

Peningkatan Karakteristik *Biopellet* Kayu Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Alternatif

Indra Mawardi¹, Nurdin², Ariefin³, Ramli Usman⁴, Abdel HS⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹indratm@pnl.ac.id

Abstrak— Energi berbahan baku fosil seperti minyak bumi dan gas alam saat ini semakin mahal dan langka. Salah satu alternatif dalam mengatasi kelangkaan energi fosil ini adalah melalui energi terbarukan dari biomassa kayu kelapa sawit, yang dapat dibentuk menjadi biomassa padat (pellet). Permasalahan pada biopellet kayu kelapa sawit adalah karakteristik dari *biopellet* kayu kelapa sawit tersebut yang masih rendah seperti nilai kalornya. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan karakteristik *biopellet* kayu kelapa sawit melalui penambahan unsur karbon dan *densifikasi* lubang laluan cetakan *biopellet*. Metode penelitian ini dimulai dari pembuatan cetakan dengan membuat bentuk lubang laluan berbentuk counterbore. Partikel kayu kelapa sawit disaring dengan ukuran mesh 81. Karbon yang digunakan berasal dari arang tempurung kelapa. Ukuran arang tempurung kelapa 200 mesh. Tepung tapioka digunakan sebagai pengikat. Proses pembentukan biopellet kayu kelapa sawit menggunakan wood pellet machine. *Biopellet* divariasikan berdasarkan penambahan arang tempurung 10%, 20% dan 30%. Pengikat digunakan sebesar 15%. Pengujian mengacu pada standar pelet kayu Indonesia SNI 8021 : 2014. Hasil penelitian menunjukkan variasi penambahan persentase karbon tempurung berpengaruh terhadap nilai kalor dari *biopellet* KKS yang dihasilkan. Karakteristik *biopellet* KKS dengan penambahan karbon dari arang tempurung kelapa, yaitu; nilai kadar air berkisar antara 11,5 - 11,8%, nilai kalor berkisar antara 4550 kal/g - 4644 kal/g dan densitas yang berkisar antara 0.39922 - 0.4127 g/cm³. Variasi terbaik dari pembentukan *biopellet* KKS dengan penambahan karbon dari arang tempurung kelapa adalah pada variasi penambahan arang tempurung kelapa 30% dan tepung tapioka 15%.

Kata kunci— *biopellet*, kayu kelapa sawit, arang tempurung, lubang laluan counterbore.

Abstract— Fossil energy sources are increasingly expensive and scarce, because of this alternative energy needs to be sought. One alternative energy is biomass from oil palm wood. Utilization of palm oil waste can be processed into solid biomass (pellets) as a substitute for alternative energy. But the problem often faced with oil palm wood bio pellets is that the characteristics of the oil palm wood bio pellets are still low due to the characteristics of the oil palm wood itself which is low-quality wood. The purpose of this study is to improve the characteristics of oil palm wood bio pellets through the addition of carbon elements and densification of bio pellets mold passes. This research method starts with making molds by making counterbore-shaped passageways. Palmwood particles are filtered with a mesh size of 81. The carbon used comes from coconut shell charcoal. The size of the coconut shell charcoal is 200 mesh. Tapioca flour is used as a binder. The process of forming palm oil bio pellets uses a pellet machine. Biopellets are varied based on the addition of shell charcoal 10%, 20%, and 30%. Binders are used as much as 15%. The test refers to the Indonesian wood pellet standard SNI 8021: 2014. The results showed variations in the addition of shell carbon percentage affect the heating value of the palm oil bio pellets produced. The characteristics of palm wood bio pellets with carbon addition from coconut shell charcoal, namely; the value of water content ranged from 11.5% - 11.8%, the heating value ranged from 4550 cal / g - 4644 cal / g and the density ranged from 0.39922 g / cm³ - 0.4127 g / cm³. The best variation of the formation of palm wood bio pellets with carbon addition from coconut shell charcoal is in the variation of adding coconut shell charcoal 30% and tapioca flour 15%.

Keywords— biopellet, oil palm wood, shell charcoal, counterbore die hole

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi tidak terlepas dari penggunaan energi bahan bakar untuk kebutuhan pembangkit listrik. Energi listrik yang digunakan oleh masyarakat pada umumnya adalah energi yang berasal dari minyak bumi, gas, dan batu bara. Sumber bahan tersebut semakin hari semakin mahal dan langka. Oleh karena tersebut perlu dicari energi alternatif. Salah satu energi alternatif adalah biomassa dari kayu kelapa sawit (KKS). Pemanfaatan limbah KKS dapat diolah menjadi biomassa padat (pellet) sebagai pengganti energi alternatif.

Biomassa dalam bentuk pellet dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat. *Biopellet* atau pellet yang berasal dari biomassa dikonversi dan dapat dimanfaatkan sebagai energi bahan bakar menggunakan teknik *densifikasi*. Teknik ini bertujuan untuk meningkatkan densitas (kerapatan) *biopellet* sehingga akan memudahkan penyimpanan serta pengangkutan. Konversi *biopellet* dapat menaikkan nilai kalori per unit volume, mudah disimpan dan diangkut, mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam dari biopellet yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan dari pelet adalah bahan baku kadar air, ukuran partikel, kondisi pengempaan dan perlakuan setelah proses produksi [1].

Penanganan limbah padat dari hasil perkebunan di industri kelapa sawit selama ini dilakukan dengan cara dibakar. Tindakan ini tentu saja dapat memberikan dampak negatif

terhadap lingkungan, seperti polusi dan pencemaran lingkungan. Maka dari itu diperlukan suatu tindakan untuk mengolah limbah industri tersebut dengan teknologi yang praktis sehingga dapat menghasilkan suatu produk yang bermanfaat bagi masyarakat di bidang pertanian dan perkebunan, dengan memanfaatkan limbah kayu kelapa sawit diolah menjadi suatu produk, yaitu biomassa padat. Namun masalah yang sering dihadapi pada pellet KKS adalah karakteristik dari *biopellet* KKS tersebut yang masih rendah dikarenakan karakteristik KKS itu sendiri yang merupakan kayu dengan kualitas rendah.

Didasari dari permasalahan tersebut maka perlu dicari alternatif lain untuk sumber energi yang berbasis alam dengan pemanfaatan KKS dalam bentuk *biopellet*. Karakteristik *biopellet* KKS perlu ditingkatkan dengan teknik *densifikasi* dan penambahan unsur karbon.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan karakteristik *biopellet* kayu kelapa sawit melalui penambahan unsur karbon dan *densifikasi* lubang laluan cetakan *biopellet*.

Penelitian dirasa penting dikarekan; (1) Potensi limbah batang kelapa sawit dalam jumlah yang cukup besar sebagai bahan baku *biopellet*, (2) Energi fosil berupa minyak bumi, gas, dan batu bara yang harganya semakin meningkat dan terkadang langka untuk didapatkan, hal ini berpengaruh terhadap juga harga yang semakin mahal mengingat kebutuhan konsumen yang tinggi, (3) Belum optimalnya hasil dari proses

pembentukan *biopellet* kayu kelapa sawit, dikarenakan belum adanya peninjauan kualitas *biopellet* terhadap variabel proses (bentuk atau spesifikasi cetakan dan proses pencetakan).

Pohon kelapa sawit merupakan tanaman komersial memiliki masa produksi sampai dengan 30 tahun meskipun pada umumnya pohon kelapa sawit setelah mengalami masa produksi 21 tahun sampai dengan 25 tahun akan digantikan dengan tanaman yang baru. Batang sawit berpotensi dijadikan *biopellet*, karena dari hasil peremajaan batang kelapa sawit tersedia bahan baku *biopellet* yang berlimpah sepanjang tahun. Sebagai salah satu jenis monokotil, karakteristik kayu kelapa sawit secara alami berbeda dibandingkan dengan kayu biasa yang berasal dari dikotil. Kelapa sawit mempunyai sifat yang sangat beragam dari bagian luar ke pusat batang dan sedikit variasi dari bagian pangkal ke ujung batang

Tempurung kelapa terletak dibagian dalam kelapa setelah sabut. Tempurung kelapa merupakan lapisan keras dengan ketebalan 3 mm sampai dengan 5 mm, sifat kerasnya disebabkan oleh banyaknya kandungan silikat (SiO_2). Pada umumnya kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200 hingga 19288,05 kJ/kg [2].

Biomassa merupakan produk reaksi fotosintetik dari karbon dioksida dengan air, yang terdiri dari karbon, oksigen, dan hidrogen, yang terdapat dalam bentuk polimerik makroskopik kompleks. Oleh karena itu, selain kandungan-kandungan biomassa yang telah diuraikan di atas, kandungan yang juga patut diperhatikan adalah kandungan biopolimer dari biomassa yang terdiri dari *hemiselulosa*, *selulosa*, dan *lignin* [2], [3], [4].

Biomassa merupakan sumber energi yang bersih dan dapat diperbarui yang di hasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun limbah. Biomassa merupakan energi terbarukan dalam bentuk energi padat yang berasal dari tumbuhan maupun limbah industri dan dikenal sebagai hijau baik yang langsung digunakan atau diproses terlebih dahulu. Saat ini sumber energi alternatif dari biomassa sedang banyak diteliti oleh para ahli dan dikembangkan, karena sifatnya yang melimpah, mudah diperoleh, dapat diperbaharui secara cepat, dan kandungan energinya yang cukup tinggi.

Pellet merupakan hasil pengempaan biomassa yang memiliki tekanan yang lebih besar dibandingkan briket. *Wood pellet* sudah banyak digunakan di beberapa daerah di suatu Negara, di beberapa tempat *wood pellet* semakin populer seiring dengan mahalnya sumber energi primer serta tuntutan terhadap mitigasi perubahan iklim. Variabel yang paling penting dalam produksi *wood pellet* adalah jenis biomassa (spesies, kadar air, bentuk biomasa terkirim), tanaman dan harga peralatan, biaya energi dan struktur tenaga kerja. Produksi *wood pellet* cukup menguntungkan bagi produsen maupun *retailer*/distributor, termasuk bagi produksi skala kecil dan menengah [5].

Biopellet adalah salah satu bentuk bahan bakar padat berbasis limbah industri dengan ukuran yang lebih kecil dari pada briket. *Biopellet* mempunyai densitas dan keseragaman ukuran yang lebih baik dibandingkan *biobriquet*. *Pellet* kayu yang dihasilkan dari berbagai bahan biomassa, seperti limbah serbuk gergaji dari pabrik penggergajian kayu dan serbuk limbah *veneer* dari pabrik kayu lapis. Terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan sebagai bahan pertimbangan dalam penggunaan biomassa, yakni selain aspek ketersediaan biomassa dan rantai suplai biomassa ialah aspek nilai kalori dan kandungan dari biomassa tersebut (kadar air, kadar abu, zat terbang, unsur klorin). Dengan mengetahui kandungan yang dimiliki oleh suatu biomassa tertentu, maka dapat

ditentukan jalur konversi termal (pembakaran langsung, pirolisis, gasifikasi, atau fermentasi) yang paling cocok untuk jenis biomassa tersebut [6].

Keunggulan dari *biopellet* ini adalah dapat meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran. Selain itu ukuran dan keseragaman *biopellet* juga dapat memudahkan proses pemindahan (transportasi) dari satu tempat ke tempat lainnya.

Penelitian mengenai *biopellet* dengan bahan baku limbah kelapa sawit dan serbuk kayu mahoni dengan perbandingan yang digunakan adalah 0%, 15%, 30% dan 50% telah dilakukan. 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 (ITEBE) [7].

Biopelet dengan menggunakan bahan baku cangkang dengan penambahan tandan kosong kelapa sawit dilakukan dengan perbandingan yang digunakan adalah 100% : 0%, 75% : 25%, 50% : 50%, 25% : 75%, dan 0% : 100%. Nilai kalor biopelet sebesar 4172,5 – 4666 kal/g. Nilai kalor meningkat seiring dengan penambahan tandan kosong kelapa sawit. Nilai kalor yang dihasilkan memenuhi standar Swedia (SS 18 71 20) dan Prancis (ITEBE) [8].

Pada penelitian ini dibuat biopelet dengan menggunakan bahan baku cangkang dengan penambahan tandan kosong kelapa sawit. Penelitian bertujuan untuk mengavaluasi pengaruh penambahan tandan kosong kelapa sawit dalam pembuatan *biopellet* cangkang kosong kelapa sawit dan karakteristik *biopellet* dari campuran cangkang dan tandan kosong kelapa sawit.

Zulfian [9] melakukan penelitian mengenai kualitas biopelet dari limbah batang kelapa sawit pada berbagai ukuran serbuk dan jenis perekat. Perbandingan ukuran saringan yang digunakan adalah 10 *mesh*, 20 *mesh*, 40 *mesh*, 60 *mesh*. Nilai kalor tertinggi sebesar 4451,67 kal/g terdapat pada perlakuan *biopellet* dengan ukuran lolos saringan 10 *mesh* tertahan 20 *mesh* dengan jenis perekat tapioka. Nilai kalor terendah sebesar 3719,67 kal/g terdapat pada perlakuan *biopellet* dengan ukuran lolos saringan 40 *mesh* tertahan 60 *mesh* dengan jenis perekat tepung sagu.

Penelitian pellet kayu dari sisa kayu gergajian dengan berbagai variasi jumlah perekat telah dilakukan. Perekat yang digunakan adalah tapioka dengan persentase 10, 15 dan 20%. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan; jenis perekat dan ukuran serbuk tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air begitu juga interaksi kedua faktor tersebut, namun berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kalor serta interaksi keduanya. Karakteristik *wood pellet* yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah kadar air berkisar antara 9.85 - 8.91%. Nilai kalor berkisar antara 17058 J/g (4074 kal/g) – 17555 J/g (4192 kal/g). Maka semakin tinggi nilai kalor maka semakin bagus kualitas pelet [10], [11], [12].

Kadar air wood pellet dari kayu kembang, kayu akasia dan kayu tarap dengan ukuran partikel 15 *mesh*, 25 *mesh* dan 35 *mesh* dan suhu pemanasan 60°C dan 110°C berkisar antara 9,98% - 4,38%. Pemanfaatan limbah kayu dari industri pengolahan kayu saat ini sebagai bahan baku pelet kayu dikategorikan sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan karena rendah emisi/karbon netral. Penggunaan pelet kayu memiliki resiko yang kecil terhadap ketersediaannya, karena bahan bakunya terdiri dari limbah kayu gergajian maupun limbah kayu [8]. Semakin lama proses pengeringan maka semakin rendah efisiensi termal yang dihasilkan. Efisiensi

termal yang didapat pada rotary dryer sebesar 16,41 %, 12,26 %, dan 9,70 % untuk masing-masing waktu pengeringan. Setelah proses pengeringan dengan menggunakan rotary dryer ini, penurunan kadar air dari bahan baku semakin besar, hal ini dikarenakan banyaknya kadar air yang teruapkan pada serbuk kayu. Kadar air awal serbuk kayu sebesar 23 % turun secara signifikan setelah proses pengeringan terjadi dan hasil tersebut telah memenuhi standar mutu kualitas briket kayu (biopellet) [6].

Karakteristik *biopellet* KKS yang akan diteliti meliputi:

1. Kadar Air / *Moisture Content*

Kadar air merupakan kandungan air pada bahan bakar padat, semakin besar kadar air yang terdapat pada bahan bakar padat maka nilai kalornya semakin kecil, begitu juga sebaliknya. Prosedur pengujian kadar *pellet* mengikuti SNI 06-3730-1995 dengan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

W_1 = berat sampel (gr)

W_2 = berat sampel setelah dikeringkan dalam tanur (gr).

2. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah jumlah suatu panas yang dihasilkan persatu berat dari proses pembakaran cukup dari satu bahan yang mudah cukup terbakar. Pengukur nilai kalor dapat dilakukan dengan menggunakan *bomb calorimeter* dengan metode uji SNI 01-6235-2000 dengan persamaan:

$$\text{Hg (cal/g)} = \frac{\Delta t \times w}{m} \quad (2)$$

Keterangan:

Hg = kalori per gram *pellet*

Δt = kenaikan temperatur pada termometer ($^{\circ}\text{C}$)

w = kapasitas kalori alat 2565,446 kalori/ $^{\circ}\text{C}$ pada saat kalibrasi

m = berat *pellet*

3. Kerapatan / Density

Densitas merupakan tingkat kerapatan suatu bahan bakar yang telah mengalami tekanan. Densitas didapatkan melalui perbandingan antara massa dan volume. Menghitung kerapatan dapat menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Keterangan :

ρ = Densitas (g/cm^3)

m = Massa (g)

V = Volume (cm^3)

Standar nasional Indonesia mempersyaratkan karakteristik *wood pellet* (kerapatan, kadar air, kadar abu, kadar terkait karbon, kadar zat mudah menguap dan nilai kalor) seperti pada SNI 8021 : 2014 [13]. Adapun SNI 8021: 2014 dapat dilihat pada tabel 1.

TABEL 1
PERSYARATAN PELET KAYU MENURUT SNI 8021 : 2014

No	Parameter	Satuan	Persyaratan
1	Kerapatan	g/cm^3	Min. 0,8
2	Kadar Air	%	Maks. 12
3	Kadar Abu	%	Maks. 1,5
4	Zat yang mudah menguap/ bagian yang hilang	%	Maks. 80
5	Kadar Karbon	%	Min. 14
6	Nilai Kalor	Kal/g	Min. 4.000

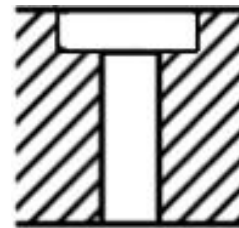
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah mesin pencetak pellet, alat uji kadar air, pengayak, timbangan, mesin bor, dan *counterbore*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kayu kelapa sawit, arang dari tempurung kelapa, dan tepung tapioka sebagai perekat.

B. Pembuatan cetakan *biopellet*

Cetakan *biopellet* didesain untuk pembentukan *biopellet*. Cetakan dibentuk dengan lubang laluan berbentuk *counterbore* seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Desain lubang laluan *counterbore*

Dimensi cetakan dan lubang laluan *counterbore* yang akan dibuat adalah sebagai berikut; Diameter cetakan 310 mm, tebal 36 mm, diameter lubang laluan 7,5 mm, jumlah lubang laluan 369 lubang.

C. Proses Produksi Pellet Kayu

Persiapan Bahan Baku

KKS berasal dari batang kelapa sawit. KKS dipartikelisasi hingga mendapatkan ukuran serbuk mesh 81. Serbuk yang telah disaring akan dikeringkan di bawah sinar matahari langsung agar kadar airnya sama. Arang tempurung juga dihaluskan hingga ukuran 200 mesh.

Variasi *biopellet* KKS

Pembuatan *biopellet* KKS dilakukan dengan mencampur KKS, arang tempurung dan tepung tapioka. Pencampuran KKS dilakukan dengan variasi arang tempurung 10%, 20%, dan 30%. Tepung tapioka digunakan sebesar 15%.

Pencetakan

Biopellet KKS dicetak menggunakan mesin pencetak pellet atau *wood pellet machine*. Roller penggiling dengan tekanan 60 kg/m^2 berputar menggiling bahan baku pada cetakan (*dies*), kemudian pellet yang keluar dari lubang cetakan akan dipotong oleh pisau, sehingga ukurannya sama.

Pengeringan

Pengeringan *biopellet* yang sudah jadi dijemur di bawah sinar matahari langsung, agar kadar air pada *biopellet* berkurang dan pellet menjadi lebih padat karena zat pengikat sudah mengering.

Tahap Analisa

Tahapan ini meliputi menganalisis terhadap karakteristik *biopellet* KKS. Pengujian karakteristik *biopellet* antara lain, kadar air nilai kalor, dan karapatan. Kemudian dibandingkan hasilnya dengan standar pelet kayu Indonesia dengan mengacu pada SNI 8021 : 2014.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil manufaktur cetakan telah berhasil dibuat cetakan *biopellet* KKS dengan lubang laluan berbentuk *counterbore* seperti diperlihatkan pada gambar 2. Cetakan dipasang pada mesin pembuat pellet.

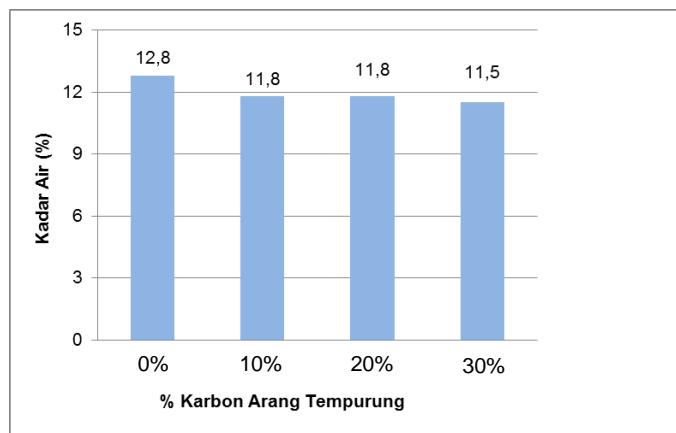


Gambar 2. Cetakan lubang laluan *counterbore*

Dari hasil analisa data terhadap *biopellet* KKS dengan penambahan arang tempurung, didapat karakteristik *biopellet* sebagai berikut.

a. Nilai Kadar Air (%)

Pellet dengan kadar air yang tinggi akan mempengaruhi nilai kalor. Hal ini disebabkan oleh panas yang digunakan untuk menguapkan air pada pellet dapat digunakan sebagai panas pada pembakaran. Hasil yang didapatkan pada pengujian nilai kadar air *biopellet* KKS dengan penambahan karbon arang tempurung dicetak dengan lubang laluan *counterbore* tergambar pada gambar 3.



Gambar 3. Nilai Kadar Air *biopellet* KKS dengan variasi jumlah karbon

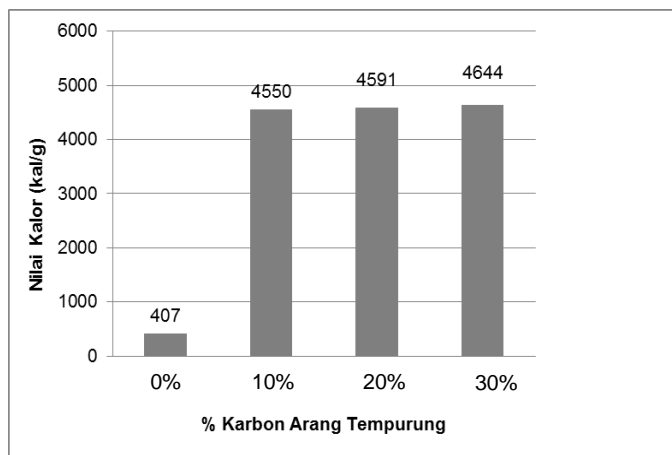
Pada gambar 3 terlihat kadar air *biopellet* KKS dengan berbagai variasi penambahan karbon. Kadar air *biopellet* KKS dengan penambahan karbon arang tempurung berkisar antara 11,5%-11,85. *Biopellet* KKS dengan penambahan 10% dan 20% karbon arang tempurung memiliki nilai kadar air tertinggi

sebesar 11,8% dan kadar air terendah pada penambahan kadar karbon 30% yaitu 11,5%. *Biopellet* KKS tanpa penambahan arang tempurung mempunyai kadar air sebesar 12,8%. Kadar air terlihat cenderung menurun dengan penambahan karbon arang tempurung yang lebih besar. Nilai kadar air *biopellet* KKS dengan penambahan karbon tempurung kelapa telah memenuhi standar pellet kayu SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan kadar air maksimal 12%.

b. Nilai Kalor (kal/g)

Pada pengujian nilai kalor ini menggunakan *Automatic Bomb Calorimeter – K88890*. Penentuan nilai kalor dengan cara menimbang pellet kayu yang sudah ditumbuk hancur menjadi serbuk seberat 1 gram. Lalu spesimen ditempatkan pada *crucible* cawan besi dan disiapkan kawat untuk menyalakan dan dihubungkan dengan batang-batang yang terdapat pada bom dan bagian kawat spiral diatur agar mengenai pada bagian bahan yang akan diuji. Kemudian bom ditutup rapat dan diisi oksigen perlahan sehingga mencapai tekanan 35 atmosfer. Juga dilakukan pengaturan massa yang terdapat pada *crucible* pada monitor. Kemudian *bom* dimasukkan ke dalam kalorimeter yang telah terisi air sebanyak 1350 ml. Setelah dimasukkan, kemudian ditutup dan dihidupkan pengaduk air pendingin selama 5 menit sebelum alat dinyalakan. Setelah temperatur bom dan kalorimeter sama, maka pada *calorimeter controller* terdapat status *fire*, sehingga akan terjadi pembakaran. Menunggu hingga temperatur antara bom dan kalorimeter sama.

Pengukuran dilakukan sampai suhu mencapai maksimum. Gambar 4 merupakan hasil pengujian nilai kalor *biopellet* KKS.



Gambar 4. Nilai kalor *biopellet* KKS dengan variasi jumlah karbon

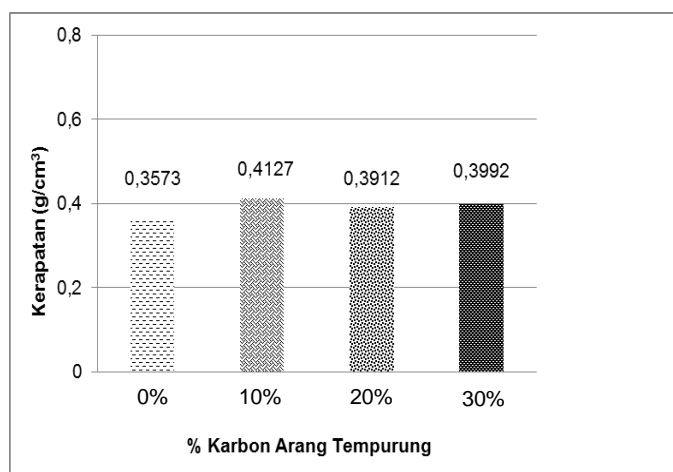
Nilai kalor merupakan nilai yang sangat penting bagi *biopellet*. Nilai kalor berpengaruh terhadap kemampuan daya energi yang diberikan oleh *biopellet* nantinya. Dari hasil pemeriksaan nilai kalor terhadap *biopellet* KKS dengan penambahan karbon arang tempurung, nilai kalornya berkisar antara 4550 – 4644 kal/g. Jika dibandingkan dengan nilai kalor *biopellet* KKS tanpa penambahan karbon arang tempurung (407 kal/g), penambahan arang tempurung dapat meningkatkan nilai kalor hingga 10 kali.

Biopellet KKS dengan penambahan karbon arang tempurung 30% memiliki nilai kalaor tertinggi, 4644 kal/g dan pada variasi 10% memiliki nilai kalor terendah sebesar 4550 kal/g. Semakin besar penambahan karbon arang tempurung maka akan semakin menaikan nilai kalor dari *biopellet* KKS. Nilai kalor pellet KKS dengan penambahan karbon tempurung

kelapa telah memenuhi standar pellet kayu SNI 8021 : 2014 yang mensyaratkan nilai kalor minimal 4000 kal/g.

c. Nilai Densitas (g/cm³)

Pengaruh nilai densitas pada *biopellet* sangat mempengaruhi karakteristik *biopellet* seperti nilai kadar air dan nilai kalor. Nilai densitas/kerapatan yang tinggi mempengaruhi penurunan nilai kadar air yang disebabkan oleh tekanan pada lubang laluan yang sudah dimodifikasi mendapatkan tekanan yang berbeda dan menyebabkan air keluar dari *biopellet* yang berdampak pada pori-pori *biopellet* kayu semakin kecil sehingga pellet kayu akan sulit menyerap kadar air. Rendahnya kadar air ternyata berdampak positif pada nilai kalor. Semakin rendah suatu nilai kadar air, maka semakin tinggi nilai kalornya. Hal ini disebabkan oleh *biopellet* kayu yang rendah kadar air mengakibatkan perekat tapioka dapat mengikat partikel dengan baik dan mengisi rongga-rongga kosong pada *biopellet* sehingga mengurangi partikel air pada *biopellet* tersebut.



Gambar 5. Nilai densitas *biopellet* KKS dengan variasi jumlah karbon

Gambar 5 memperlihatkan nilai kerapatan atau density dari *biopellet* KKS dengan berbagai variasi penambahan karbon arang tempurung. Nilai kerapatan *biopellet* KKS dengan berbagai variasi penambahan karbon arang tempurung berkisar antara 0,39922 – 0,4127 g/cm³. Nilai kerapatan tertinggi pada variasi penambahan arang tempurung 10% dan terendah pada penambahan karbon arang tempurung 30%. Jika dilihat dari nilai kerapatan yang didapat, penambahan karbon arang tempurung pada *biopellet* KKS tidak berpengaruh. Dari nilai kerapatan yang dihasilkan, *biopellet* KKS dengan penambahan karbon tempurung kelapa belum memenuhi standar pellet kayu SNI 8021:2014 yang mensyaratkan kaerapatan minimal 0,8 g/cm³.

IV. KESIMPULAN

Telah dihasilkan *biopellet* kayu kelapa sawit dengan penambahan karbon arang tempurung yang dicetak melalui cetakan dengan lubang laluan berbentuk *counterbore*. Variasi penambahan persentase karbon tempurung berpengaruh terhadap nilai kalor dari *biopellet* KKS yang dihasilkan. Karakteristik *biopellet* KKS dengan penambahan karbon dari arang tempurung kelapa, yaitu: nilai kadar air berkisar antara 11,5 – 11,8%, nilai kalor berkisar antara 4550 - 4644 kal/g dan densitas yang berkisar antara 0,39922 – 0,4127 g/cm³. Variasi terbaik dari pembentukan *biopellet* KKS dengan panambahan karbon dari arang tempurung kelapa adalah pada variasi

penambahan arang tempurung kelapa 30% dan tepung tapioka 15%.

REFERENSI

- [1] B. Lehmann, H.-W. Schröder, R. Wollenberg, and J.-U. Repke, "Effect of miscanthus addition and different grinding processes on the quality of wood pellets," *Biomass and bioenergy*, vol. 44, pp. 150–159, 2012.
- [2] D. D. Lamanda, D. Setyawati, F. Diba, and E. Roslinda, "Karakteristik Biopellet Berdasarkan Komposisi Serbuk Batang Kelapa Sawit Dan Arang Kayu Laban Dengan Jenis Perekat Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan," *J. Hutan Lestari*, vol. 3, no. 2.
- [3] D. Darmein, "Variasi Temperatur Melting Polypropylene Terhadap Perubahan Bentuk Produk Dengan Menggunakan Desain Extrusi Single Screw," *J. POLIMESIN*, vol. 8, no. 1, pp. 711–716, 2010.
- [4] S. I. Mawardi, "Perancangan dan fabrikasi mesin extrusi single screw," *J. POLIMESIN*, vol. 7, no. 1, pp. 602–606, 2009.
- [5] D. Jones, D. Harper, and A. Taylor, "Wood Pellets, an Introduction to Their Production and Use," *For. Prooduct Center, Mississipi State Univ. Mississipi*, 2012.
- [6] E. Arsad, "Sifat Fisik dan Kimia Wood Pellet dari Limbah Industri Perakayuan sebagai Sumber Energi Alternatif," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [7] W. A. Sa'adah, "Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.) dan Serbuk Kayu Mahoni sebagai Bahan Baku Biopellet (Skripsi)," *Inst. Pertan. Bogor, Bogor, Indones.*, 2014.
- [8] Novi Ari Christanty, "Biopellet Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energy Alternative Terbarukan," Institut Pertanian Bagor, 2014.
- [9] Zulfian, "Kualitas Biopellet dari limbah batang kelapa sawit pada berbagai ukuran serbuk dan jenis perekat," *J. hutan lestari*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [10] J. Indra Mawardi, Ariefin, Haiyum M, Alfatier, "Pengaruh Persentase Perekat Terhadap Karakteristik Biopellet Dari Kayu Sisa Gergajian sebagai Bahan Baku Energi Alternatif," in *Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol.1 No.1 Sep. 2017*, 2017.
- [11] A. Ginting, I. Mawardi, A. Jannifar, S. S. Hasyim, and M. R. Anzieb, "Effectiveness of die hole on wood pellet density quality improvement," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 268, no. 1, p. 12166.
- [12] I. Mawardi, "Development of a Hybrid Coconut Fibre and Multi Reinforcement Epoxy Composite for High Impact Strength," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 536, no. 1, p. 12013.
- [13] Standar Nasional Indonesia, "Pelet Kayu (SNI 06-3730-1995)," Jakarta, 2014.