

PENGARUH KOMPOSISI LIMBAH SERBUK KAYU FLAMBOYAN (*Delonix regia*) DAN KAYU TREMBESI (*Samanea saman*) TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPELET SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

*The Influence of the Composition of Flamboyant (*Delonix regia*) Wood Powder Waste and Trembesi Wood (*Samanea saman*) Against Biopellet Characteristics as Alternative Fuel*

Indri Septika Tari, Diana Ulfah, Trisnu Satriadi

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *The study aims to analyze influence the composition of waste wood powder flamboyant and trembesi wood on the characteristics of biopellet as an alternative fuel. The parameters tested are based on ASTM D 5142-02. Biopellet quality results obtained, compared with Indonesian standards (Indonesian National Standards-SNI), Germany (Deutsches Institut fur Normug-DIN), France (Institute of Technique Europe do. Bois Energie-ITEBE), Austria (ON Osterreichisches Normungsinstitut-ONORM, United States (Pellet Fuel Institute-PFI). The results of research from waste wood powder flamboyant and trembesi wood showed an average moisture content 6.8900-11.2220%, density 0,6406-0,7767 g/cm³, ash content 0,5000-1,1300%, volatile matter 64,0700-88,9900%, fixed carbon 3,8300-26,707%, and calorific value 4.350.83-4.431,47 cal/g. Moisture content, fixed carbon, ash content and calorific value has fulfilled the requirement of Indonesia, Germany, France, Austria and America, while the density and volatile matter fulfilled the requirement of Indonesian standards only. The best quality biopellets fulfilled the requirement all criteria of the Indonesian standard (Indonesian National Standard-SNI) found in treatment A1 (waste wood powder 100% flamboyant + 0% trembesi). The results of analysis of variance and further tests showed that the treatment of flamboyant and trembesi waste wood powder composition very significant affect the density, ash content, volatile substances, and fix carbon, and significant affect the moisture content, but had no significant affect the calorific value.*

Keywords: *biomass; biopellet; flamboyant wood; trembesi wood; sawdust*

ABSTRAK. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pengaruh komposisi serbuk kayu flamboyant dan kayu trembesi terhadap karakteristik biopelet sebagai bahan bakar alternatif. Parameter yang diuji berdasarkan ASTM D 5142-02. Hasil kualitas biopelet yang didapat, dibandingkan dengan standar negara Indonesia (Standar Nasional Indonesia- SNI), Jerman (*Deutsches Institut fur Normug- DIN*), Prancis (*Intitut Technique Eropeen do. Bois Energie- ITEBE*), Austria (*ON Osterreichisches Normungsinstitut- ONORM*), Amerika (*Pellet Fuel Institute- PFI*). Hasil penelitian dari limbah serbuk kayu flamboyant dan kayu trembesi menunjukkan nilai rata-rata kadar air 6,8900– 11,2220%, kerapatan 0,6406- 0,7767 g/cm³, kadar abu 0,5000- 1,1300%, zat terbang 64,0700- 88,9900%, karbon terikat 3,8300- 26,707%, dan nilai kalor 4.350,83-4.431,47 kal/g. Kadar air, karbon terikat, kadar abu dan nilai kalor memenuhi standar Indonesia, Jerman, Prancis, Austriadan Amerika, sedangkan untuk kerapatan dan zat terbang hanya memenuhi standar Indonesia. Kualitas pellet kayu terbaik memenuhi semua kriteria standar negara Indonesia (Standar Nasional Indonesia- SNI) terdapat pada perlakuan A1 (serbuk kayu flamboyant 100% + serbuk kayu trembesi 0%). Analisis sidik ragam dan uji lanjutan dari perlakuan perbedaan komposisi serbuk kayu flamboyant dan kayu trembesi sangat berpengaruh nyata terhadap kerapatan, kadar abu, zat terbang, dan karbon terikat, serta berpengaruh nyata pada kadar air, namun tidak berpengaruh nyata pada nilai kalor.

Kata kunci: biomassa; biopelet; kayu flamboyant; kayu trembesi; serbuk kayu

Penulis untuk korespondensi: surel: indriseptikatari01@gmail.com

PENDAHULUAN

Produksi minyak bumi cenderung menurun selama 10 tahun terakhir, pada tahun 2009 346 juta barel (949 ribu bph) menjadi 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018 (Dewan Energi Nasional, 2019). Pengembangan energi alternatif merupakan langkah untuk mengantisipasi berkurangnya cadangan minyak bumi. Penggunaan biomassa mampu menekan tingginya konsumsi minyak bumi apabila dijadikan dalam bentuk biopellet, serta bernilai ekonomi yang rendah karena berasal dari tumbuhan atau bahan baku yang belum dipergunakan dengan maksimal.

Maharjoeno (2005), kayu yang berpotensi menjadi sumber biomassa antara lain: limbah penggergajian kayu, limbah dari plywood dan limbah logging. Biomassa adalah bahan-bahan yang memiliki potensi sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui karena berbahan dasar organik, sehingga batubara dan minyak bumi tidak masuk dalam kategori biomassa. Limbah kayu hasil penebangan atau dari industri penggergajian dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku energi alternatif, contohnya seperti pohon flamboyan dan pohon trembesi. Kayu flamboyan merupakan kayu Kelas Awet III dan Kelas Kuat II-III dengan berat jenis antara 0,53-0,72 (Rizqiani, 2015). Menurut Seng (1990) berat jenis dari kayu trembesi yaitu 0,61 dengan kelas awet IV serta kelas kuat III.

Biopellet adalah hasil pengempaan bahan bakar padat yang bentuknya silinder, panjang 6-25 mm dan diameter 12 mm sebagai energi alternatif dari biomassa (Rusdianto et al., 2014). Windarwati (2011) biopellet ini merupakan bahan berbasis limbah biomassa padat dengan ukuran lebih kecil dari briket, seragam dari segi ukuran, bentuk, kelembaban, kepadatan dan kandungan energi karena diproses melalui pengeringan dan pemadatan. Peneliti mencoba menggunakan sebaik mungkin limbah serbuk kayu gergajian dari pohon cepat tumbuh (*fast growing*) yaitu pohon flamboyan (*Delonix regia*) dan pohon trembesi (*Samanea saman*) sebagai sarana penelitian untuk menciptakan inovasi baru pengganti bahan bakar minyak untuk memasak.

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh pengaruh komposisi serbuk kayu flamboyan (*Delonix regia*) dan kayu trembesi (*Samanea saman*) terhadap karakteristik biopellet sebagai bahan bakar alternatif.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat dan *Workshop* Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Waktu pelaksanaan penelitian ± 3 bulan, dari bulan Desember 2019- Februari 2020 yang meliputi tahap penyusunan proposal, penelitian, pengujian sampel biopellet, analisis data dan penyusunan skripsi.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu, alat pencetak pelet, saringan 30 mesh dan 40 mesh, *circular saw*, *muffle furnace*, oven, *perioxide bomb calorimeter*, *moisture meter*, timbangan digital, desikator, gelas ukur, cawan, baskom, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan berupa serbuk gergajian, tepung tapioka, aquades, metil merah dan NaCO₃.

Prosedur Penelitian

Mengolah serbuk menggunakan *circular saw*, menyaring serbuk dengan ayakan 30 mesh dan tertahan pada 40 mesh, merendam serbuk dengan air biasa selama 1 x 24 jam, mengeringkan serbuk kayu hingga kadar air maksimal 10%, menimbang serbuk kayu sebesar 25 gram dan tepung tapioka (40%) seberat 10 gram, melarutkan tepung tapioka dengan air (30 ml) lalu memasak sampai menjadi gelatin selanjutnya diaduk dengan serbuk, memasukkan adonan serbuk ke dalam alat pencetak pelet, melakukan pengepresan suhu panas selama 1 jam, mengering udarakan biopellet sebelum dilakukan pengujian.

Prosedur pengujian

Parameter yang akan diuji menggunakan standar *American Standard Testing and Material* (ASTM) yaitu:

Penetapan kadar air (ASTM D 5142-020)

Penentuan kadar air dengan cara masukkan 1 gram yang diletakkan pada aluminium foil. Oven dengan suhu 103 ± 2°C selama 24 jam sampai konstan dan dinginkan dalam desikator. Perhitungan kadar air menggunakan rumus:

$$KA = \frac{BB-BKT}{BB} \times 100\%$$

Keterangan:

KA : Kadar air (%)
BB : Berat sampel (gr)
BKT : Berat Kering Tanur (gr)

Penetapan kerapatan (ASTM D 5142-020)

Kerapatan merupakan hasil perbandingan berat dan volume biopellet. Rumus kerapatan sampel:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Keterangan:

ρ : Kerapatan objek (gr/cm³)
M : Massa (gr)
V : Volume benda yang diteliti (cm³)

Penetapan zat terbang (ASTM D 5142020)

Zat terbang dilakukan dengan sampel BKT kadar air diletakkan pada cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian masukkan dalam oven suhu 950 ± 20° C selama 7 menit (Nasir, 2015). Zat terbang sampel dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Zat terbang} = \frac{B-C}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

B : Berat Kering Tanur (gr)
C : Berat akhir sampel (gr)
W : Berat sampel (gr)

Penetapan kadar abu (ASTM D 5142-020)

Pengujian kadar abu dengan meletakkan 1 gram sampel ke cawan porselin yang bobotnya sudah diketahui. Kemudian dioven suhu 600 – 900° C selama 5 - 6 jam (Nasir, 2015). Kadar abu dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

Penetapan kadar karbon terikat (ASTM D 5142-020)

Ditetapkannya hasil kadar karbon terikat setelah hasil kadar air, zat terbang, dan kadar abu didapatkan. Nilai kadar karbon terikat dihitung dengan rumus:

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

Penetapan nilai kalor (ASTM D 5142-020)

Pengujian nilai kalor dilakukan dengan cara memasukkan satu gram sampel ke dalam *Bomb calorimeter*, kemudian dikontakkan dengan kawat yang dapat menghantarkan arus listrik. Nilai kalor dihitung menggunakan rumus:

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

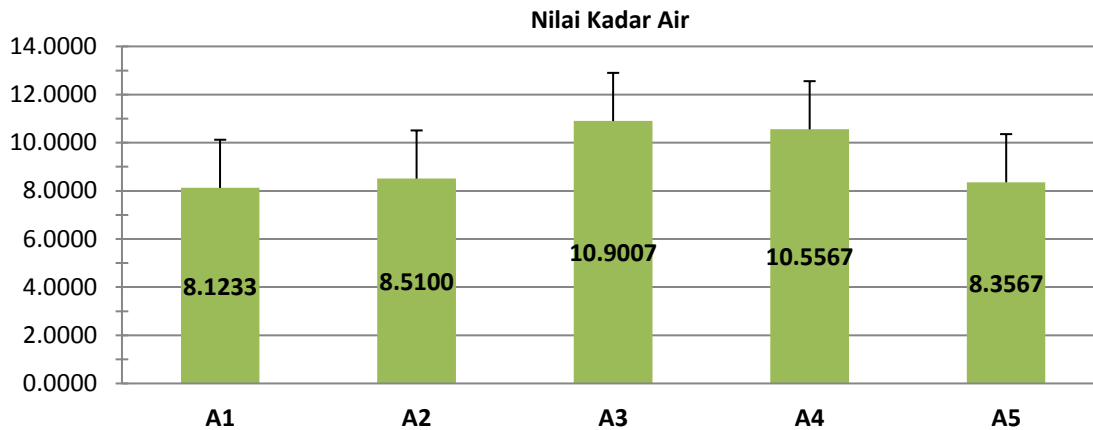
Keterangan:

W : Nilai dari kalorimeter (kal°C)
T₁ : Suhu awal
T₂ : Suhu akhir
A : Berat contoh uji yang dibakar
B₁ : Koreksi pada kawat besi
B₂ : Titrasi NaCO₃

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Kualitas biopellet dipengaruhi oleh kadar air, hal ini berpengaruh terhadap daya nyala biopellet, nilai kalor, dan jumlah asap. Menurut Hendra (2012) kadar air yang tinggi akan menyebabkan proses pembakaran yang lambat, banyak asap dan nilai kalor yang rendah. Hasil pengujian nilai kadar air berkisar antara 6,8900–11,2220%, nilai kadar air tertinggi diperoleh A₃ (serbuk kayu flamboyan 50% + serbuk kayu trembesi 50%) dengan nilai rata-rata 10,9007%. Nilai kadar air terendah yaitu pada A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%) sebesar 8,1233%. Hasil pengujian rata-rata nilai kadar air disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rata-rata nilai kadar air (%)

Hasil uji normalitas nilai rata-rata kadar air menggunakan uji kenormalan *lilliefors* menunjukkan data menyebar normal, yang mana $Li_{max} = 0,1433 < Li_{tabel\ 5\%} (0,2200)$ dan $Li_{1\%} (0,2570)$. Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Bartlett*, juga

menunjukkan data yang homogen dimana nilai $X^2_{hitung} = 4,5635 < X^2_{tabel\ 5\%} (7,8150)$ dan $X^2_{tabel\ 1\%} (11,3450)$. Pengaruh perlakuan komposisi limbah serbuk kayu flamboyan dan serbuk kayu trembesi diketahui dengan melakukan analisis sidik ragam pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis sidik ragam nilai kadar air (%)

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | F hitung | F tabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------|---------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 21,1179 | 5,2795 | 4,23* | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 12,4769 | 1,2477 | | | |
| Total | 14 | 33,948 | | | | |

Keterangan:

* = Berpengaruh nyata
 KK = 12,024%

Analisis sidik ragam menunjukkan perlakuan komposisi limbah serbuk kayu flamboyan dan kayu trembesi berpengaruh nyata terhadap kadar air biopelet. Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 12,024% merupakan Uji Duncan yang bertujuan untuk mengetahui perlakuan mana yang terbaik dari lima perlakuan.

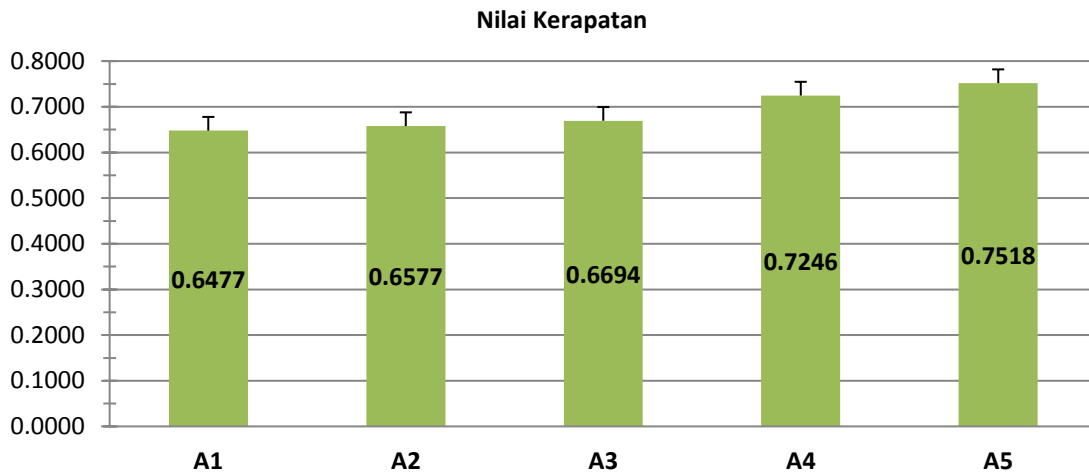
Hasil uji lanjutan menggunakan uji Duncan diperoleh bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata artinya tidak ada perbedaan kadar air dari setiap biopelet yang dihasilkan berdasarkan variasi komposisi bahan bakunya, namun hasil yang terbaik terdapat pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%).

Biopelet yang padat, kerapatan tinggi, halus dan seragam disebabkan tingginya tekanan saat pencetakan biopelet sehingga pori-pori yang

kosong diisi oleh partikel biomassa dan menurunkan molekul air (Rahman, 2011). Seluruh perlakuan memenuhi standar dari SNI, Jerman, Prancis, dan Austria.

Kerapatan

Biopelet dipengaruhi oleh ukuran serbuk kayu, semakin halus ukuran serbuk yang dipergunakan nilai kerapatan yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil pengujian nilai kerapatan berkisar antara 0,6406-0,7767 g/cm³, nilai yang tertinggi terdapat pada perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%) dengan nilai rata-rata 0,7518 g/cm³. Kerapatan terendah yaitu pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%) sebesar 0,6477 g/cm³. Hasil pengujian rata-rata nilai kerapatan disajikan dalam Gambar 2.

Gambar 2. Grafik rata-rata nilai kerapatan (g/cm³)

Hasil uji normalitas nilai rata-rata kerapatan menggunakan uji kenormalan *liliefors* menunjukkan data menyebar normal, yang mana $Li_{max} = 0,2226 < Li_{tabel\ 5\%} (0,2420)$ dan $Li_{tabel\ 1\%} (0,2750)$. Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Bartlett*

menunjukkan data yang homogen dimana nilai $X^2_{hitung} = 4,1210 < X^2_{tabel\ 5\%} (7,8150)$ dan $X^2_{tabel\ 1\%} (11,3450)$. Pengaruh perlakuan diketahui dengan melakukan analisis sidik ragam yang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis sidik ragam nilai kerapatan (g/ cm³)

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Ftabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|---------|--------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 0,0250 | 0,0062 | 11,65** | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 0,0054 | 0,0005 | | | |
| Total | 14 | 0,0304 | | | | |

Keterangan:

** = Berpengaruh sangat nyata

KK = 3,3441%

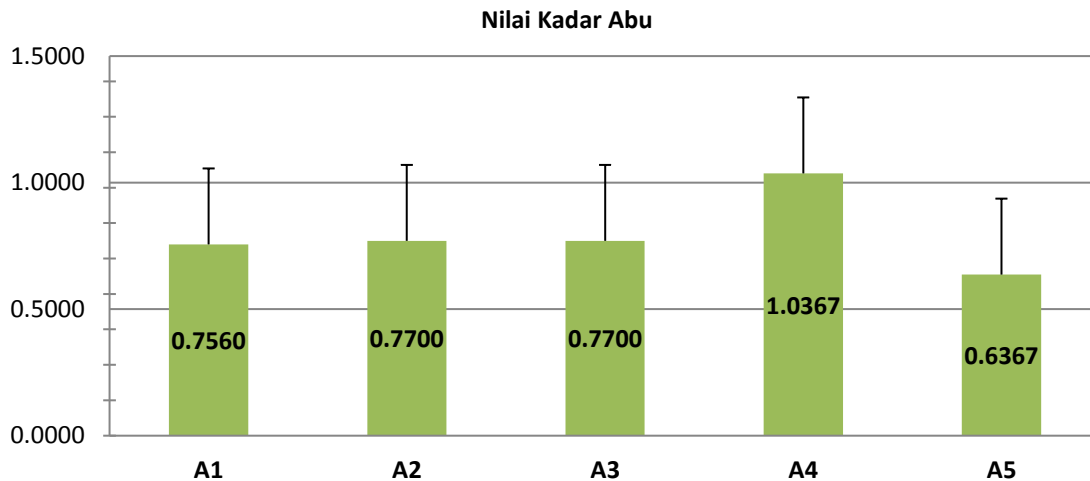
Perlakuan komposisi bahan baku biopellet berpengaruh sangat nyata pada hasil analisis sidik ragam. Nilai F hitung perlakuan sebesar 11,65 lebih besar dari taraf F tabel 5% (3,48) dan taraf F tabel 1% (5,99). Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 3,3441% merupakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur).

Perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%), karena nilai kerapatan yang terdapat pada perlakuan A₅ merupakan nilai tertinggi. Tingginya kerapatan maka semakin mempermudah proses pengepakan, transportasi dan penyimpanan (Adapa *et al*, 2009). Seluruh perlakuan biopellet memenuhi standar dari Amerika dan SNI.

Kadar abu

Proses pembakaran yang sudah tidak memiliki unsur karbon disebut dengan abu. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan A₄ (serbuk kayu flamboyan 25% + serbuk kayu trembesi 75%) dengan nilai rata-rata 1,0367%. Kadar abu yang tinggi diduga oleh banyaknya udara yang masuk saat proses karbonisasi sehingga arang yang terbentuk berubah menjadi abu (Yoyon *et al*, 2011). Hasil rata-rata nilai kadar abu disajikan pada Gambar 3.

Keragaman dari nilai kadar air tersebut dianalisis menggunakan tabel analisis sidik ragam (tabel anova) disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3. Grafik rata-rata nilai kadar abu (%)

Tabel 3. Analisis sidik ragam nilai kadar abu (%)

| Sumber Keragaman | derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Ftabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|---------|--------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 0,2587 | 0,0647 | 7,29** | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 0,0887 | 0,0089 | | | |
| Total | 14 | 0,3474 | | | | |

Keterangan:

** = Berpengaruh sangat nyata

KK = 11,8642%

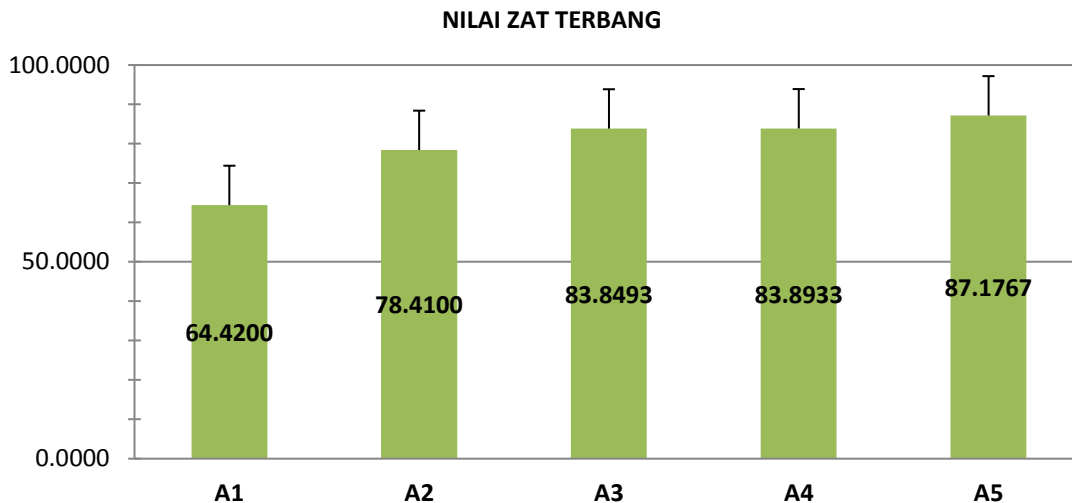
Perlakuan komposisi bahan baku biopellet limbah serbuk kayu flamboyan dan kayu trembesi berpengaruh sangat nyata pada hasil analisis sidik ragam. Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 11,8642% merupakan uji Duncan.

Hasil uji lanjutan Duncan diperoleh bahwa perlakuan A₄ berbeda nyata dengan perlakuan A₂, A₃ dan A₁ serta berbeda sangat nyata pada perlakuan A₅. Perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%), hal ini dikarenakan nilai kadar abu perlakuan A₅ merupakan nilai terkecil. Seluruh perlakuan biopellet memenuhi

standar dari SNI, Austria, Jerman, Amerika dan Prancis.

Zat terbang

Hasil pengujian nilai zat terbang berkisar antara 64,0700- 88,9900%, sehingga diperoleh rata-rata tertinggi yang terdapat pada perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%) dengan nilai rata-rata 87,1767%. Nilai zat terbang terendah yaitu pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%) sebesar 64,4200%. Hasil pengujian rata-rata nilai zat terbang disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Garfik rata-rata nilai zat terbang (%)

Hasil uji normalitas nilai rata-rata kadar zat terbang menggunakan uji kenormalan *lilliefors* menunjukkan data menyebar normal, yang mana $Li_{max} = 0,1590 < Li_{tabel\ 5\%} (0,2420)$ dan $Li_{tabel\ 1\%} (0,2750)$. Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam *Bartlett* juga

menunjukkan data yang homogen dimana nilai $X^2_{hitung} 5,8423 < X^2_{tabel\ 5\%} (7,8150)$ dan $X^2_{tabel\ 1\%} (11,3450)$. Hasil analisis keragaman untuk data nilai zat terbang biopelet dapat dilihat menggunakan analisis sidik ragam (tabel anova) pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis sidik ragam nilai zat terbang (%)

| Sumber Keragaman | derajat bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Ftabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 977,1941 | 244,2985 | 131,52** | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 18,5747 | 1,8575 | | | |
| Total | 14 | 995,7688 | | | | |

Keterangan:

** = Berpengaruh sangat nyata
 KK = 1,7133%

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan baku biopelet limbah serbuk kayu flamboyan dan kayu trembesi berpengaruh sangat nyata. Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 1,7133% merupakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur).

Perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan dengan nilai zat terbang yang memiliki angka terkecil yaitu pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%). Nilai zat terbang paling tinggi yaitu pada perlakuan A₅ (serbuk flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%), tidak adanya pengarang pada kayu mempengaruhi tingginya nilai kadar

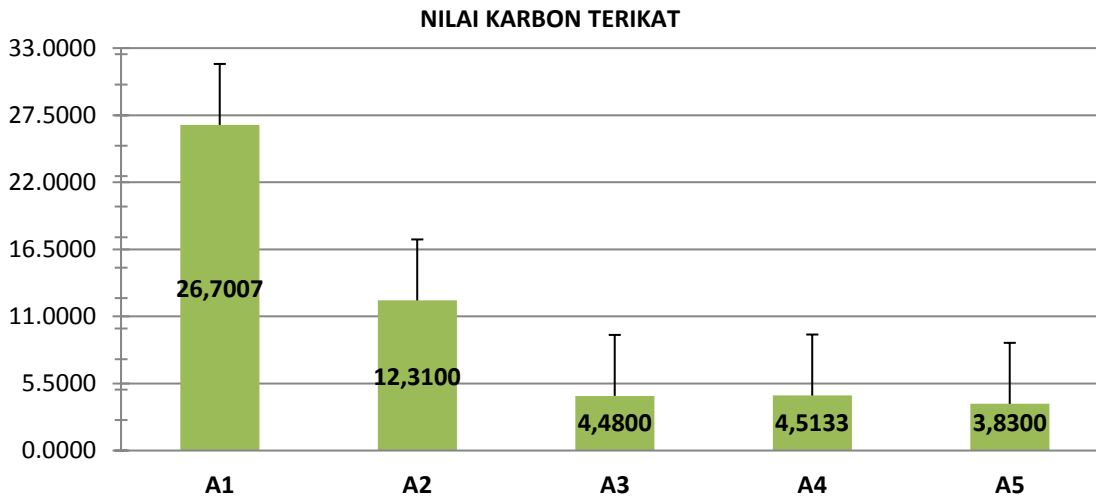
zat terbang. Liliana (2010) menyatakan tujuan sekam padi dikarbonisasi untuk meningkatkan nilai kalor dan mengurangi kadar zat terbang yang menimbulkan asap. Perlakuan biopelet yang memenuhi standar hanya ada dua dan termasuk dalam standar SNI.

Karbon terikat

Tinggi rendahnya kadar zat terbang dan juga kadar abu mempengaruhi karbon terikat. Nilai karbon tertinggi terdapat pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%) dengan nilai rata-rata 26,7007%.

Nilai karbon terikat terendah yaitu pada perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0% + serbuk kayu trembesi 100%) sebesar 3,8300%.

Hasil pengujian rerata nilai karbon terikat disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Grafik rerata nilai karbon terikat (%)

Hasil uji normalitas nilai rata-rata karbon terikat menggunakan uji kenormalan *lilliefors* menunjukkan data menyebar normal. Hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam

Bartlett menunjukkan data yang homogen. Hasil analisis keragaman untuk data nilai karbon terikat biopellet dapat dilihat menggunakan analisis sidik ragam (tabel anova) pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis sidik ragam nilai karbon terikat (%)

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Ftabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|----------|--------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 1.146,6554 | 286,6639 | 184,99** | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 15,4965 | 1,5497 | | | |
| Total | 14 | 1.162,1520 | | | | |

Keterangan:

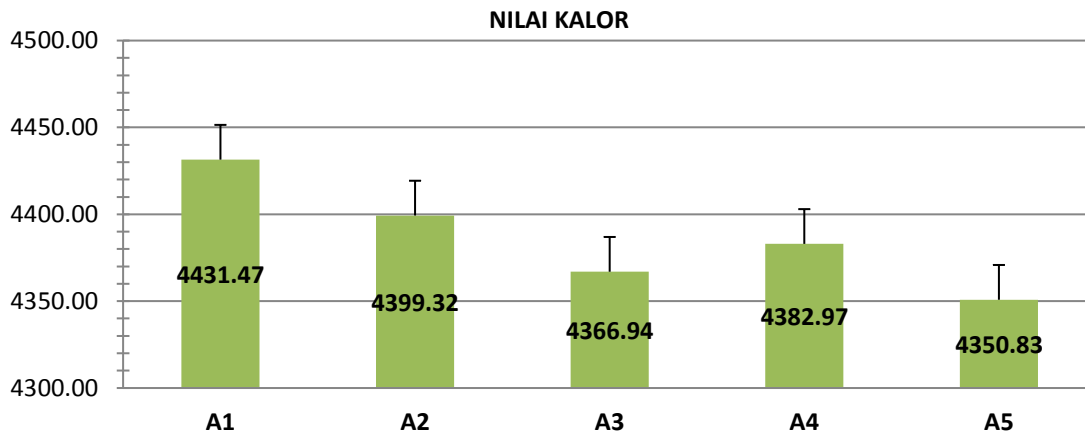
** = Berpengaruh sangat nyata
 KK = 12,0081%

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan baku biopellet limbah serbuk kayu flamboyan dan kayu trembesi berpengaruh sangat nyata. Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 12,0081% merupakan uji Duncan. Perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%), hal ini sesuai dengan pendapat Onu *et al* (2010) kadar karbon terikat yang tinggi, akan semakin tinggi nilai kalornya. Perlakuan biopellet memenuhi semua standar yaitu standar SNI,

Jerman, Prancis, Austria, dan hanya ada empat perlakuan memenuhi standar Amerika.

Nilai kalor

Hasil nilai kalor pada penelitian biopellet serbuk kayu flamboyan dan serbuk kayu trembesi berkisar antara 4.350,83-4.431,47 kal/g dan rata-rata tertinggi terdapat pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%) dengan nilai rata-rata 4.431,47 kal/g, disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik rata-rata nilai kalor (kal/g)

Hasil uji normalitas rata-rata nilai kalor menggunakan uji kenormalan *lilliefors* menunjukkan data menyebar normal dan hasil perhitungan uji homogenitas menurut ragam

Bartlett menunjukkan data yang homogen. Analisis sidik ragam nilai kalor disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Analisis sidik ragam nilai kalor (kal/g)

| Sumber Keragaman | Derajat Bebas | Jumlah Kuadrat | Kuadrat Tengah | Fhitung | Ftabel | |
|------------------|---------------|----------------|----------------|--------------------|--------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 4 | 1.1562 | 2.890 | 0,03 ^{tn} | 3,48 | 5,99 |
| Galat | 10 | 86.2055 | 86.206 | | | |
| Total | 14 | 87.3617 | | | | |

Keterangan:

tn = Tidak berpengaruh nyata
 KK = 6,6937%

Uji lanjutan dari nilai koefisien keragaman sebesar 6,6937% merupakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Parameter utama kualitas biopellet untuk penentuan efisiensi suatu bahan bakar yaitu nilai kalor (Ali dan Restuhadi, 2010), dan Basu (2010) menyatakan kadar air, kadar abu, kadar karbon terikat dan kadar zat terbang berpengaruh pada nilai kalor. Perlakuan yang terbaik yaitu perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan memenuhi semua standar yaitu

standar SNI, Jerman, Prancis, Austria dan Amerika.

Kualitas biopellet

Rekapitulasi hasil penelitian kualitas biopellet dari perlakuan komposisi limbah serbuk kayu flamboyan dan serbuk kayu trembesi dengan perbandingan dari beberapa negara disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi perbandingan kualitas biopellet

| Parameter | Hasil pengujian | | | | | SNI | Austria | Jerman | Amerika | Prancis |
|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------|---------------|----------|----------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ | A ₄ | A ₅ | | | | | |
| Kadar air (%) | 8,1233 | 8,5100 | 10,9007 | 10,5567 | 8,3567 | <12 | <10 | <12 | <8 | ≤15 |
| Kerapatan (g/cm ³) | 0,6477 | 0,6577 | 0,6694 | 0,7246 | 0,7518 | 0,45-0,65 | >1,2 | 1,0-1,4 | >064 | >1,15 |
| Kadar Abu (%) | 0,7560 | 0,7700 | 0,7700 | 1,0367 | 0,6367 | <1,5 | <0,50 | <1,50 | <1 | ≤6 |
| Zat terbang (%) | 64,4200 | 78,4100 | 83,8493 | 83,8933 | 87,1767 | <80 | 5xd | <50 | - | <10 |
| Karbon terikat (%) | 26,7007 | 12,3100 | 4,4800 | 4,5133 | 3,8300 | 14 | <10 | <12 | - | <15 |
| Nilai Kalor (kal/g) | 4.431,47 | 4.399,32 | 4.366,94 | 4.382,97 | 4.350,83 | >4.000 | >4.299,2 | 4.179-4.657,6 | >4.579,2 | >4.036,5 |

Kadar air terbaik dari semua perlakuan yaitu pada A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%). Menurut Rahman (2011) partikel biomassa menempati pori-pori yang kosong dan dapat menurunkan molekul air dikarenakan tekanan tinggi pencetakan biopellet karena biopellet menjadi padat.

Kerapatan terbaik terdapat pada perlakuan A₅ (serbuk kayu flamboyan 0%+ serbuk kayu trembesi 100%), hal ini diduga karena berat jenis dari kayu flamboyan yang sudah cukup tinggi, ukuran serbuk halus yang dipergunakan dalam biopellet dan juga pemberian suhu kempa. Kadar abu pada perlakuan A₅ merupakan nilai kadar abu paling rendah. Rendahnya kadar abu ini, diduga karena minimnya kulit kayu pada bahan baku, penggunaan cawan saat pengujian dan adanya kandungan lignin yang tinggi pada kayu trembesi. Kayu yang memiliki kadar lignin yang tinggi dapat meningkatkan kerapatan dan nilai kalor kayu.

Kadar zat terbang terbaik pada perlakuan A₁. Menurut Pane *et al* (2015), bahwa jenis bahan baku dan jenis perekat sangat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai *volatile*. Penggunaan biopellet sebagai bahan bakar harus memiliki zat terbang yang rendah, karena menurut Nurwigha (2012) asap yang dihasilkan semakin banyak saat pembakaran bahan bakar apabila kadar zat terbang tinggi. Kadar karbon terikat berbanding terbalik dengan zat terbang, hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa perlakuan A₁ dengan zat terbang yang rendah maka karbon terikatnya menjadi lebih tinggi, hal ini diduga kandungan lignin yang tinggi. Lignin memiliki oksigen yang rendah dan kadar karbon yang tinggi (Hanun, 2014).

Zat terbang dan kadar karbon terikat berbanding terbalik, pendapat dari Hendra dan Darmawan (2002) menurunnya kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat terbang yang besar. Nilai kalor juga dipengaruhi oleh berat

jenis karena berat jenis yang tinggi memiliki kerapatan yang tinggi pula, namun kerapatan yang sangat tinggi membuat bahan baku sulit terbakar. Karbon terikat serta nilai kalor pada perlakuan A₁ memiliki nilai yang paling besar dari perlakuan yang lainnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kadar air biopellet berkisar antara 6,8900-11,2220%. Kerapatan berkisar antara 0,6406-0,7767 g/cm³, kadar abu berkisar 0,5000-1,1300%. Zat terbang sebesar 64,4200-87,1767%. Karbon terikat berkisar 2,7800-27,4600% dan untuk nilai kalor berkisar 4.350,83-4.431,47kal/g. (2) Hasil terbaik yaitu pada perlakuan A₁ (serbuk kayu flamboyan 100% + serbuk kayu trembesi 0%). (3) Kadar air, karbon terikat, kadar abu dan nilai kalor memenuhi standar negara Indonesia (SNI), Jerman (DIN), Prancis (ITEBE), Austria (ONORM) dan Amerika (PFI), sedangkan untuk kerapatan dan zat terbang hanya memenuhi standar negara Indonesia (SNI), kualitas biopellet kayu flamboyan dan kayu trembesi terbaik memenuhi kriteria standar negara Indonesia (Standar Nasional Indonesia- SNI).

Saran

Campuran serbuk kayu flamboyan dan trembesi cukup baik untuk bahan bakar alternatif, dan perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan ukuran serbuk yang lebih halus, laju pembakaran dan kombinasi dengan bahan baku lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Adapa, P. K., Tabil, L. G., & Schoenau, G. J. (2009). Compression Characteristics Of Selected Ground Agricultural Biomass. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.
- Ali, A., & Restuhadi, F. 2010. *Optimasi pembuatan biopellet dari bungkil Picung (pangium edule Reinw) dengan penambahan solar dan perekat tapioka*. Sagu, 9(1): 1-7.
- Basu, P. 2010. Biomass gasification and pyrolysis, practical design and theory. (US): Academic Press.
- Dewan Energi Nasional. 2019. *Outlook Energi Indonesia*. Jakarta: Sekretariat Jendral.
- Hanun F. 2014. *Nilai Kalor Kayu Yang Memiliki Kerapatan dan Kadar Lignin Berbeda*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Hendra, D. 2012. Rekayasa pembuatan mesin pellet kayu dan pengujian hasilnya. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 30(2):144-154.
- Hendra, D., dan Darmawan, S. 2002. Pembuatan briket arang dari serbuk gergajian dengan penambahan tempurung kelapa. *Buletin Penleitian Hasil Hutan*, 18:1-9.
- Liliana, W. 2012. Peningkatan Kualitas Biopellet Bungkil Jarak Pagar Sebagai Bahan Bakar Melalui Teknik Karbonisasi. [Tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Maharjoeno, E. 2005. *Energi Alternatif Pengganti BBM: Potensi Limbah Biomassa Sawit Sebagai Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Jakarta: Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Nasir, A. 2015. Karakteristik Wood Pellet Campuran Cangkang Sawit dan Kayu Bakau (*Rhizophora spp.*). [Skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Nurwigha, R. 2012. *Pembuatan Biopellet Dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Penambahan Arang Cangkang Sawit dan Serabut Sawit Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Onu, F., Sudarja, M. B. N. Rahman. 2010. Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Briket Arang Kombinasi Cangkang Pala (*Myristica fragan Houutt*) dan Limbah Sawit (*Elaeisis guenensis*). *Seminar Nasional Teknik Mesin*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta 104-115
- Pane, J.P, Junary. P., dan Herlina N. 2015. Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka dan Penambahan Kapur dalam Pembuatan Briket Arang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(2) Juni 2015. Medan: Unversitas Sumatera Utara.
- Rahman. 2011. *Uji Keragaan Biopellet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (Oryza sativa sp.) sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan*. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rusdianto, A.S., Choiron, M & Novijanto N. 2014. Karakterisasi Limbah Industri Tape Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biopellet. *Jurnal Industrialisasi*, 1(3):27-32.
- Rizqiani, K.D. 2015. *Pengujian Mekanis Kayu: Pembebanan Pada Dua Titik Tumpu Pada Kayu Flamboyan (Delonix regia (Boj. Ex Hook.) Raf. Dalam: A. Hidayat et al. (Eds.), Prosiding Seminar Hasil Penelitian "Peluang dan Tantangan Pembangunan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Di Riau"*. Pekanbaru: Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan – Kuok.h 109-116.
- Seng, OD. 1990. Pengumuman No. 13: Berat Jenis dari Jenis-jenis Kayu Indonesia dan Pengertian Beratnya Kayu untuk Keperluan Praktek. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor
- Windarwati. 2011. Uji Kinerja Rotary Dryer berdasarkan Efisiensi Ternal Pengeringan Serbuk Kayu untuk Pembuatan Biopellet. *Jurnal Teknik Kimia* No. 2, Vol.21
- Yoyon, S., Bambang., Herwindo, dan Ja'far. 2011. Pembuatan Arang Briket dari Serbuk Gergaji dengan Proses Pengepresan. Pontianak: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Kalimantan Barat.