

Seminar Nasional Lignoselulosa 2019

TEMA:

**Inovasi Berkelanjutan Bioproduk Berbasis Lignoselulosa
untuk Peningkatan Nilai Tambah di Era Industri 4.0**

**Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI
Pusat Unggulan IPTEK Lignoselulosa**

Integrated Laboratory of Bioproduct (iLaB)



30 OKTOBER 2019

**Auditorium Pusat Penelitian Biomaterial - LIPI
Jalan Raya Bogor Km 46 CSC BG, Indonesia**

ISSN : 2548-8767

TOPIK:

Bioproduk meliputi teknologi material maju berbasis nanoselulosa, komposit selulosa, bioaktif, bioproses, bioremediasi, derivat liginin dan pemanfaatan liginin; karakterisasi material bioproduk meliputi penggunaan alat-alat penelitian dan pengkajian bioproduk meliputi penghitungan tingkat ketersiapan teknologi, kajian kelayakan tekno-ekonomi dan ekonomi benefit produk bioproduk.

PROSIDING ILMIAH NASIONAL

SEMINAR LIGNOSELULOSA 2019

*Inovasi Berkelanjutan Bioproduk Berbasis Lignoselulosa untuk Peningkatan
Nilai Tambah di Era Industri 4.0*

Auditorium Puslit Biomaterial, 30 Oktober 2019

Diselenggarakan oleh :



**Pusat Unggulan Iptek Lignoselulosa
Pusat Penelitian Biomaterial
Bidang Kedeputian Ilmu Pengetahuan Hayati
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia**

©2019 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Penelitian Biomaterial

Prosiding Ilmiah Nasional Seminar Lignoselulosa 2019 /Nanang Masruchin (Editor)-Cibinong
2019

xix + 134 ; 21 cm x 29.7 cm

ISSN : 2548-8767

1. Bioproduk 2. Material 3. Bioenergi 4. Pangan 5. Lingkungan

Pelindung : Kepala Pusat Penelitian Biomaterial – LIPI
(Dr. Iman Hidayat)

Panitia Pengarah : Prof. Dr. Bambang Subiyanto, M.Agr
Prof. Dr. Sulaeman Yusuf, M.Agr
Prof. Dr. Subyakto, M.Sc.
Prof. Dr. Euis Hermiati, M.Sc.
Dr. Wahyu Dwianto, M.Agr.
Dr. Lisman Suryanegara, M.Agr.
Dr. Widya Fatriasari, MM
Dr. Dede Heri Yuli Yanto, M.Agr

Panitia Pelaksana : Nanang Masruchin, Ph.D (Ketua Pelaksana)

Dewan Editor : Nanang Masruchin, Ph.D
Danang Sudarwoko Adhi, M.Agr
Kharisma Panji Ramadhan, S.Si

Mitra Bestari : Dr. Wahyuni
Muslih Anwar, M.Sc
Novitri Hastuti, Ph.D
Prof. Subyakto
Dr. Wahyu Dwianto
Dr. Sasa Sofyan Munawar
Dr. Widya Fatriasari
Dr. Firda Aulya Syamani
Sandi Sufiandi, Ph.D
Deni Zulfiana, M.Si
Arief Heru Prianto, M.Si
Nanang Masruchin, Ph.D

Desain Sampul : Fazhar Akbar

Susunan lengkap kepanitian Seminar Lignoselulosa 2019 dapat di telusur pada Surat Keputusan Plt.
Kepala Pusat Penelitian Biomaterial LIPI No. B-2065/IPH.4/HK.01.03/VIII/2019

Kata Pengantar

Rasa puji dan syukur terpanjatkan ke hadirat Alloh SWT atas segala rahmat-Nya, sehingga Prosiding Ilmiah Seminar Nasional Lignoselulosa 2019 dapat terselesaikan tepat waktu. Pada tahun 2019 ini merupakan tahun ke-empat penyelenggaraan diseminasi hasil penelitian di Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI terkait penelitian, pengembangan dan pengkajian bahan bioproduk yang bersumber dari lignoselulosa, dimana acara ini di dukung penuh oleh Pusat Unggulan IPTEK (PUI) Lignoselulosa, KemenristekDikti serta beberapa sponsor.

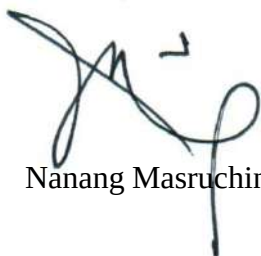
Pada Prosiding Seminar Nasional ini di sajikan sebanyak 18 makalah lengkap dari partisipasi aktif peserta dari kalangan peneliti, akademisi dan praktisi industri. Selain itu, sebanyak 5 buah abstrak dari pemakalah kunci (*Keynote Speaker*) Seminar Lignoselulosa juga disajikan untuk memberikan gambaran perkembangan bioproduk berbasis lignoselulosa di Indonesia. Notulensi diskusi pada sesi pemakalah kunci juga disajikan pada bagian muka prosiding ini.

Topik bahasan makalah beragam namun masih dalam bidang lingkup lignoselulosa, diantaranya yaitu ilmu material, bioproduk, bioenergi, pangan dan aspek lingkungan. Semua naskah yang masuk adalah naskah yang dipresentasikan secara presentasi poster dan presentasi oral *flashtalk* (sebanyak 24 poster), beberapa pemakalah tidak ingin naskahnya di publikasi dalam bentuk prosiding. Kemudian makalah lengkap yang di ajukan oleh peserta ke panitia seminar tersebut di review oleh dua *blind-reviewer*. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, kami mengucapkan penghargaan yang setinggi-tinggi nya kepada para Mitra Bestari yang bersedia mengoreksi makalah-makalah pada prosiding ini. Dari hasil penilaian tim editor terdapat dua (2) naskah yang layak diterbitkan di Journal Lignocellulose of Technology, Pusat Penelitian Biomaterial LIPI.

Kami berharap prosiding ilmiah ini mampu menjadi rujukan terkait pengembangan bioproduk dari lignoselulosa. Akhir kata, tiada ada gading yang tak retak, kami menyampaikan permohonan maaf apabila dalam penyampaian prosiding seminar ini, masih terdapat kekurangan.

Cibinong, 30 Desember 2019

Ketua Tim Editor,



Nanang Masruchin, Ph.D

Ucapan Terimakasih

Panitia Seminar Lignoselulosa 2019 menghaturkan ungkapan terimakasih atas perhatian dan dedikasinya sebagai Mitra Bestari, notulensi dan editor prosiding berikut kepada :

Mitra Bestari :

Dr. Wahyuni	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI
Muslih Anwar, M.Sc	Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam LIPI
Novitri Hastuti, Ph.D	Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)
Prof. Subyakto	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Dr. Wahyu Dwianto	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Dr. Sasa Sofyan Munawar	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Dr. Widya Fatriasari	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Dr. Firda Aulya Syamani	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Sandi Sufiandi, Ph.D	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Deni Zulfiana, M.Si	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Arief Heru Prianto, M.Si	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI
Nanang Masruchin, Ph.D	Pusat Penelitian Biomaterial LIPI

Notulensi :

Dr. Firda Aulya Syamani
Dwi Ajias Pramasari, M.Si

Editing :

Danang Sudarwoko Adhi, M.Agr
Kharisma Panji Ramadhan S.Si

Susunan Acara
Seminar Lignoselulosa 2019

Auditorium Pusat Penelitian Biomaterial LIPI, 30 Oktober 2019

MC: Bernadeta Ayu Widyaningrum, M.Si

07.30-08.00	Registrasi + <i>coffee morning</i>
08.00-08.05	Laporan ketua pelaksana <i>Nanang Masruchin, Ph.D</i>
08.05-08.20	Welcoming speech dan pembukaan seminar <i>Dr. Iman Hidayat</i> (Kepala Pusat Penelitian Biomaterial, LIPI) <i>Prof. Enny Sudarmonowati</i> (Deputi IPH-LIPI)
08.20-08.30	Launching Buku Lignoselulosa I dan Pusat Kajian Nanoselulosa, PUI Lignoselulosa, Puslit Biomaterial LIPI
08.30-10.00	Selayang Pandang Kemajuan Pembangunan iLaB-SBSN
10.00-10.05	Foto Bersama

Sesi Pertama

Moderator: Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr

Notulen : Dr. Firda Aulya Syamani dan Dwi Ajias Pramasari, M.Si

10.05-10.35	Pembicara 1 <i>Dra. Euis Saedah, M.Sc</i> (Ketua Dewan Serat Indonesia dengan topik “Potensi dan peta jalan serat alam sebagai sumber lignoselulosa dan aplikasinya pada produk tekstil dan turunan produk tekstil untuk meningkatkan daya saing bangsa”
10.35-11.05	Pembicara 2 <i>Prof. Bambang Kuswandi</i> (Guru Besar Fakultas Farmasi Universitas Jember) dengan topik “Teknologi kemasan pangan aktif, <i>edible</i> dan cerdas berbasis kertas”
11.05-11.35	Diskusi sesi I
11.35-12.00	Flash talk “Presentasi Poster” dan Door Prize I
12.00-13.15	ISHOMA

Sesi Kedua

Moderator: Dr. Sasa Sofyan Munawar, MP

Notulen : Dr. Firda Aulya Syamani dan Dwi Ajias Pramasari, M.Si

13.15-13.45	Pembicara 3 <i>Erlambang Ajidarma, S.Si</i> (<i>Head of Product Innovation Mycotech</i> , start up material bahan kulit dari jamur) dengan topik “Kunci sukses usaha rintisan pemula berbasis teknologi bahan alam ”
13.45-15.15	Pembicara 4 <i>Dr. Mohd. Hazwan Hussin</i> (Pensyiarah, Dosen Jurusan Kimia Universiti

	Sains Malaysia) dengan topik “Tren masa kini aplikasi nanoselulosa sebagai material maju”
15.15-15.45	Pembicara 5 <i>Bambang Nurhadi, Ph.D</i> (Dosen Teknologi Pangan, Universitas Padjajaran, Bandung dengan topik “ Tren masa kini aplikasi bahan alam berbasis lignoselulosa (hidrokoloid) untuk teknologi pangan dan olahan pangan”
15.45-16.15	Diskusi sesi 2
16.15-16.30	Penutupan Pengumuman Best Poster Door Prize II <i>Dr. Dede Heri Yuli Yanto, M.Agr</i> (Kabid Program dan Pengelolaan Penelitian Puslit Biomaterial)

DAFTAR ISI

Kode	Judul	Hal
	Halaman Sampul	i
	Kata Pengantar	iii
	Ucapan Terimakasih	iv
	Susunan Acara	v
	Daftar Isi	vii
	Notulensi Penting Seminar Lignoselulosa 2019	x
	Dokumentasi Seminar Lignoselulosa 2019	xiii
Keynote Speaker	Peningkatan Nilai Tambah Produk Serat Alam (<i>Abstrak</i>) <i>Euis Saedah</i>	1
Keynote Speaker	Teknologi Kemasan Pangan Aktif, Edible dan Cerdas Berbasis Lignoselulosa (<i>Abstrak</i>) <i>Bambang Kuswandi</i>	2
Keynote Speaker	Fermentasi Limbah Lignoselulosa Menjadi Biomaterial Serba Guna dengan Menggunakan Cendawan <i>Basidiomycota</i> (<i>Abstrak</i>) <i>Erlambang Ajidarma</i>	3
Keynote Speaker	Recent Application of Nanocellulose as Advanced Materials (<i>Abstrak</i>) <i>Mohd. Hazwan Hussin</i>	4
Keynote Speaker	Peranan dan Fungsi Hidrokolloid Polisakarida dalam Menjawab Tren Pangan Masa Kini (<i>Abstrak</i>) <i>Bambang Nurhadi</i>	5
P01	Pengaruh Kecepatan dan Waktu Pengadukan terhadap Ukuran Partikel, Kadar Air dan Kadar Abu Pati Tapioka Menggunakan Metode Presipitasi <i>Dewi Sondari, Rahmawati Putri, Riska Suryaningrum, Oktan Dwi Nurhayat, Faizatul Falah, dan Kharisma Panji Ramadhan</i>	7-12
P04	Decolorization Study of Remazol Brilliant Blue-R Catalyzed by Laccase from <i>Trametes hirsuta</i> EDN 082 <i>Sita Heris Anita, Annisa Mardhatillah, Fenny Clara Ardiati, Kharisma Panji Ramadhan, Fahriya Puspita Sari, Oktan Dwi Nurhayat, dan Dede Heri Yuli Yanto</i>	13-18
P07	Penggunaan Kraft Lindi Hitam pada Kayu Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>) Melalui Impregnasi dengan Metode Vakum-Tekan <i>Rudi Dungani, Tati Karliati, Anne Hadiyane, Takashi Tanaka, Masaaki Yamada, dan Jamaludin Malik</i>	19-25
P10	Optimasi Konsentrasi Pulp dan Surfaktan pada Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kayu Jabon (<i>Antocephalus cadamba</i>) <i>Ina Winarni dan Adam Yodha Alvino</i>	26-29

P14	Sifat Papan Serat Kerapatan Sedang Kayu Mahang (<i>Macaranga hypoleuca</i>) dan Skubung (<i>Macaranga gigantea</i>) dengan Perekat Asam Malat	30-41
	<i>Agus Wahyudi</i>	
P16	Karakteristik Serat Tandan Kosong Sawit Bagian Dalam dan Luar sebagai Bahan Baku Pulp	42-46
	<i>Ihak Sumardi, Anne Hadiyane, dan Alfi Rumidatul</i>	
P17	Karakteristik Lindi Hitam Hasil Samping Pemasakan Kraft Bagas Sorghum (<i>Sorghum bicolor L Moench</i>)	47-52
	<i>Widya Fatriasari, Suprianto, Apri Heri Iswanto, dan Faizatul Falah</i>	
P19	Evaluasi Sifat Mekanik & Rambat Retak Komposit Serat Batang Kelapa Sawit Dengan Penambahan Arang Cangkang Sawit	53-57
	<i>Ismadi, Teguh Darmawan, Jayadi, Sudarmanto, dan Lilik Astari</i>	
P20	Studi Awal Isolasi Nanoselulosa dari Pulp Bambu Betung (<i>Dendrocalamus asper sp</i>) dengan menggunakan Hidrolisis Asam Organik	58-64
	<i>Wida Banar Kusumaningrum, Putri Amanda, dan Krismonalisa Rizki</i>	
P21	Pemanfaatan Limbah Plastik Komersial Polipropena (PP) untuk Biokomposit dengan Penambahan Serat Alam	65-72
	<i>Putri Amanda, Intan Syiffa Fratika, Salma Dina Adila Burhani, dan Nanang Masruchin</i>	
P22	Komponen Kimia Bambu Andong (<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>) berdasarkan Posisi Aksial sebagai Bahan Baku Bambu Laminasi tanpa Perekat	73-80
	<i>Yunita Rizki Amalia, Irma H. Suparto, Dwi Ajas Pramasari, dan Sukma Surya Kusumah</i>	
P23	Pemanfaatan Nanoselulosa sebagai Penguat pada Pembuatan Bioplastik (Biofilm) dari Tepung Mocaf	81-87
	<i>Sebrina Erita Putri, Putri Amanda, Roosmariharso, Wahyuni dan Nanang Masruchin</i>	
P24	Sifat Fisik Kayu Jati Cepat Tumbuh dengan Perlakuan Tekanan Uap Panas	88-95
	<i>Teguh Darmawan, Trisna Priadi, Istie S Rahayu, Sukma S Kusumah, dan Yusup Amin</i>	
P25	Peningkatan Kualitas Batang Kelapa Sawit Dengan Teknologi Impregnasi Menggunakan Bahan Alam Serbuk Gergaji Surian (<i>Toona sinensis</i>) dan Resin Pinus (<i>Pinus merkusii</i>)	96-101
	<i>Anne Hadiyane, Tati Karliati, dan Atmawi Darwis</i>	
P26	Aplikasi Asap Cair Limbah Pinus sebagai Stimulan pada Pertumbuhan Benih Pinus (<i>Pinus merkusii</i> Jung et De Vriese)	102-106
	<i>Tati Karliati, Anne Hadiyane, Rudi Dungani dan Yayat Hidayat</i>	
P27	Kajian Komponen Fisik, Kimia dan Nilai Kalor Limbah Padat Kopi (<i>Coffea arabica</i>) sebagai Bahan Bakar Alternatif Biopellet	107-115
	<i>Alfi Rumidatul, Anne Hadiyane, Yayat Hidayat, Mardhathillah Aulia</i>	

P28	Pemetaan Penggunaan Serat Sisal Sebagai Bahan Konstruksi Berbasis Informasi Paten	116-120
	<i>Maidina dan Agung Sumarno</i>	
P29	Percepatan Kristalisasi PLA dengan Penambahan Triasetin dan Serat Selulosa	121-128
	<i>Dinda Rezeki, Lisman Suryanegara, dan Syaiful Ahsan</i>	
	Daftar Peserta	129-134

Kajian Komponen Fisik, Kimia dan Nilai Kalor Limbah Padat Kopi (*Coffea arabica*) sebagai Bahan Bakar Alternatif Biopellet

Alfi Rumidatul¹, Anne Hadiyane^{1,*}, Yayat Hidayat¹, Mardhathillah Aulia¹

¹*Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Gedung Labtex XI, Jalan Ganesha 10, Bandung 40132*

**correspondency: anne@sith.itb.ac.id*

ABSTRAK

Limbah biomassa yang berasal dari sisa hasil pengolahan kopi sangat potensial untuk dikembangkan potensi energinya karena selain memenuhi kebutuhan energi yang ramah lingkungan, juga dapat meningkatkan pemanfaatan limbah kopi tersebut. Potensi energi dari limbah pengolahan kopi dapat diproduksi menjadi biopellet. Kandungan komponen fisik dan kimia biomassa mempengaruhi nilai kalornya saat dijadikan biopellet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komponen kimia (kadar lignoselulosa, kadar zat ekstraktif, dan kadar abu) dan fisik (kadar air, kerapatan, dan nilai kalor) limbah kopi (*Coffea arabica*) dan mengetahui hubungan komponen fisik dan kimia limbah kopi yang berpengaruh terhadap nilai kalor. Kadar lignoselulosa dan kadar abu diukur dengan metode Chesson-Datta, sementara kadar zat ekstraktif diukur dengan metode TAPPI T 207 om-88. Kadar air diukur dengan metode ASTM E871-82, kerapatan dengan metode SNI 8021:2014, dan nilai kalor dengan metode ASTM E830-87. Hubungan komponen fisik dan kimia terhadap nilai kalor dianalisis dengan menggunakan grafik *scatter*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kalor limbah kopi adalah 4413.16 kal/g, hasil ini memenuhi standar bahan baku biomassa untuk energi yaitu minimal 4000 kal/g (SNI 8021:2014). Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar lignin, kadar zat ekstraktif, dan kerapatan memiliki korelasi positif dengan nilai kalor sedangkan kadar hemiselulosa, kadar selulosa, kadar abu, dan kadar air memiliki korelasi negatif dengan nilai kalor. Berdasarkan hasil ini maka limbah padat kopi merupakan bahan yang dapat diproduksi menjadi biopellet sebagai bahan energi yang ramah lingkungan.

Kata kunci: biomassa, limbah kopi, energi, nilai kalor, komponen kimia

ABSTRACT

Biomass waste from coffee processing residues has the potential to be developed for its energy potential because in addition to meeting the needs of environmentally friendly energy, it can also increase the utilization of coffee waste. The energy potential of coffee processing waste can be produced into biopellet. The content of physical and chemical components of biomass affects the calorific value when used as biopellet. This study aims to determine the chemical components (lignocellulose, extractive substances, and ash content) and physical (water content, density, and heating value) of coffee waste (*Coffea arabica*) and determine the relationship of physical and chemical components of coffee waste that affect the heating value. Lignocellulose content and ash content were measured by the Chesson-Datta method, while extractive substances were measured by the TAPPI T 207 om-88 method. Water content was measured by ASTM E871-82 method, density with SNI 8021: 2014 method, and heating value by ASTM E830-87 method. The relationship of physical and chemical properties to heating values was analyzed using scatter graphs. The results showed that the heating value of coffee waste was 4413.16 cal/g, this result met the standard biomass raw material for energy which is a minimum of 4000 cal/g. The analysis showed that lignin levels, extractive substances levels, and density had a positive correlation with heating values while hemicellulose content, cellulose content, ash content, and water content had a negative correlation with heating values.

Keywords: Biomass, coffee waste, energy, heating value, chemical components

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin tinggi dan pengembangan energi terbarukan sebagai energi yang lebih ramah lingkungan semakin banyak dilakukan. Energi terbarukan dalam bentuk biomassa (energi biomassa) menghasilkan karbondioksida yang lebih sedikit dalam proses pembakarannya (Munawar dan Subiyanto, 2014). Biomassa selain menyimpan karbon, juga dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar. Biomassa sebagai salah satu penyedia sumber bahan bakar, memiliki sifat-sifat fisik dan kimia yang masing-masingnya memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai kalor yang menjadi komponen terpenting dalam menilai kualitas mutu bahan bakar.

Bahan bakar alternatif dapat dibuat dari limbah bahan organik (Bergman dan Zerbe, 2004). Limbah padat kopi yang berupa kulit buah dan cangkang biji kopi yang tercampur selama proses pengelupasan sangat berpotensi diolah menjadi bahan yang bermanfaat untuk bahan bakar alternatif sebagai sumber energi terbarukan. Umumnya petani hanya memanfaatkan biji kopinya saja sedangkan kulit buah/biji sering dibuang dan menjadi limbah.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kulit kopi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah atau gas elpiji (Nurlela, 2011; Budiawan, *et al*, 2014). Nurlela (2011) dengan teknik pirolisis 450 °C dengan ukuran partikel 120 mesh dan perbandingan perekat 1:8 mampu menghasilkan nilai kalor kulit kopi sebesar 5626.2 kal/g. Campuran kulit kopi (30%) dengan serbuk gergaji dapat menghasilkan kalor sebesar 4923.9 kal/g (Budiawan, *et al.*, 2014).

Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa dengan ukuran lebih kecil dari ukuran briket. Proses yang digunakan adalah pengempaan dengan suhu dan tekanan tinggi sehingga membentuk produk yang seragam dengan kapasitas produksi yang tinggi (Abelloncleanenergy, 2009). Konversi yang dilakukan dapat memudahkan dalam penanganan, transportasi, penyimpanan, pengemasan, peningkatan daya bakar, peningkatan efisiensi bakar, keseragaman serta kerapatan energi yang lebih besar.

Parameter utama dari bahan bakar adalah nilai kalor dari bahan bakar tersebut. Khusus untuk bahan bakar yang berbahan dasar biomassa, analisis nilai kalor dilakukan melalui analisis karakteristik dasar dari biomassa, yaitu sifat fisik dan sifat kimianya. Sifat fisik dan sifat kimia dari biomassa yang berpengaruh terhadap nilai kalor adalah kerapatan, kadar air, kadar lignoselulosa, kadar abu, dan kadar zat ekstraktif (Surono, 2010). Analisis dari kedua sifat fisik dan kimia ini diperlukan agar pemakaian

dari suatu produk biomassa sesuai dengan peruntukannya dan memiliki nilai manfaat yang optimal.

Limbah kopi selama ini hanya dibuang ke tanah, hal ini juga menambah permasalahan baru yaitu pencemaran lingkungan, terutama masalah pencemaran tanah. Ketersediaan limbah kulit kopi yang cukup melimpah, mempunyai potensi yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai bahan bakar yang berbasis biomassa dengan cara mengkonversinya menjadi biopellet, hal ini memudahkan dalam penanganan, transportasi, penyimpanan limbah kopi.

Oleh karena itu, kajian potensi limbah padat kopi perlu dilakukan dengan harapan dapat meningkatkan pemanfaatan limbah, mengurangi permasalahan lingkungan dan penambahan diversifikasi pemanfaatannya. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kandungan komponen fisik dan kimia limbah padat kopi dan hubungannya terhadap nilai kalor.

BAHAN DAN METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah padat kopi yang merupakan sisa hasil pengolahan biji kopi, H₂O (akuades), H₂SO₄ (asam sulfat), *aluminium foil*, plastik zip, kertas saring dan Es (untuk fraksinasi).

Sedangkan peralatan yang digunakan adalah Alat-alat gelas dan kaca, refluks, *water bath*, *bomb calorimeter*, oven 105 °C, corong Büchner, timbangan, jangka sorong digital, *hammer mill*, blender, saringan *stainless steel* dan *furnace*.

Metode

Penyiapan Bahan

Limbah *Coffea arabica* diserbukkan menggunakan *hammer mill* hingga diperoleh ukuran 40-60 mesh sebagai bahan untuk uji nilai kalor, kadar air, kadar lignoselulosa, kadar abu, dan kadar zat ekstraktif.

Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan kajian sifat fisik, sifat kimia dan nilai kalor dari beberapa jenis tanaman kehutanan yang terdapat di kawasan hutan Gunung Geulis Jatinangor-Sumedang (Aulia dkk, 2018) untuk melihat korelasi komponen fisik dan kimia dengan nilai kalor. Hasil kajian sifat fisik, sifat kimia dan nilai kalor dari beberapa jenis tanaman kehutanan yang terdapat di kawasan hutan Gunung Geulis Jatinangor-Sumedang disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kajian Sifat Fisik, Sifat Kimia dan Nilai Kalor dari Beberapa Jenis Tanaman Kehutanan yang Terdapat di Kawasan Hutan Gunung Geulis Jatinangor-Sumedang

Sampel	Nilai Kalor (Kal/g)	Kadar Air (%)	Densitas (g/cm ³)	Hemi selulosa (%)
<i>Caliandra calothyrsus</i>	4516.26	7.67	0.364	10
<i>Leucaena leucocephala</i>	4503.88	16.67	0.49	8.33
<i>Toona sinensis</i>	4470.75	17.33	0.50	10.33
<i>Falcataria moluccana</i>	4437.56	49	0.362	11.33
<i>Gmelina arborea</i>	4387.30	29.67	0.356	20.33
<i>Ghiricidia sepium</i>	4367.67	23.33	0.363	17.67
<i>Arenga pinnata</i>	4157.23	51.67	0.3	19

Sampel	Selulosa (%)	Lignin (%)	Abu (%)	Zat Ekstraktif (%)
<i>Caliandra calothyrsus</i>	30.33	18.33	0.77	45
<i>Leucaena leucocephala</i>	27.33	16.67	0.24	35.67
<i>Toona sinensis</i>	27	18	0.99	27.67
<i>Falcataria moluccana</i>	41	16.33	1.44	23
<i>Gmelina arborea</i>	25.67	10.33	4	32.67
<i>Ghiricidia sepium</i>	58.67	9.67	3.42	21.67
<i>Arenga pinnata</i>	63.33	9.33	3.21	20.67

Pengujian Nilai Kalor

Pengukuran nilai kalor merujuk pada metode ASTM E830-87 (2004) menggunakan alat *bomb calorimeter*. Nilai kalor lalu ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai kalor (kal/g)} = \frac{-C\Delta T - U1 - U2 \text{ (kal)}}{\text{massa sampel (g)}}$$

Keterangan :

C = kapasitas panas alat (kal/°C)

ΔT = kenaikan suhu (suhu akhir-suhu awal) (°C)

U1 = titrasi (kal)

U2 = kawat (kal)

Pengujian Kadar Air

Pengukuran kadar air merujuk pada metode ASTM E871-82 (2013). Sampel serbuk sebanyak 1 gram dikeringkan dalam oven pada suhu 105±3°C selama 24 jam atau hingga beratnya konstan. Kadar air lalu ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{BB - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan :

BB = berat basah (awal) serbuk (g)

BKT = berat kering tanur serbuk (g)

Pengujian kerapatan

Pengukuran kerapatan merujuk pada metode SNI 8021:2014. Penetapan penentuan kerapatan dinyatakan dalam hasil perbandingan antara berat dan volume sampel. Kerapatan lalu ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kerapatan } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = \frac{\text{berat sampel kering}}{\text{volume sampel kering}}$$

Pengujian Kandungan Lignoselulosa dan Abu

Pengukuran kandungan lignoselulosa dan abu merujuk pada metode *Chesson-Datta* yang menerapkan metode fraksinasi bertingkat. Metode ini pada dasarnya adalah analisis gravimetri dari setiap komponen setelah dihidrolisis atau dilarutkan. Analisis gravimetri adalah suatu analisis kimia secara kuantitatif berdasarkan proses pemisahan (fraksinasi) dan penimbangan suatu unsur atau senyawa tertentu (Gusdinar, 2008). Langkah rinci dari metode ini disajikan pada Gambar 1.

Kadar hemiselulosa, selulosa, lignin, dan abu lalu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Hot Water Soluble (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar hemiselulosa (\%)} = \frac{b - c}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar selulosa (\%)} = \frac{c - d}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin (\%)} = \frac{d - e}{a} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{e}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

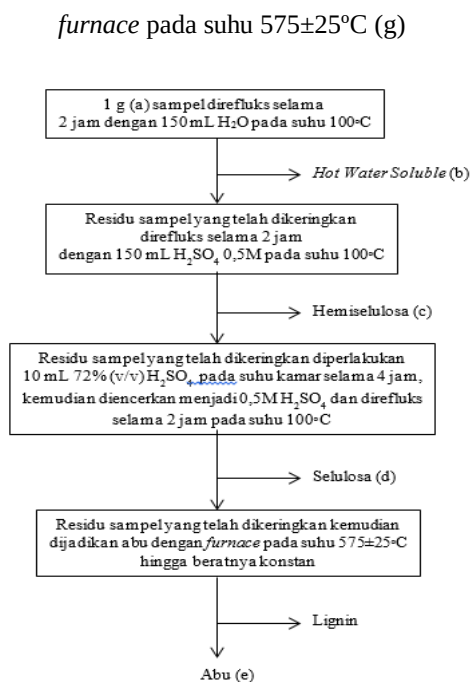
a = ODW awal sampel biomassa (g)

b = ODW residu sampel biomassa setelah direfluks dengan air panas (g)

c = ODW residu sampel biomassa setelah direfluks dengan H₂SO₄ 0,5M (g)

d = ODW residu sampel biomassa setelah direfluks dengan H₂SO₄ 72% yang kemudian diencerkan (g)

e = FDW residu sampel biomassa setelah di



Gambar 1. Analisis Kandungan Komponen Lignoselulosa dengan Fraksinasi Bertingkat berdasarkan Metode Chesson-Datta

Pengujian Kandungan Zat Ekstraktif

Pengukuran kandungan zat ekstraktif merujuk pada metode TAPPI T 207 om-88. Serbuk kayu kering tanur sebanyak 2 gram diekstrak dengan 100 mL H_2O panas dalam erlenmeyer 250 mL. Sampel lalu dipanaskan di atas *waterbath* selama 3 jam sambil diaduk sesekali. Selanjutnya sampel disaring dan dicuci dengan air panas. Setelah itu sampel dikeringkan di dalam oven bersuhu $105 \pm 3^\circ\text{C}$ hingga beratnya konstan dan ditimbang.

Kadar zat ekstraktif lalu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar zat ekstraktif (\%)} = \frac{\text{BKT A} - \text{BKT E}}{\text{BKT A}} \times 100\%$$

Keterangan :

BKT A = berat kering tanur serbuk awal (g)

BKT B = berat kering tanur serbuk setelah ekstraksi (g)

Analisis Data

Data komponen fisik dan kimia ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, dan korelasi. Selanjutnya, untuk data kandungan komponen kimia (lignoselulosa, abu, dan zat ekstraktif) dianalisis menggunakan klasifikasi komponen tinggi, sedang, dan rendah. Sedangkan untuk data kandungan

komponen fisik (kadar air dan kerapatan) tidak memiliki klasifikasi karena nilainya dapat disesuaikan pada saat pembuatan produk.

Klasifikasi komponen kimia disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Komponen Kimia Kayu Indonesia

Komponen Kimia (%)	Kelas Komponen		
	Tinggi	Sedang	Rendah
Hemiselulosa	>25	20 – 25	<20
Selulosa	>45	40 – 45	<40
Lignin	>33	18 – 33	<18
Zat Ekstraktif	>4	2 – 4	<2
Abu	>6	0.2 – 6	<0.2

(Sumber: Sokanandi dkk, 2012)

Korelasi Komponen Fisik dan Kimia dengan Nilai Kalor

Korelasi komponen fisik dan kimia dengan nilai kalor dianalisis menggunakan grafik *scatter* pada *Microsoft Excel*, dimana kadar hemiselulosa, kadar selulosa, kadar lignin, kadar abu, kadar zat ekstraktif, kadar air, dan kerapatan sebagai sumbu x dan nilai kalor sebagai sumbu y sehingga didapatkan korelasi dari setiap komponen sumbu x terhadap komponen sumbu y. Korelasi tersebut akan berbentuk korelasi positif atau korelasi negatif. Jika terdapat korelasi positif, berarti semakin tinggi nilai komponen sumbu x maka akan semakin tinggi nilai komponen sumbu y, dan sebaliknya. Sedangkan korelasi negatif, berarti semakin tinggi nilai komponen sumbu x maka akan semakin rendah nilai komponen sumbu y, dan sebaliknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Komponen Fisik

Kandungan komponen fisik limbah *C. arabica* meliputi nilai kalor, kadar air dan kerapatan. Kandungan komponen fisik limbah *C. arabica* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Sifat Fisik Limbah *Coffea arabica*

Komponen Fisik	Satuan	Nilai
Nilai kalor	kal/kg	4413.16
Kadar Air	%	26
Kerapatan	g/cm^3	0.32

Nilai Kalor

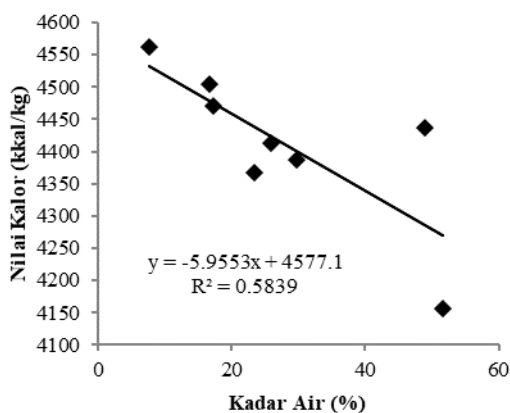
Berdasarkan pengujian sifat fisik pada Tabel 3, nilai kalor dari limbah *C. arabica* adalah 4413.16

kal/kg. Nilai kalor tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kalor tembakau yang berkisar antara 2789-2969 kal/g (Nugrahaeni, 2008). Standar nilai kalor untuk biomassa yang ditetapkan di Indonesia minimal 4000 kal/g (SNI 8021:2014). Nilai kalor hasil penelitian telah memenuhi SNI 8021:2014. Menurut Hahn (2004) standar nilai kalor di Austria ≥ 4299.3 kal/g, Swedia ≥ 4036.6 kal/g, Jerman 4179.9 – 4657.6 kal/g.

Nilai kalor merupakan parameter paling penting sebagai penentu kualitas mutu bahan bakar. Nilai kalor yang tinggi akan menghasilkan pembakaran yang efisien yang tentunya dapat menghemat bahan baku energi biomassa (Jamilatun, 2011).

Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisika limbah *C. arabica* pada Tabel 3, diketahui bahwa limbah *C. arabica* memiliki kadar air sebesar 26 %. Kadar air limbah *C. arabica* mempengaruhi kualitas biopellet dimana kadar air yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor pembakaran. Kadar air tanpa perlakuan yang optimum untuk bahan baku energi biomassa adalah sebesar 12%, sedangkan untuk yang memiliki kadar air lebih tinggi dapat diberi perlakuan pengeringan *shade-drying*, *sun-drying*, atau *oven-drying* (Cahyono dkk, 2008).



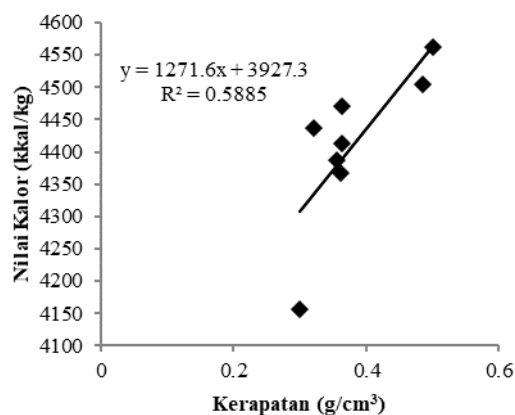
Gambar 2. Grafik Korelasi Kadar Air dan Nilai Kalor

Gambar 2. menunjukkan adanya pengaruh kadar air terhadap nilai kalor dengan korelasi negatif ($R^2 = 0.5839$). Semakin rendah kadar air maka semakin tinggi nilai kalor. Kadar air bahan baku dapat mempengaruhi nilai kalor, dimana kadar air yang tinggi dapat menyebabkan penurunan nilai kalor yang dihasilkan pada saat konversi energi. Hal ini disebabkan karena dalam proses konversi energi banyak kalor yang dihabiskan untuk mengeluarkan

air dari dalam bahan baku menjadi uap sehingga energi yang tersisa dalam bahan bakar menjadi lebih kecil. Peningkatan 1% kadar air akan menurunkan nilai kalor sekitar 50.87 kkal/kg (Cahyono dkk, 2008)

Kerapatan

Berdasarkan hasil Tabel 3 menunjukkan bahwa kerapatan dari limbah *C. arabica* adalah sebesar 0.32 g/cm^3 . Nilai kerapatan yang diperoleh apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Aulia dkk (2018) lebih rendah dari kerapatan jenis-jenis kayu yang terdapat di kawasan hutan Gunung Geulis, tetapi lebih tinggi dari kerapatan *A. pinnata*. Semakin tinggi kerapatan maka semakin tinggi nilai kalor. Pada umumnya kerapatan tumbuhan yang baik untuk bioenergi adalah yang memiliki kerapatan 0.4 g/cm^3 atau lebih, sedangkan untuk yang memiliki kerapatan lebih rendah dapat ditingkatkan melalui perlakuan densifikasi (dijadikan briket dan biopellet).



Gambar 3. Grafik Korelasi Kerapatan dan Nilai Kalor

Gambar 3. menunjukkan adanya pengaruh kerapatan terhadap nilai kalor dengan korelasi positif ($R^2 = 0.5885$). Semakin tinggi kerapatan maka semakin tinggi nilai kalor. Kerapatan tumbuhan memiliki korelasi positif dengan nilai kalor yang dihasilkan (Montes *et al*, 2011). Kerapatan rendah lebih cenderung mempercepat pembakaran dibandingkan kerapatan tinggi, namun nilai kalor yang dihasilkan rendah (Chaney *et al*, 2008).

Kandungan Komponen Kimia

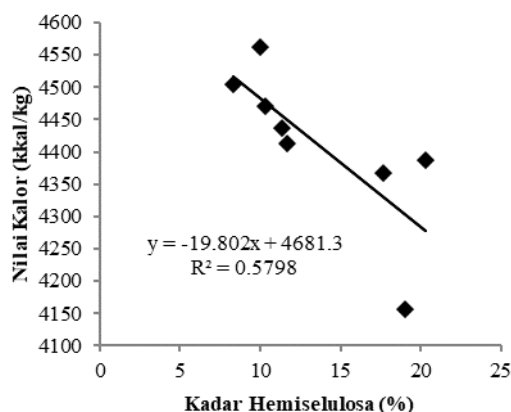
Kandungan komponen kimia limbah *C. arabica* meliputi kadar hemiselulosa, kadar selulosa, kadar lignin, kadar zat ekstraktif dan kadar abu. Kandungan komponen kimia limbah *C. arabica* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Sifat Kimia Limbah *Coffea arabica*

Komponen Kimia	Satuan	Nilai
Hemiselulosa	%	11.67
Selulosa	%	37
Lignin	%	15.67
Zat ekstraktif	%	26
Kadar abu	%	2.12

Kadar Hemiselulosa

Berdasarkan Tabel 4 di atas, kadar hemiselulosa limbah *C. arabica* adalah sebesar 11.67 %. Apabila ditinjau dari klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel 2), limbah *C. arabica* tergolong memiliki kadar hemiselulosa rendah karena memiliki kadar hemiselulosa sebesar <20%.

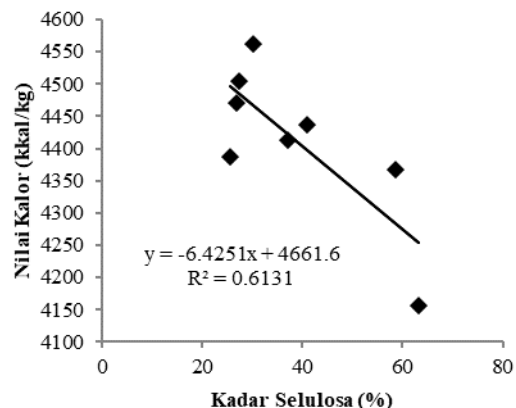


Gambar 4. Grafik Korelasi Kadar Hemiselulosa dan Nilai Kalor

Gambar 4. menunjukkan adanya pengaruh kadar hemiselulosa terhadap nilai kalor dengan korelasi negatif ($R^2 = 0.5798$). Semakin rendah kadar hemiselulosa maka semakin tinggi nilai kalor. Polisakarida (hemiselulosa) memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan dengan lignin, sehingga semakin tinggi persentase hemiselulosa dibandingkan lignin maka cenderung akan menurunkan nilai kalor (Basu, 2010).

Kadar Selulosa

Kadar selulosa limbah *C. arabica* berdasarkan Tabel 4 adalah sebesar 37 %. Apabila ditinjau dari klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel 2), limbah *C. arabica* tergolong memiliki kadar selulosa rendah karena kadar selulosanya kurang dari 40%.

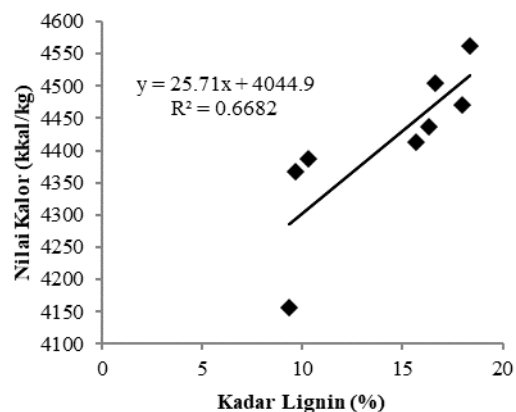


Gambar 5. Grafik Korelasi Kadar Selulosa dan Nilai Kalor

Gambar 5. menunjukkan adanya pengaruh kadar selulosa terhadap nilai kalor dengan korelasi negatif ($R^2 = 0.6131$). Semakin rendah kadar selulosa maka semakin tinggi nilai kalor. Selulosa tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kalor. Selulosa memiliki nilai kalor sekitar 4150 – 4350 kkal/kg (Haygreen *et al*, 2003).

Kadar Lignin

Berdasarkan Tabel 3, kadar lignin limbah *C. arabica* adalah sebesar 15.67 %. Apabila ditinjau dari klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel 2), limbah *C. arabica* termasuk ke dalam kelas penggolongan kadar lignin rendah karena memiliki kadar lignin sebesar <18%.



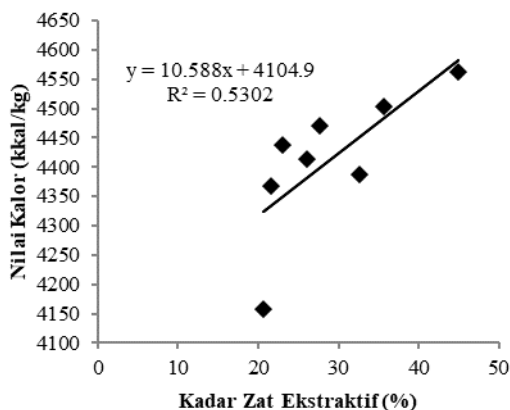
Gambar 6. Grafik Korelasi Kadar Lignin dan Nilai Kalor

Gambar 6. menunjukkan adanya pengaruh kadar lignin terhadap nilai kalor dengan korelasi positif ($R^2 = 0.6682$). Semakin tinggi kadar lignin

maka semakin tinggi nilai kalor. Nilai kalor lignin sekitar 6448 kkal/kg (Gunther *et al*, 2012). Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara kimiawi, enzimatik, maupun biologis. Kandungan karbon yang relatif tinggi dan oksigen yang relatif rendah pada lignin dibandingkan dengan hemiselulosa dan selulosa menyebabkan lignin memiliki kandungan energi yang tinggi (Usmana, 2012).

Kadar Zat Ekstraktif

Kadar zat ekstraktif limbah *C. arabica* berdasarkan Tabel 3 adalah sebesar 26 %. Apabila ditinjau dari klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel 2), limbah *C. arabica* yang diteliti termasuk ke dalam kelas penggolongan kadar zat ekstraktif tinggi karena memiliki kadar zat ekstraktif sebesar >4%.



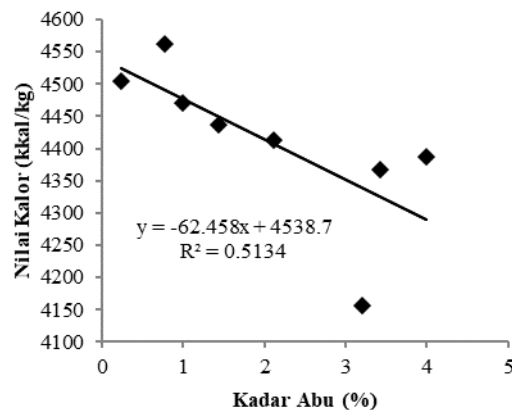
Gambar 7. Grafik Korelasi Kadar Zat Ekstraktif dan Nilai Kalor

Gambar 7. menunjukkan adanya pengaruh kadar zat ekstraktif terhadap nilai kalor dengan korelasi positif ($R^2 = 0.5302$). Semakin tinggi kadar zat ekstraktif maka semakin tinggi nilai kalor. Zat ekstraktif merupakan komponen kimia minor dalam tumbuhan namun zat ekstraktif berpengaruh terhadap nilai kalor. Nilai kalor zat ekstraktif sekitar 7764 kal/g. Sehingga walaupun kandungan zat ekstraktif dalam tumbuhan umumnya kecil tetapi berpengaruh terhadap mutu bahan bakar karena memiliki nilai kalor yang tinggi. Walaupun sama-sama memberikan pengaruh positif terhadap nilai kalor, zat ekstraktif memiliki pengaruh yang lebih rendah terhadap nilai kalor dibandingkan lignin (Telmo dan Lousada, 2011).

Kadar Abu

Kadar abu limbah *C. arabica* berdasarkan Tabel 4 adalah sebesar 2.12 %. Apabila ditinjau dari

klasifikasi komponen kimia kayu Indonesia (Tabel 2), limbah *C. arabica* yang diteliti termasuk ke dalam kelas penggolongan kadar abu sedang karena memiliki kadar abu sebesar 0.2 – 6%. Kadar abu yang baik untuk bahan baku energi biomassa adalah kadar abu <5% karena tidak menyebabkan pembentukan kerak mineral.



Gambar 8. Grafik Korelasi Kadar Abu dan Nilai Kalor

Gambar 8. menunjukkan adanya pengaruh kadar abu terhadap nilai kalor dengan korelasi negatif ($R^2 = 0.5134$). Semakin rendah kadar abu maka semakin tinggi nilai kalor. Kadar abu dalam biomassa mempengaruhi nilai kalor di mana kadar abu yang tinggi akan menyebabkan nilai kalor yang dihasilkan lebih rendah (Satmoko dkk, 2013). Selain itu, kadar abu tinggi juga berisiko menyebabkan terbentuknya endapan atau kerak mineral pada saat pembakaran, sehingga dapat meninggalkan kotoran pada permukaan tungku, korosi, dan menurunkan konduktivitas termal yang dapat menurunkan kualitas pembakaran (Saputro dkk, 2012).

KESIMPULAN

Kadar lignin, kadar zat ekstraktif, dan kerapatan memiliki korelasi positif dengan nilai kalor sedangkan kadar hemiselulosa, kadar selulosa, kadar abu, dan kadar air memiliki korelasi negatif dengan nilai kalor. Berdasarkan hasil ini maka limbah padat kopi merupakan bahan potensial yang dapat digunakan untuk bahan baku biopelet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, yang telah memberikan dana program Pengabdian Masyarakat tahun anggaran 2019 dengan nomor kontrak : 006/SP2H/PPM/DRPM/2019.

DAFTAR ACUAN

- Abelloncleanenergy. (2009). *Cofiring with biopellets: an efficient way to reduce greenhouse greenhouse gas emissions*. Abellon Clean Energy. India.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. (2004). *ASTM E830-87: Metode Pengukuran Standar untuk Abu pada Analisis Sampel Refuse Derived Fuel*. Bandung: Teknik Lingkungan ITB.
- [ASTM] American Standard Testing and Material. (2013). *Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels*. West Conshohocken: ASTM International.
- Aulia, M., Hadiyane, A., Hidayat, Y. (2018). Variasi Kandungan Komponen Fisik dan Kimia Delapan Jenis Tanaman Potensial Energi dan Pengaruhnya terhadap Nilai Kalor. Repository Tugas akhir SITH ITB. Bandung
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). Pelet Kayu. SNI 8021:2014. Jakarta.
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*. Amsterdam: Elsevier.
- Bergman, R., and Zerbe, J. (2004). Primer on wood biomass for energy. *USDA Forest Service, State and Private Forestry Technology Marketing Unit Forest Products Laboratory*. Madison, Wisconsin.
- Budiawan, L., Susilo, B., Hendrawan, Y. (2014). Pembuatan dan Karakterisasi Briket Bioarang dengan Variasi Komposisi Kulit Kopi. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 2(2): 152-160.
- Cahyono T. D., Z. Coto, F. Febrianto. (2008). Analisis Nilai Kalor dan Kelayakan Ekonomis Kayu sebagai Bahan Bakar Substitusi Batu Bara di Pabrik Semen. *Forum Pascasarjana*. 2(31):. 105-116.
- Chaney, J. O., Z. Coto, F. Febrianto. (2008). Aspek Termofisis Pemanfaatan Kayu sebagai Bahan Bakar Substitusi di Pabrik Semen". *JITHH* 1(1): 45-43.
- Gunther, B., Gebauer, K., Barkowski, R., Rosenthal, M., Bues, C.T. (2012). Calorific Value of Selected Wood Species and Wood Products. *European Wood and Wood Products*. 70: 755-757.
- Gusdinari, T. (2008). *Analisis Gravimetri*. Handout Kuliah. Sekolah Farmasi Institut Teknologi Bandung.
- Hahn, B. (2004). *Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets*. Austria: Umbera.
- Haygreen J. G., J. L. Bowyer, R. Shmulsky. (2003). *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. Iowa: Blackwell Publishing.
- Jamilatun, S. (2011). Kualitas Sifat-sifat Penyalaan dari Pembakaran Briket Tempurung Kelapa, Briket Serbuk Gergaji Kayu Jati, Briket Sekam Padi, dan Briket Batubara. *J. Conversion Management*. 43: 1291-1299.
- Montes, C. S., D. A. Silva, R. A. Garcia, G. I. B. Muniz, J. C. Weber. (2011). Calorific Value of *Prosopis africana* dan *Balanites aegyptiaca* Wood: Relationships with Tree Growth, Wood Density, and Rainfall Gradients in the West African Sahel. *Biomass Energy*. 35(1): 346-353.
- Munawar, S.S., and Subiyanto, B. (2014). Characterization of Biomass Pellet made from Solid Waste Oil Palm Industry. *Procedia Environmental Sciences*. 20 : 336-341.
- Nugrahaeni, J.L. (2008). Pemanfaatan limbah tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) untuk bahan pembuatan briket sebagai bahan bakar alternative. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nurlela. (2011). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Bentuk Briket dan Uji Unjuk Kerjanya. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Saputro, D D., W. Hidayat, H. Saptoadi, Fauzun. (2012). Karakteristik Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (snast) Periode III*. Yogyakarta. pp. 394-400.
- Satmoko, M. E. A., D. D. Saputro, dan A. Budiyo. (2013). Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. *J. Mechanical Engineering Learning*. 1(2): 1-8.
- Sokanandi, A., Pari, G., Setiawan, D. & Saepuloh. (2012). Komponen kimia sepuluh jenis kayu kurang dikenal: Kemungkinan penggunaan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 32(3): 209-218.
- Surono, Budi, U. (2010). Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif

- dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *Jurnal Rekayasa Proses*. 4(1):13-18.
- Telmo, C. dan J. Lousada. (2011). The Explained Variation by Lignin and Extractive Contents on Higher Heating Value of Wood. *Biomass Bioenergy*. 35: 1663-1667.
- Tiruno dan Sabit. (2011). Efek Suhu pada Proses Pengarangan terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *J. Neutrino*. 2(3): 149-151.
- Usmana, A.S., S. Rianda, dan Novia. (2012). Pengaruh Volume dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol (Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan *Pre-treatment* Alkali). *Jurnal Teknik Kimia*. 2(18):17-25.

