

KARAKTERISTIK BIOPELET DARI CAMPURAN KULIT SINGKONG (*Manihot utilissima*) DAN SERBUK GERGAJIAN KARET (*Hevea brasiliensis*)

*Characteristics of Biopellets from A Mixture of Cassava Peel
(Manihot utilissima) and Rubber Sawdust (Hevea brasiliensis)*

Muhammad Reza Nur Hafiz, Adi Rahmadi, dan Rosidah Radam

Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Research on the characteristics of biopellets from a mixture of cassava peel (*Manihot utilissima*) and rubber sawdust (*Hevea brasiliensis*) was observed with the aim of analyzing the quality of biopellets from a mixture of cassava peel and rubber powder with tapioca adhesive and determine the best composition of the mixture of cassava peel and rubber powder to obtain quality. Biopellets according to standards. This research method uses SNI 8021-2014 and EN Plus-A1 with test parameters including Density, Water Content, Ash Content, Flyable Substances, Bound Carbon and Calorific Value. Data analysis was carried out using a Completely Randomized Design (RAL). The results of this research using a mixture of cassava peel powder and rubber sawdust showed that the density was only P1 with a value of 0.51 g/cm³ in SNI, but not in the EN Plus-A1 standard. The water content in all treatments passed the standard with a value of 6.47-10% in SNI, P2 did not meet the EN Plus-A1 standard. P5 has the best water content with a value of 1.18% passing SNI and not EN Plus-A1 standards. Flying Substances, all treatments do not meet the standards. P4 has the best Flying Substance. Bound carbon all treatments do not pass the standard with the best bound carbon value at P3. The heating value of all treatments did not meet the standard. P4 has the best Calorific Value. The biopellet composition with a mixture of cassava peel powder and rubber sawdust that passed the most standards was in the P5 treatment with the best water content and ash content values. From an economic perspective, the treatment that has the highest heating value is P4 because the heating value is close to the SNI 8021-2014 and EN Plus-A1 (Europe) standards.

Keywords: Industrial waste; Cassava; Rubber sawdust; Biopellet

ABSTRAK. Penelitian karakteristik biopelet dari campuran kulit singkong (*Manihot utilissima*) dan serbuk gergajian karet (*Hevea brasiliensis*) diamati dengan tujuan untuk menganalisis kualitas biopelet dari campuran kulit singkong dan serbuk karet dengan perekat tapioka dan menentukan komposisi terbaik dari campuran kulit singkong dan serbuk karet untuk mendapatkan kualitas biopelet sesuai standar. Metode penelitian ini menggunakan SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 dengan parameter uji meliputi Kerapatan, Kadar Air, Kadar Abu, Zat Terbang, Karbon Terikat dan Nilai Kalor. Analisis data yang dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap(RAL). Hasil dari penelitian dengan campuran serbuk kulit singkong dan serbuk gergajian karet ini bahwa kerapatan hanya P1 dengan nilai 0,51 g/cm³ pada SNI, tetapi tidak pada standar EN Plus-A1. kadar air pada semua perlakuan lulus standar dengan nilai 6,47-10% pada SNI, P2 tidak memenuhi standar EN Plus-A1. P5 memiliki kadar air terbaik dengan nilai 1,18 % lulus pada SNI dan tidak pada standar EN Plus-A1. Zat Terbang semua perlakuan tidak ada memenuhi standar. P4 memiliki Zat Terbang terbaik. Karbon Terikat semua perlakuan tidak lulus standar dengan nilai Karbon Terikat terbaik pada P3. Nilai kalor pada semua perlakuan tidak ada yang memenuhi standar. P4 memiliki Nilai Kalor terbaik. Komposisi biopelet dengan campuran serbuk kulit singkong dan serbuk gergajian karet yang lolos standar terbanyak adalah pada perlakuan P5 dengan nilai Kadar Air dan Kadar Abu terbaik. Dari segi ekonomi perlakuan yang memiliki nilai kalor tertinggi pada P4 karena nilai kalornya mendekati standar SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 (Eropa).

Kata Kunci: Limbah industri; Singkong; Serbuk gergajian karet; Biopelet

Penulis untuk korespondensi, surel: mrnzonepiece43@gmail.com

PENDAHULUAN

Limbah kayu adalah sisa dari proses pembuatan kayu, seperti serpihan atau potongan kayu. Limbah yang dihasilkan oleh industri penggergajian kayu rata-rata sebesar 40,48% setiap tahun, dengan potongan kayu 9,39%, serbuk gergaji 8,77%, dan sebetan 22,32% (Purwanto D. 2009). Ketika limbah kayu tidak digunakan, biasanya hanya tertumpuk dan berserakan. Padahal, limbah kayu memiliki nilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan.

Limbah kulit singkong dari industri rumahan biasanya tidak diolah dan langsung dibuang. Limbah olahan singkong berupa kulit singkong yang telah dikupas. Limbah singkong yang dibuang bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran biopelet.

Peluang dagang biopelet ini sangat besar. Berdasarkan Global Trade Magazine Tahun 2021, Impor pelet kayu global melonjak sebesar +9,2% tahun ke tahun menjadi \$4,5 miliar, mencapai titik tertinggi yang pernah ada. Inggris tetap menjadi importir pelet kayu terbesar, menyumbang 35% dari total impor global. Di antara importir terkemuka. Harga rata-rata impor wood pellet tumbuh sebesar +4,3% tahun ke tahun pada tahun 2020.

Penelitian ini menggunakan biomassa limbah kulit singkong dan serbuk gergajian karet, ditambah perekat tapioka sebesar 25%. Diharapkan bahwa penggunaan serbuk gergajian karet dapat meningkatkan rendemen dan nilai kalor pembakaran biopelet yang dibuat.

METODE PENELITIAN

Tempat penelitian di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan dan *workshop* Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat. Waktu penelitian dilaksanakan kurang lebih 3 bulan yang meliputi, tahapan persiapan (pengambilan/pengumpulan bahan baku), pengolahan dan pengujian biopelet, analisis data.

Alat pencetak biopelet adalah Blender, Saringan ukuran 40 dan 60 mesh, *Muffle Furnance* (oven tanur), Oven, *Porioxide Bomb Calorimeter*, Desikator, *Moisture meter*, Gelas ukur, Cawan, Kamera, Baskom, Kompor dan

panic, Alat tulis menulis. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah Limbah kulit singkong (1 kg), Limbah gergajian karet (1 Kg), Aquades, Bahan kimia (NaCO_3 dan metil merah) dan Tepung tapioka sebagai perekat (25%)

Prosedur penelitian yang dilaksanakan dalam pembuatan contoh uji adalah 1). Menyediakan bahan baku berupa serbuk yang berasal dari kulit singkong dan serbuk gergaji karet. 2). Menghaluskan kulit singkong menggunakan blender sehingga menjadi serbuk. 3). Mengeringkan serbuk sampai dengan kadar air 10%. 4). Serbuk tersebut kemudian disaring melalui ayakan 40 dan 60 mesh. 5). Menimbang serbuk dan menimbang tepung tapioka (25%). 6). Memanaskan tepung tapioka dengan air (10 ml) sebagai bahan perekat dari berat serbuk, kemudian dimasak sampai menjadi seperti pasta. 7). Mencampur serbuk dengan perekat dengan cara diaduk. 8). Memasukkan adonan ke dalam mesin pencetak pelet. 9). Melakukan pengempaan sampai pelet menjadi cukup padat. 10). Dinginkan pelet kayu sebelum dilakukan pengujian

Pengujian contoh uji dilakukan sesuai dengan parameter yang ada pada SNI 8021-2014 yang dilakukan antara lain penetapan kadar air, kerapatan, kadar abu, kadar zat terbang, karbon terikat dan nilai kalor yang dihasilkan. Berikut prosedur pengujian yang dilakukan adalah :

a. Kadar air

Satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui untuk menentukan kadar air. Kemudian dikeringkan dalam oven suhu $103 \pm 2^\circ \text{C}$ selama 24 jam sampai kadar air konstan. Timbang setelah didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil. Kadar air sampel dihitung dengan rumus :

$$KA = (BB - BKT) / BKT \times 100\%$$

Keterangan :

KA = Kadar Air

BB = Berat sebelum dikeringkan dalam oven (gr)

BKT = Berat sesudah dikeringkan dalam oven (gr)

b. Kerapatan

Hasil perbandingan berat dan volume biopelet menunjukkan ketepatan penetapan kerapatan. Pengukuran kerapatan sampel dilakukan dengan rumus berikut:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$P = M/V$$

Keterangan

P : Kerapatan objek (gr/cm²)

M : Massa/Berat kering (gr)

V : Volume benda yang diteliti (cm³)

r : Jari-jari biopellet (cm)

t : Tinggi biopellet (cm)

c. Kadar Abu

Satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui untuk menghitung kadar abu. Setelah itu, dimasukkan ke dalam oven pada suhu 600-900°C selama lima hingga enam jam. Setelah itu, didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang. Ada rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kadar abu sampel.:

$$\text{Kadar Abu} = (\text{Berat abu})/(\text{Berat Sampel}) \times 100\%$$

d. Zat Terbang (*Volatile Matter*)

Satu gram sampel diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui untuk mengetahui nilai zat terbang. Setelah itu, dimasukkan ke dalam oven selama 7 menit pada suhu 950 °C (plus atau minus 20 °C). Setelah itu, didinginkan dalam desikator sampai kondisi stabil dan ditimbang. Menghitung zat sampel yang mudah menguap dapat dilakukan dengan menggunakan rumus.:

$$\text{Zat Terbang} = (B-C)/W \times 100\%$$

Keterangan

B : Berat sampel dari uji kadar air (gr)

C : Berat sampel setelah dipanaskan dalam tanur (gr)

W : Berat awal sampel sebelum pengujian (gr)

e. Karbon Terikat

Kadar karbon terikat dihitung dengan mengumpulkan hasil dari kadar air, zat

terbang, dan abu. Ini dihitung dengan menggunakan rumus berikut.:

$$\text{Karbon terikat} = 100\% - (\text{Kadar air} + \text{zat terbang} + \text{kadar abu})$$

f. Nilai Kalor

Setelah contoh uji diletakkan dalam cawan silika, tabung Bomb Calorimeter dimasukkan dan ditutup rapat. Saat suhu air tetap, pembakaran dimulai. Suhu yang ideal dicapai selama pengukuran. Ada rumus yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kalor.:

$$\text{Nilai Kalor} = (W \times (T_2 - T_1))/A - B_1 + B_2$$

Keterangan

W : Nilai dari Kalorimeter (KaloC)

T₁ : Suhu awal

T₂ : Suhu akhir

B₁ : Koreksi pada kawat besi

B₂ : Tirasi NaCO₃

Analisis data hasil uji yang didapat dianalisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial, dengan faktor tunggal yaitu faktor P komposisi campuran kulit singkong dan serbuk gergajian karet, dengan perlakuan sebagai berikut :

P1= kulit singkong dan serbuk gergaji karet (100:0)%

P2 = kulit singkong dan serbuk gergaji karet (75:25)%

P3 = kulit singkong dan serbuk gergaji karet (50:50)%

P4 = kulit singkong dan serbuk gergaji karet (25:75)%

P5 = kulit singkong dan serbuk gergaji karet (0:100)%

Ulangan dilakukan sebanyak 3 kali dengan 5 perlakuan, sehingga jumlah satuan percobaan 3 × 5 = 15, adapun rancangan acak lengkap disajikan dalam tabel

Tabel 1. Rancangan Acak Lengkap (RAL)

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1					
2					
3					
Jumlah					
Rata-rata					

Parameter yang dilakukan dalam penelitian ini adalah SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 (Eropa) :

Tabel 2. Standar SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 (Eropa)

No	Parameter	Standar SNI	EN Plus-A1
1	Kadar Air (%)	≤12	<10
2	Kadar Abu (%)	≤1,5	<0,7
3	Nilai Kalor (Kal/g)	4000	3940 - 4541
4	Kerapatan (g/dm ³)	≥0,45	0.6
5	Karbon Terikat (%)	≥14	-
6	Zat Terbang (%)	<80	-

Sumber: SNI 8021-2014

Sumber : Anonim (2018 - Gemco Energy)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air (%)

GINANJAR, 2011 dalam Hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu dengan berat jenis

tinggi, seperti rasamala dan pasang, mengering lebih lambat dan lebih rentan terhadap cacat.. Dalam hal ini berat jenis singkong lebih berat dari pada berat jenis karet, yang mengakibatkan nilai kadar air dari serbuk gergajian lebih kecil. Nilai rata-rata Kadar Air ada dalam tabel berikut

Tabel 4. Data Nilai Kadar Air

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	9,69	9,72	9,06	8,55	6,59
2	10,19	10,13	10,35	8,27	6,89
3	9,40	10,14	9,57	8,11	5,92
Jumlah	29,28	30,00	28,98	24,93	19,40
Rata-rata	9,76	10,00	9,66	8,31	6,47

Nilai Kadar Air yang diperoleh dari hasil uji lulus standar SNI dan EN-Plus A1 di semua perlakuan. Perlakuan dengan Kadar Air paling kecil adalah P5 (Kulit Karet 100%) dengan nilai Kadar Air 6,4676%.

Kerapatan (g/cm³)

Nilai densitas Alat pencetak dengan bahan baku memberikan tekanan dan gesekan pada biopellet yang dihasilkan. (Hendra 2012). Nilai

densitas biopellet meningkat dengan tekanan yang dihasilkan. Namun bahan baku juga menjadi faktor pengaruh hasil tekanan yang diperoleh, sesuai dengan pernyataan Hendra (2012). Data yang diperoleh dari pengujian kerapatan (g/cm³) biopellet serbuk kulit singkong dan serbuk gergajian karet dapat dilihat pada Tabel 3p.

Tabel 3. Data Nilai Kerapatan

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,47	0,38	0,37	0,30	0,33
2	0,55	0,35	0,36	0,30	0,31
3	0,50	0,41	0,33	0,34	0,29
Jumlah	1,52	1,14	1,06	0,94	0,93
Rata-rata	0,51	0,38	0,35	0,31	0,31

Nilai kerapatan yang diperoleh dari hasil uji hanya perlakuan P1 (Kulit Singkong 100%) saja yang lulus standar SNI dengan nilai 0,51 g/cm³. Tetapi hasil uji P1 tidak lulus standar EN-Plus A1 yaitu 0.6 g/cm³. Menurut Hendra (2012), Selain itu, berat jenis bahan baku memengaruhi nilai densitas; semakin berat jenis bahan baku, semakin tinggi nilai densitas.

Kadar Abu (%)

Kadar abu adalah bahan sisa yang dihasilkan dari pembakaran yang tidak

memiliki unsur karbon atau nilai kalor. (Nugrahaeni 2008). Ketika ukuran serbuk lebih halus, ada lebih banyak abu biopellet. Ini juga benar ketika suhu pengempaan lebih tinggi. (Sofia et al). Menurut Prasetyo (2004) Sebuah biopellet yang lebih baik akan dihasilkan dengan kadar abu yang lebih rendah. Nilai rata-rata Kadar Abu ada dalam tabel berikut

Tabel 5. Data Nilai Kadar Abu

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	4,65	4,05	3,05	2,02	1,03
2	4,78	4,71	2,99	1,62	1,20
3	5,40	3,73	3,39	1,67	1,30
Jumlah	14,83	12,49	9,43	5,31	3,53
Rata-rata	4,94	4,16	3,14	1,77	1,18

Nilai Kadar Abu yang memiliki hasil yang terbaik diperoleh dari hasil pengujian P5 dengan nilai 1,18 %. Tetapi hanya lulus di standar SNI tidak dengan EN-Plus A1.

Zat Terbang (%)

Menurut Hendra dan Pari (2000) bahwa kadar zat menguap adalah zat yang dapat

menguap karena senyawa yang masih ada di dalam arang tanpa air. Menurut Fuwape dan Akindele (1997) Komponen kimia seperti zat ekstraktif, hemiselulosa, dan air yang mudah menguap saat pembakaran menghasilkan kadar zat terbang yang tinggi. Nilai rata-rata ada dalam tabel berikut.

Tabel 6. Data Zat Terbang

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	86,08	80,63	85,05	84,59	90,68
2	80,98	81,31	81,73	90,39	90,62
3	82,65	86,29	82,80	89,18	90,83
Jumlah	249,71	248,23	249,58	264,16	272,13
Rata-rata	83,24	82,74	83,19	88,05	90,71

Nilai Zat terbang yang diperoleh dari hasil uji dengan standar SNI dan EN-Plus A1 tidak ada yang lolos standar. Perlakuan dengan nilai yang mendekati standar adalah perlakuan P2 dengan nilai 82,74%. Nilai tertinggi terpadapat pada perlakuan P5 dengan nilai 90,71%.

Karbon Terikat (%)

Pari dan Sailah (2001) yang menyatakan bahwa kadar abu dan zat terbang yang dihasilkan memengaruhi rendahnya kadar karbon terikat. Nilai rata-rata ada dalam tabel berikut.

Tabel 7. Data Karbon Terikat

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	9,17	15,22	11,81	13,30	8,22
2	14,14	13,88	15,18	7,91	8,11
3	11,86	9,88	13,71	9,07	7,81
Jumlah	35,17	38,98	40,70	30,28	24,15
Rata-rata	11,72	12,99	13,57	10,09	8,05

Nilai Karbon Terikat yang memiliki hasil yang terbaik diperoleh dari hasil pengujian P3 dengan nilai 13,5667 %. Akan tetapi masih belum memenuhi SNI.

Nilai Kalor (Kal/g)

Hasil pengujian kalor sangat memengaruhi kualitas biopelet yang dihasilkan. Nilai kalor yang lebih tinggi menunjukkan bahwa biopelet tersebut memiliki kualitas yang lebih baik.

Kalor yang semakin tinggi menunjukan kualitas bahan bakar yang semakin baik (Rahman 2011). Nilai kalor dipengaruhi oleh kadar air, karbon terikat, zat terbang, dan kadar abu. (Mulyasari, 2013). Selain itu kadar lignin yang tinggi akan meningkatkan nilai kalor (White, 1987). Menurut Vladut (2010) dengan tingginya kelembapan, kualitas pelet yang diperoleh dari biomassa menurun secara proposional, juga kepadatannya mengalami penurunan. Data nilai kalor ada pada tabel berikut.

Tabel 8. Data Nilai Kalor

Ulangan	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
1	2925,87	3408,13	3372,91	3671,60	3183,15
2	2927,67	3411,10	3370,94	3673,64	3180,09
3	2923,44	3409,09	3375,88	3677,60	3186,12
Jumlah	8776,98	10228,32	10119,73	11022,84	9549,36
Rata-rata	2925,66	3409,44	3373,24	3674,28	3183,12

Nilai kalor yang memiliki nilai tertinggi adalah pada perlakuan P4 dengan nilai 3674,28 Kal/g. Akan tetapi dilai tersebut tidak memenuhi SNI dan EN-Plus A1. Kendala yang dihadapi pada pengujian adalah alat yang tidak berfungsi dengan baik, sehingga penyimpanan sampel lebih lama dan disimpan ditempat yang kering membuat nilai kalor yang dihasilkan tidak maksimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil data penelitian biopelet dari campuran bahan serbuk kulit singkong dan serbuk gergajian karet yang telah diuji dan menggunakan parameter SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 (Eropa) didapatkan kesimpulan yaitu, Uji kerapatan hanya P1 dengan nilai 0,51 g/cm³ pada SNI dan tidak memenuhi pada standar EN Plus-A1. Uji kadar air pada semua perlakuan lulus standar dengan nilai 6,47-10%

pada SNI, tetapi pada P2 tidak memenuhi standar EN Plus-A1. P5 memiliki kadar air terbaik Uji kadar abu perlakuan yang lulus standar hanya P5 dengan nilai 1,18 % pada SNI dan tidak memenuhi standar pada standar EN Plus-A1. Uji Zat Terbang Tidak ada dari perlakuan yang memenuhi standar.. P4 memiliki Zat Terbang terbaik. Semua uji karbon terikat perlakuan tidak memenuhi standar, dengan nilai karbon terikat tertinggi pada P3. Uji Nilai kalor pada semua perlakuan tidak ada yang memenuhi standar. P4 memiliki Nilai Kalor terbaik

Komposisi biopellet dengan campuran serbuk kulit singkong dan serbuk gergajian karet yang lolos standar terbanyak adalah pada perlakuan P5 (Serbuk Gergajian Karet 100%) dengan nilai Kadar Air dan Kadar Abu terbaik. Dari segi ekonomi perlakuan yang memiliki nilai kalor tertinggi pada P4 (campuran serbuk kulit singkong 25% dan serbuk gergajian karet 75%) karena nilai kalornya mendekati standar SNI 8021-2014 dan EN Plus-A1 (Eropa)

Saran

Pastikan proses pengeringan biomassa sebelum pembuatan biopellet dilakukan secara efektif untuk mengurangi kadar air. Gunakan perekat lebih sedikit agar mendapatkan hasil yang maksimal. Sampel yang telah selesai dibuat disimpan ditempat yang tidak lembab agar hasil pengujian nilai kalor dapat memenuhi standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadan, F., Trisnaliani, L., Tahdid, T., Agustin, D., & Putri, A. D. (2019). Pembuatan Biopellet dari Campuran Cangkang dan Daging Biji Karet menggunakan Screw Oilpress Machine. *Fluida*, 12(1): 35–42. <https://doi.org/10.35313/fluida.v12i1.1846>.
- Anonim, 2017. A Guide To Large-Scale Biomass Pellet production. Gemco Energy. Anyang city, China.
- Bakhtiar, Y. 2010. Penerapan Biofertilizer Coated Seed pada Benih Tumbuh Mandiri untuk Mendukung Reboisasi dan Reklamasi Lahan. Balai Pengkajian Bioteknologi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Tangerang.
- Bantacut, T., Hendra, D., and Nurwigha, R. (2013) 'Mutu biopellet dari campuran arang dan cangkang sawit (The quality of biopellet from combination of palm shell charcoal and palm fiber)', *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(1): 1-12 [In Indonesian].
- Damayanti, R., Lusiana, N., & Prasetyo, J. (2017). Studi Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Perekat Tapioka terhadap Karakteristik Biopellet dari Kulit Coklat (*Theobroma Cacao L.*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Teknotan*, 11(1). <https://doi.org/10.24198/jt.vol11n1.6>.
- Damayanti, R., Sandra., & Nanda, N.R. (2020). The effect of adding rice straw charcoal to the processing of bio-pellet from cacao pod husk. *AFSSAAE (Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial and Agroindustrial Engineering 2020*, 3(2): 81-90.
- Downey, W.D. and S.P, Erickson. 1990. Manajemen Agribisnis (edisi Kedua), alih bahasa: Ir. Rochidayat Ganda S. dan Alfonsus Sirait Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Fuwape JA, Akindede SO. 1997. Biomass Yield and Energy Value of Some Fast Growing Multi Purpose Trees in Nigeria. *Biomass Energy* 12(2): 101-106.
- Indexbox.2021. Global Wood Pellet Imports Reach Record \$4.5B. Global Trade. Diakses 20 September 2023 dari Global Wood Pellet Imports Reach Record \$4.5B - Global Trade Magazine
- Hanafiah, KA. 2004. Rancangan Percobaan. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Hendra D, Pari G. 2000. Penyempurnaan Teknologi Pengolahan Arang. Laporan Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutan, Bogor.
- Hendra D. 2012. Rekayasa pembuatan mesin pellet kayu dan pengujian hasilnya. *Penelitian Hasil Hutan*. 30(2): 144–154.
- Lamanda, D Dhuha., Dina S., Nurhaida., Farah D., Emi R. 2015. Karakteristik Biopellet Berdasarkan Komposisi Serbuk Batang Kelapa Sawit Dan Arang Kayu Laban Dengan Jenis Perekat Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Jurnal Hutan Lestari*. Vol. 3 (2) : 313 – 321.

- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2019. LIPI Kembangkan Teknologi Biopellet untuk Penyediaan Energi Alternatif bagi Masyarakat. LIPI Kembangkan Teknologi Biopellet untuk Penyediaan Energi Alternatif bagi Masyarakat | Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Diakses pada 16 November 2022
- Matangaran, J, R dan Anggoro. R. 2012. Limbah Pemanenan Kayu Jati Di Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Perennial*, 2012 Vol. 8 No. 2: 88-92. ISSN: 1412-7784.
- Mulyasari T. 2013. Karakteristik Beberapa Jenis Kayu sebagai Bahan Baku Energi Biomassa [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mustamu, S., & Pari, G. (2018). Kayu Putih dan Gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 36(3): 191–204.
- Pari dan Sailah. 2001. Pembuatan Arang Aktif Dari Sabut Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Dosis Rendah. *Penelitian Hasil Hutan Bogor*. Vol. 19 No 4 : 231-244.
- Prabawa, I. D. G. P., & Miyono, M. (2017). Mutu Biopellet dari Campuran Cangkang Buah Karet dan Bambu Ater (*Gigantochloa atter*) (The Quality of Biopellet from Rubber Seed Shell and Ater Bamboo (*Gigantochloa atter*)). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9(2): 99–110. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v9i2.3524>.
- Purwanta, H.J. 2008. Teknologi Budidaya Karet. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Litbang Pertanian
- Purwanto D. 2009. Analisa Jenis Limbah Kayu Pada Industri Pengolahan Kayu Di Kalimantan Selatan. Banjarbaru
- Qadry, M.G.A., Saputro, D. D., & Widodo, R. D. (2019). Karakteristik Dan Uji Pembakaran Biopellet Campuran Cangkang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. *Karakteristik Dan Uji Pembakaran Biopellet Campuran Cangkang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*, 16(2): 177–188. <https://doi.org/10.15294/saintek.v16i2.16176>.
- Rahman, 2011, Uji Keragaan biopellet dari biomassa limbah sekam padi (*Oryza sativa* sp.) sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. Fateta, IPB, Bogor.
- Sari, N. M., Rahmadi, A., & Shodiqin, M. A. (2009). Analisis Biaya dan Waktu Pembuatan Briket Arang Berdasarkan Bentuk dari Kayu Bakau (*Rhizophora mucronata* Lamck) dan Rambai (*Sonneratia acida* Linn). *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 2009(26), 160–169. Retrieved from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=96184&val=5070>. Diakses pada 31 Oktober 2022
- Sari, Yunanda N., Deded S.W., Santiyo. 2018. Biopellet campuran batang singkong dan bambu. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Sentra Informasi Iptek. 2009. Senggani (Melastoma Affine G. Don). Diakses Dari <http://Iptek.Net.Id/Ind/Tanobat/View.Php?Mnu=2&Id=156> Diakses pada 10 November 2022.
- SNI 8021:2014. (2014). Pelet Kayu. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sofia.M, Hermawan dan Gustan P. 2018. Karakteristik Biopellet Dari Limbah Padat Kayu Putih dan Gondorukem. Bogor
- Tarwotjo, S. 1998. Dasar-Dasar Gizi Kuliner. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Taufani, D. 2022. Karakteristik Briket Arang Dari Limbah Serbuk Penggergajian Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) dan Limbah Serbuk Penggergajian Kayu Meranti Merah (*Shorea leprosula*). Banjarbaru
- Vladut V., Mihai C., Aurel D. , Mirela M., dan Carol L. 2010. The Importance of Humidity on Agricultural and Forestry Biomass in the Process of Pellets and Agri-Pellets Production. *Bulletin UASVM Agriculture*: ISSN 1843-5386
- White RH. 1987. Effect of Lignin Content and Extractive on The Higher Heating Value of Wood. *Wood Fiber Sci.* 19(4): 446-452
- Wibowo, S., & Lestari, N. (2018). Effect of Peanut Shell Torrefaction on Qualities of The Produced. *Reaktor* 18(4): 183–193.
- Winata, A. (2013) Karakteristik biopellet dari campuran arang sekam padi sebagai bahan bakar alternatif terbarukan (Biopellet characteristics of a mixture of sengon wood

dust with rice husk charcoal as a renewable alternative fuel), (Skripsi) Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Windarwati S. 2011. Seminar Nasional Teknologi Kimia Kayu. Bogor.

Wistara, N.J., Bahri, S., Pari, G. (2020). Biopellet Properties of Agathis Wood Fortified with Its Peeled-Off Bark. IOP Conference Series: Material Science and Engineering, 935(1), 1-14.

Zamirza F. 2009. Pembuatan Biopellet dari Bungkil Jarak Pagar (*Jathropa curcas L.*) Dengan Penambahan Sludge Dan Perekat Tapioka. (Skripsi): Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.