dikembalikan menjadi suatu material baru yang masih bernilai ekonomis	39
Gambar 3.2	Konsep baru dalam penyempurnaan dan perluasan 3R (reduce-reuse-recycle) dalam format ekonomi sirkular, dimana pendauran-ulang (recycling) material habis pakai bukan hanya dapat menjadi material yang sama, melainkan dapat menjadi jenis material baru dan energi ...	39
Gambar 3.3	Up-cycling dan pemulihan ELFM sebagai sumber sumber daya terbarukan untuk energi dan material	41
Gambar 3.4	Perbandingan berbagai skenario pengolahan dan pemrosesan sampah mulai dari open dumping landfill, sanitary landfill, LFM dengan insinirasi sampai dengan ELFM	42
Gambar 3.5	Pemulian berbagai logam dan mineral melalui ELFM	43
Gambar 3.6	Perbedaan kandungan organik antara MSW dengan RDF (atau SRF), serta contoh besar nilai kalorifis bersin (NCV) sejumlah bajan bakar	50
Gambar 4.1	Perlakuan awal dekomposisi atau penguraian lignoselulosa (hemiselulosa, selulosa dan lignin) dari komponen bahan organik oleh mikroba	56
Gambar 4.1	Alur pengolahan MSW menjadi RDF di Kabupaten Cilacap .	57
Gambar 4.2	Pembentukan enzim, co-enzym dari penguraian lignin atau protein terkandung MSW	60
Gambar 4.3	Pembentukan enzim, co-enzym dari penguraian lignin atau protein terkandung MSW	61
Gambar 4.4	Kesetimbangan material kadar abu pada co-fring 10% RDF berkadar abu tinggi, dihitung dari efisiensi bahan bakar 30% (umumnya di atas 30%), sehingga dapat mereduksi berat abu sekitar 12%	64
Gambar 4.5	Proyeksi hasil uji percontoh campuran eceng gondok dan MSW sungai	66
Gambar 4.7	Proyeksi jumlah penambahan BCF terhadap batubara dapat menaikkan GCV akhir cukup signifikan	70

Gambar 4.7	Prediksi jumlah optimal penambahan BCF dari per hitung intersepsi trendline GCV dengan 100% coal baseline adalah di sekitar 37,8%	70
Gambar 4.8	Jenis boiler stoker 10 Ton (fixed grate) yang digunakan untuk uji coba	71
Gambar 4.9	Laporan hasil uji co-firing 13%-BCF selama 4 hari terus-menerus. Terjadi penurunan konsumsi campuran bahan bakar (87% batubara dan 13% BCF) yang signifikan	71
Gambar 4.10	Proyeksi hasil uji sifat-sifat AFT dari campuran batubara dan 13%-BCF dalam kajian operasi co-firing dalam pembakaran atmosfer oksidasi (udara berlebih) dan atmosfer reduksi (gas CO berlebih)	72
Gambar 5.1	Pengaruh perlakuan penyiapan awal terhadap lignoselulosa biomassa	77
Gambar 5.2	Mekanisme torefaksi	80
Gambar 5.3	Profil temperatur-waktu proses torefaksi (Christoforou and Fokaides 2016b)	81
Gambar 5.4	Kesetimbangan massa dan energi proses torefaksi	81
Gambar 5.5	Tipe mesin pelet (a) dies cakram (b) dies cincin sumbu horisontal	91
Gambar 5.6.	Tipe mesin briket (a) penekan piston (b) penekan ulir	91
Gambar 5.7	Tipe mesin briket roller: Corong masuk (1), ulir pengumpan (2), roller ganda (3)	91
Gambar 6.1.	Di Amerika Serikat UU Ketidak-bergantungan dan Keamanan Energi (the Energy Independence and Security Act) sejak 2007 telah menugaskan pemakaian 136 milyar liter biofuel pada 2022	98
Gambar 6.2	Aspek dalam Pengembangan Berkelanjutan	99
Gambar 6.3	Tujuh bagian dari EN ISO 17225:2014 Standard untuk produk biomassa hutan	113
Gambar 6.4	Contoh skema pensertifikatan untuk produser pelet kayu	116
Gambar 6.5	Contoh skema pensertifikatan untuk penjual pelet kayu ...	116
Gambar 6.6	Contoh skema pensertifikatan untuk penyedia jasa pelayanan pelet kayu	117
Gambar 6.7	Kegiatan rantai pasok yang diawasi tercakup dalam standar EN 15234:2012	118
Gambar 6.8	Metodologi penjaminan melalui pendokumenan wajib	119

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Standar pengelompokan sumber timbulan biomassa tanaman berdasarkan NTA 8003	19
Table 2.2	Faktor-faktor kritikal dalam penentuan potensi energi biomassa	30
Tabel 3.1	Jenis kandungan biogenik di dalam MSW	47
Tabel 3.2	Klasifikasi RDF berdasarkan ASTM E856-83 (2006)	48
Tabel 3.3	Klasifikasi WDF atau RDF di dalam BS EN 15359:2011	49
Tabel 3.4	Permintaan salah satu kualitas SRF dari klasifikasi RDF berdasarkan EN 15359:2011 di Finlandia	50
Tabel 4.1	Besaran NCV untuk co-firing berdasarkan asosiasi pabrik semen dunia	61
Tabel 4.2	Analisis proksimat RDF, campuran RDF-BB dan campuran RDF-BA	62
Tabel 4.3	Analisis proksimat RDF eceng gondok dan MSW dari sungai .	65
Tabel 4.4	Analisis proksimat RDF peuyeumisasi dari MSW sebuah TPA.	67
Tabel 4.4	Spesifikasi umum dan kadar bahan yang digunakan pada co-firing	68
Tabel 4.5	Sifat-sifat analisis proximate, ultimate dan GCV campuran SL, BA dan RDF pada rasio tertentu	69
Tabel 4.6	Sifat-sifat analisis proksimat dan GCV campuran batubara dengan BA dan RDF	69
Tabel 4.7	Kajian Kadar Abu Terhadap Slagging & Fouling	73
Tabel 5.1	Proses-proses konversi bahan biomassa menjadi berbagai bahan baku sumber energi	77
Tabel 5.2	Proses-proses konversi bahan biomassa menjadi berbagai bahan baku sumber energi	78
Tabel 5.3	Komposisi kimia kayu kering dan hasil perlakuan awal torefaksi	84
Tabel 6.1	Spesifikasi pelet kayu yang telah tergradasi untuk penggunaan komersial, perumahan dan Industri	107
Tabel 6.2	Bentuk bahan mentah biomassa dan BBPBm yang paling banyak diperjual-belikan	108
Tabel 6.3	Standar pelet kayu berdasarkan ENPlus	114
Tabel 6.4	Perbandingan standar pelet kayu ENPlus dengan standar lainnya	114
Tabel 6.5	Metodologi dalam penjaminan kualitas produk BBPBm	119
Tabel 6.6	Dokumen wajib pada pelaksanaan suatu QA	120