

Karakteristik Bahan Bakar Pelet Jerami Padi: Pengaruh Ukuran Partikel dan Penambahan Bekatul

Characteristic of Rice Straw Pellets: Effect of Particle Size and Rice Bran Addition

Heryanti Nur Triandini¹, Agus Haryanto^{1*}, Winda Rahmawati²

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

*Corresponding Author: agus.haryanto@fp.unila.ac.id

Abstract. *Rice straw is a potential agricultural waste biomass for alternative energy sources in the form of pellets. This study aimed to determine the effect of particle size and the addition of rice bran on the characteristics of rice straw pellets. The study was arranged in a completely randomized design with two factors. The first factor was the particle size with four levels, namely P1 (passed a 25 mesh sieve), P2 (between 10 and 25 mesh), P3 (did not pass 10 mesh), and P4 (not sieved). The second factor was the addition of bran which consisted of B0 (0%), B1 (5%), B2 (10%), and B3 (15%). All treatment combinations were carried out with 3 replications. Parameters observed included moisture content, ash content, density, and pellet strength. Rice straw has a calorific value of 17.96 MJ/kg so it is potential as a fuel. The results showed that the particle size and the addition of rice bran significantly affected the parameters of moisture content, density, and pellet strength. Moisture content, density, and strength (durability) of pellets increased with decreasing particle size. The addition of rice bran showed inconsistent effects: it increased the strength of the pellets but decreased the density of the pellets. Good rice straw pellets were obtained from fine (passing 25 mesh) to medium (between 10 to 25 mesh) sized particles.*

Keywords: *density, durability index, pellet, rice bran, rice straw.*

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan dasar bagi kehidupan manusia sehingga ketersediaannya sangat diperlukan. Hingga saat ini Indonesia masih menggantungkan pemenuhan pasokan energinya dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara, dan gas alam. Pada 2019, total pasokan energi primer Indonesia adalah 1,62 milyar setara barrel minyak (MEMR, 2019). Bahan bakar fosil masih mendominasi pasokan energi primer Indonesia dengan kontribusi total mencapai 85,55% yang terdiri dari batubara (37,09%), minyak (31,65%), dan gas bumi (16,82%). Terbatasnya bahan bakar fosil memaksa kita untuk mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif, di antaranya adalah biomassa yang memiliki potensi total 32.654 MWe (Kusdiana, 2014).

Salah satu sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan adalah energi biomasa limbah pertanian dan perkebunan karena mudah diperoleh, ketersediaannya melimpah, dan dapat diperbaharui. Limbah padi memberikan kontribusi yang terbesar dari sektor pertanian, mencapai 9.808 MWe (Kusdiana, 2014) atau 30% dari total potensi

energi biomassa Indonesia. Jerami padi merupakan salah satu limbah budidaya padi yang belum banyak dimanfaatkan. Jerami dihasilkan selama pemanenan dan perontokan padi. Jerami termasuk bagian yang tertinggal pada saat pemanenan (tangkai dan daun) dan setelah gabah dirontokkan (malai) dan menjadi limbah terbesar dibandingkan produk samping lainnya. Produksi jerami padi kering di Indonesia mencapai sebesar 2,3 t/ha per panen (Djajanegara & Rangkuti, 1983). Luas panen padi di Indonesia pada tahun 2020 adalah 10.66 juta ha dengan produksi gabah kering giling 54,65 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Dengan data ini, total potensi jerami padi Indonesia pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 24,51 juta ton. Oleh karena itu, limbah padi dapat dipromosikan sebagai bahan bakar pembangkit listrik (Rhofita, 2018).

Sebagaimana limbah padat hasil pertanian lain (brangkas jagung, janjangan kosong kelapa sawit, brangkas tebu), jerami padi biasanya dikategorikan sebagai bahan bakar dengan kualitas rendah karena memiliki nilai kalor yang lebih rendah, densitas yang lebih rendah, dan kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan limbah kayu. Salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan yang berkaitan dengan rendahnya densitas adalah dengan meningkatkan densitas biomassa, yang memiliki manfaat tambahan untuk meningkatkan densitas material hingga sepuluh kali lipat (Tumuluru et al., 2011). Densifikasi merupakan proses pembentukan biomassa menggunakan tekanan tinggi untuk menghasilkan pelet biomassa. Biomassa dalam bentuk pellet dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar padat. Keuntungan utama dari densifikasi biomassa untuk bahan bakar adalah: 1) memudahkan penanganan dan pengumpanan mekanis, 2) menghasilkan pembakaran yang seragam pada boiler, 3) mengurangi produksi debu, 4) mengurangi kemungkinan pembakaran spontan dalam penyimpanan, 5) menyederhanakan dan memudahkan infrastruktur penyimpanan dan penanganan, menurunkan kebutuhan investasi pembangkit, 6) mengurangi biaya transportasi karena meningkatnya kepadatan (densitas) energi (Clarke & Preto, 2011).

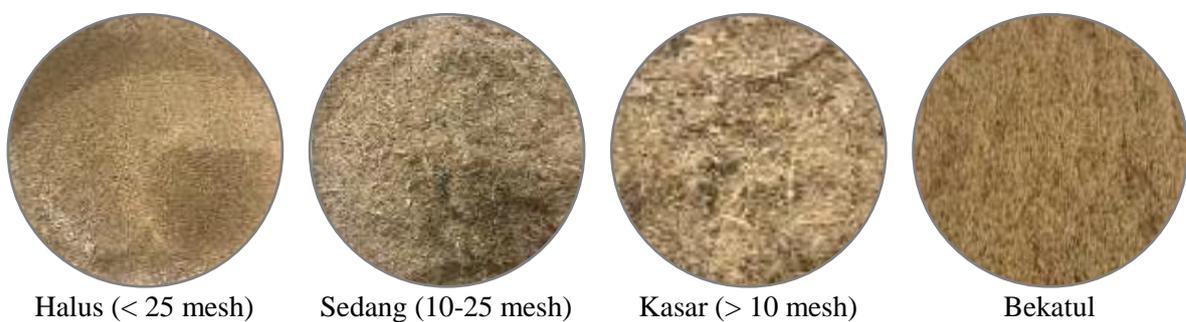
Faktor yang mempengaruhi kualitas pelet: suhu, tekanan, waktu retensi (hold time) dan waktu relaksasi, geometri cetakan, ukuran partikel, kadar air, komposisi lignoselulosik dari bahan, dan perekat (Tumuluru et al., 2011). Komposisi yang baik dapat diperoleh melalui pencampuran beberapa jenis biomassa. Beberapa studi melaporkan bahwa pencampuran komponen biomassa dapat meningkatkan kekuatan mekanis antara partikel sehingga menghasilkan pelet yang lebih baik. Misalnya, penambahan kayu cemara (spruce) memiliki efek yang sangat kuat dan meningkatkan sifat mekanik pelet jerami dan tongkol jagung (Djatkov et al., 2018). Hal serupa juga diberikan oleh Harun & Afzal (2016) yang menyimpulkan bahwa penambahan biomassa kayu pinus tidak hanya meningkatkan sifat mekanis pelet dari limbah pertanian, tetapi juga membantu untuk memenuhi permintaan pasar pelet di masa depan. Penggunaan bekatul sebagai material tambahan pada peletisasi jerami juga dilaporkan dapat memperbaiki karakteristik pelet jerami padi (Chou et al., 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel dan penambahan bekatul terhadap sifat pelet jerami padi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 di Laboratorium Daya Alat dan

Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Alat dalam penelitian yang akan digunakan adalah penggiling, pengering/oven, ayakan, tanur, bomb kalorimeter, satu set alat pembuatan pellet termasuk dongkrak, neraca digital. Bahan utama yang akan digunakan adalah jerami padi dan bekatul yang diperoleh dari petani dan penggilingan padi di Desa Sidosari, Kecamatan Natar, Lampung Selatan. Jerami padi dikeringkan di bawah sinar matahari selama tiga hari atau hingga kering (kadar air sekitar 12%). Jerami kering kemudian digiling menggunakan mesin pencacah discmill menjadi partikel. Partikel jerami dipisahkan dengan cara diayak menggunakan ayakan 10 dan 25 mesh untuk mendapatkan partikel halus (lolos ayakan 25 mesh), sedang (lolos ayakan 10 mesh dan tidak lolos ayakan 25 mesh), dan kasar (tidak lolos ayakan 10 mesh) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jerami padi berdasarkan ukuran partikel (halus (P1), sedang (P2), kasar (P3), dan bekatul).



Gambar 2. Pencetakan pelet menggunakan dongkrak: ① Rangka, ② Dongkrak, ③ Cetakan (*die*), ④ Batang penekan, ⑤ Bantalan batang penekan, ⑥ Landasan.

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan dua faktor, yaitu ukuran partikel dan penambahan bekatul. Faktor pertama terdiri dari empat tingkat, yaitu P1 (ukuran partikel halus, lolos ayakan 25 mesh), P2 (ukuran partikel sedang, antara 10 dan 25 mesh), P3 (partikel kasar, tidak lolos 10 mesh), dan P4 (partikel tidak diayak). Faktor

kedua terdiri dari empat tingkat yaitu penambahan bekatul 0% (B0), 5% (B1), 10% (B2), dan 15% (B3). Semua kombinasi perlakuan dilakukan dengan tiga kali ulangan. Pencetakan pelet dilakukan dengan cetakan (*die*) terbuat dari besi pejal berlubang dengan diameter lubang 8 mm yang ditekan dengan dongkrak berkapasitas 15 ton seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Karakteristik pelet diukur dari parameter kadar air, kadar abu, masa jenis, dan kekuatan pelet. Kadar air diukur dengan mengeringkan sampel (m_1) dalam oven (Memmert UN55) yang dioperasikan pada suhu 105 °C selama 24 jam. Setelah didinginkan dalam desikator sampel ditimbang (m_2), dan kadar air (KA) dihitung dari:

$$KA = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar abu diukur dengan membakar sampel kering oven (m_o) dalam suatu tanur (Ney Vulcan D550) pada suhu 550 °C selama 2 jam. Setelah abu ditimbang (m_a), kadar abu (Ash) dihitung dari:

$$Ash = \frac{m_a}{m_o} \times 100\% \quad (2)$$

Masa jenis bahan diukur menggunakan wadah yang diketahui volumenya (V) dan memasukkan sejumlah sampel (m) ke dalam wadah tersebut. Sedangkan untuk sampel pelet, volume dihitung dari diameter dan panjang pelet yang diukur menggunakan jangka sorong atau *caliper*. Masa jenis (ρ) dihitung dari:

$$\rho = m/V \quad (3)$$

Kekuatan pelet disajikan menggunakan *durability index (DI)* yang diukur dengan menjatuhkan pelet dari ketinggian 1,5 m lalu menghitung *DI* melalui Pers. (4):

$$DI = (100 - WL) \quad (4)$$

$$WL = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100\% \quad (5)$$

dimana *WL* adalah *weight loss* (%), m_i adalah masa awal pelet (sebelum dijatuhkan) dan m_f adalah masa bagian pelet terbesar setelah dijatuhkan. Nilai energi jerami padi diukur menggunakan *bomb calorimeter* (Cal2k Eco).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Bahan

Tabel 1 menunjukkan karakteristik bahan jerami padi dan bekatul. Kedua bahan memiliki kadar air hampir sama yaitu 12,49% untuk jerami padi dan 14,5% untuk bekatul. Hal ini menunjukkan bahwa kedua bahan berada pada keadaan kering jemur. Kadar air bahan sebelum memasuki pencetak pelet harus berada pada kisaran 12–17% (w.b) dan tidak

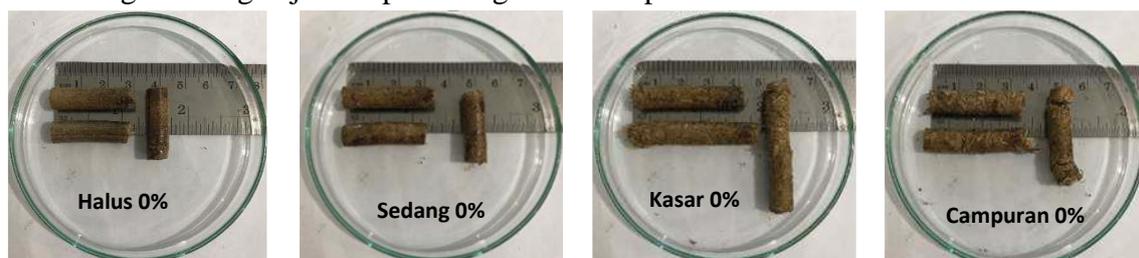
boleh berada di luar batasan nilai ini (Kargbo et al., 2009). Jerami padi memiliki densitas lebih rendah ($0,1832 \text{ g/cm}^3$) dibandingkan bekatul ($0,4352$). Densitas jerami ini sedikit lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh Purwanto et al. (2010) sebesar $0,150 \text{ g/cm}^3$. Kedua bahan memiliki kadar abu yang tinggi mencapai 20,7% untuk jerami dan untuk bekatul lebih rendah (14,5%). Nilai ini lebih tinggi dari yang dilaporkan oleh Chou et al. (2009) yaitu 11,25% untuk jerami dan 8,7% untuk bekatul. Nilai kadar abu yang hampir sama telah dilaporkan oleh Gill et al. (2018) dengan 19,20% dan oleh Moliner et al. (2020) dengan 20,6%. Kadar abu yang tinggi tidak menguntungkan untuk pemanfaatan bahan bakar, terutama jika digunakan pada aplikasi suhu tinggi seperti bahan bakar boiler. Pada suhu yang tinggi abu akan meleleh dan mengakibatkan masalah berupa aglomerasi, fouling, dan slagging pada komponen boiler (Jenkins et al., 2000) yang berakibat menurunnya efisiensi dan kegagalan pada sistem pembakaran. Selain itu, abu merupakan komponen yang inert dari biomasa sehingga makin tinggi kandungan abu akan mengakibatkan nilai kalori menjadi rendah (Haryanto et al., 2019). Karakteristik positif dari kedua bahan (jerami dan bekatul) adalah nilai kalori yang cukup tinggi, mencapai 17,42 dan 17,85 MJ/kg berturut-turut untuk bekatul dan jerami padi. Nilai energi kedua bahan ini lebih tinggi dari standar nilai energi pelet $16,5 \text{ MJ/kg}$ yang diatur dalam SNI nomor 8675:2018 (BSN (Badan Standardisasi Nasional), 2018). Chou et al. (2009) melaporkan nilai energi yang lebih rendah untuk jerami ($16,1 \text{ MJ/kg}$) dan lebih tinggi untuk bekatul ($20,5 \text{ MJ/kg}$). Dengan nilai energi yang hampir sama maka penambahan bekatul tidak akan menurunkan nilai energi pelet. Sebaliknya, penambahan bekatul dapat menjadi perekat sehingga ikatan partikel dalam pelet menjadi lebih kuat.

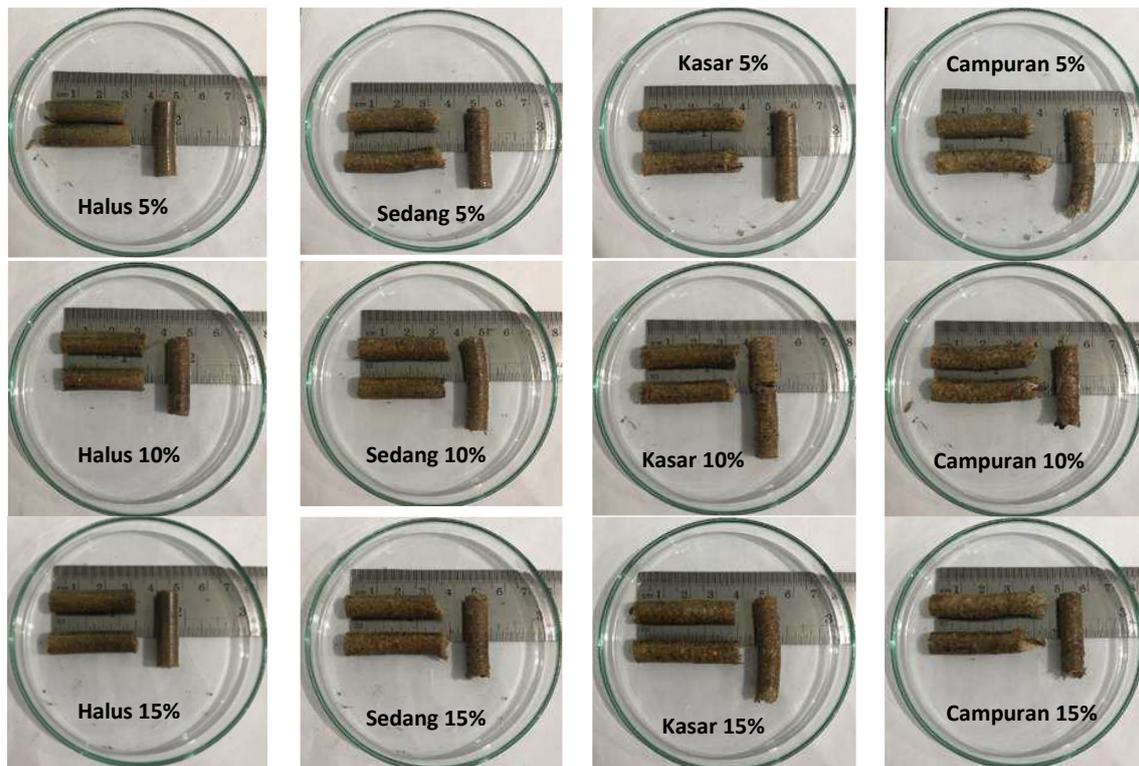
Tabel 1. Karakteristik jerami padi dan bekatul yang digunakan dalam penelitian.

Parameter	Satuan	Jerami Padi	Bekatul
Densitas	g/cm^3	0,1832	0,4352
Nilai Kalor	MJ/kg	17,85	17,42
Kadar Air	%	12,49	11,25
Kadar Abu	%	20,7	14,5

3.2 Karakteristik Visual Pellet

Gambar 3 memperlihatkan pelet jerami padi yang dihasilkan dari beberapa perlakuan. Secara visual pelet jerami padi yang dihasilkan dari partikel halus dan sedang memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan pelet dari partikel kasar atau campuran (tidak diayak). Pelet jerami padi dari bahan dengan ukuran partikel halus terlihat lebih padat dibandingkan dengan jerami padi dengan ukuran partikel kasar.





Gambar 3. Pelet jerami padi dari yang dihasilkan dari kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul

Pemberian bekatul juga menunjukkan pengaruh pada pelet yang dihasilkan. Penambahan bekatul menghasilkan pelet jerami padi yang lebih rekat dan lebih halus (mengkilap) dibandingkan dengan pelet jerami padi tanpa penambahan bekatul. Hal ini mungkin berkaitan dengan kandungan minyak yang terdapat pada bekatul. Minyak atau lemak dapat berfungsi sebagai perekat alami pada proses pencetakan pelet (Gilvari et al., 2021). Partikel jerami kasar atau yang tidak diayak menghasilkan pelet yang secara visual lebih kasar. Selain itu beberapa pelet tersebut terlihat patah yang menunjukkan rendahnya konsistensi (ikatan) antar partikel.

3.3 Kadar Air

Tabel 2 menunjukkan kadar air pelet jerami yang dihasilkan dari kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul. Dibandingkan dengan kadar air bahan baku seperti diberikan pada Tabel 1, maka pelet jerami memiliki kadar air lebih rendah untuk semua kombinasi perlakuan. Hal ini berarti pada proses pencetakan pelet terjadi penguapan air. Kompresi yang kuat akan menaikkan suhu bahan yang diduga mengakibatkan penguapan lengas. Dari tabel dapat dilihat bahwa kedua faktor perlakuan memberikan pengaruh yang nyata pada taraf $\alpha = 0,05$. Peningkatan ukuran partikel secara konsisten berakibat pada menurunnya kadar air. Hal ini mungkin terjadi karena rongga atau pori-pori yang terbentuk pada pelet dipengaruhi oleh ukuran partikel. Makin besar ukuran partikel semakin longgar pori-pori pelet sehingga memberikan akses yang lebih besar untuk keluarnya lengas dari dalam pelet.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul terhadap kadar air (%) pelet jerami

Perlakuan	P1	P2	P3	P4	Rata-rata
B0	9,47	9,30	9,37	9,06	9,30 ^d
B1	10,85	10,26	9,87	9,23	10,05 ^b
B2	10,26	10,20	9,89	10,18	10,13 ^a
B3	9,89	9,70	9,17	9,78	9,64 ^c
Rata-rata	10,12 ^A	9,87 ^B	9,58 ^C	9,56 ^D	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf $\alpha = 0,05$. Huruf capital untuk baris (ukuran partikel) dan huruf kecil untuk kolom (penambahan bekatul).

Tabel 2 juga menunjukkan bahwa secara umum kadar air pelet jerami padi tanpa bekatul lebih rendah dibandingkan kadar air pelet dengan penambahan bekatul. Hal ini mungkin disebabkan oleh karena partikel bekatul lebih halus dan lebih higroskopis dibandingkan partikel jerami. Tanpa penambahan bekatul, pelet jerami memiliki kadar air rata-rata 9,30%. Tetapi, penambahan bekatul menghasilkan pengaruh yang tidak konsisten pada kadar air pelet. Penambahan bekatul 5% menaikkan kadar air hingga 10,05% dan naik lagi menjadi 10,13% dengan penambahan bekatul 10%. Tetapi ketika bekatul ditambahkan lagi hingga 15%, kadar air pelet turun menjadi 9,64%.

3.4. Kadar Abu

Tabel 3 memperlihatkan pengaruh perlakuan terhadap kadar abu pelet jerami. Jika dibandingkan dengan kadar abu bahan jerami, maka kadar abu pelet jerami secara umum tidak jauh berbeda. Abu merupakan komponen inert, dan tidak ada alasan yang bisa menjelaskan bahwa proses densifikasi akan mengubah komponen abu. Meskipun demikian, bisa diperhatikan dari tabel bahwa ukuran partikel secara signifikan mempengaruhi kadar abu pelet. Tetapi, pengaruh ukuran partikel terlihat tidak konsisten. Kadar abu pelet jerami yang dicetak dari partikel berukuran halus adalah 20,94%. Kadar abu ini turun menjadi 20,50 pada ukuran partikel sedang, lalu naik menjadi 21,75% pada partikel kasar, dan turun pada partikel yang tidak diayak (campuran). Penurunan kadar abu pada partikel yang tidak diayak mungkin disebabkan oleh tidak homogenya sampel. Belum dapat dipastikan inkonsistensi pengaruh ukuran partikel terhadap kadar abu pelet jerami.

Tabel 3. Pengaruh kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul terhadap kadar abu (%) pelet jerami

Perlakuan	P1	P2	P3	P4	Rata-rata
B0	22,65	21,56	21,71	16,99	20,70 ^a
B1	21,44	20,87	23,72	16,79	20,69 ^a
B2	20,19	22,19	22,16	15,50	19,43 ^b
B3	19,81	19,42	19,52	15,21	18,49 ^c
Rata-rata	20,94 ^B	20,50 ^C	21,75 ^A	16,13 ^D	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf $\alpha = 0,05$. Huruf capital untuk baris (ukuran partikel) dan huruf kecil untuk kolom (penambahan bekatul).

Dari Tabel 3 jelas bahwa penambahan bekatul secara konsisten menurunkan kadar abu pelet dari 20,70% (tanpa bekatul) menjadi 19,43% pada penambahan bekatul 10% dan 18,49% dengan penambahan bekatul 15%. Pada Tabel 1 bisa dilihat bahwa kadar abu bekatul (14,5%) adalah lebih rendah dibandingkan kadar abu jerami (20,7%). Penambahan bekatul tentu saja akan menurunkan kadar abu campuran keduanya.

3.5 Densitas Pelet

Pembuatan pelet dilakukan melalui proses densifikasi (pengempaan) yang memiliki makna meningkatkan densitas bahan. Densifikasi pelet merupakan solusi bagi masalah pemanfaatan biomassa secara langsung terutama yang berkaitan dengan kapasitas penyimpanan dan transportasi (Ibitoye et al., 2021). Pelet dengan densitas (masa jenis) yang tinggi menunjukkan nilai energi yang lebih tinggi per unit volume bahan. Oleh karena itu, densitas merupakan parameter kualitas pelet yang sangat penting (Adapa et al., 2013). Tabel 4 menampilkan densitas pelet jerami padi sebagai fungsi dari kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul. Secara umum pelet jerami padi memiliki densitas antara 1,0 hingga 1,3 g/cm³. Nilai densitas pelet pada penelitian ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Liu et al. (2013) dimana pelet jerami padi memiliki densitas 1,35 g/cm³. Jika dibandingkan dengan densitas bahan jerami (0,1832 g/cm³), maka proses densifikasi dengan dongkrak berkapasitas 15 ton dapat meningkatkan densitas bahan menjadi 5–7 kali lipat.

Tabel 4. Pengaruh kombinasi perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul terhadap densitas (g/cm³) pelet jerami

Perlakuan	P1	P2	P3	P4	Rata-rata
B0	1,2695	1,1569	0,8929	0,9551	1,2078 ^a
B1	1,2949	1,2417	1,1990	1,0957	1,1809 ^{ab}
B2	1,2914	1,2146	1,1552	1,0625	1,1394 ^b
B3	1,2996	1,1734	1,0846	0,9999	1,0686 ^c
Rata-rata	1,2888 ^A	1,1966 ^B	1,0829 ^C	1,0283 ^D	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf $\alpha = 0,05$. Huruf capital untuk baris (ukuran partikel) dan huruf kecil untuk kolom (penambahan bekatul).

Dapat dilihat dari tabel bahwa kedua faktor perlakuan memberikan pengaruh signifikan terhadap densitas pelet. Masa jenis pelet meningkat seiring dengan mengecilnya ukuran partikel dari 1,0829 g/cm³ (partikel kasar) menjadi 1,2888 g/cm³ (partikel halus). Partikel halus mampu mengisi rongga pelet secara lebih efektif sehingga menghasilkan pelet yang lebih padat. Gill et al. (2018) menjelaskan bahwa makin kecil ukuran partikel maka luas kontak partikel meningkat sehingga meningkatkan densitas pelet. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa pelet yang dibuat dari bahan dengan ukuran partikel lebih kecil memiliki densitas yang lebih tinggi untuk semua jenis biomassa yang diteliti oleh Harun & Afzal (2016).

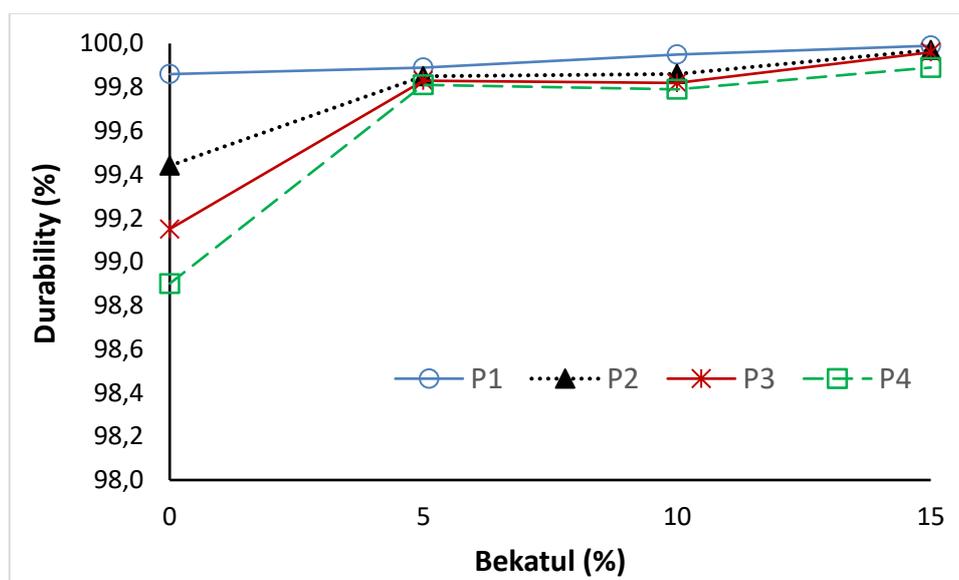
Penambahan bekatul juga berpengaruh nyata terhadap densitas pelet. Pengaruh yang konsisten ditunjukkan oleh penambahan bekatul pada partikel halus, dimana makin tinggi penambahan bekatul menghasilkan pelet yang makin tinggi densitasnya. Pada ukuran partikel yang lain, pengaruh penambahan bekatul terhadap densitas pelet terlihat tidak konsisten. Penambahan bekatul 5% meningkatkan densitas pelet dari partikel sedang, kasar dan campuran. Densitas kemudian menurun jika penambahan bekatul makin dinaikkan. Efek yang tidak jelas dari penambahan bekatul terhadap densitas dilaporkan oleh Chou et al. (2009) dimana penambahan bekatul 20% dan 40% menghasilkan densitas pelet yang kurang lebih sama (1,01 dan 1,02 g/cm³).

3.6 Durability Index

Selain densitas, durability index merupakan salah satu parameter utama dari pelet (Said et al., 2015). Durability index adalah ketahanan pelet untuk menahan gaya geser dan dampak

aplikasi gaya selama penanganan dan transportasi. Pelet dengan durability tinggi berarti memiliki kualitas yang baik. Sebaliknya, pelet dengan durability yang rendah menyebabkan masalah seperti gangguan dalam sistem pengumpanan pelet, emisi debu, dan peningkatan risiko kebakaran selama penanganan dan penyimpanan pelet (Adapa et al., 2013). Gambar 4 memperlihatkan pengaruh perlakuan terhadap kekuatan pelet jerami padi yang ditunjukkan oleh durability index (DI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelet jerami memiliki durability index yang tinggi (>99%) untuk semua perlakuan. Hal ini tampaknya kontradiktif jika dibandingkan dengan kenampakan visual pelet dimana partikel kasar menghasilkan pelet yang secara visual rapuh dan mudah patah. Uji jatuh yang dilakukan terhadap pelet tunggal, diduga menghasilkan nilai DI yang tidak representatif. Faktor penting yang berpengaruh dalam uji jatuh adalah nilai energi potensial yang sebanding dengan ketinggian dan masa pelet ($E_p = mgh$). Makin tinggi dan makin masa pelet yang diuji berarti makin tinggi energi potensial yang diaplikasikan pada pelet. Dengan masa pelet tunggal yang hanya sekitar 2 gram, maka energi potensial dari ketinggian 1,5 m adalah sangat kecil (0,03 J). Energi sebesar itu tidak mampu merontokkan atau bahkan mematahkan pelet. Liu et al. (2013) melaporkan nilai durability pelet dari jerami padi sebesar 98,73%.

Meskipun demikian, dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa ukuran partikel halus akan menghasilkan pelet yang lebih kuat. Hal ini selaras dengan hasil penelitian lain yang menyatakan bahwa durability pelet berbanding terbalik dengan ukuran partikel bahan, makin halus makin kuat. Adapa et al. (2013) menyatakan bahwa jenis biomassa merupakan faktor yang paling menentukan terhadap kekuatan (durability) pelet. Selain itu, ukuran partikel juga berkontribusi sebesar 14,6% terhadap kekuatan pelet, dimana makin kecil ukuran partikel menghasilkan pelet yang makin kuat. Sebagian besar menyarankan ukuran partikel yang lebih kecil untuk memperoleh durability pelet yang optimal. Ukuran partikel ideal adalah 0,5-0,8 mm (Whittaker & Shield, 2017). Gambar 4 juga menunjukkan bahwa penambahan bekatul mengakibatkan pelet memiliki DI yang lebih tinggi. Tanpa penambahan bekatul pelet memiliki nilai DI 98,8% hingga 99,4%. Dengan penambahan bekatul pelet memiliki DI 99,8% hingga 99,4%. Hal ini mungkin berkaitan dengan kandungan minyak dalam bekatul yang pada tekanan tinggi (dan oleh karena suhu tinggi) berfungsi sebagai perekat alami sebagaimana dinyatakan oleh Gilvari et al. (2021).



Gambar 4. Pengaruh perlakuan ukuran partikel dan penambahan bekatul terhadap durability pellet.

4. Kesimpulan

Jerami padi memiliki nilai energi 17,96 MJ/kg sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif dalam bentuk pelet. Pelet yang dihasilkan dari jerami padi memiliki kadar air sekitar 10%, lebih rendah dari 12% standar SNI, namun kadar abu sekitar 20% jauh lebih tinggi dari standar SNI 1,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel dan penambahan bekatul berpengaruh nyata terhadap karakteristik pelet. Kadar air, densitas, dan kekuatan (durability) pelet meningkat dengan menurunnya ukuran partikel. Penambahan bekatul memerikan pengaruh yang tidak konsisten: meningkatkan kekuatan pelet tetapi menurunkan densitas pelet. Pelet jerami yang baik diperoleh dari partikel berukuran halus (lolos 25 mesh) hingga sedang (antara 10 hingga 25 mesh). Jerami padi memiliki kandungan abu yang tinggi sehingga diperlukan perlakuan awal untuk menurunkannya.

Daftar Pustaka

- Adapa, P. K., Tabil, L. G., & Schoenau, G. J. (2013). Factors affecting the quality of biomass pellet for biofuel and energy analysis of pelleting process. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(2), 1–12. <https://doi.org/10.25165/ijabe.v6i2.779>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Luas Panen dan Produksi Padi Di Indonesia 2020*.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2018). *Pelet Biomassa Untuk Energi*. Badan Standardisasi Nasional.
- Chou, C.-S., Lin, S.-H., & Lu, W.-C. (2009). Preparation and characterization of solid biomass fuel made from rice straw and rice bran. *Fuel Processing Technology*, 90(7–8), 980–987. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.04.012>
- Clarke, S., & Preto, F. (2011). *Biomass Densification for Energy Production*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Canada.
- Djajanegara, A., & Rangkuti, M. (1983). Residues of importance as potential animal feeds in Indonesia. In C. A. Shacklady (Ed.), *The Use of Organic Residues in Rural Communities*. United Nations University Press.
- Djatkov, D., Martinov, M., & Kaltschmitt, M. (2018). Influencing parameters on mechanical–physical properties of pellet fuel made from corn harvest residues. *Biomass and Bioenergy*, 119, 418–428. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.10.009>
- Gill, N., Dogra, R., & Dogra, B. (2018). Influence of moisture content, particle size, and binder ratio on quality and economics of rice straw briquettes. *BioEnergy Research*, 11(1), 54–68. <https://doi.org/10.1007/s12155-017-9877-9>
- Gilvari, H., van Battum, C. H. H., van Dijk, S. A., de Jong, W., & Schott, D. L. (2021). Large-scale transportation and storage of wood pellets: Investigation of the change in physical properties. *Particuology*, 57, 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2020.12.006>
- Harun, N. Y., & Afzal, M. T. (2016). Effect of particle size on mechanical properties of pellets made from biomass blends. *Procedia Engineering*, 148, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.445>
- Haryanto, A., Suharyatun, S., Rahmawati, W., & Triyono, S. (2019). *Energi terbarukan dari jerami padi: Review potensi dan tantangan bagi Indonesia*. 7(2), 137–144.

- Ibitoye, S. E., Jen, T.-C., Mahamood, R. M., & Akinlabi, E. T. (2021). Densification of agro-residues for sustainable energy generation: An overview. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00427-w>
- Jenkins, B. M., Bakker, R. R., Williams, R. B., Bakker-Dhaliwal, R., Summers, M. D., Lee, H., Bernheim, L. G., Huisman, W., Yan, L. L., Andrade-Sanchez, P., & Yore, M. (2000). Commercial feasibility of utilizing rice straw in power generation. *Proceedings Bioenergy 2000*.
- Kargbo, F. R., Xing, J., & Zhang, Y. (2009). Pretreatment for energy use of rice straw: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4(11), 1560–1565. <https://doi.org/10.5897/AJAR.9000558>
- Kusdiana, D. (2014, November 17). *Bioenergy Policies and Regulation in Indonesia*. GIZ-EKONID Business Forum on “Innovative Technology to Tap Indonesia’s Bioenergy Potential,” Jakarta.
- Liu, X., Liu, Z., Fei, B., Cai, Z., Jiang, Z., & Liu, X. (2013). Comparative properties of bamboo and rice straw pellets. *BioResources*, 8(1), 638–647.
- MEMR, (Ministry of Energy and Mineral Resources). (2019). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2018*. Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia.
- Moliner, C., Bove, D., & Arato, E. (2020). Co-incineration of rice straw-wood pellets: A sustainable strategy for the valorisation of rice waste. *Energies*, 13(21), 5750. <https://doi.org/10.3390/en13215750>
- Purwanto, W. W., Supramono, D., & Fisafarani, H. (2010). *Biomass waste and biomass pellets characteristics and their potential in Indonesia*. C004-1-C004-8.
- Rhofita, E. I. (2018). The characterization of rice straw briquette as an alternative fuel in Indonesia. *Proceedings of the Built Environment, Science and Technology International Conference*, 304–309. <https://doi.org/10.5220/0008908203040309>
- Said, N., Abdel daiem, M. M., García-Maraver, A., & Zamorano, M. (2015). Influence of densification parameters on quality properties of rice straw pellets. *Fuel Processing Technology*, 138, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.05.011>
- Tumuluru, J. S., Wright, C. T., Hess, J. R., & Kenney, K. L. (2011). A review of biomass densification systems to develop uniform feedstock commodities for bioenergy application. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5(6), 683–707. <https://doi.org/10.1002/bbb.324>
- Whittaker, C., & Shield, I. (2017). Factors affecting wood, energy grass and straw pellet durability – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.119>