

KUALITAS BIOPELET DARI LIMBAH BATANG KELAPA SAWIT DAN LIMBAH KAYU PENGGERGAJIAN

The Quality of Biopellet Made from Oil Palm Trunk Waste and Wood Sawing Waste

Tri Wibowo, Dina Setyawati, Nurhaida, Farah Diba

Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Jalan Imam Bojol Pontianak 78124

E-mail: wibowo.3ag@gmail.com

ABSTRACT

Research aimed to evaluate the influence of percentage composition of oil palm trunk waste and wood sawing waste as the material for biopellets and evaluate the quality of biopellets. This study used a completely randomized design. The material of oil palm trunks charcoal and wood sawing was made into small particle. The particle measuring escaped 40 mesh restrained 60 mesh. The percentage composition of oil palm trunks charcoal (OTC) and wood sawing (WS) were as follow: 100% OTC: 0% WS; 80% OTC: 20% WS; 60% OTC: 4% WS; 40% OTC: 60% WS; 20% OTC: 80% WS; and 0% OTC: 100 % WS.. The adhesive used was tapioca powder. A total weight of biopellets was 50 grams and concentration of adhesive from tapioca powder was 5% from the total weight of biopellets. The biopellets size was \varnothing 1 cm and long \pm 4 cm. Biopellets then dried in oven for 24 hours with the temperature 60°C - 70°C. Evaluation the quality of biopellets was conducted based on standard SNI 8021-2014. Result of the research showed that all the biopellets has fulfilled the standard SNI 8021-2014, except on ash content. The composition of oil palm trunks charcoal (OTC) and wood sawing (WS) has significant effect to calor content but didn't have significant effect to the value of moisture content, ash content, fixed carbon and fly material content. The best quality of biopellets was achieved on composition 20% oil palm trunks charcoal and 80% wood sawing with the calor value 4489.00 calorie/gram.

Keyword: Biopellets, charcoals, oil palm trunks, renewable energy, wood sawing waste

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat seiring dengan perkembangan zaman dan pertumbuhan jumlah penduduk serta berkurangnya cadangan minyak, berakibat kelangkaan dan meningkatnya harga minyak di pasaran serta kualitas lingkungan menurun akibat penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian merupakan salah satu hasil bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yang ketersediaannya melimpah di Indonesia khususnya di Kalimantan Barat. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Kalimantan Barat (2013), tanaman kelapa sawit ini

sudah tersebar hampir di seluruh kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Barat. Pada tahun 2013 lahan yang sudah digunakan 10.602,5 km² dari total luas wilayah 146.807 km². Kementerian Kehutanan (2014) menyatakan produksi kayu gergajian sebesar 1,218 juta m³, naik dibandingkan tahun sebelumnya yaitu sebesar 1,053 juta m³. Menggunakan asumsi limbah serbuk gergaji yang dihasilkan sebesar 7,5%, maka akan dihasilkan limbah serbuk gergaji sebesar 91.350 m³.

Sa'adah (2014) melakukan penelitian mengenai biopellet dengan bahan baku limbah kelapa sawit dan serbuk kayu mahoni. Perbandingan yang digunakan adalah 0%, 15%, 30% dan 50%. Nilai

kalor biopelet sebesar 4402,69 kal/g – 4642,73 kal/g. Nilai kalor meningkat seiring dengan penambahan serbuk mahoni. Nilai kalor yang dihasilkan memenuhi standar Perancis.

Pada penelitian ini dibuat biopelet dengan menggunakan bahan baku biomassa limbah batang kelapa sawit dengan campuran limbah kayu penggergajian pada berbagai perbandingan dengan menggunakan perekat tapioka sebesar 5% (b/b). Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari komposisi limbah batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian yang digunakan terhadap kualitas biopelet yang dihasilkan serta untuk mengetahui perlakuan terbaik. Dimasa mendatang, penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu usaha untuk memberikan informasi dan sebagai bahan pertimbangan kepada pihak terkait tentang nilai kualitas biopelet dari limbah batang kelapa sawit dengan limbah kayu penggergajian dan mengurangi dampak pencemaran limbah di lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium *Wood Workshop* Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura, Laboratorium Pengolahan Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura, Laboratorium Agronomi dan Klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura serta Laboratorium Litbang Kehutanan Bogor. Penelitian dilakukan selama 3 bulan mulai dari persiapan, pengerjaan dan pengujian sampai pengolahan data.

Proses pembuatan biopelet dimulai dengan pemotongan batang kelapa sawit

menjadi ukuran lebih kecil agar mempermudah proses penghancuran di dalam alat *willey mill*. Selanjutnya batang kelapa sawit dibuat menjadi serbuk. Serbuk kemudian diayak dengan ukuran lolos 40 *mesh* dan tertahan 60 *mesh*. Biopelet yang dibuat dalam penelitian dengan komposisi serbuk batang kelapa sawit (BKS) dengan serbuk kayu penggergajian (KP) sebagai berikut: 100% BKS : 0% KP; 80% BKS : 20% KP; 60% BKS : 40% KP; 40% BKS : 60% KP; 20% BKS : 80 % KP; dan 0% BKS : 100% KP. Bahan baku ditimbang dengan berat total 50 gram dan disesuaikan dengan persentase yang telah ditentukan. Selanjutnya dicampurkan dengan perekat tapioka dengan konsentrasi 5% dari berat total bahan, dan diaduk sampai merata. Campuran tersebut dicetak dengan diameter 1 cm dan panjang \pm 4 cm, dikempa manual dengan alat pencetak biopelet skala rumah tangga. Biopelet yang telah jadi dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60⁰C - 70⁰C.

Kualitas biopelet dari masing-masing perlakuan diuji mengacu kepada Standar SNI 8021-2014 yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, dan nilai kalori. Penelitian menggunakan pola Rancangan Acak Lengkap (RAL) model linier dengan ulangan masing-masing perlakuan sebanyak 3 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

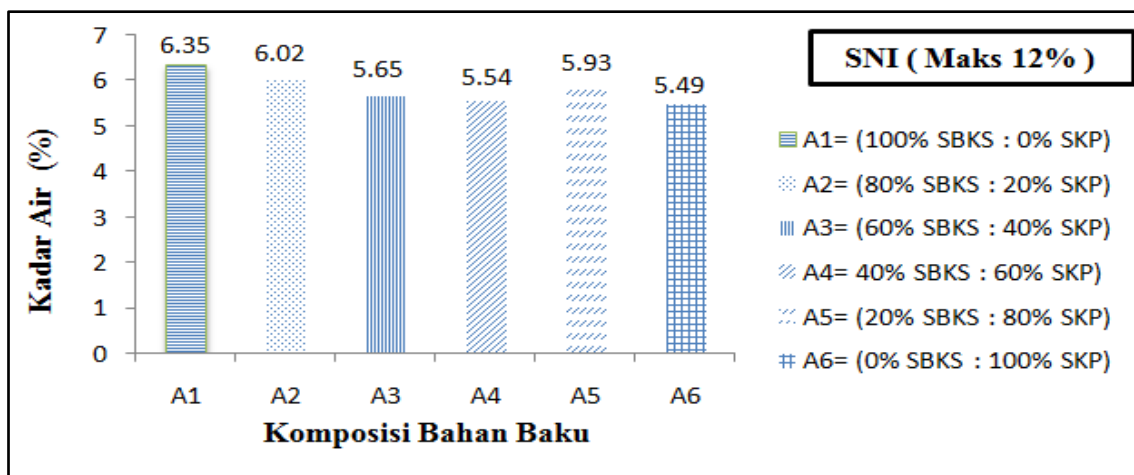
Kadar Air (%)

Nilai rerata kadar air biopelet yang dihasilkan dalam penelitian berkisar antara 5,49% - 6,35%. Nilai kadar air tertinggi adalah 6,35% pada perlakuan biopelet dengan komposisi bahan 100%

serbuk batang kelapa sawit : 0% serbuk kayu penggergajian, dan nilai rerata terendah 5,49% pada perlakuan biopellet dengan komposisi bahan 0% serbuk batang kelapa sawit : 100% serbuk kayu penggergajian. Kadar air merupakan salah satu parameter dalam penentuan kualitas biopellet yang berpengaruh pada nilai kalor pembakaran, kemudahan menyala, daya pembakaran, dan jumlah asap yang dihasilkan selama pembakaran (Rahman, 2011). Tinggi dan rendahnya nilai kadar air mempengaruhi nilai kalor. Semakin rendah nilai kadar air maka akan meningkatkan nilai kalor. Rendahnya nilai kadar air akan memudahkan proses dalam penyalaan dan menurunkan jumlah asap saat pembakaran.

Berdasarkan hasil analisis keragaman kadar air biopellet batang kelapa sawit

dengan penambahan serbuk kayu penggergajian diketahui bahwa perlakuan komposisi bahan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap kadar air biopellet yang dihasilkan. Analisa uji lanjut menunjukkan semakin bertambahnya serbuk kayu penggergajian, maka semakin menurunkan nilai kada air biopellet sehingga nilai kalor yang dihasilkan akan lebih baik. Nilai kadar air yang dihasilkan lebih rendah dari Standar SNI 8021 : 2014 yang memiliki nilai maksimal 12%, yang berarti biopellet ini telah memenuhi standar SNI 8021 : 2014. Nilai kadar air yang baik didukung dengan nilai kalor yang dihasilkan, yaitu diatas 4000 Kalori/gram. Nilai rerata kadar air biopellet disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar Air Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian pada Berbagai Komposisi Bahan (*Moisture content value of biopellets from various composition of oil palm trunks charcoal and wood sawing*)

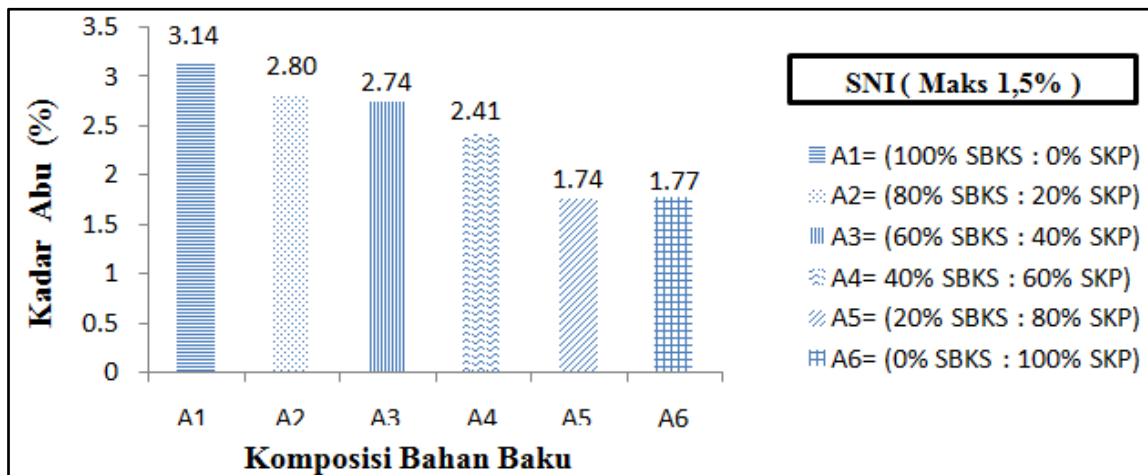
Kadar Abu (%)

Nilai rerata kadar abu biopellet yang dihasilkan dalam penelitian berkisar antara 1,74% - 3,14%. Nilai kadar abu semua biopellet yang dihasilkan dari

penelitian tidak memenuhi standar SNI 8021 : 2014, yang mensyaratkan nilai kadar abu maksimal 1,5%. Abu merupakan bagian yang tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak

memiliki unsur karbon. Unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor bakar dan dapat menurunkan kualitas biopellet karena unsur silika tidak terbakar pada waktu pembakaran (Hendra, 2012). Semakin

tinggi kadar silika pada suatu bahan biomassa, maka abu yang dihasilkan dari proses pembakaran akan semakin tinggi (Rahman, 2011). Nilai kadar abu disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kadar Abu Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian pada Berbagai Komposisi Bahan (*Ash content value of biopellets from various composition of oil palm trunks charcoal and wood sawing*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman kadar abu biopellet serbuk batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar abu biopellet yang dihasilkan. Kadar abu biopellet serbuk batang kelapa sawit dan serbuk kayu penggergajian memiliki rerata tertinggi 3,14% pada perlakuan biopellet dengan komposisi 100% serbuk batang kelapa sawit : 0% serbuk kayu penggergajian (A1). Sedangkan nilai rerata kadar abu terendah 1,74% terdapat pada perlakuan dengan komposisi 20% limbah batang kelapa sawit : 80% serbuk kayu penggergajian (A6).

Analisa uji lanjut menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu penggergajian 20%, 40%, 60%, 80% dan

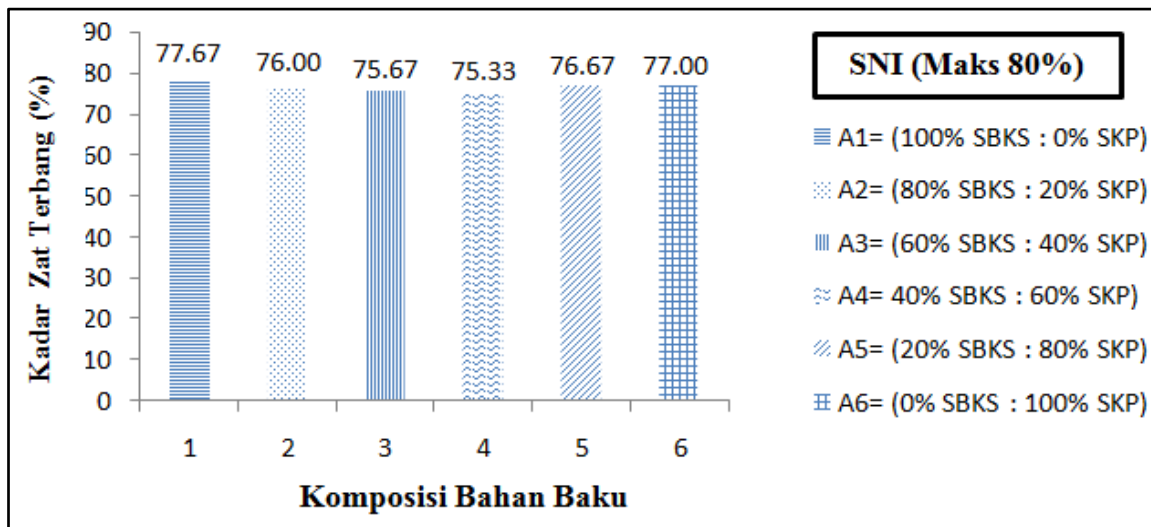
100% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar abu biopellet. Secara umum semakin besar persentase penambahan serbuk kayu penggergajian maka semakin kecil persentase kadar abu yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika pada serbuk kayu penggergajian lebih kecil dibandingkan dengan kandungan silika pada serbuk batang kelapa sawit. Hal ini didukung dengan penelitian dari Fakta Kelapa Sawit (2010) yang menyatakan kandungan silika kelapa sawit sebesar 1,34% dibandingkan dengan kayu agatis 0,1% dan jati 0,4%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kadar abu biopellet dari limbah serbuk batang kelapa sawit dan limbah serbuk kayu

penggergajian tidak memenuhi standar SNI 8021 : 2014 maksimum 1,5%.

Kadar Zat Terbang (%)

Nilai rerata kadar zat terbang biopellet yang dihasilkan dalam penelitian berkisar antara 75,33% - 77,67%. Kadar zat terbang tertinggi adalah 77,67% pada perlakuan biopellet dengan komposisi bahan 100% serbuk batang kelapa sawit : 0% serbuk kayu penggergajian, dan nilai terendah 74,33% pada perlakuan biopellet dengan komposisi bahan 40% serbuk batang kelapa sawit : 60% serbuk kayu penggergajian. Penambahan serbuk kayu

penggergajian pada biopellet berbanding lurus dengan kadar zat terbang yang dihasilkan. Semakin besar penambahan serbuk kayu penggergajian, maka semakin besar pula kadar zat terbang yang dihasilkan. Kadar zat terbang pada serbuk batang kelapa sawit dan serbuk kayu penggergajian tidak mengalami proses karbonisasi sehingga zat terbang yang dihasilkan relatif lebih tinggi dan menghasilkan asap yang cukup banyak, namun hasil penelitian menunjukkan semua perlakuan memenuhi SNI. Nilai rerata kadar zat terbang biopellet hasil penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar Zat Terbang Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian pada Berbagai Komposisi Bahan (*Fly material value of biopellets from various composition of oil palm trunks charcoal and wood sawing*)

Berdasarkan hasil analisis keragaman kadar zat terbang biopellet serbuk batang kelapa sawit dan serbuk kayu penggergajian diperoleh perlakuan perbandingan memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar zat terbang biopellet yang dihasilkan. Analisis uji lanjut menunjukkan penambahan serbuk kayu penggergajian 20%, 40%, 60%,

80% dan 100% juga memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar zat terbang. Kadar zat terbang dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada saat pembakaran. Semakin tinggi jumlah kadar zat terbang dari suatu bahan bakar maka jumlah asap yang dihasilkan semakin tinggi. Menurut

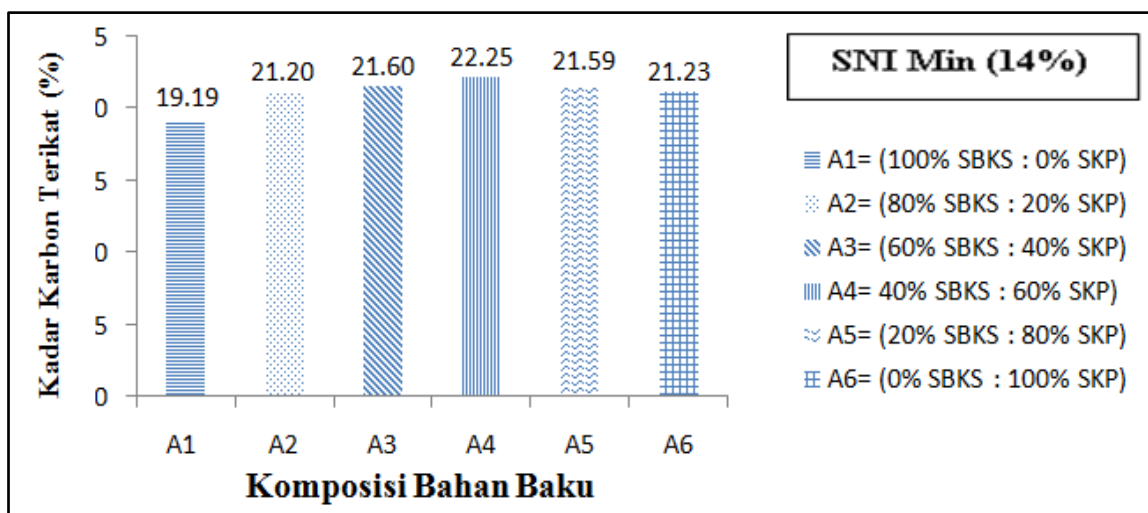
Hendra dan Pari (2000) bahwa kadar zat menguap adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil dekomposisi senyawa senyawa yang masih terdapat didalam arang selain air.

Menurut Fuwape dan Akindele (1997) kadar zat terbang yang tinggi dipengaruhi oleh komponen kimia seperti zat ekstraktif, hemiselulosa, dan air yang mudah menguap pada saat pembakaran suhu tinggi. Selain itu, kadar zat terbang biopellet yang tinggi disebabkan karena tidak adanya proses karbonisasi. Liliana (2010) menyatakan bahwa karbonisasi mampu mengurangi kadar zat terbang karena tidak terdapat oksigen dalam proses karbonisasi yang dapat menyebabkan hilangnya komponen zat terbang dari bahan dan karbon tetap tertinggal dalam bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kadar zat terbang pada biopellet yang dihasilkan semuanya memenuhi standar SNI 8021 :

2014 yang mensyaratkan nilai maksimal kadar zat terbang biopellet sebesar 80%.

Kadar Karbon Terikat (%)

Nilai rerata kadar karbon terikat biopellet yang dihasilkan dalam penelitian berkisar antara 19,19% - 22,25%. Kadar karbon terikat biopellet serbuk batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian memiliki nilai tertinggi (22,25%) pada perlakuan biopellet dengan komposisi 40% serbuk batang kelapa sawit : 60% serbuk kayu penggergajian. Nilai nilai kadar karbon terikat terkecil (19,19%) terdapat pada perlakuan dengan komposisi 100% limbah batang kelapa sawit : 0% serbuk kayu penggergajian. Nilai kadar karbon terikat biopellet pada semua perlakuan memenuhi standar SNI 8021 : 2014 dengan nilai minimum 14%. Nilai rerata kadar karbon terikat biopellet hasil penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Karbon Terikat Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian pada Berbagai Komposisi Bahan (*Fixed Carbon value of biopellets from various composition of oil palm trunks charcoal and wood sawing*)

Karbon terikat merupakan komponen fraksi karbon (C) yang terdapat di dalam

bahan selain air, abu, dan zat terbang, sehingga keberadaan karbon terikat pada

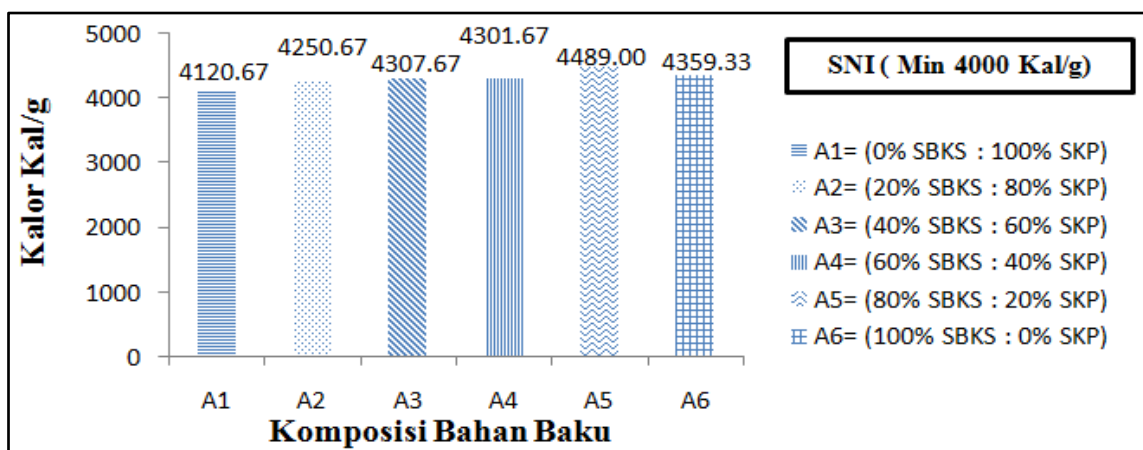
biopellet dipengaruhi oleh nilai kadar abu dan kadar zat terbang pada biopellet tersebut. Pengukuran karbon terikat menunjukkan jumlah material padat yang dapat terbakar setelah komponen zat terbang dihilangkan dari bahan tersebut (Speight, 2005). Kadar karbon sebagai parameter kualitas bahan bakar karena mempengaruhi besarnya nilai kalor. Kandungan kadar karbon terikat yang semakin tinggi akan menghasilkan nilai kalor semakin tinggi, sehingga kualitas bahan bakar akan semakin baik (Saputro *et al.* 2012).

Berdasarkan hasil analisis keragaman diketahui bahwa perlakuan komposisi pada pengujian kadar karbon terikat berpengaruh sangat nyata terhadap kadar karbon terikat biopellet yang dihasilkan. Analisa uji lanjut menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu penggergajian memberikan pengaruh terhadap nilai kadar karbon terikat biopellet, semakin besar persentase penambahan serbuk

kayu penggergajian maka semakin besar pula nilai kadar karbon terikat yang dihasilkan.

Nilai Kalor (kalori/gram)

Nilai rerata kalor biopellet yang dihasilkan dari penelitian pada semua perlakuan sebesar 4120,67 kal/gr – 4489,00 kal/gr. Nilai kalor tertinggi sebesar 4489,00 kal/g diperoleh pada perlakuan biopellet dengan komposisi 20% serbuk batang kelapa sawit : 80% serbuk kayu penggergajian. Nilai rerata kalor biopellet terendah 4120,67 kal/g terdapat pada perlakuan biopellet dengan komposisi 100% serbuk batang kelapa sawit : 0% serbuk kayu penggergajian. Nilai kalor biopellet yang dihasilkan dalam penelitian ini semuanya memenuhi standar SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan minimal 4000 kal/g. Nilai rerata kalor biopellet hasil penelitian disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Kalor Biopellet dari Limbah Batang Kelapa Sawit dan Limbah Kayu Penggergajian pada Berbagai Komposisi Bahan (*Calor value of biopellets from various composition of oil palm trunks charcoal and wood sawing*)

Parameter utama dalam menentukan kualitas bahan bakar biopellet adalah nilai

kalor pembakaran. Pengujian nilai kalor bertujuan untuk mengetahui nilai panas



pembakaran biopelet. Faktor yang memengaruhi nilai kalor yaitu kadar air, karbon terikat, zat terbang, dan abu (Basu, 2012 dalam Mulyasari, 2013). Kadar air, kadar zat terbang, dan kadar abu berbanding terbalik dengan nilai kalor (Haygreen dan Bowyer 1986; Yuniarti *et al.* 2011; Fang *et al.* 2013). Sedangkan kadar karbon terikat berbanding lurus dengan nilai kalor (Saputra *et al.* 2012). Selain itu kadar lignin yang tinggi akan meningkatkan nilai kalor (White, 1987).

Berdasarkan data hasil pengujian nilai kalor menunjukkan bahwa perlakuan komposisi bahan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor biopelet yang dihasilkan. Nilai kalor biopelet dari limbah batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian berkisar antara 4120,67 kal/g – 4489,00 kal/g. Nilai kalor yang dihasilkan dari penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan biopelet dari bahan sekam padi hasil penelitian Rahman (2011) dengan nilai kalor sebesar 3590,82 kal/g. Hasil analisis keragaman menunjukkan penambahan serbuk kayu penggergajian berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor biopelet. Penambahan serbuk kayu penggergajian mengakibatkan peningkatan nilai kalor.

Perlakuan komposisi bahan yang memberikan nilai terbaik untuk seluruh kualitas biopelet, dengan mengacu kepada Standar SNI 8021 : 2014, baik pada nilai kadar air, kadar abu, zat terbang, karbon terikat dan nilai kalor menunjukkan bahwa komposisi 20% serbuk batang kelapa sawit dan 80% kayu penggergajian sebagai perlakuan terbaik. Limbah batang kelapa sawit dan limbah serbuk gergaji merupakan bahan baku

biomassa yang banyak tersedia. Pemanfaatan kedua biomassa sebagai biopelet, yang merupakan bahan baku energy terbarukan, dapat meningkatkan nilai limbah serta dapat memenuhi kebutuhan akan energi, baik pada masyarakat dan pada industri yang membutuhkan.

KESIMPULAN

1. Biopelet dengan komposisi 20% serbuk batang kelapa sawit dan 80% kayu penggergajian memiliki nilai kalor tertinggi dengan nilai 4489,00 Kal/g.
2. Komposisi bahan yang digunakan dalam menghasilkan biopelet berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor biopelet, tetapi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan karbon terikat.
3. Biopelet batang kelapa sawit dan limbah kayu penggergajian pada semua perlakuan komposisi bahan memenuhi standar SNI 8021 : 2014, kecuali pada nilai kadar abu.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kalimantan Barat. 2014. *Provinsi Kalimantan Barat Dalam Angka Tahun 2013*. Kalimantan Barat.
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *Pelet Kayu*. SNI 8021 : 2014. Jakarta.
- Departemen Kehutanan Republik Indonesia. 2011. *Eksekutif Data Strategis Kehutanan 2010. Pusat Rencana dan Statistik Kehutanan*. Badan Planologi Kehutanan.

- Fang S, Zhai J, Tang LL. 2013. *Clonal Variation in Growth, Chemistry, and Caloric Value of New Poplar Hybrids at Nursery Stage. Biomass Bioenergy* 54: 303-311.
- Fuwape JA, Akindele SO. 1997. *Biomass Yield and Energy Value of Some Fast Growing Multi Purpose Trees in Nigeria. Biomass Energy* 12(2): 101-106.
- Haygreen JG, Bowyer JL. 1986. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu, Suatu Pengantar. Hadikusumo SA. Penerjemah; Prawirohatmodjo S. Editor. Yogyakarta(ID): UGM Press. Terjemahan dari : Forest Product and Wood Science, an Introduction.*
- Hendra D. 2012. *Rekayasa pembuatan mesin pellet kayu dan pengujian hasilnya. Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 30 (2): 144 – 154.
- Hendra D, Pari G. 2000. *Penyempurnaan Teknologi Pengolahan Arang. Laporan Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutan, Bogor.*
- Kementerian Kehutanan. 2014. *Statistik Kementerian Kehutanan tahun 2013.*
<http://www.dephut.go.id/uploads/files/2fba7c7da8536e31671e3bb84f141195.pdf>.
- Liliana W. 2010. *Peningkatan Kualitas Biopellet Bungkil Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Melalui Teknik Karbonisasi [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.*
- Mulyasari T. 2013. *Karakteristik Beberapa Jenis Kayu sebagai Bahan Baku Energi Biomassa [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.*
- Rahman. 2011. *Uji Keragaman Biopellet dari Biomassa Limbah Sekam Padi (Oryza sativa sp.) sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.*
- Sa'adah W A. 2014. *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis guineensis jacq.) dan Serbuk Kayu Mahoni sebagai Bahan Baku Biopellet [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.*
- Saputro. 2012. *Karakterisasi Briket dari Limbah Pengolahan Kayu Sengon dengan Metode Cetak Panas. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2012. Yogyakarta.*
- Speigth JG. 2005. *Handbook of Coal Analysis. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.*
- White RH. 1987. *Effect of Lignin Content and Extractive on The Higher Heating Value of Wood. Wood Fiber Sci.* 19(4): 446-452.
- Yuniarti, Theo YP, Faizal Y, Arhamsyah. 2011. *Briket Arang dari Serbuk Gergajian Kayu Meranti dan Arang Kayu Galam. J. Riset Industri Hasil Hutan* 3(2): 37-42.