

FORMULASI BIOPELET DENGAN CAMPURAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG DAN KAYU SENGON SEBAGAI BAHAN BAKAR PADAT TERBARUKAN

Biopellet Formulation with a Mixture of Corn Cob Waste and Sengon Wood as Renewable Solid Fuel

Lilis Sucahyo*, Shania Zavira Putri Agung, Dyah Wulandani
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat

*Korespondensi penulis, E-mail : lilissucahyo@apps.ipb.ac.id

Diterima: Maret 2024

Direvisi akhir: Juni 2024

Disetujui: terbit: Juni 2024

ABSTRACT

Corn cob waste and sengon wood waste from agricultural and plantation processing have the potential to be used as a source of renewable energy in the form of solid fuels. Fossil energy reserves are decreasing, making biomass an alternative sustainable energy source. This research aims to characterize and determine the biopellet formulation of corn cob waste, sengon wood waste, and their combination mixture as renewable solid fuel. The mixed treatments (corn cob: sengon wood) carried out were A1 (100% corn cob), A2 (100% sengon wood), A3 (80% : 20%), A4 (70% : 30%), A5 (60% : 40%), A6 (50% : 50%). The research results showed that treatment A2 with 100% sengon wood and treatment A3 with a mixture of 80% corn cob and 20% sengon wood were the treatments with the best composition based on the SNI 8675-2018 quality standard. In treatment A2, the density value was 0,47 g/cm³, water content 7,25%, durability 93,35%, ash content 1,83% and calorific value 17,17 MJ/ kg, while treatment A3 obtained a density value of 0,59 g/cm³, water content of 8,87%, durability of 97,99%, ash content of 3,5 and calorific value of 17,13 MJ/ kg. Corn cob waste and sengon wood waste can be developed as solid fuels in the form of biopellets.

Keywords: biomass, biopellets, corn cobs, energy, sengon

ABSTRAK

Limbah tongkol jagung dan kayu sengon merupakan hasil pengolahan pertanian dan perkebunan yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk bahan bakar padat. Cadangan energi fosil yang semakin berkurang dan ini menjadikan biomassa sebagai alternatif sumber energi yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi dan menentukan formulasi biopelet limbah tongkol jagung, limbah kayu sengon, dan kombinasi campurannya sebagai bahan bakar padat terbarukan. Terdapat beberapa perlakuan antara lain perlakuan campuran (tongkol jagung : kayu sengon) yang dilakukan yaitu A1 (100% tongkol jagung), A2 (100% kayu sengon), A3 (80% : 20%), A4 (70% : 30%), A5 (60% : 40%), A6 (50% : 50%). Hasil penelitian menunjukkan pada perlakuan A2 dengan bahan 100% kayu sengon dan perlakuan A3 dengan campuran komposisi 80% tongkol jagung dan 20% kayu sengon menjadi perlakuan dengan komposisi terbaik berdasarkan standar mutu SNI 8675-2018. Pada perlakuan A2 diperoleh nilai kerapatan sebesar 0,47 g/cm³, kadar air 7,25%, ketahanan (*durability*) 93,35%, kadar abu 1,83%, dan nilai kalor 17,17 MJ/kg, sedangkan perlakuan A3 diperoleh nilai kerapatan sebesar 0,59 g/cm³, kadar air 8,87%, ketahanan (*durability*) 97,99%, kadar abu 3,5%, dan nilai kalor 17,13 MJ/kg. Limbah tongkol jagung dan limbah kayu sengon dapat dikembangkan sebagai bahan bakar padat dalam bentuk biopelet.

Kata kunci: biomassa, biopelet, energi, tongkol jagung, sengon

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan bakar fosil terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan kebutuhan energi masyarakat di segala sektor yang meliputi transportasi, industri, dan rumah tangga. Cadangan batu bara dan minyak bumi sebagai bahan bakar fosil akan habis dalam kurun waktu tertentu jika secara intensif digunakan. Pemanfaatan biomassa dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sehingga dapat mendukung target bauran EBT pada tahun 2025 yaitu berkisar 23% dengan BBN sebesar 2-3%, PLT bioenergi sebesar 2-5%, serta PLT EBT sebesar 13-15% (ESDM 2021).

Salah satu jenis limbah pertanian yang memiliki potensi sebagai bahan sumber energi biomassa yaitu tongkol jagung. Tongkol jagung terdiri atas selulosa sebesar 40%, hemiselulosa 36%, dan lignin 16%, serta mengandung unsur hidrogen 6,32%, karbon 43,42%, dan nilai kalor antara 14,7–18,9 MJ/kg (Amin *et al.* 2016). Saat ini, tanaman jagung memiliki pola produksi yang meningkat setiap tahunnya dan menduduki rendemen limbah paling besar di antara komoditas padi, kelapa, dan ubi kayu karena pemanfaatan terbatas pada biji jagung (Rusdianto 2013). Limbah biomassa lainnya yang dapat

dimanfaatkan yaitu hasil penggergajian kayu sengon pada industri kerajinan mebel. Serbuk kayu sengon memiliki nilai kalor sebesar 17 MJ/kg yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar terbarukan (Tambunan *et al.* 2017). Kedua limbah tersebut merupakan biomassa yang sangat memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat alternatif dalam bentuk biopelet.

Bahan bakar hasil pengempaan/densifikasi biomassa yang memiliki kerapatan, kandungan energi, kadar air, keseragaman ukuran, dan bertekstur padat dengan ukuran tertentu disebut dengan biopelet (Gifani *et al.* 2019). Biopelet memiliki bentuk silinder dengan panjang 6–25 mm dan diameter 3–12 mm (Rusdianto *et al.* 2014). Pembuatan biopelet dilakukan melalui proses pengempaan dengan suhu serta tekanan tinggi sehingga terbentuk produk biopelet yang seragam (Yang *et al.* 2005). Mesin penempa menggunakan beberapa metode, seperti metode hidrolik, metode *fixed-dies* (Renjani dan Wulandani 2019), dan *mold ring* (Gao *et al.* 2016). Biopelet dari bahan limbah pertanian non kayu pada umumnya memiliki nilai kalor dan kerapatan yang rendah dibandingkan dengan bahan dari kayu maupun limbah kayu. Salah satu

upaya yang dapat dilakukan adalah mencampur biomassa kayu dan non-kayu. Penggunaan berbagai campuran bahan baku biomassa dapat meningkatkan kualitas biopelet (Picchio *et al.* 2020).

Penelitian terkait karakteristik biopelet serbuk kayu sengon terdahulu telah diteliti oleh Winata (2013) tentang karakteristik biopelet dari campuran serbuk kayu sengon dengan arang sekam padi sebagai bahan bakar alternatif terbarukan, hasil penelitian terkait uji fisikokimia pada biopelet serbuk kayu sengon memiliki nilai kadar air sebesar 8,5%, kadar zat terbang sebesar 79%, kadar abu sebesar 3,45%, kadar karbon terikat sebesar 9,38%, dan nilai kalor sebesar 19,7 MJ/kg, sedangkan penelitian terkait karakteristik biopelet tongkol jagung telah diteliti terdahulu oleh Rusdianto (2013) tentang kajian potensi penggunaan limbah pertanian di Kabupaten Jember sebagai bahan baku pembuatan biopelet untuk bahan bakar alternatif, hasil penelitian terkait uji fisikokimia pada biopelet tongkol jagung memiliki nilai kadar air sebesar 12,8%, kadar zat terbang sebesar 69%, kadar abu sebesar 1,58%, kadar karbon terikat sebesar 16,9%, dan nilai kalor sebesar 16,31 MJ/kg. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya pemanfaatan limbah

tongkol jagung yang melimpah pada sentra penghasil jagung, Ketika sumber biomassa lainnya tidak tersedia seperti sekam, batok kelapa, dan lainnya. Sehingga diperlukan formulasi biopelet sebagai diferensiasi sumber bahan baku biomassa. Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk melakukan formulasi dan karakterisasi biopelet dari campuran limbah tongkol jagung dengan kayu sengon serta menentukan komposisi biopelet terbaik, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan bakar padat terbarukan. Pengujian biopelet dilakukan dengan beberapa parameter yakni meliputi kerapatan atau kerapatan, ketahanan (*durability*), kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat, dan nilai kalor berdasarkan standar mutu SNI 8675–2018.

METODE

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah tongkol jagung dan kayu sengon. Limbah tongkol jagung diperoleh melalui pabrik pipilan jagung berlokasi di Babakan Madang Bogor dan limbah berupa serbuk kayu sengon didapati melalui industri penggergajian kayu berlokasi di Leuwisadeng, Bogor, Jawa Barat. Peralatan yang digunakan adalah mesin

pencacah biomassa, *drying oven*, *moisture meter*, mesin pencetak biopellet atau *pelletizer* tipe *rotaty flat dies* rancangan (Wulandani *et al.* 2021), mesin pengering (tipe ERK), tanur, tungku anglo, penyaring, tray, ayakan *sieve mesh*, timbangan duduk dan *toolkit*. Alat ukur laboratorium yang digunakan meliputi timbangan digital, *thermo recorder*, sensor termokopel, *blower fan*, cawan aluminium dan porselen, desikator, *stop watch*, anemometer dan gas *torch*. Penelitian bertempat di Laboratorium Energi Terbarukan, Laboratorium Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB Dramaga Bogor.

Tahapan Penelitian

Pengecilan ukuran dilakukan pada tongkol jagung dengan penghancuran menggunakan mesin pencacah biomassa, kemudian dibantu dengan proses pengayakan dan penyaringan pada ukuran 15 mesh, sehingga didapatkan tongkol jagung dengan ukuran yang seragam. Limbah serbuk kayu sengon dilakukan pemisahan dengan bahan pengotor yang tercampur menggunakan *stainless sieve* ukuran 15 mesh. Pengukuran kadar air awal bahan menggunakan *moisture tester* diperoleh rata-rata sebesar 40%. *Pelletizer* memiliki

kecepatan putar *dies* 24,6 rpm, tekanan yang digunakan antara *roller* dan *dies pelletizer* sebesar 97-121 MPa dan menggunakan daya listrik 750 watt. Proses pencetakan biopellet dilakukan dengan 6 jenis formulasi komposisi perlakuan. Notasi komposisi campuran biopellet tongkol jagung dengan serbuk kayu sengon sebagai berikut:

- A1 : Bahan baku tongkol jagung 100%
- A2 : Bahan baku kayu sengon 100%
- A3 : Campuran tongkol jagung: kayu sengon = 80% : 20%
- A4 : Campuran tongkol jagung: kayu sengon = 70% : 30%
- A5 : Campuran tongkol jagung: kayu sengon = 60% : 40%
- A6 : Campuran tongkol jagung: kayu sengon = 50% : 50%

Bahan dicetak dengan memasukkan campuran ke dalam *hopper pelletizer*. Jumlah biomassa yang digunakan mengikuti kapasitas mesin yaitu 15–20 kg per *batch*. Tidak dilakukan pengulangan karena produk biopellet yang dihasilkan umumnya konsisten dan secara jumlah telah memenuhi untuk analisis mutu. Biopellet yang telah terbentuk dari cetakan mesin, kandungan airnya dihilangkan melalui pengeringan menggunakan mesin pengering ERK (efek rumah kaca) tipe rak hingga

mencapai kadar air 5–10 %. Suhu ruang alat pengering berkisar antara 32,42–56,52 °C. Selanjutnya, biopelet yang dihasilkan diambil secara acak untuk pengambilan sampel pengujian mutu sesuai dengan kebutuhan.

Pengujian Mutu Biopelet

Pengujian biopelet menggunakan beberapa parameter meliputi sifat fisik biopelet, uji analisis proksimat, dan performa pembakaran. Hasil pengujian akan menentukan persentase komposisi produk biopelet yang terbaik dan tepat sebagai bahan bakar padat terbarukan sesuai standar kualitas SNI 8675–2018. Beberapa parameter mutu yang dipersyaratkan di antaranya kadar air, kerapatan, nilai kalor, kadar abu, kadar zat terbang, dan ketahanan. Selain itu, akan dilakukan juga penilaian uji pembakaran. Hasil pengumpulan data diolah dan disajikan secara analisis deskriptif.

Pengukuran dimensi panjang dan diameter biopelet menggunakan jangka sorong dalam satuan mm. Sampel biopelet diambil sebanyak 7 butir secara acak. Kerapatan bahan ialah massa biopelet dibagi dengan volume biopelet. Kerapatan curah ialah massa biopelet dibagi dengan volume yang ditempati oleh biopelet (per satuan volume). Peralatan

yang digunakan yaitu timbangan digital, jangka sorong, wadah, dan gelas ukur. Penghitungan kerapatan dapat menggunakan Persamaan 1 dan 2.

$$\text{Kerapatan } (\rho) = \frac{m}{v} \quad (1)$$

$$\text{Kerapatan curah } (\rho) = \frac{m}{V_{\text{wadah}}} \quad (2)$$

Keterangan:

ρ : kerapatan (g/cm³),

m : massa (g),

v : volume (cm³),

r : jari-jari (cm),

t : tinggi biopelet (cm).

Ketahanan biopelet diukur menggunakan alat *durability test meter*. Sampel yang digunakan adalah 100 g biopelet pada mesin dengan kecepatan 30 rpm selama 10 menit. Setelah itu disaring menggunakan penyaring 40 mesh. Penghitungan ketahanan biopelet menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Ketahanan } (\%) = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

a : berat yang tidak lolos saringan mesh 40 (g)

b : berat awal sebelum diuji (g)

Uji analisis proksimat meliputi kadar air, kadar zat terbang, kadar karbon terikat, kadar abu dan nilai kalor. Pengukuran kadar air menggunakan sampel minimal 2 gram, lalu sampel

diukur terlebih dahulu bobotnya dengan timbangan digital analitis. Setelah itu, diletakkan dalam cawan aluminium untuk dikeringkan dalam oven. Pada perlakuan dikeringkan pada suhu 105 °C selama kurang lebih 24 jam hingga bobot konstan. Penghitungan kadar air dapat menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Kadar air} = \frac{B_2}{B_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

B₁ : bobot awal (g)

B₂ : bobot awal (g) – bobot akhir kering oven (g)

Kadar zat terbang diukur dengan memanaskan tanpa adanya pengaruh udara lingkungan dari luar serta dilakukan koreksi dari jumlah kadar air per sampel. Sebanyak 3 g sampel ditimbang. Setelah itu, diletakkan dalam cawan porselen tertutup. Masukkan sampel ke dalam tanur pada suhu 950 °C selama 7 menit, lalu kondisi sampel distabilkan dalam desikator setelah itu dapat ditimbang dan perhitungan dengan Persamaan 5.

$$\text{Kadar zat terbang (\%)} = \left[\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \right] - KA \quad (5)$$

Keterangan:

W₁ : berat sampel awal (g),

W₂ : berat sampel setelah dipanaskan dalam tanur (g)

KA : kadar air sampel (%).

Pengukuran kadar abu menggunakan sebanyak 1 g sampel, selanjutnya diletakkan dalam cawan porselen. Sampel dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 800 °C sampai dengan 900 °C selama 2 jam. Lalu kondisi sampel distabilkan dalam desikator setelah itu dapat ditimbang. Perhitungan kadar abu dapat menggunakan Persamaan 6.

$$\text{Kadar abu} = \frac{B_2}{B_1} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

B₁ : bobot sampel awal (g)

B₂ : bobot sampel akhir sisa pijar (g)

Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan menggunakan *Oxygen Bomb Calorimeter*. Sampel uji sebanyak 2 g, ditempatkan ke dalam cawan lalu diikat dengan kawat jenis nikel, lalu pada tabung dimasukkan contoh uji dan ditutup dengan rapat. Selanjutnya dilakukan pembakaran di dalam reaktor kalorimeter dan diamati perubahan suhu yang terjadi. Penghitungan nilai kalor dapat menggunakan Persamaan 7.

$$\text{nilai kalor} = \frac{\Delta t \times W}{MB} - B \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

MB : massa bahan (g)

Δt : perbedaan suhu rata- rata (°C),

B : koreksi panas pada kawat besi (kal/g)

W : nilai air kalorimeter (kal/°C).

Uji performa pembakaran diamati untuk mengidentifikasi laju dan suhu pembakaran biopelet. Hal tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 8.

$$\text{Laju Pembakaran} = \frac{m_a - m_b}{t} \quad (8)$$

Keterangan:

m_a : massa biopelet awal (g)

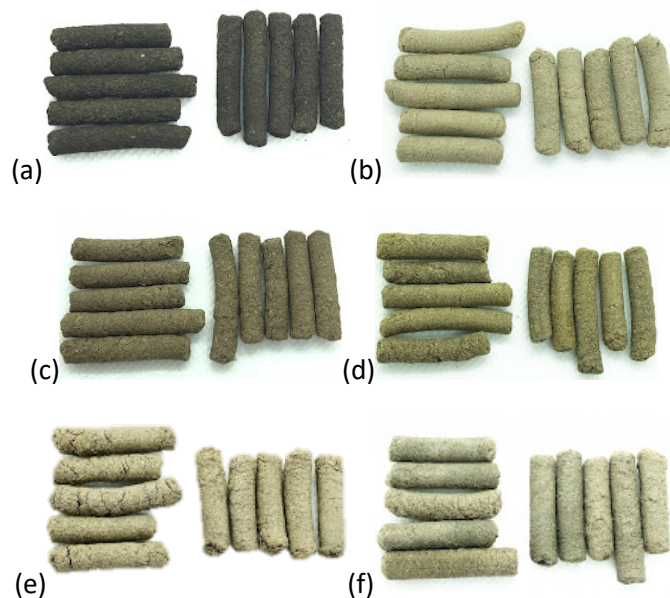
m_b : massa sisa abu biopelet (g)

t : waktu pembakaran (menit)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk biopelet dipengaruhi oleh tekanan serta suhu panas yang dihasilkan oleh gesekan *roller*, bahan, dan alas *dies*. Nilai rata-rata suhu panas gesekan *roller* sebesar 40,64 °C, suhu tersebut lebih

rendah dari suhu yang ditetapkan untuk mendapatkan proses densifikasi yang sempurna yaitu 80–90°C (Jackson *et al.* 2016). Panas yang dihasilkan dapat melarutkan kandungan zat lignin serta merekatkan struktur bahan. Biopelet yang dihasilkan dari proses panas tersebut akan membentuk dinding yang halus dan tampak mengkilap serta isian atau bagian dalam biopelet yang tetap berbentuk serbuk. Gambar 1 menunjukkan hasil biopelet komposisi bahan tongkol jagung dengan serbuk kayu sengon. Sedangkan penilaian karakteristik fisik biopelet yang diperlihatkan pada Tabel 1. Karakteristik fisik biopelet ditentukan berdasarkan kepadatan, keberadaan rongga, dan tingkat kekerasan.



Gambar 1 Visualisasi biopelet tongkol jagung dengan serbuk kayu sengon dengan komposisi perlakuan, (a) A1, (b) A2, (c) A3, (d) A4, (e) A5, dan (f) A6

Kualitas biopelet pada umumnya tergantung dari asal kandungan bahan bakunya. Dengan bahan baku yang berbeda maka akan menghasilkan sifat fisik dan kimia yang berbeda pula. Proses pencampuran bahan baku biopelet dapat mempengaruhi kualitas biopelet yang dihasilkan. Tabel 2 menunjukkan karakteristik biopelet tongkol jagung dan serbuk kayu sengon berdasarkan standar

mutu SNI 8675–2018. Tampak bahwa biopelet yang dihasilkan belum dapat memenuhi persyaratan untuk bahan bakar, terutama untuk kerapatan dan ketahanan. Namun demikian nilai kalor, kadar air dan kadar abu, dari biopelet yang dihasilkan telah memenuhi syarat sebagai bahan bakar baik rumah tangga dan industri kecil.

Tabel 1 Visualisasi tekstur, bentuk, karakteristik pada setiap perlakuan biopelet

Perlakuan biopelet	Tekstur		Bentuk pelet			Karakteristik fisik		
	Halus	Sedikit kasar	Tidak berongga	Sedikit berongga	Berongga	Padat keras	Padat sedikit keras	Sedikit rapuh
A1	✓		✓			✓		
A2	✓			✓		✓		
A3	✓			✓		✓		
A4		✓			✓			✓
A5	✓				✓		✓	
A6		✓			✓			✓

Tabel 2 Hasil Karakteristik pada beberapa paramater terhadap tiap perlakuan biopelet

Parameter	Satuan, min/maks	SNI 8675-2018		Perlakuan biopelet					
		Rumah tangga	Industri	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Kerapatan	g/cm ³ , min.	0,6	0,8	0,46	0,47	0,59	0,55	0,44	0,43
Kadar air	%, maks.	10	12	8,56	7,25	8,87	8	8,52	9,1
Ketahanan (<i>durability</i>)	%, min.	96,5	96,5	99,74	93,35	98,00	95,15	96,22	94,45
Kadar zat terbang	%, maks.	75	80	87,61	89,50	86,63	86,75	88,23	81,47
Kadar abu	%, maks.	5	5	3,67	1,83	2,92	2,58	3,0	2,51
Nilai kalor	MJ/kg, min.	16,5	16,5	17,06	17,17	17,14	17,13	16,93	16,35
Laju pembakaran	(kg/jam)			3,37	4,35	6,13	5,59	5,87	5,94

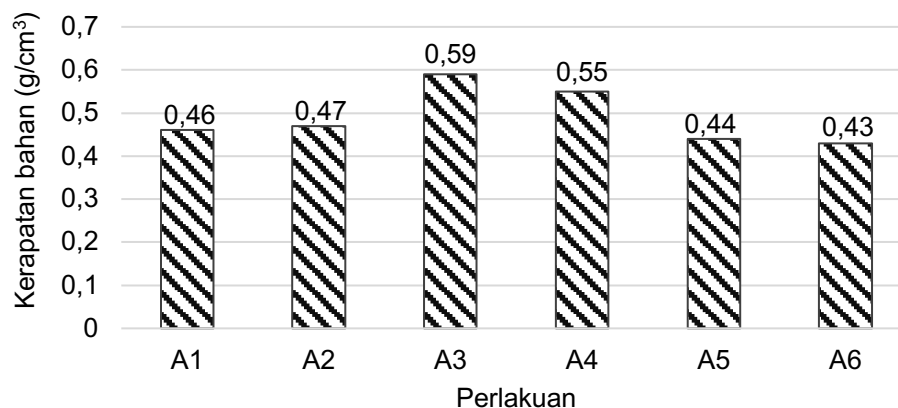
Kerapatan Biopelet

Kerapatan biopelet dipengaruhi oleh tekanan mesin pelet, kecepatan putar

mesin pelet, diameter lubang *dies*, tebal *dies*, tipe dan ukuran bahan bakunya (Renjani dan Wulandani 2019). Untuk

menghasilkan biopelet yang lebih padat, maka perlu menambah tekanan kerja mesin hingga lebih dari 120 MPa. Nilai kerapatan yang tinggi akan mempermudah distribusi produk sehingga lebih ekonomis dalam pembiayaan (Adapa *et al.* 2009). Kerapatan biopelet juga ditentukan oleh kadar air bahan baku biomassa. Pada mesin yang digunakan, kadar air campuran bahan baku berkisar 35–50% basis basah dan diumpankan secara kontinu. Kadar air yang terlalu rendah menghasilkan biopelet yang

rapuh, sedangkan kadar air yang terlalu tinggi menyebabkan bahan umpan tidak dapat tercetak pada mesin pelet. Pada Gambar 2 menunjukkan nilai kerapatan hasil percobaan. Biopelet campuran bahan tongkol jagung dan serbuk kayu sengon memiliki nilai kerapatan berkisar dari 0,43–0,59 g/cm³. Hasil kerapatan tertinggi ada pada perlakuan A3 sebesar 0,59 g/cm³ dan hasil kerapatan terendah ada pada perlakuan A6 sebesar 0,43 g/cm³.



Gambar 2 Grafik nilai kerapatan pada tiap perlakuan biopelet

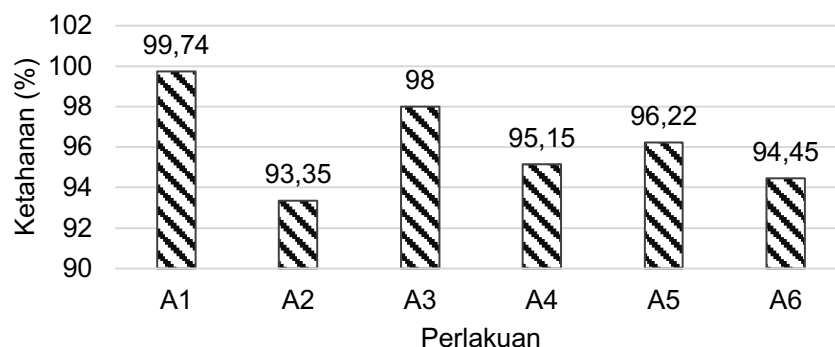
Ketahanan Biopelet

Uji ketahanan atau *durability* dilakukan untuk mengetahui ketahanan lama produk dapat digunakan dan disimpan. Pada standar Eropa DIN EN 14961–2 memiliki nilai mutu minimal sebesar 96,5%, namun Indonesia tidak memiliki standar yang mempersyaratkan

pengujian ketahanan. Gambar 3 menunjukkan ketahanan setiap perlakuan berkisar 94,45–99,74%. Perlakuan yang memiliki ketahanan tertinggi terdapat pada perlakuan A1 sebesar 99,74% lalu diikuti A3 sebesar 98%, dan A5 sebesar 96,22%, menunjukkan bahwa semakin tinggi komposisi tongkol jagung ada

kecenderungan ketahanan biopelet semakin tinggi. Walaupun serbuk kayu sengon memiliki kandungan lignin yang memperkuat biopelet, tetapi kandungan pati dalam tongkol jagung lebih berpengaruh besar memperkuat

ketahanan biopelet. Kandungan pati dapat bertindak sebagai bahan perekat alami pada biopelet agar ikatan antar partikel biomassa menjadi lebih kuat dan *solid*.

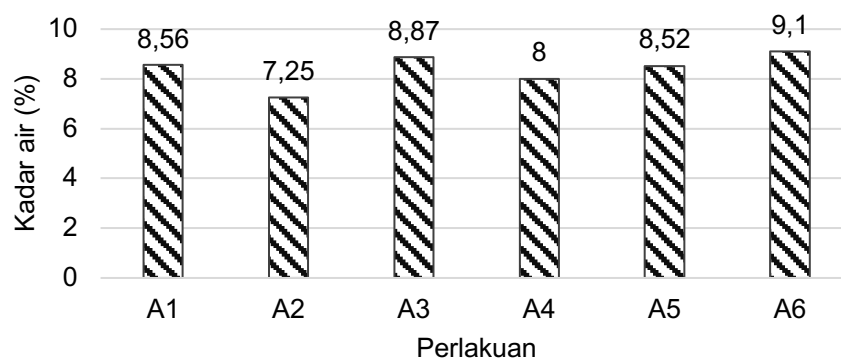


Gambar 3 Grafik nilai ketahanan pada tiap perlakuan biopelet

Kadar Air Biopelet

Kadar air biopelet dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu air bebas dan air terikat pada bahannya. Air bebas merupakan air yang terikat/melekat secara mekanis di permukaan bahan dan bisa berasal dari pencampuran atau penambahan air dari luar, sedangkan air terikat secara fisik tertambat secara kimiawi dalam rongga pada pori-pori bahan. Kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi nilai kalor biopelet serta menyebabkan energi pembakaran menjadi kurang efisien (Hansen *et al.* 2009). Biopelet akan

membutuhkan energi lebih besar diawal pembakaran untuk menguapkan air dalam bahan sebelum panas digunakan untuk membakar (Nukman *et al.* 2010). Pada Gambar 4 menunjukkan kadar air terendah ditujukan pada perlakuan A2, yaitu sebesar 7,25% dan kadar air tertinggi ditujukan pada perlakuan A6, yaitu sebesar 9,10%. Kadar air pada biopelet dapat diatur melalui pengeringan awal bahan baku, saat pencampuran bahan dan pengeringan akhir biopelet menggunakan mesin pengering yang tepat.

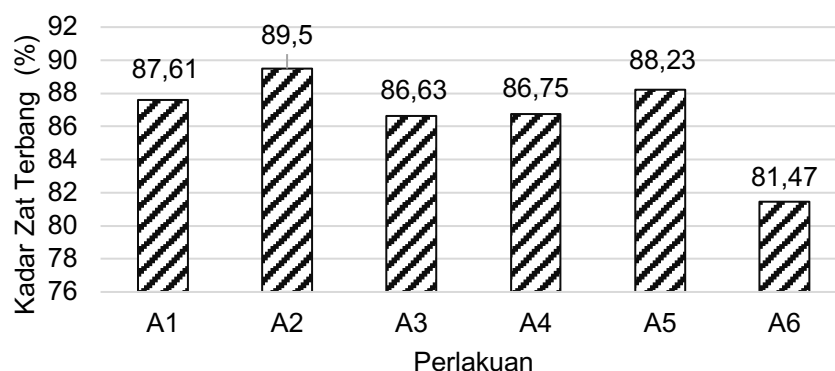


Gambar 4 Grafik nilai kadar air pada tiap perlakuan biopelet

Kadar Zat Terbang Biopelet

Kadar zat terbang berperan untuk mempercepat proses pembakaran biopelet dan menstabilkan nyala api pada bahan bakar padat. Nilai kadar zat terbang bergantung pada proses karbonisasi/ pirolisis. Menurut Ismayana dan Afriyanto (2011) kandungan karbon bahan akan semakin rendah karena tingginya kadar zat menguap di dalam bahan, selain itu akan mengakibatkan banyaknya asap yang timbul saat pembakaran. Nilai zat terbang dapat menentukan kecepatan pembakaran, waktu pembakaran, dan banyaknya asap yang dihasilkan pada proses pembakaran (Hansen *et al.* 2009). Kadar zat terbang pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 5 berkisar antara 81,47–89,50%.

Pada penelitian sebelumnya oleh Rusdianto *et al.* (2014) kadar zat terbang 100% tongkol jagung ialah sebesar 68,65% dan pada penelitian Winata (2013) kadar zat terbang 100% serbuk kayu sengon ialah sebesar 79%. Menurut Saputro dan Widayat (2016) kayu umumnya masih memiliki kadar zat terbang yang tinggi karena saat zat teruapkan masih memiliki beberapa kandungan *volatile* yang mudah terbakar. Tingginya kandungan zat terbang memiliki beberapa keuntungan yaitu penyalaan dan pembakaran yang lebih mudah, namun kelemahannya ada pada kadar karbon terikat yang rendah dan membuat kualitas bahan bakar berkurang.

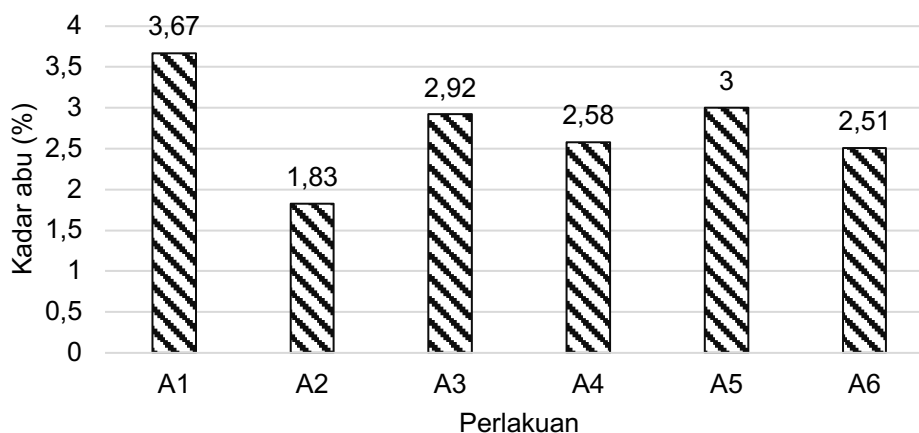


Gambar 5 Grafik nilai Kadar Zat Terbang pada tiap perlakuan biopellet

Kadar Abu Biopellet

Material organik hasil pembakaran yang sudah tidak memiliki nilai kalor dan unsur karbon lagi disebut kadar abu. Jenis bahan biomassa mempengaruhi jumlah abu, karena salah satu unsur penyusun abu adalah silika. Semakin banyak kadar silika pada bahan, maka semakin tinggi jumlah abu yang dihasilkan setelah

pembakaran. Kadar abu yang tinggi dapat menghasilkan banyak endapan yang akan terbentuk di tungku, maka tungku menjadi lebih rentan terhadap korosi (Mustamu *et al.* 2018). Hasil pengujian pada Gambar 6 menunjukkan bahwa setiap perlakuan telah memenuhi standar SNI yang mempersyaratkan kadar abu maksimal 5%.

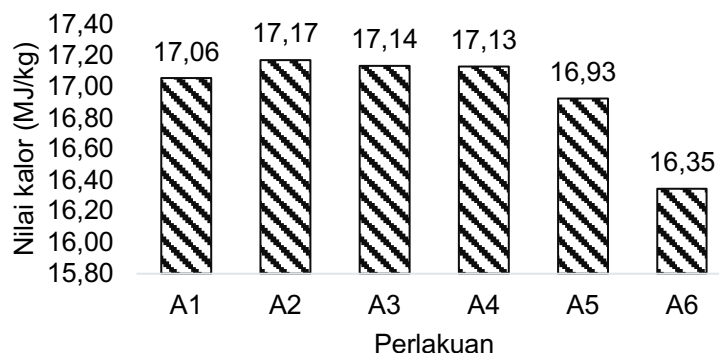


Gambar 6 Grafik nilai kadar abu pada tiap perlakuan biopellet

Nilai Kalor Biopelet

Nilai kalor merupakan faktor utama dalam keberhasilan pembuatan biopelet sebagai bahan bakar alternatif. Semakin tinggi nilai kalor suatu biopelet maka semakin baik efisiensi pembakarannya. Dengan melakukan konversi menjadi biopelet melalui proses densifikasi, maka dapat meningkatkan padatan energi massa per satuan volumenya. Gambar 7 menunjukkan beberapa perlakuan telah memenuhi syarat standar mutu minimal sebesar 16,5 MJ/kg. Nilai kalor tertinggi

terdapat pada perlakuan A2 dengan komposisi 100% bahan serbuk kayu sengon, yaitu sebesar 17,17 MJ/kg dan nilai kalor terendah ada pada perlakuan A6 dengan komposisi 50% bahan tongkol jagung dan 50% bahan serbuk kayu sengon sebesar 16,35 MJ/kg. Pada pengujian yang dilakukan (Widarti *et al.* 2016) nilai kalor bahan baku tongkol jagung ialah sebesar 15,7 MJ/kg dan nilai kalor bahan baku serbuk kayu sengon sebanyak 17,7 MJ/kg.

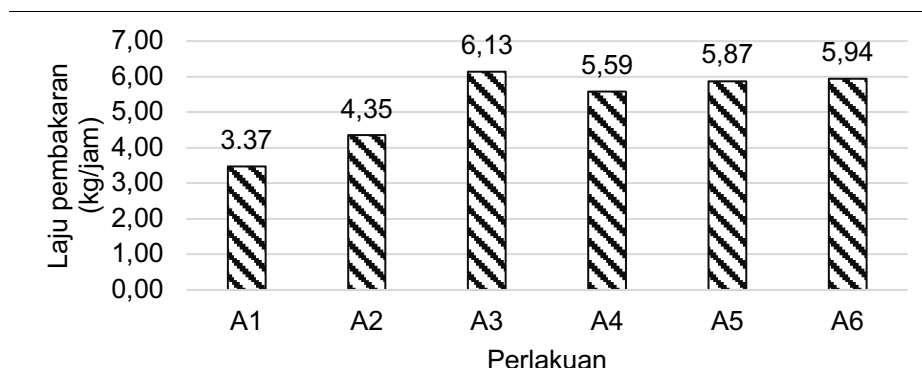


Gambar 7 Grafik nilai kalor pada tiap perlakuan biopelet

Laju dan Suhu Pembakaran Biopelet

Laju pembakaran menguji kecepatan biopelet habis terbakar sampai menjadi abu, melibatkan massa bahan terbakar dibandingkan dengan lama waktu nyala api sampai padam. Dilakukannya pengujian agar diketahui efisiensi pembakaran biopelet agar saat digunakan dapat berjalan dengan baik. Dengan demikian, semakin besar nilai laju

pembakaran maka semakin cepat biopelet habis terbakar. Nilai kalor yang tinggi akan berpengaruh baik pada laju pembakaran karena nilai kalor mempunyai peranan terhadap laju kenaikan nilai entalpi reaksi kalor. Pada Gambar 8 menunjukkan laju pembakaran berlangsung cepat dengan nilai berkisar antara 3,37–6,13 kg/jam.



Gambar 8 Grafik nilai laju pembakaran pada tiap perlakuan biopelet

Faktor laju pembakaran pada setiap perlakuan tergolong cepat karena tingginya kadar zat terbang yang belum menguap, selain itu faktor kerapatan biopelet yang cenderung rendah. Laju pembakaran perlakuan A1 yang paling rendah yaitu sebesar 3,37 kg/jam sedangkan yang tertinggi ada pada perlakuan A3 sebesar 6,13 kg/jam. Laju pembakaran dapat dipengaruhi oleh

kerapatan biopelet serta aliran udara yang digunakan. Kecepatan aliran udara diukur menggunakan kipas berjarak 1,5 m dari tungku pembakaran, kecepatan udara diukur berkisar 4,14–5,12 m/s. Hasil pengujian laju pembakaran hampir tidak terlihat asap pembakaran dari semua perlakuan yang diuji, warna nyala api pembakaran berwarna jingga yang dapat dilihat pada Gambar 9.



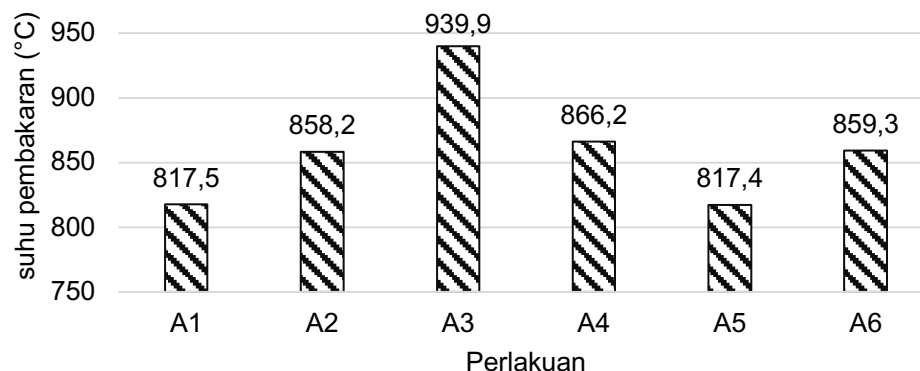
(a)

(b)

Gambar 9 Proses pembakaran dan abu biopelet tongkol jagung dan kayu sengon; (a) nyala api biopelet, (b) abu pembakaran biopelet

Suhu tertinggi yang dihasilkan pada proses pembakaran terdapat pada perlakuan A3 yaitu sebesar 939,9 °C, sedangkan suhu terendah terdapat pada perlakuan A5 dan A4 sebesar 817 °C.

Suhu pembakaran dipengaruhi oleh nilai kalor dan kadar zat terbang biopelet. Hasil suhu pembakaran setiap perlakuan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik nilai suhu yang dihasilkan pada tiap proses pembakaran biopelet

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian didapatkan bahwa formulasi komposisi biopelet limbah tongkol jagung dengan campuran kayu sengon, diperoleh perlakuan terbaik untuk bahan tunggal pada perlakuan A2 dengan komposisi 100% serbuk kayu sengon dan untuk bahan campuran pada perlakuan A3 dengan campuran komposisi 80% tongkol jagung dan 20% serbuk kayu sengon berdasarkan pertimbangan parameter mutu nilai kalor, kadar abu, kadar air dan laju pembakaran biopelet. Hasil uji pada perlakuan A2 diperoleh nilai kerapatan sebesar 0,47 g/cm³, kadar air sebesar 7,25%, nilai ketahanan sebesar

93,35%, kadar abu sebesar 1,83%, nilai kalor sebesar 17,17 MJ/kg, dan memiliki laju pembakaran sebesar 4,35 kg/jam dengan suhu pembakaran sebesar 858,2 °C. Sedangkan parameter uji perlakuan A3 diperoleh nilai kerapatan sebesar 0,59 g/cm³, kadar air sebesar 8,87%, nilai ketahanan sebesar 97,99%, kadar abu sebesar 3,5%, nilai kalor sebesar 17,13 MJ/kg, serta laju pembakaran sebesar 6,13 kg/jam dengan suhu pembakaran sebesar 939,9 °C.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah bahan baku limbah tongkol jagung dapat diarangkan atau dilakukan pirolisis

terlebih dahulu untuk meningkatkan nilai kalor serta mengurangi kadar zat terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adapa P, Tabil L, Schoena G. 2009. Compression characteristics of selected ground agricultural biomass. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript. 11(1347).
- Amin A, Sitorus S, Yusuf B. 2016. Pemanfaatan limbah tongkol jagung (*Zea mays*) sebagai arang aktif dalam menurunkan kadar amonia, nitrit dan nitrat pada limbah cair industri tahu menggunakan teknik celup. *J Kim Mulawarman*. 13 (2): 78–84.
- Badan Standarisasi Nasional. 2018. SNI 8675-2018: Pelet Biomassa Untuk Energi.
- Gao W, Tabil LG, Zhao RF, Liu DJ. 2016. Optimized design and experiment on ring mold pelletizer for producing biomass fuel pellets. *Int J Agric Biol Eng*. 9 (3): 57–66. doi:10.3965/j.ijabe.20160903.2074.
- Gifani M, Qadry A, Saputro DD, Widodo RD. 2019. Karakteristik dan uji pembakaran biopelet campuran cangkang kelapa sawit dan serbuk kayu sebagai bahan bakar alternatif terbarukan. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*. 16 (2): 177–188. doi:10.15294/saintekno.v16i2.16176.
- Hansen MT, Jein AR, Hayes S, Bateman P. 2009. English handbook for wood pellet combustion. Germany (ED): National Energy Foundaton. Intelligent Energy for Europe.
- Ismayana A, Afriyanto MR. 2011. The Effects of adhesive type and concentration in the manufacturing of filter cake briquettes as an alternative fuel. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 21 (3): 186–193.
- Jackson J, Turner A, Mark T, Montross M. 2016. Densification of biomass using a pilot scale flat ring roller pellet mill. *Fuel Processing Technology*. 148 (1): 43–49.
- Kementerian ESDM RI. 2021. Handbook of Energy & Economy Statistics of Indonesia 2020. *Book*. Diakses pada 23 Mei 2024: <https://www.esdm.go.id/en/publication/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-heesi>.
- Mustamu S, Hermawan, GP. 2018. Karakteristik biopelet dari limbah padat kayu putih dan gondorukem. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 36 (3): 191–204.

- Nukman Y, Ahmed S, Wazed A. 2010. Commonality in manufacturing resources planning-issues and models: A Review. *European J. Industrial Engineering*. 4 (2): 167–180.
- Picchio R, Latterini F, Venanzi R, Stefanoni W, Suardi A. 2020. Pellet production from woody and non-woody feedstocks: A Review on Biomass Quality Evaluation. *Energies*. 13 (11): 2937. <https://doi.org/10.3390/en13112937>
- Rusdianto AS. 2013. Kajian potensi penggunaan *by product* industri pertanian di Kabupaten Jember sebagai bahan baku pembuatan biopellet untuk bahan bakar alternatif. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 8 (1): 8–12.
- Rusdianto AS, Choiron M, Novijanto N. 2014. Karakterisasi limbah industri tape sebagai bahan baku pembuatan biopellet. *J Ind*. 3 (1): 27–32.
- Renjani AR, Wulandani D. 2019. Pellet mill fixed dies type for production of solid fuel pellets from *Acacia mangium* bark. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 557(1). doi:10.1088/1757-899X/557/1/012057.
- Saputro DD, Widayat W. 2016. Karakterisasi limbah pengolahan kayu sengon sebagai bahan bakar alternatif. *Saintekno. Jurnal Sains dan Teknologi*. 14 (1): 21–29.
- Tambunan BH, Syamsiro M, Saptoadi H. 2017. CO Emissions from burning briquettes of candlenuts shell mixed with charcoal. *Journal Mech Eng Appl Sci*. 1 (1): 3–7.
- Widarti BN, Sihotang P, Sarwono E. 2016. Penggunaan tongkol jagung akan meningkatkan nilai kalor pada briket. *J Integrasi Proses*. 6 (1): 16–21.
- Winata A. 2013. Karakteristik biopellet dari campuran serbuk kayu sengon dengan arang sekam padi sebagai bahan bakar alternatif terbarukan [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wulandani D, Nelwan LO, Agustina SR. 2021. Analisis kelayakan teknis briket/pelet dari limbah teh di industri pengolahan teh-Orang Tua Grup. Bogor (ID): IPB University (CREATA).
- Yang YB, Ryu C, Khor A, Yates NE, Sharifi VN, Swithenbank J. 2005. Effect of fuel properties on biomass combustion: modelling approach identification of the controlling factors. *Fuel*. 84 (16): 2116–2130. doi:10.1016/j.fuel.2005.04.023.