



## Pengaruh Zat Ekstraktif Kayu terhadap Nilai Kalor *Effect of Wood Extractives on Calorific Value*

Rahmi Mauladdini<sup>1</sup>, Deded S Nawawi<sup>2\*</sup>, & Wasrin Syafii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB, Bogor 16680

<sup>2</sup>Departemen Hasil Hutan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB, Bogor 16680

\*Email: [dsnawawi@apps.ipb.ac.id](mailto:dsnawawi@apps.ipb.ac.id)

### HASIL PENELITIAN

DOI: 10.22146/jik.v16i1.2720

### RIWAYAT NASKAH :

Diajukan (*submitted*): 5 Oktober 2021

Diperbaiki (*revised*): 3 Januari 2022

Diterima (*accepted*): 17 Januari 2022

### KEYWORD

bark, calorific value, extractives,  
palm biomass, proximate analysis,  
wood energy

### KATA KUNCI

analisis proksimat, biomassa sawit,  
ekstraktif, nilai kalor, kayu energi,  
kulit kayu

### ABSTRACT

The calorific value is a parameter of palm biomass to determine its energy value. Extractives of wood is one of the factors that affect the calorific value. This study aimed to prove the positive effect of extractives on increasing calorific value by identifying the effect of adding extractives on low calorific value biomass. The study used three species wood energy, i.e., *Calliandra calothyrsus*, *Gliricidia sepium*, and *Leucaena leucocephala*. The soxhlet extraction was carried out to isolate extractives from sample. The calorific value sample and residue after extraction were analyzed to evaluate the changes of calorific value due to loss of extractives. The effect of extractives on the calorific value was confirmed by adding wood extractives to the palm biomass. The results showed that the extraction process reduced calorific value of residue ranging from 2.63 to 5.88%, and the bark it ranged from 5.52 to 6.70%. The addition of wood extractives to palm biomass increased the calorific value about 5.86-10.33%, while the addition of extractives from bark increase the calorific value by 6.45-9.05%. Based on the results of these studies prove that extractives have a positive effect on increasing the calorific value and can be used as an additive to increase the calorific value of biomass.

### INTISARI

Nilai kalor merupakan parameter penting dari biomassa kayu dan sawit untuk menentukan nilai energinya. Zat ekstraktif pada kayu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap nilai kalor kayu. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan pengaruh positif zat ekstraktif terhadap peningkatan nilai kalor melalui penambahan zat ekstraktif terhadap biomassa sawit berkalor rendah. Penelitian menggunakan tiga jenis kayu yaitu Kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus*), Gamal (*Gliricidia sepium*), dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) yang dikenal sebagai kayu energi. Proses ekstraksi sokletasi pada serbuk kayu dilakukan untuk memisahkan zat ekstraktif dan residu serbuk kayu. Nilai kalor dari serbuk kayu dan residu serbuk kayu setelah ekstraksi dianalisis perubahannya akibat kehilangan zat ekstraktif. Pengaruh zat ekstraktif terhadap nilai kalor dikonfirmasi dengan menambahkan zat ekstraktif kayu terhadap serbuk biomassa sawit. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan ekstraksi menyebabkan nilai kalor residu serbuk batang kayu bebas ekstraktif mengalami penurunan nilai kalor berkisar 2,63-5,88%, dan untuk kulit kayu berkisar 5,52-6,70%. Penambahan zat ekstraktif batang kayu pada biomassa sawit dapat meningkatkan nilai kalor sekitar 5,86-10,33%, sedangkan penambahan zat ekstraktif kulit kayu meningkatkan nilai kalor sebesar 6,45-9,05%. Berdasarkan hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa zat ekstraktif kayu berpengaruh positif terhadap peningkatan nilai kalor dan dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan nilai kalor biomassa.

## Pendahuluan

Nilai kalor merupakan indikasi energi potensial yang terikat secara kimia dalam suatu biomassa dan berubah menjadi energi panas saat proses pembakaran, oleh karena itu nilai kalor merupakan faktor penting suatu biomassa dalam menghasilkan energi (Erol et al. 2010; Braza & Crnkovic 2014). Sumber energi biomassa dipilih dari jenis kayu cepat tumbuh agar dapat dipanen dalam waktu relatif singkat dan memiliki nilai kalor tinggi ( $>4500$  kkal  $\text{kg}^{-1}$ ) (Hendrati & Nurrohmah 2018; Effendi et al. 2018). Ahmad (2014) menyebutkan jenis kayu yang dikenal sebagai bahan energi biomassa antara lain kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus* Meissn.), lamtoro (*Leucaena leucocephala* Lam.) dan gamal (*Gliricidia sepium* Jacq.) dengan nilai kalor setiap jenisnya berturut-turut 4617 k.kal  $\text{kg}^{-1}$ ; 4967 k.kal  $\text{kg}^{-1}$ ; 4548 k.kal  $\text{kg}^{-1}$ . Dalam pemanfaatan biomassa untuk energi, kayu kaliandra merah, lamtoro, dan gamal digunakan sebagai bahan energi dalam bentuk produk arang, wood pellet, briket bahkan untuk bahan baku pembangkit listrik. Kesesuaian ketiga jenis kayu tersebut sebagai bahan energi didukung oleh nilai kalor dan kualitas yang dipengaruhi oleh komponen kimia (Rahayu et al. 2020; Oyelere & Oluwadare 2019; Atapattu et al. 2017).

Komponen kimia penyusun kayu seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif berpengaruh terhadap nilai kalor (Oktaviananda et al. 2017). Hemiselulosa dan selulosa dapat meningkatkan kemampuan bahan terbakar dan menentukan lama waktu bahan terbakar. Sementara itu, lignin dengan komponen karbon tinggi menjadi penyedia bahan yang dapat terbakar dalam menghasilkan energi (Sidabutar 2018; Usmana et al. 2012). Zat ekstraktif merupakan komponen minor non-struktural karena keberadaannya dalam biomassa sedikit dengan keberagaman sifat yang tinggi (Pecha & Garcia-Perez 2020), namun zat ekstraktif dapat memiliki nilai kalor

lebih tinggi dibandingkan dengan komponen kimia kayu lainnya (Rhén 2004; White 1987). Zat ekstraktif dengan kandungan komponen karbon tinggi dan oksigen rendah seperti resin, terpen dan asam lemak secara signifikan meningkatkan nilai kalor (White 1987; So & Eberhardt 2013). Penelitian oleh Demirbas (2002) juga menyatakan bahwa zat ekstraktif menjadi salah satu parameter penting yang mempengaruhi nilai kalor biomassa.

Pengaruh zat ekstraktif terhadap nilai kalor ditemukan juga pada penelitian Melzer (2013) bahwa kayu dengan kadar zat ekstraktif tinggi memiliki nilai kalor tinggi. Selain itu, penghilangan zat ekstraktif total dan ekstraktif terlarut diklorometana dari kayu mengurangi nilai kalor kayu (Zanuncio et al. 2014). Penghilangan ekstraktif pada kayu jatoba (*Hymenaea courbaril*) dan cedroarana (*Cedrelinga catenaeformis*) menurunkan nilai kalor masing-masing sebesar 161.3 k.kal  $\text{kg}^{-1}$  (3,5%) dan 40,1 k.kal  $\text{kg}^{-1}$  (0,8%), sedangkan pada dua jenis kayu lainnya Brazilwood (*Caesalpinia echinata*) dan Ipe (*Tabebuia* sp) menunjukkan bahwa penghilangan ekstraktif menyebabkan peningkatan nilai kalor mencapai 67,6 k.kal  $\text{kg}^{-1}$  (1,4%) dibandingkan dengan bahan baku. Penelitian lain menunjukkan bahwa nilai kalor bagian gubal dan teras jenis kayu cepat tumbuh secara nyata dipengaruhi oleh kandungan karbon dalam ekstraktif (Moya & Tenorio 2013). Hasil berbeda ditunjukkan oleh penelitian Rossi et al. (2013), kontribusi zat ekstraktif terhadap nilai kalor tidak ditemukan pada semua jenis kayu karena perbedaan jenis senyawa ekstraktif yang terlarut berdasarkan jenis pelarut dan jenis kayu yang digunakan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, pengaruh zat ekstraktif pada berbagai jenis kayu terhadap nilai kalor masih perlu dikonfirmasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkonfirmasi pengaruh zat ekstraktif dari bagian batang dan kulit bersumber dari kayu kaliandra merah, gamal, dan lamtoro terhadap

nilai kalor kayu energi, sehingga hasil penelitian ini dapat menambah informasi terkait pemanfaatan zat ekstraktif kayu dan sebagai acuan dasar pengembangan kombinasi bahan untuk bahan bakar energi. Pengaruh zat ekstraktif lebih lanjut diuji melalui penggunaan zat ekstraktif sebagai campuran (fortifier) biomassa sawit berkalor rendah.

## Bahan dan Metode

### Bahan Penelitian

Bahan penelitian terdiri atas tiga jenis kayu yaitu kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan gamal (*Gliricidia sepium*) dipisahkan bagian batang kayu dan kulit kayu, serta biomassa batang sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) bagian ujung. Ketiga jenis kayu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Jawa Barat. Pelarut yang digunakan adalah pelarut pro analisis etanol ( $C_2H_5OH$ ) dan benzena ( $C_6H_6$ ).

### Metode Penelitian

#### Penyiapan Bahan

Sampel batang dan kulit kayu dalam bentuk serbuk berukuran 40–60 mesh masing-masing diekstraksi dengan metode sokletasi menggunakan pelarut etanol-benzena 1:2 (TAPPI 2007). Proses ekstraksi dilakukan hingga pelarut tidak berwarna atau selama  $\pm 7$ –12 jam, sehingga diperoleh zat ekstraktif dan residu serbuk kayu bebas ekstraktif. Perubahan karakteristik kayu sebagai bahan energi dilakukan melalui pengujian proksimat sampel kayu awal dan residu setelah ekstraksi.

#### Penambahan Zat Ekstraktif pada Biomassa Sawit

Ekstrak batang dan kulit kayu dari ketiga jenis masing-masing dicampurkan pada biomassa sawit dengan konsentrasi sebesar 5% dalam persen berat per berat (%b/b). Pencampuran masing-masing ekstraktif batang dan kulit kayu pada biomassa sawit

dilakukan dengan melarutkan ekstrak ke media pelarut. Selanjutnya, biomassa sawit 40–60 mesh direndam ke dalam larutan ekstrak dengan perbandingan bobot biomassa sawit dan ekstrak sebesar 95:5. Setelah penambahan dan dipastikan tercampur rata, sampel serbuk biomassa sawit tersebut dikeringudarkan untuk menghilangkan pelarut.

#### Pengujian Analisis Proksimat

Analisis proksimat dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada sampel batang dan kulit kayu bahan baku, residu serbuk kayu bebas ekstraktif, biomassa sawit dan biomassa sawit dengan campuran zat ekstraktif. Analisis proksimat dilakukan dengan beberapa pengujian diantaranya yaitu:

- Kadar air, 2 g sampel awal dikeringkan dalam oven suhu  $103 \pm 2$  °C selama  $\pm 24$  jam, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat kering oven. Perhitungan kadar air mengacu pada standar ASTM E871 – 82 (ASTM 2019),
- kadar abu, 2 g sampel kering oven dalam cawan abu dimasukkan ke dalam tanur listrik suhu 500–600 °C, setelah  $\pm 6$  jam sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perhitungan kadar abu mengacu pada standar ASTM D1102 – 84 (ASTM 2013),
- kadar zat terbang, 2 g sampel kering oven dalam cawan abu dipanaskan dalam tanur listrik suhu 950 °C, setelah  $\pm 7$  menit sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perhitungan kadar zat terbang mengacu pada standar ASTM E872 – 82 (ASTM 2019),
- kadar karbon terikat, hasil kadar karbon terikat diperoleh dari pengurangan kadar abu dan zat terbang. Perhitungan karbon terikat mengacu pada standar ASTM D-3175 (ASTM 2013),
- dan nilai kalor, 1 g sampel kering udara dalam bentuk serbuk 40–60 mesh dipadatkan terlebih

dahulu, kemudian dimasukan ke dalam tabung penyimpan sampel dan tutup rapat pada mesin *bomb calorimeter Parr 6400*. Nilai kalor dikonversi dengan kadar air masing-masing sampel yang telah ditentukan terlebih dahulu.

## Hasil dan Pembahasan

### Pengaruh Zat Ekstraktif terhadap Nilai Kalor Kayu

Kadar zat ekstraktif terlarut etanol-benzena ketiga jenis kayu berkisar 4-12%. Kadar zat ekstraktif tertinggi terdapat pada jenis kaliandra merah bagian kulit (12,29%), sedangkan terendah pada bagian batang kayu jenis lamtoro sebesar 4,82% (Tabel 1). Kadar zat ekstraktif bervariasi bergantung pada perbedaan jenis kayu dan bagian kayu atau kulit, yang sebelumnya ditunjukkan pula oleh hasil penelitian –(Routa et al. 2017) bahwa jenis dan perbedaan umur kayu menjadi salah satu faktor pembeda kadar zat ekstraktif. Secara umum, kadar zat ekstraktif jenis kayu yang diteliti lebih besar dari 4%, dan dikategorikan sebagai kadar zat ekstraktif tinggi (Pari & Lestari 1990). Perbedaan kadar zat ekstraktif terdapat pula antar bagian batang dan kulit kayu dengan kecenderungan kadar zat ekstraktif pada bagian kulit lebih tinggi dibandingkan dengan bagian kayu. Hasil penelitian ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya bahwa kadar zat ekstraktif pada kebanyakan kayu lebih tinggi ditemukan dalam sampel kulit dibandingkan dengan sampel batang (Arisandi et al. 2020; Sladkova et al. 2015).

Berdasarkan hasil penelitian, persentase kadar zat ekstraktif kayu gamal lebih tinggi dibandingkan dengan zat ekstraktif kayu gamal asal Nigeria yang memiliki zat ekstraktif terlarut etanol-benzena sebesar 5,4% (Lucas & Chow 1988). Zat ekstraktif kayu kaliandra merah dan lamtoro hasil penelitian ini masing-masing lebih rendah dibandingkan dengan jenis kaliandra berasal dari India sebesar 16–18% (Adaganti et al. 2014) dan lamtoro yang berasal dari Saudi berkisar 7,91-9,74% (Al-Mefarrej et al. 2011; Bakhashwain et al. 2010). Perbedaan kadar zat ekstraktif dapat berbeda bukan hanya antar jenis kayu tetapi juga untuk jenis yang sama dengan lingkungan tempat tumbuh berbeda (Díaz et al. 2007). –Routa et al. (2017) menegaskan bahwa selain perbedaan jenis, ekstraktif dalam satu pohon dan antar pohon pada tegakan yang sama serta perbedaan posisi pengambilan sampel tengah, ujung dan bagian pun tidak seragam dan bervariasi sesuai dengan umur, musim, lokasi dan asalnya.

Zat ekstraktif kayu gamal, kaliandra merah, dan lamtoro berpengaruh terhadap nilai kalor. Sampel kayu setelah ekstraksi etanol-benzena memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan dengan kayu awal (Tabel 1). Kontribusi zat ekstraktif kayu terlarut etanol-benzena terhadap nilai kalor ketiga jenis kayu berkisar 2,64-5,80%, dan berkisar 5,52-6,70% untuk zat ekstraktif dalam kulit kayu. Senyawa ekstraktif kayu terlarut etanol-benzena dapat terdiri dari kelompok lilin, lemak, tanin, terpenoid, fenolat, beberapa resin, getah dan bahkan dapat

**Tabel 1.** Kadar zat ekstraktif dan pengaruhnya terhadap nilai kalor

**Table 1.** Extractive content and their effect on the calorific value

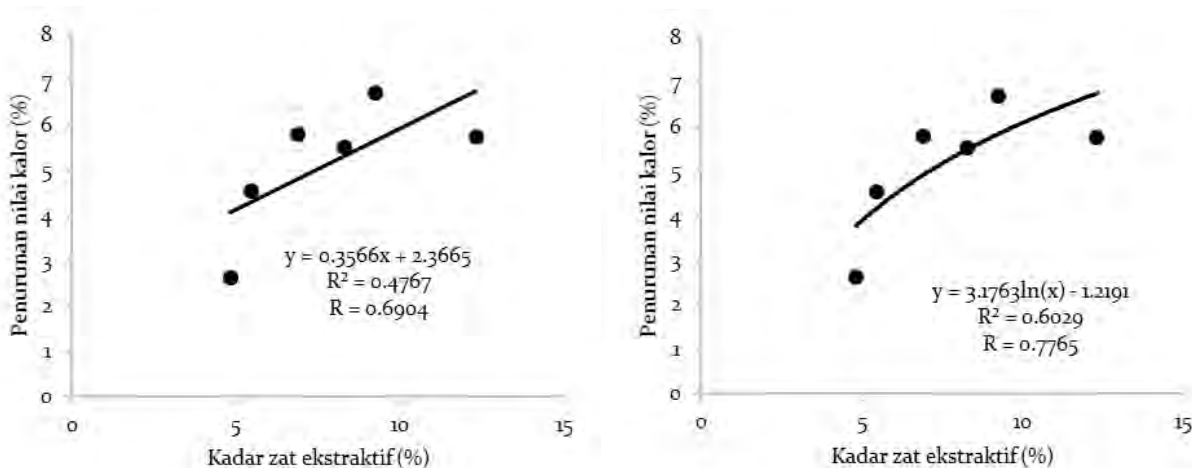
Jenis	Bagian	Kadar zat ekstraktif (%)	Nilai kalor sebelum ekstraksi (kkal kg <sup>-1</sup> )	Nilai kalor setelah ekstraksi (kkal kg <sup>-1</sup> )	Penurunan nilai kalor kayu akibat kehilangan ekstraktif (%)
Gamal	Batang	6,88 ± 0,42	4798 ± 68,37	4536 ± 45,91	5,80 ± 2,49
	Kulit	9,24 ± 0,21	4228 ± 37,32	3963 ± 21,69	6,70 ± 0,40
Kaliandra merah	Batang	5,47 ± 0,31	4708 ± 55,14	4503 ± 42,67	4,55 ± 0,37
	Kulit	12,29 ± 0,33	4395 ± 33,97	4156 ± 46,06	5,75 ± 1,48
Lamtoro	Batang	4,82 ± 0,32	4477 ± 241,22	4363 ± 25,64	2,63 ± 5,76
	Kulit	8,28 ± 0,50	4347 ± 248,81	4120 ± 35,65	5,52 ± 6,11

menghilangkan sebagian besar senyawa ekstraktif kayu --(Lukmandaru 2009; Nasser & Al-mefarrej 2009; Qiu et al. 2019). Hasil penelitian ini mengkonfirmasi penelitian sebelumnya bahwa proses ekstraksi kayu dapat menurunkan nilai kalor kayu (White 1987; Rossi et al. 2013). Penelitian lain menunjukkan bahwa penghilangan zat ekstraktif terlarut diklorometanan dari kayu *Eucalyptus urophylla*, *Pinus oocarpa* dan *Corymbia citriodora* menurunkan nilai kalor kayu (Zanuncio et al. 2014).

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa besarnya kadar zat ekstraktif tidak selalu diikuti oleh perubahan nilai kalor yang besar pula. Penurunan nilai kalor tertinggi setelah proses ekstraksi terjadi pada kulit gamal sebesar 265 kkal kg<sup>-1</sup> sedangkan kadar zat ekstraktif tertinggi dihasilkan dari kulit kaliandra merah dengan penurunan nilai kalornya sebesar 239 kkal kg<sup>-1</sup>. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai kalor bergantung pada jenis sampel dan jenis kandungan ekstraktif (Ruiz-Aquino et al. 2019; Ngangyo-Heya et al. 2016). Hasil penelitian ini disajikan pada Gambar 1, menunjukkan bahwa zat ekstraktif dapat mempengaruhi nilai kalor kayu dengan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0,47 (linier) atau 0,60 (logaritmik) atau dengan koefisien korelasi (R) sebesar 0.69 (linear) atau 0.77 (logaritmik).

Rossi et al. (2013) menyatakan bahwa nilai kalor lebih bergantung pada komposisi kimia penyusun ekstraktif secara kualitatif. Zat ekstraktif yang bersifat volatil dan senyawa dengan berat molekul rendah tidak secara langsung berkontribusi pada nilai kalor (Golander 2011). Sedangkan, ekstraktif yang berperan positif terhadap nilai kalor ialah dari senyawa non-volatil seperti hidrokarbon rantai panjang, resin dan gum (Tullus et al. 2014; Chen & Huang 2016; Hanif et al. 2020). Sementara itu, pada jenis kayu penelitian ini diketahui terdapat komponen ekstraktif flavonoid dan terpenoid pada jenis gamal (Gbolade et al. 2019; Reddy & Jose 2010), triterpenoid saponin, flavonoids, alkaloids, tannin dalam jenis kaliandra merah (Setyawati et al. 2019; Messi et al. 2020) dan komponen fenol, steroid, asam lemak, dan terpen (Zayed et al. 2019). Berdasarkan kelimpahan komponen senyawa ekstraktif pada masing-masing jenis kayu, beberapa diantaranya diduga dapat menyebabkan perubahan nilai kalor.

Nilai kalor merupakan hasil resultant dari beberapa karakteristik biomassa. Nilai kalor dipengaruhi positif oleh karbon terikat, dan dipengaruhi negatif oleh zat terbang dan abu (Álvarez-Álvarez et al. 2018). Proses ekstraksi menurunkan nilai kalor disebabkan terjadinya penurunan karbon terikat dan peningkatan zat



Gambar 1. Kadar zat ekstraktif terhadap penurunan nilai kalor; (a) linear; (b) logaritmik  
 Figure 1. The extractives content on the decrease in calorific value; (a) linear; (b) logarithmic

terbang pada ketiga jenis kayu (Tabel 2). Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai kalor sampel kulit memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan dengan bagian kayu. Menurut Rocha et al. (2016), nilai kalor pada sampel kulit lebih rendah daripada sampel batang kayu karena sampel kulit memiliki densitas bahan yang lebih rendah. Selain itu, hal ini juga kemungkinan disebabkan oleh tingginya kadar abu pada kulit dibandingkan dengan bagian kayu (Tabel 2). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Nosek et al. (2016), dibandingkan dengan bagian kayu, kulit kayu memiliki variasi kadar abu yang tersebar luas. Kayu biasanya memiliki kadar abu yang relatif rendah, sedangkan kulit kayu memiliki kadar abu yang jauh lebih tinggi. Secara umum, nilai kalor mengikuti tren bahwa bagian batang kayu lebih tinggi dari kulit kayu, sedangkan persentase abu mengikuti

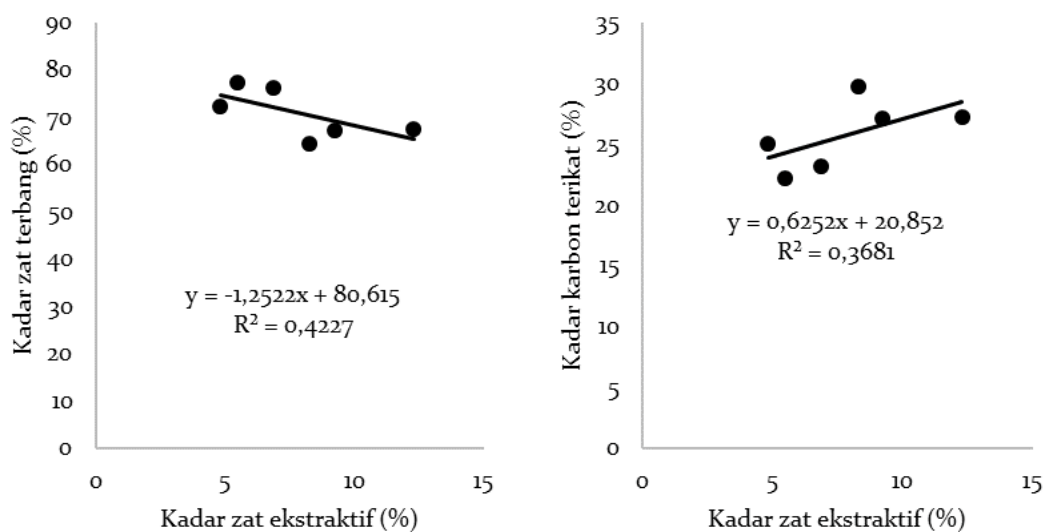
urutan sebaliknya (Martínez-Pérez et al. 2015). Abu bersifat tidak dapat terbakar sehingga mengurangi komponen karbon per satuan berat dan kadar abu tinggi dapat menghasilkan pengotor mineral tinggi (Álvarez-Álvarez et al. 2018; Tumuluru et al. 2012).

Perubahan nilai kalor kayu dapat disebabkan oleh perubahan kadar dan komposisi komponen kimia yang dapat ditunjukkan oleh kadar zat terbang dan karbon terikat. Gambar 2 menunjukkan bahwa zat ekstraktif berpengaruh terhadap peningkatan nilai kalor melalui mekanisme kontribusinya terhadap penurunan kadar zat terbang dan peningkatan kadar karbon terikat. Hal ini didukung oleh tendensi bahwa residu setelah proses ekstraksi memiliki kadar zat terbang lebih tinggi dan karbon terikat lebih rendah dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan ekstraksi yang menyebabkan nilai kalor sampel residu

**Tabel 2.** Karakterisasi kayu sebagai sumber energi biomassa  
**Table 2.** Characterization of wood as a source of biomass energy

Jenis	Bagian	Zat terbang (%)		Karbon terikat (%)		Abu (%)	
		S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>
Gamal	Batang	76,17 ± 0,27	80,44 ± 0,17	23,14 ± 0,28	19,27 ± 0,29	0,69 ± 0,07	0,29 ± 0,15
	Kulit	67,19 ± 0,20	71,78 ± 0,98	27,12 ± 0,31	22,12 ± 1,00	5,70 ± 0,19	6,10 ± 0,36
Kaliandra merah	Batang	77,42 ± 0,25	80,46 ± 0,03	22,19 ± 0,12	19,17 ± 0,10	0,40 ± 0,13	0,38 ± 0,08
	Kulit	67,59 ± 0,48	66,98 ± 6,00	27,27 ± 0,51	26,99 ± 4,81	5,14 ± 0,08	6,03 ± 1,18
Lamtoro	Batang	72,15 ± 0,49	78,35 ± 0,98	25,04 ± 0,50	19,68 ± 0,16	2,81 ± 0,03	1,98 ± 0,38
	Kulit	64,34 ± 0,38	67,96 ± 0,35	29,72 ± 0,32	26,33 ± 0,31	5,94 ± 0,09	5,71 ± 0,09

Keterangan: S<sub>0</sub> = Sebelum proses ekstraksi; S<sub>1</sub> = Setelah proses ekstraksi  
 Remarks: S<sub>0</sub> = Before extraction; S<sub>1</sub> = After extraction



**Gambar 2.** Grafik hubungan zat ekstraktif dengan; (a) zat terbang dan (b) karbon terikat  
**Figure 2.** Graph of relationships between extractives; (a) volatile matter and (b) fixed carbon

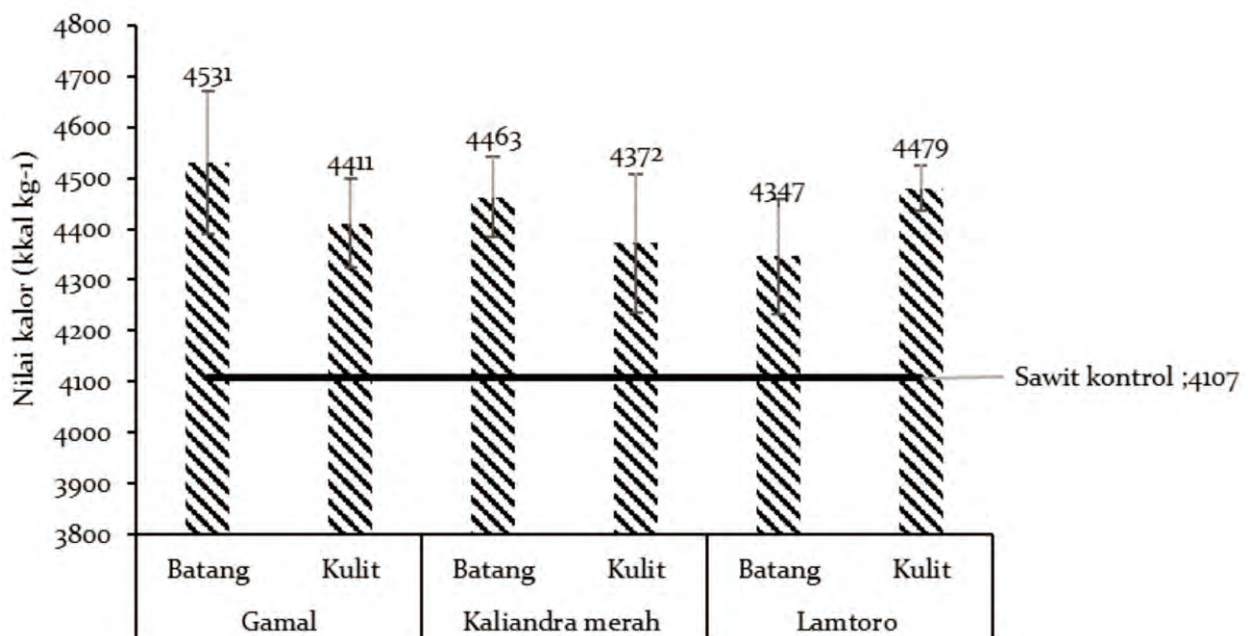
lebih rendah dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan ekstraksi. Kadar zat terbang tinggi didominasi oleh bahan yang mudah menguap dan gas yang tidak mudah terbakar seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sehingga kandungan karbon terikat pun lebih rendah dan menurunkan nilai kalor (Özyü Uran & Yaman 2017).

### Pengaruh Zat Ekstraktif terhadap Peningkatan Nilai Kalor Biomassa Sawit

Pengaruh zat ekstraktif terhadap nilai kalor dikonfirmasi dengan penambahan zat ekstraktif batang dan kulit kayu dari ketiga jenis kayu tersebut sebagai fortifier biomassa sawit. Penambahan zat ekstraktif pada biomassa sawit mampu meningkatkan nilai kalor berkisar 5,86-10,33% (Gambar 3). Peningkatan nilai kalor biomassa sawit dengan penambahan zat ekstraktif mendukung data pada Tabel 1 bahwa zat ekstraktif berkontribusi pada peningkatan nilai kalor. Penambahan ekstraktif dapat meningkatkan nilai kalor biomassa sawit hingga mencapai 4531 kkal kg<sup>-1</sup>. Zat ekstraktif terlarut etanol-benzena terdiri atas senyawa dengan kadar karbon

tinggi misalnya minyak, lemak, resin atau hidrokarbon lainnya (Bajpai 2018), sehingga dapat meningkatkan kadar karbon yang berpengaruh terhadap peningkatan nilai kalor. Menurut Domingos et al. (2020), komponen ekstraktif yang tersusun lebih banyak ikatan karbon-hidrogen memproduksi lebih banyak energi. Berbeda halnya pada zat ekstraktif lamtoro bagian batang, karena memiliki kadar abu lebih tinggi dibandingkan dengan komponen sampel batang kayu jenis lainnya (Tabel 3), sehingga dihasilkan peningkatan nilai kalor biomassa sawit yang paling rendah (4347 kkal kg<sup>-1</sup>).

Nilai kalor sebagai parameter utama biomassa untuk energi memiliki keterkaitan erat dengan karakteristik suatu bahan bakar dan dapat ditentukan melalui analisis proksimat. Berdasarkan analisis proksimat terlihat bahwa terjadi peningkatan kadar karbon terikat biomassa sawit hasil penambahan ekstraktif ketiga jenis kayu (Tabel 3). Penambahan ekstraktif pada biomassa sawit meningkatkan karbon terikat dan hal ini dapat meningkatkan nilai kalor campuran sawit dengan zat ekstraktif. Proporsi dari karbon terikat yang tinggi dapat menghasilkan nilai



Gambar 3. Nilai kalor biomassa sawit kontrol dan setelah penambahan ekstraktif kayu  
 Figure 3. Calorific value for palm biomass control and addition of extractives

**Tabel 3.** Karakteristik biomassa sawit kontrol dan setelah penambahan ekstraktif  
**Table 3.** Characteristics of control palm biomass and after addition of extractives

Jenis	Bagian	Zat terbang (%)	Karbon terikat (%)	Abu (%)
Sawit		78,78 ± 1,06	17,54 ± 1,15	3,68 ± 0,18
Sawit+Gamal	Batang	79,32 ± 0,36	19,70 ± 0,36	0,98 ± 0,00
	Kulit	70,48 ± 0,43	22,39 ± 0,42	7,13 ± 0,10
Sawit+Kaliandra merah	Batang	81,42 ± 0,22	17,82 ± 0,11	0,76 ± 0,11
	Kulit	71,03 ± 0,85	23,19 ± 0,63	5,77 ± 0,24
Sawit+Lamtoro	Batang	76,21 ± 0,34	20,49 ± 0,32	3,31 ± 0,51
	Kulit	67,03 ± 0,67	26,88 ± 0,11	6,10 ± 0,67

Keterangan: e<sub>0</sub> = kontrol; e<sub>1</sub> = penambahan ekstraktif

kalor yang lebih tinggi (Seethalashmi 2016; Oyelere & Oluwadare 2019). Peningkatan karbon terikat oleh zat ekstraktif berhasil meningkatkan nilai kalor biomassa sawit, didukung dengan hasil data kadar zat terbang yang semakin menurun karena berkurangnya komponen menguap selama pembakaran, walaupun nilai kalor dapat dipengaruhi kombinasi dari karbon terikat, zat terbang, dan kadar abu.

Fenomena tersebut dapat terlihat pada peningkatan karbon terikat paling tinggi oleh hasil penambahan ekstraktif kulit lamtoro (26,88%), akan tetapi peningkatan nilai kalornya 372 kkal kg<sup>-1</sup> (9,06%) lebih rendah dibandingkan dengan penambahan ekstraktif dari batang gamal sebesar 424 kkal kg<sup>-1</sup> (10,33%). Biomassa sawit hasil penambahan ekstraktif kulit lamtoro menghasilkan kadar abu lebih tinggi (6,10%) dibandingkan dengan ekstraktif batang gamal (0,98%), sehingga nilai kalor biomassa sawit penambahan kulit lamtoro lebih rendah. Menurut Fatriani et al. (2018), abu tersusun dari zat-zat mineral seperti silika yang sudah tidak memiliki unsur karbon serta merupakan produk sampingan pembakaran sehingga menyebabkan rendahnya nilai kalor. Keberadaan abu dan jumlahnya memegang peranan penting pada proses pembakaran, selain memiliki efek negatif menurunkan kualitas biomassa, abu juga menjadi limbah pembakaran suatu biomassa yang tidak baik untuk kelestarian lingkungan (Szymajda & Łaska 2019; Hawrot-Paw et al. 2017). Kadar abu yang dapat ditoleransi sebagai bahan baku energi biomassa baiknya maksimal sebesar 5% (Rajvanshi & Goswami

1986). Berdasarkan Tabel 3, sampel yang memenuhi batas kadar abu ialah biomassa sawit hasil penambahan zat ekstraktif yang berasal dari bagian batang ketiga jenis kayu.

## Kesimpulan

Kadar zat ekstraktif bagian batang dari ketiga jenis kayu paling tinggi diperoleh dari jenis kayu gamal sebesar 6,88%, sedangkan kadar ekstraktif bagian kulit kayu paling tinggi diperoleh dari jenis kayu kaliandra merah yaitu sebesar 12,29%. Kadar zat ekstraktif kulit kayu lebih tinggi dibandingkan dengan bagian batang kayu. Proses ekstraksi zat ekstraktif batang dan kulit kayu dari ketiga jenis kayu menurunkan nilai kalor sebesar 2,63–6,70%. Proses ekstraksi menyebabkan perubahan zat terbang dan karbon terikat pada sampel batang dan kulit kayu. Penambahan zat ekstraktif batang dan kulit kayu dari ketiga jenis kayu pada biomassa sawit meningkatkan nilai kalor sebesar 5,77–10,32%. Kedua fenomena tersebut membuktikan bahwa zat ekstraktif ketiga jenis kayu energi berpengaruh positif terhadap nilai kalor. Zat ekstraktif kayu gamal mampu meningkatkan nilai kalor paling tinggi hingga biomassa sawit mencapai nilai kalor diatas 4500 kkal kg<sup>-1</sup>.

## Daftar Pustaka

Adaganti SY, Yaliwal VS, Kulkarni BM, Desai GP, Banapurmath NR. 2014. Factors affecting bioethanol production from lignocellulosic biomass (Calliandra



- calothyrsus). Waste and Biomass Valorization 5:963971.
- Ahmad NR. 2014. Konversi Biomassa untuk Energi Alternatif di Indonesia: Tinjauan Sumber Daya, Teknologi, Manajemen, dan Kebijakan. Page (Abimanyu H, Hendrana S, editors). LIPI Press, Jakarta.
- Al-Mefarrej HA, Abdel-Aal M, Nasser RA, Shetta ND. 2011. Impact of initial tree spacing and stem height levels on chemical composition of *Leucaena leucocephala* trees grown in Riyadh region. World Applied Sciences Journal 12:912918.
- Álvarez-Álvarez P, Pizarro C, Barrio-Anta M, Cámara-Obregón A, María Bueno JL, Álvarez A, Gutiérrez I, Burslem DFRP. 2018. Evaluation of tree species for biomass energy production in Northwest Spain. Forests 9:115.
- Arisandi R, Ashitani T, Takahashi K, Marsoem SN, Lukmandaru G. 2020. Lipophilic extractives of the wood and bark from *Eucalyptus pellita* F. Muell grown in Merauke, Indonesia. Journal of Wood Chemistry and Technology 40:146154. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/02773813.2019.1697295>.
- ASTM. 2013a. ASTM D-1102. Test Method for Ash In Wood. ASTM, West Conshohocken (USA).
- ASTM. 2013b. ASTM D-3175. Test Method for Fixed Carbon In Wood. ASTM, West Conshohocken (USA).
- ASTM. 2019a. ASTM E-872. Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels. ASTM, West Conshohocken (USA).
- ASTM. 2019b. ASTM E-872. Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels. ASTM, West Conshohocken (USA).
- Atapattu AAAJ, Pushpakumara DKNG, Rupasinghe WMD, Senarathne SHS, Raveendra SAST. 2017. Potential of *Gliricidia sepium* as a fuelwood species for sustainable energy generation in Sri Lanka. Agricultural Research Journal 54:34.
- Bajpai P. 2018. Forest Biorefinery. Pages 603617 Biermanns Handbook of Pulp and Paper: Raw Material and Pulp Making. Elsevier, Amsterdam.
- Bakhashwain A, El-Feel A, Hindi S, Bakhashwain A, Hindi S, Bakhashwain A, Hindi S, Bakhashwain A, Hindi S, Bakhashwain A. 2010. Physico-chemical characterization of some Saudi lignocellulosic natural resources and their suitability for fiber Production. Journal of King Abdulaziz University-Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture Sciences 21:4555.
- Braza CEM, Crnkovic PM. 2014. Physical - chemical characterization of biomass samples for application in pyrolysis process. Chemical Engineering Transactions 37:523528.
- Chen MH, Huang TC. 2016. Volatile and nonvolatile constituents and antioxidant capacity of oleoresins in three Taiwan citrus varieties as determined by supercritical fluid extraction. Molecules 21:112.
- Demirbas A. 2002. Relationships between heating value and lignin, moisture, ash and extractive contents of biomass fuels. Energy Exploration and Exploitation 20:105111.
- Díaz MJ, García MM, Eugenio ME, Tapias R, Fernández M, López F. 2007. Variations in fiber length and some pulp chemical properties of *Leucaena* varieties. Industrial Crops and Products 26:142150.
- Domingos I, Ayata U, Ferreira J, Cruz-Lopes L, Sen A, Sahin S, Esteves B. 2020. Calorific power improvement of wood by heat treatment and its relation to chemical composition. Energies 13:110.
- Effendi R, Roffandi N, Puspitodjati T, Bangsawan I. 2018. Menggagas energi biomassa hutan sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian dan Pengembangan Sosial, Ekonomi, Kebijakan Dan Perubahan Iklim 11:15.
- Erol M, Haykiri-Acma H, Küçükbayrak S. 2010. Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. Renewable Energy 35:170173.
- Fatriani F, Sunardi S, Arfianti A. 2018. Kadar air, kerapatan, dan kadar abu wood pellet serbuk gergaji kayu galem (*Melaleuca cajuputi* Roxb) dan kayu akasia (*Acacia mangium* Wild). *EnviroScientiae* 14:77.
- Gbolade A, Adedokun O, Bello A, Bello Z. 2019. Cytotoxic and growth inhibitory activities of *Gliricidia sepium* (Jacq.) kunth ex walp. (fabaceae) and *Hymenocardia acida* Tul. (Phyllanthaceae) stem bark. Nigerian Journal of Pharmaceutical Sciences 18:110.
- Golander E. 2011. Characterization and methods for extraction of extractives in spent sulphite liquor. Chalmers University of Technology.
- Hanif A, Widyasanti A, Putri SH. 2020. Pengaruh lama ekstraksi terhadap rendemen oleoresin kulit mangga kuweni (*Mangifera odorata* Griff) menggunakan metode MAE. *Agroindustrial Technology Journal* 4:95107.
- Hawrot-Paw M, Koniuszy A, Mikiciuk M, Izwikow M, Stawicki T, Sędlak P. 2017. Analysis of ecotoxic influence of waste from the biomass gasification process. Environmental Science and Pollution Research 24:1502215030.
- Hendrati RL, Nurrohmah SH. 2018. Quality of genetically-improved *Acacia auriculiformis* for renewable short-rotation wood-energy. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 24:136143.
- Kurt G, Haykiri H, Yaman S. 2018. Effect of functional group distribution on combustion characteristics of chars from Afsin Elbistan lignite and RDF 02:320324.
- Lucas EB, Chow P. 1988. Fuel characteristics of selected four-year-old trees in Nigeria. *Wood and Fiber Science* 20:431437.
- Lukmandaru G. 2009. Pengukuran kadar ekstraktif dan sifat warna pada kayu teras jati doreng (*Tectona grandis*). *Jurnal Ilmu Kehutanan* 3:6773.
- Martínez-Pérez R, Pedraza-Bucio FE, Orihuela-Equihua R, López-Albarrán P, Rutiaga-Quiñones JG. 2015. Calorific value and inorganic material of ten Mexican wood species. *Wood Research* 60:281292.
- Melzer M. 2013. Energetic valorisation of agricultural by-products in the sub-Saharan zone: Biomass pre-conditioning via flash pyrolysis. University of Technology of Compiègne.
- Messi LM, Noté OP, Mbing JN, Lavedan P, Vedrenne M, Ouedraogo N, Carraz M, Bourgeade-Delmas S, Pegnyemb DE, Haddad M. 2020. Triterpenoid saponins from *Calliandra calothyrsus* Meisn. and their antiproliferative activity against two digestive carcinoma human cell lines. *Fitoterapia* 146:124. Elsevier B.V. Available from <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104669>.
- Moya R, Tenorio C. 2013. Fuelwood characteristics and its relation with extractives and chemical properties of ten

- fast-growth species in Costa Rica. *Biomass and Bioenergy* **56**:1421.
- Nasser RA, Al-mefarrej HA. 2009. Non-carcinogenic solvents as alternative to benzene for wood extractives determination. *Alexandria Science Exchange Journal: An International Quarterly Journal of Science Agricultural Environments* **30**:397405.
- Ngangyo-Heya M, Foroughbahchk-Pournavab R, Carrillo-Parra A, Rutiaga-Quiñones JG, Zelinski V, Pintor-Ibarra LF. 2016. Calorific value and chemical composition of five semi-arid Mexican tree species. *Forests* **7**:112.
- Nosek R, Holubcik M, Jandacka J. 2016. The impact of bark content of wood biomass on biofuel properties. *BioResources* **11**:4453.
- Oktaviananda C, Rahmawati RF, Prasetya A, Purnomo CW, Yuliansyah AT, Cahyono RB. 2017. Effect of temperature and biomass-water ratio to yield and product characteristics of hydrothermal treatment of biomass. Pages 17 AIP Conference Proceedings.
- Oyelere AT, Oluwadare AO. 2019. Studies on physical, thermal and chemical properties of wood *Gliricidia sepium* for potential bioenergy production. *International Journal of Biomass and Renewables* **8**:2838.
- ÖzyüğÜran A, Yaman S. 2017. Prediction of calorific value of biomass from proximate analysis. *Energy Procedia* **107**:130136.
- Pari G, Lestari FB. 1990. Analisis kimia beberapa jenis kayu Indonesia. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* **7**:96100.
- Pecha MB, Garcia-Perez M. 2020. Pyrolysis of lignocellulosic biomass: oil, char, and gas. Page Bioenergy Second Edi. Elsevier. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-815497-7.00029-4>.
- Qiu H, Liu R, Long L. 2019. Analysis of chemical composition of extractives by acetone and the chromatic aberration of teak (*Tectona grandis* L.F.) from China. *Molecules* **24**:111.
- Rahayu S, Hilyana S, Suryani E, Sari NH, Ali M. 2020. Analysis of wood pellet quality from *Calliandra calothyrsus*, *Gliricidia sepium*, and sawdust as new and renewable energy. Pages 110115 Proceeding International Conference on Science and Technology (ICST).
- Rajvanshi AK, Goswami DY. 1986. Biomass gasification. Pages 83102 Alternative energy in agriculture Vol. II. CRC Press, India Phalton.
- Reddy LJ, Jose B. 2010. Evaluation of Antibacterial activity of the bark, flower and leaf extracts of *Gliricidia sepium* from South India. *International Journal of Current Pharmaceutical Research* **2**:1820.
- Rhén C. 2004. Chemical composition and gross calorific value of the above-ground biomass components of young *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* **19**:7281.
- Rocha MFV, Vital BR, Carneiro ACO, Carvalho AMML, Cardoso MT, Hein PRG. 2016. Effects of plant spacing on the physical, chemical and energy properties of eucalyptus wood and bark. *Journal of Tropical Forest Science* **28**:243248.
- Rossi T, Moura LF De, Torquato PR, Brito JO. 2013. Effect of extractive removal on the calorific value of Brazilian woods residues. *J. Chem. Chem. Eng.* **7**:340343.
- Routa J, Anttila P, Asikainen A. 2017. Wood extractives of finnish pine, spruce and birch availability and optimal sources of compounds: A literature review. *Natural Resources Institute Finland* **73**:155. Available from <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-495-3>.
- Ruiz-Aquino F, Ruiz-Ángel S, Feria-Reyes R, Santiago-García W, Suárez-Mota ME, Rutiaga-Quiñones JG. 2019. Wood chemical composition of five tree species from Oaxaca, Mexico. *BioResources* **14**:98269839.
- Seethalashmi A. 2016. *Gliricidia sepium* bioenergy resource for power generation. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences* **4**:3237.
- Setyawati I, Wijayanti N, Wiratmini NI. 2019. Phytochemical content, extract standardization and antioxidant activity of *Calliandra calothyrsus* Meissn leaf, a potential phytoestrogen source. Pages 18 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Sidabutar VTP. 2018. Kajian peningkatan potensi ekspor pelet kayu Indonesia sebagai sumber energi biomassa yang terbarukan. *Jurnal Ilmu Kehutanan* **12**:99116.
- Sladkova A, Haz A, Dubinyova L, Jablonsky M. 2015. Extractives from wood bark - source of chemicals and biofuels. Pages 5051 European Workshop on Advanced Biofuels, Biorefinery and Bio-economy: A Challenge for Central and East European Countries, Book of Abstract. Bratislava: Slovakia.
- So CL, Eberhardt TL. 2013. A mid-IR multivariate analysis study on the gross calorific value in longleaf pine: Impact on correlations with lignin and extractive contents. *Wood Science and Technology* **47**:9931003.
- Szymajda A, Łaska G. 2019. The effect of moisture and ash on the calorific value of cow dung biomass. *Proceedings* **16**:1-4. TAPPI. 2007.
- TAPPI T 204. Solvent extractives of wood and pulp. Pages 710 Tappi Test Methods.
- Tullus A et al. 2014. Increasing air humidity - A climate trend predicted for northern latitudes - Alters the chemical composition of stemwood in silver birch and hybrid aspen. *Silva Fennica* **48**:116.
- Tumuluru JS, Hess JR, Boardman RD, Wright CT, Westover TL. 2012. Formulation, pretreatment, and densification options to improve biomass specifications for co-firing high percentages with coal. *Industrial Biotechnology* **8**:113132.
- Usmana, Rianda, Novia. 2012. Pengaruh volume enzim dan waktu fermentasi terhadap Kadar etanol (bahan baku tandan kosong kelapa sawit dengan pretreatment alkali. *Jurnal Saintia Kimia* **18**:1725.
- White R. 1987. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. *Wood and Fiber Science* **19**:446452.
- Zanuncio AJV, Carvalho AG, Trugilho PF, Monteiro TC. 2014. Extractives and energetic properties of wood and charcoal. *Revista Árvore* **38**:369374.
- Zayed MZ, Wu A, Sallam S. 2019. Comparative phytochemical constituents of *Leucaena leucocephala* (Lam.) leaves, fruits, stem barks, and wood branches grown in Egypt using GC-MS method coupled with multivariate statistical approaches. *BioResources* **14**:9961013.