

Evaluasi Ciri Fisik Media Terfermentasi Jamur *Pleurotus ostreotus* sebagai Pakan Ternak Alternatif bagi Ruminansia

(Physical Characteristics Evaluation of Fermented Media with *Pleurotus ostreotus* as an Alternative Feed for Ruminants)

Yulia Riska Azzahra¹, Toto Toharmat^{2*}, Iwan Prihantoro²

(Diterima Januari 2022/Disetujui Juni 2022)

ABSTRAK

Hasil ikutan perkebunan seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), bungkil inti sawit, dan serbuk gergaji dapat dijadikan sebagai pakan alternatif apabila diolah secara tepat karena mengandung nutrisi yang dibutuhkan ternak ruminansia, tetapi terkendala karena kadar serat kasarnya yang tinggi termasuk kandungan lignin, selulosa, hemiselulosa, dan proteinnya yang rendah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi ciri fisik media berupa hasil samping perkebunan yang difermentasi menggunakan *Pleurotus ostreotus* sebagai alternatif pakan ternak ruminansia. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan pola faktorial 3×3 dengan 3 ulangan. Faktor A berupa jenis substrat, yaitu bungkil inti sawit, TKKS, dan serbuk gergaji akasia. Faktor B adalah lama fermentasi, yaitu 0, 30, dan 60 h. Data dianalisis berdasarkan sidik ragam; hasil yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan. Peubah yang diamati adalah laju pertumbuhan miselium, bobot media, bahan kering (BK) dan bahan organik (BO), ukuran partikel, bobot jenis, kerapatan tumpukan dan kerapatan hasil pemadatan tumpukan. Disimpulkan bahwa media terfermentasi berdasarkan substrat serbuk gergaji menunjukkan laju pertumbuhan miselium *P. ostreotus* terbaik. Substrat bungkil inti sawit tanpa fermentasi menunjukkan kualitas fisik yang baik dalam hal ukuran partikel, kerapatan tumpukan, dan kerapatan padatan tumpukan. Jamur tumbuh dengan baik dan tidak berdampak negatif pada biomassa produk dan nilai BK serta BO substrat. Jenis substrat yang berbeda memberikan ciri fisik media terfermentasi yang berbeda pula bagi *P. ostreotus*.

Kata kunci: akasia, kelapa sawit, inti sawit, media terfermentasi, *Pleurotus ostreotus*

ABSTRACT

By-products such as oil palm empty fruit bunches (EFB), palm kernel cake, and sawdust can be used as alternative feed. It contains nutrients needed by ruminants but is constrained by its high crude fiber content, including lignin, cellulose, and hemicellulose, and is low in protein. This study was conducted to evaluate the physical characteristics of the fermented media from plantation by-products using *Pleurotus ostreotus* as an alternative to ruminant animal feed. The experimental design was a completely randomized (CRD) with 3'3 factorial patterns with three replications. Factor A was the type of substrate, namely palm kernel cake, EFB, and acacia sawdust. Factor B was the length of fermentation, namely 0, 30, and 60 d. The data collected were analyzed by variance (ANOVA), and the results were significantly different. The observed variables were the mycelium growth rate, media weight, dry matter, organic matter, particle size, specific gravity, pile density, and compacted pile density. We conclude that the fermented sawdust gave the best growth speed of the *P. ostreotus* mycelia. The palm kernel cake substrate without storage showed good physical quality concerning particle size, pile density, and pile-compaction density. *P. ostreotus fungus* grew effectively and did not negatively impact the substrates' biomass, dry matter, and organic matter. Different substrate types give different physical characteristics to the *P. ostreotus-fermented media*.

Keywords: acacia, empty fruit bunches, palm kernel cake, fermented media, *Pleurotus ostreotus*

PENDAHULUAN

Pakan merupakan salah satu faktor penting penentu keberhasilan usaha peternakan khususnya ternak ruminansia. Ruminansia dapat memanfaatkan pakan berserat yang berasal dari limbah pertanian dan

perkebunan. Limbah perkebunan yang cukup potensial dan diharapkan dapat mengatasi ketersediaan pakan adalah limbah pengolahan kelapa sawit seperti bungkil inti sawit, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), limbah pengolahan kayu seperti serbuk gergaji. Luas kebun kelapa sawit Indonesia mencapai 11,92 juta hektare dengan produksi 33,23 juta ton (Kementan 2016). Meningkatnya luas kebun sawit diikuti dengan meningkatnya produksi limbah, yang mencapai 22,91 juta m³ (BPS 2016). Produksi kayu mencapai 66.666 m³. Dengan asumsi bahwa produksi serbuk gergaji adalah 65%, limbah serbuk gergaji yang dihasilkan mencapai 9.999 m³ (Ditjenbun 2006).

¹ Sekolah Pascasarjana, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

² Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi: Email: toharmat@apps.ipb.ac.id

Pemanfaatan limbah perkebunan sebagai bahan pakan ternak secara umum mempunyai keterbatasan karena kandungan serat kasar, hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang tinggi. Bungkil inti sawit mengandung 32,95% serat kasar, 25,26% selulosa, 28,61% hemiselulosa, 65,26% *neutral detergent fiber* (NDF), 36,65% *acid detergent fiber* (ADF), dan 8–15% lignin (Rakmani *et al.* 2015). Dalam TKKS terkandung 48,8% serat kasar, 3,2% lemak kasar, 81,8% NDF, dan 61,6% ADF (Dimawarnita & Panji 2018). Serbuk gergaji kayu mengandung 81,94% serat kasar, 1,38% abu, 0,90% protein kasar, dan 0,32% lemak kasar (Ibrahim 2013). Kendala tersebut dapat diatasi dengan mengolah terlebih dahulu limbah tersebut sebelum diberikan kepada ternak. Cara yang memungkinkan adalah dengan proses bioteknologi, di antaranya biofermentasi menggunakan jamur tiram putih *Pleurotus ostreotus*.

Jamur *P. ostreotus* tergolong *white rot fungi* yang mampu mendegradasi lignin karena memproduksi enzim lignolitik ekstraseluler seperti lakase, lignin peroksidase, dan mangan peroksidase (Manavalan *et al.* 2015). Budi dayanya membutuhkan biaya relatif murah dan mampu memperbaiki pakan bermutu rendah menjadi pakan bermutu tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis ciri fisik media terfermentasi *P. ostreotus* sebagai alternatif pakan ternak ruminansia.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat mekanis yang digunakan adalah *vibrator ball mill*. Limbah yang digunakan meliputi TKKS, bungkil inti sawit, serbuk gergaji akasia, dan bahan aditif berupa tepung jagung, dedak, CaCO₃, dan air serta bibit yang berasal dari tempat budi daya jamur tiram Guntur Sumber Mushroom, Ciawi, Jawa Barat.

Penyiapan Media dan Isolat Jamur

Media berupa serat TKKS yang sudah dikeringkan di bawah sinar matahari dicincang (ukuran ± 2–3 cm) lalu dihaluskan lagi dengan menggunakan *chopper*. Bungkil dan serbuk gergaji diayak menggunakan ayakan khusus. Isolat jamur yang digunakan adalah bibit F2 yang ditumbuhkan dalam media jagung steril. Metode dan komposisi substrat mengadopsi teknik Herliyana *et al.* (2008). Sebagai media tumbuh jamur, disiapkan TKKS, bungkil inti sawit, dan serbuk gergaji, masing-masing 74%. Media selanjutnya dicampur dengan 15% bekatul, 10% tepung jagung, dan 1% CaCO₃ yang berfungsi sebagai sumber nutrisi, serta air, lalu diperam selama 2 malam untuk menguraikan senyawa kompleks dengan bantuan mikrob agar lebih mudah dicerna oleh jamur. Semua bahan dimasukkan ke dalam kantong polipropilena dan disterilkan pada suhu 100°C selama 8 jam. Tahap selanjutnya adalah inokulasi dan fermentasi sesuai perlakuan, yaitu 30 hari dan 60 hari.

Pengukuran Ciri Fisik

Sifat fisik diukur pada 27 sampel media terfermentasi jamur yang telah dikomposit sesuai dengan perlakuan. Parameter meliputi laju pertumbuhan miselium, kadar air, ukuran partikel, bobot jenis, kerapatan tumpukan dan kerapatan padatan tumpukan.

Variabel yang Diamati

Laju pertumbuhan miselium (cm) diamati 7 hari setelah inokulasi (HSI). Panjang miselium diukur mulai dari media teratas atau bagian cincin terbawah hingga batas tumbuh miselium bagian bawah.

Kadar air ditetapkan dengan metode AOAC (1990), melalui pemanasan langsung 4–6 jam dalam oven 105°C dan menghitung banyaknya air tersisa. Partikel diukur menggunakan alat vibrator ballmill (German) sesuai dengan metode Syarif dan Halid (1993). Bobot jenis, kerapatan tumpukan, dan kerapatan padatan tumpukan dihitung dengan teknik Khalil (1990). Kerapatan tumpukan merupakan nisbah antara bobot bahan dan volume ruang yang ditempatinya (g/mL). Adapun kerapatan padatan tumpukan (gram/ml) adalah nisbah antara bobot bahan dan volume ruang yang ditempatinya setelah melalui proses pemadatan seperti penggoyangan.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian tahap 1 adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial (3×3) dengan 3 ulangan. Faktor A adalah jenis limbah, yaitu P1 = bungkil inti sawit, P2 = TKKS, P3 = serbuk gergaji, dan faktor B adalah lama waktu fermentasi, yakni T1 = tanpa fermentasi, T2 = fermentasi 30 h, T3 = fermentasi 60 h.

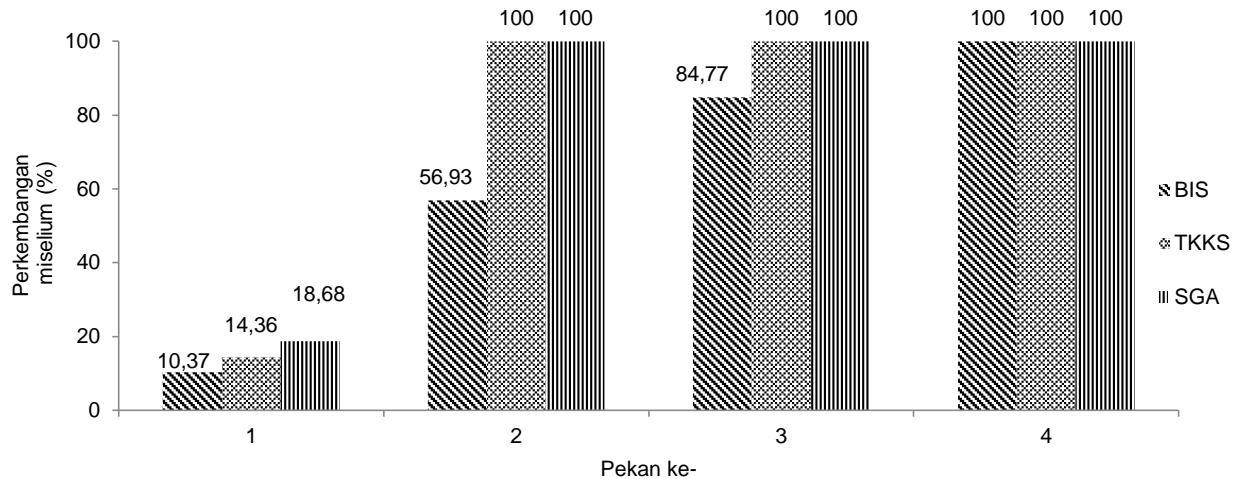
Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan ANOVA. Apabila terdapat perbedaan nyata, dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji Duncan. Data diolah menggunakan aplikasi SPSS versi 25.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Pertumbuhan Miselium

Awal pertumbuhan diamati setelah munculnya miselium dalam hitungan hari setelah inokulasi (HSI). Laju awal tumbuh miselium ini merupakan salah satu indikator keberhasilan inokulasi. Bila media tidak ditumbuhi miselium, maka pelaksanaan inokulasi jamur dinyatakan gagal. Laju pertumbuhan miselium pada media terfermentasi jamur *P. ostreotus* pada berbagai jenis media dapat dilihat pada Gambar 1. Laju awal tumbuh miselium tercepat teramati pada serbuk gergaji kayu (18,68%) dan diikuti oleh TKKS (14,36%), dengan miselium telah memenuhi seluruh permukaan substrat (100%) pada pekan ke-2. Pertumbuhan miselium yang baik disebabkan oleh media tumbuh yang terdekomposisi secara cepat dan merata. Laju



Gambar 1 Laju pertumbuhan miselium pada berbagai jenis media terfermentasi jamur *P. ostreotus* berdasarkan lama waktu fermentasi dan jenis substrat: P1 = Bungkil inti sawit; P2 = Tandan kosong kelapa sawit; dan P3 = Serbuk gergaji akasia.

pertumbuhan miselium pada serbuk gergaji dan TKKS diduga karena memiliki nutrisi yang lebih kompleks sehingga medianya menjadi lembap. Kondisi lingkungan pertumbuhan awal miseliumnya lebih sesuai atau cukup optimum. Serbuk gergaji kayu mengandung selulosa yang merupakan tempat tumbuh jamur tiram (Mursalim 20119). Benang hifa (miselium) mengeluarkan enzim yang memecahkan bahan-bahan karbohidrat menjadi senyawa sederhana yang dapat digunakan sebagai energi untuk dimetabolisme yang mengakibatkan miselium dapat cepat tumbuh pada media. TKKS memiliki beberapa unsur hara di antaranya karbon 42,8%, kalium 2,90%, nitrogen 0,80%, dan fosforus 0,30% (Sitio *et al.* 2015). Sementara itu, serbuk gergaji mengandung karbon 50%, hidrogen 6%, nitrogen 0,04–0,10%, dan 0,20–0,50 abu yang berfungsi untuk pertumbuhan miselium (Herlina 2016).

Rendahnya laju pertumbuhan miselium pada bungkil inti sawit adalah kandungan serat kasar, termasuk selulosa dan hemiselulosa, yang rendah jika dibandingkan dengan TKKS dan serbuk gergaji kayu. Lama penyebaran miselium juga dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, tempat inkubasi, dan kualitas bibit jamur yang digunakan. Guna menunjang pertumbuhan miselium pada jamur tiram, idealnya ruang inkubasi memiliki suhu 24–29°C dan kelembapan 80–95% (Waluyo 2018). Selain itu tingkat kepadatan media juga memengaruhi penyebaran miselium. Apabila media terlalu padat, miselium akan sulit menyebar ke seluruh permukaan baglog. Oleh karena itu, diupayakan agar baglog tidak diisi terlalu padat atau terlalu renggang. Pertumbuhan miselium pada penelitian ini dimulai pada hari ke-7 setelah inokulasi dan selesai menutupi substrat pada hari ke-30 sampai ke-60 setelah inokulasi. Penempelan miselium pada permukaan substrat untuk mendapatkan nutrisi, diawali dengan sekresi enzim untuk mencerna sumber hara yang tersedia, yaitu dari molekul-molekul yang tidak larut menjadi substansi yang mudah larut. Jamur tiram

mensekresi enzim-enzim ekstraseluler dan intraseluler terutama enzim endoglukonase, xilanase, fenol oksidase, yang terdiri atas lakase dan beberapa peroksidase (lignin peroksidase, mangan peroksidase, dan *versatile peroxidase*) (Gorska *et al.* 2014). Semua enzim tersebut berperan mendegradasi selulosa, hemiselulosa, lignin, dan berbagai hidrokarbon aromatik dan fenolik.

Penurunan Bobot Media Terfermentasi

Bobot media diamati guna mengetahui pertumbuhan miselium dengan jenis substrat yang berbeda. Perubahan bobot media selama waktu fermentasi dengan jenis substrat yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1. Penurunan bobot media berdasarkan jenis substrat dan waktu fermentasi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Lama waktu fermentasi 30 hari pada TKKS memperlihatkan penurunan baglog tercepat dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Cepatnya penurunan bobot media TKKS adalah karena TKKS memiliki kandungan nutrisi yang rendah. Nutrien yang terkandung pada media berperan sebagai satu-satunya sumber makanan bagi miselium *P. ostreotus*, sebab jamur ini bersifat heterotrof atau tidak bisa membuat makanannya sendiri. Rendahnya kandungan nutrisi dalam TKKS mengakibatkan bobot media menjadi cepat menurun. Sebaliknya, serbuk gergaji kayu mengandung nutrisi dengan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jenis limbah lainnya, di antaranya, karbon 50%, hidrogen 6%, nitrogen 0,04–0,10%, dan 0,20–0,50 abu yang berfungsi untuk pertumbuhan miselium (Herlina 2016). Bungkil inti sawit mengandung karbohidrat yang lebih sederhana sebagai sumber karbon, dan protein sebagai sumber nitrogen, serta kalsium dan fosforus sebagai sumber mineral dibandingkan TKKS dan serbuk gergaji, sehingga lebih mudah dimanfaatkan oleh miselium. Ketersediaan nutrisi yang tinggi dalam media menyebabkan bobot media lebih lambat menurun (Pasaribu 2018).

Kandungan BK dan BO

Kandungan BK dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi. Penurunan terendah teramati pada perlakuan fermentasi 60 hari, yaitu 90,38% menjadi 89,24% (Tabel 2). Seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi, perombakan bahan kering terus berlangsung sehingga terdapat kecenderungan BK substrat semakin berkurang dan kadar air bertambah. Penurunan BK substrat juga disebabkan oleh nutrisi yang terkandung di dalam media telah digunakan oleh fungi. BK media bungkil inti sawit menurun 1,50% pada lama fermentasi 60 hari, sementara pada serbuk gergaji 0,38% dan pada TKKS 1,96%. Penurunan BK ini terjadi karena jamur tiram putih merombak komponen dalam serbuk gergaji menjadi produk yang larut dalam air dan CO₂ (Schoenherr et al. 2018). Semakin banyak substrat yang dirombak, semakin banyak air yang terbentuk, dan akibatnya BK berkurang.

Penyusutan BO berkorelasi dengan lama waktu fermentasi mengikuti pola penyusutan BK. Fermentasi substrat menyebabkan konversi BO menjadi miselium fungi *P. ostreotus*, air, dan CO₂, sehingga terjadi penurunan biomassa substrat. BO pada bungkil inti sawit menurun 5,78%, pada serbuk gergaji 2,11%, dan pada TKKS 1,48%. Dekomposisi bahan organik akan lebih banyak terjadi apabila lebih banyak miselium yang terbentuk. Indikator tersebut ditemukan oleh Zadrazil & Kurtzman (1984), bahwa kehilangan bahan organik akibat fermentasi oleh jamur *P. ostreotus* sangat besar terjadi pada saat pertumbuhan miselium.

Ukuran Partikel

Ukuran partikel merupakan salah satu ciri fisik yang penting dalam koefisien proses produksi, yaitu terutama dalam homogenitas campuran pakan. Ukuran partikel berdasarkan jenis substrat dan lama waktu

fermentasi disajikan pada Tabel 3. Ukuran partikel tertinggi dijumpai pada TKKS dengan lama fermentasi 60 hari, yaitu 4,21 mm, sedangkan ukuran partikel terkecil pada perlakuan bungkil inti sawit yang tidak terfermentasi (0 hari), yaitu 1,17 mm. Dengan demikian, terdapat interaksi antara jenis substrat dan lama waktu fermentasi. Interaksi menunjukkan bahwa jenis substrat dapat meningkatkan ukuran partikel selama fermentasi 60 hari. Ukuran partikel pada setiap jenis substrat tidak berbeda nyata karena kandungan nutrisi terutama serat kasar pada setiap formula hampir sama. Faktor lama penyimpanan berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada ukuran partikel; media yang difermentasi lebih dari 30 hari menyebabkan ukuran partikel semakin besar. Hal tersebut sejalan dengan temuan Purnomo (2012), bahwa semakin lama penyimpanan, semakin meningkat ukuran partikel, sebab ada air yang memasuki rongga partikel media.

Akbar (2017) menyatakan perbedaan ukuran partikel dapat memengaruhi ciri fisik lainnya. Ukuran partikel yang besar memiliki rongga udara yang lebih banyak ketika dicurahkan dalam suatu wadah, artinya kerapatan bahan tersebut rendah. Ukuran partikel yang halus dapat meningkatkan nilai kerapatan tumpukan dan kerapatan padatan tumpukan. Berdasarkan hasil tersebut maka hasil pengukuran ukuran partikel media fermentasi berdasarkan tingkat kehalusan yang diperoleh dari setiap perlakuan didasarkan nilai tingkat kehalusan terbagi menjadi tiga, yaitu 4,1–7,0 termasuk kategori bahan kasar, 2,9–4,1 termasuk kategori bahan medium, dan lebih kecil dari 2,9 termasuk kategori bahan halus.

Bobot jenis

Bobot jenis (BJ) merupakan nisbah antara bobot bahan dan volumenya, satuannya adalah g/mL³. Bobot jenis berperan penting dalam berbagai proses

Tabel 1 Penurunan bobot media terfermentasi jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan (g)
	0 hari (g)	30 hari (g)	60 hari (g)	
	652,16±49,71	675,16±21,91	643,74±56,54	657,02±41,66
	687,22±13,51	689,74±17,77	682,78±22,80	686,58±16,24
	680,40±21,80	681,24±25,42	682,56±30,20	681,40±22,57
	673,26±32,27	682,05±20,02	669,69±39,20	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia.

Tabel 2 Kandungan bahan kering dan bahan organik media terfermentasi jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Parameter	Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan
		0 hari	30 hari	60 hari	
Bahan kering (%)	BIS	89,44	89,55	88,12	89,04
	TKKS	91,02	90,65	89,27	90,31
	SGA	90,67	90,65	90,33	90,55
	Rataan	90,38	90,28	89,24	
Bahan organik (%)	BIS	92,97	92,10	87,89	90,99
	TKKS	91,75	90,38	90,41	90,85
	SGA	94,40	93,53	92,45	93,46
	Rataan	93,04	92,00	90,25	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia.

pengolahan, penanganan, dan penyimpanan bahan pakan (Khalil 1999). Bobot jenis media terfermentasi *P. ostreotus* berdasarkan jenis substrat dan lama waktu fermentasi dapat dilihat pada Tabel 4. Lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada bobot jenis. Namun, pengaruh jenis substrat tidak berbeda nyata terhadap bobot jenis serta tidak terdapat interaksi nyata antarfaktor. Semakin lama waktu fermentasi, semakin rendah bobot jenis. Rataan bobot jenis terendah diperoleh pada lama fermentasi 60 hari, yaitu $0,76 \text{ g/mL}^3$, dan tertinggi jika tidak difermentasi (0 hari), yakni $1,03 \text{ g/mL}^3$.

Bobot jenis yang semakin menurun disebabkan oleh perubahan kadar air dan struktur partikel jenis substrat yang telah terfermentasi oleh *P. ostreotus*. Jamur mendegradasi struktur dari substrat yang halus menjadi lebih kasar dan mengubah kandungan kadar air dalam media. Semakin lama pakan disimpan, semakin rendah bobot jenis pakan karena meningkatnya kadar air (Nilasari 2012). Penurunan bobot jenis juga diduga karena kandungan nutrisi bahan selama fermentasi menurun. Protein dan lemak akan menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Penurunan protein ini dapat disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang membutuhkan protein untuk terus dapat berkembang biak, sedangkan lemak menurun karena aktivitas oksidasi yang terus terjadi selama proses fermentasi (Mukhlis 2017). Menurunnya nilai bobot jenis juga dipengaruhi oleh ukuran partikel

bahan pakan. Apabila partikel semakin kasar (ukuran partikel semakin besar) maka kerapatan semakin menurun sehingga air lebih mudah mengisi ruang antarpartikel. Bungkil inti sawit yang berukuran partikel lebih kecil memiliki bobot jenis yang lebih tinggi. Bahan dengan ukuran partikel halus (kecil) memiliki bobot jenis lebih tinggi dibandingkan dengan bahan ukuran partikel kasar (besar). Nilai bobot jenis yang tinggi mencirikan nilai kerapatan tumpukan dan kerapatan padatan yang tinggi (Islami *et al.* 2018).

Kerapatan Tumpukan

Kerapatan tumpukan pakan merupakan sifat penting dalam perhitungan volume ruang yang dibutuhkan oleh suatu bahan dengan bobot tertentu, seperti pengisian alat pencampur, elevator, dan silo. Kerapatan tumpukan media fermentasi jamur *P. ostreotus* berdasarkan jenis substrat dan lama waktu fermentasi diperlihatkan pada Tabel 5. Jenis substrat berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada kerapatan tumpukan media fermentasi karena ukuran partikel ketiga jenis substrat yang berbeda. Ukuran partikel memengaruhi kerapatan tumpukan, yaitu pengecilan ukuran partikel secara nyata akan meningkatkan nilai kerapatan tumpukan bahan pakan (Jaelani 2016). Lama fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$) pada kerapatan tumpukan dan tidak terdapat hubungan interaksi antarfaktor. Semakin lama waktu fermentasi, semakin rendah nilai kerapatan tumpukan. Gejala ini

Tabel 3 Ukuran partikel media terfermentasi Jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan (mm)
	0 hari (mm)	30 hari (mm)	60 hari (mm)	
BIS	1,17±0,27 ^c	3,17±0,20 ^{ab}	4,08±0,57 ^a	2,81±1,33
TKKS	1,28±0,19 ^c	3,28±0,00 ^{ab}	4,21±1,14 ^a	2,92±1,42
SGA	1,29±0,12 ^c	2,80±0,95 ^b	3,18±1,08 ^{ab}	2,42±1,13
Rataan	1,25±0,19 ^a	3,09±0,53 ^b	3,82±0,97 ^c	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia; superskrip berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT.

Tabel 4 Bobot jenis media terfermentasi jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan (g/mL)
	0 hari (g/mL)	30 hari (g/mL)	60 hari (g/mL)	
BIS	1,19±0,14 ^a	0,87±0,06 ^b	0,77±0,07 ^b	0,94±0,21
TKKS	0,92±0,22 ^b	0,79±0,02 ^b	0,77±0,12 ^b	0,83±0,15
SGA	0,97±0,15 ^b	0,76±0,08 ^b	0,74±0,08 ^b	0,82±0,15
Rataan	1,03±0,19 ^a	0,81±0,07 ^b	0,76±0,08 ^b	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia; superskrip berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT.

Tabel 5 Nilai kerapatan tumpukan media terfermentasi jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan (kg/m ³)
	0 hari (g/mL)	30 hari (g/mL)	60 hari (g/mL)	
BIS	324,78±14,80 ^a	282,83±87,47 ^{ab}	235,29±0,00 ^b	280,97±58,92 ^a
TKKS	196,83±5,50 ^{cd}	188,89±19,24 ^{cd}	171,28±25,06 ^d	185,67±19,63 ^b
SGA	181,82±0,00 ^{cd}	175,38±19,14 ^{cd}	161,56±19,53 ^d	172,92±16,35 ^b
Rataan	234,48±68,50 ^a	215,70±68,31 ^{ab}	189,38±38,15 ^b	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia; superskrip berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT.

diduga karena menurunnya kandungan nutrisi dalam bahan pakan sehingga ruang antarmolekul di dalam pakan menjadi besar dan volume ruang pun ikut membesar.

Nilai kerapatan tumpukan tertinggi teramati pada bungkil inti sawit tanpa fermentasi (325 kg/m^3) dan terendah pada serbuk gergaji (162 kg/m^3). Rendahnya nilai pada substrat serbuk gergaji dapat terjadi karena bahan utama dalam pembuatan media tersebut adalah sumber serat dengan kadar serat kasar yang tinggi berupa serbuk gergaji sehingga sulit untuk menyatukan partikelnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Jaelani (2016), bahwa tinggi rendahnya kerapatan pakan selain dipengaruhi oleh ukuran partikel dan kadar air juga dipengaruhi oleh kandungan serat kasar. Penurunan nilai kerapatan tumpukan juga dapat disebabkan oleh meningkatnya kadar air substrat karena pemecahan karbohidrat substrat oleh mikroba yang menghasilkan zat sisa berupa CO_2 dan H_2O . Penyebab lain ialah menumpuknya miselium kapang apabila waktu fermentasi terlalu lama. Kerapatan media mencerminkan ukuran kekompakan partikel penyusun bahan yang dibentuk. Lebih rendahnya nilai kerapatan tumpukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa dengan bobot pakan yang sama, ruang atau volume yang dibutuhkan lebih luas. Hasil ini dapat memengaruhi besarnya kemasan serta proses pengangkutan pakan. Nilai kerapatan yang tinggi diharapkan memudahkan penanganan, serta mempunyai daya simpan yang lebih lama karena susunan partikel yang rapat sehingga kadar air tidak mudah berubah. Kerapatan bahan baku sangat bergantung pada besarnya tekanan yang diberikan selama proses pembuatan dan ukuran ketebalan; semakin tinggi nilai kerapatan, semakin awet suatu pakan (Salam 2017).

Kerapatan Padatan Tumpukan

Kerapatan padatan tumpukan adalah nisbah antara bobot bahan dan volume ruang yang ditempatinya setelah melalui proses pemadatan seperti penggoyangan. Nilai kerapatan padatan tumpukan akan lebih besar daripada nilai kerapatan tumpukan sebagai akibat penggetaran yang menyebabkan pemadatan sehingga volume per mL bahan semakin kecil. Kerapatan padatan tumpukan pada media

terfermentasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6. Jenis substrat berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada kerapatan tumpukan media terfermentasi. Lama fermentasi tidak nyata memengaruhi kerapatan tumpukan dan tidak terdapat hubungan interaksi antarfaktor. Nilai kerapatan padatan tumpukan tertinggi terjadi pada bungkil inti sawit tanpa fermentasi (376 kg/m^3) dan terendah pada serbuk gergaji dengan waktu fermentasi 60 hari (213 kg/m^3). Tingginya nilai kerapatan padatan tumpukan pada bungkil inti sawit dipengaruhi oleh tingkat kehalusan pakan, karena semakin kecil ukuran partikel dan ditambah getaran atau penggoyangan, semakin sempit rongga udara antarpartikel, dan semakin besar nilai kerapatan padatan tumpukan. Tingginya nilai kerapatan padatan tumpukan juga dipengaruhi oleh bobot jenis dan nilai kerapatan tumpukan yang tinggi. Gejala ini sejalan dengan pendapat peneliti lain, yakni pemadatan bahan yang mempunyai bobot jenis dan nilai kerapatan yang tinggi akan meningkatkan tingkat kepadatannya. Dengan demikian, bobot bahan tiap satuan volume akan meningkat (Julaeha 2020). Faktor lain yang memengaruhi nilai kerapatan padatan tumpukan adalah intensitas dan cara pemadatan (Syahrir *et al.* 2017). Intensitas dan cara pemadatan yang berbeda pada setiap perlakuan dapat memengaruhi nilai kerapatan padatan tumpukan bahan pakan. Nilai ini penting diketahui karena sangat bermanfaat dan sangat berperan dalam penentuan silo dan pencampuran bahan.

KESIMPULAN

Media fermentasi jamur *P. ostreotus* berdasarkan jenis substrat dari serbuk gergaji menunjukkan laju pertumbuhan miselium terbaik. Jenis substrat bungkil inti sawit tanpa penyimpanan menunjukkan kualitas fisik yang baik dalam hal ukuran partikel, kerapatan tumpukan, dan kerapatan padatan tumpukan. Jamur *P. ostreotus* tumbuh dengan baik dan tidak berdampak negatif pada biomassa produk berdasarkan nilai BK dan BO substrat. Substrat yang berbeda menghasilkan ciri fisik media terfermentasi jamur *P. ostreotus* yang berbeda pula.

Tabel 6 Nilai kerapatan pemadatan tumpukan media terfermentasi jamur *Pleurotus ostreotus* pada jenis substrat dan lama fermentasi berbeda

Jenis substrat (P)	Lama fermentasi (T)			Rataan (kg/m^3)
	0 hari (g/mL)	30 hari (g/mL)	60 hari (g/mL)	
BIS	375,76±20,99 ^a	327,78±75,15 ^{ab}	319,01±40,18 ^{ab}	340,85±51,24 ^a
TKKS	251,17±50,49 ^{bc}	231,48±16,04 ^c	229,87±17,60 ^c	237,51±29,74 ^b
Serbuk Gergaji	239,41±59,37 ^c	222,37±35,88 ^c	213,11±27,88 ^c	224,96±39,13 ^b
Rataan	288,78±76,88 ^a	260,54±66,00 ^a	254,00±55,73 ^a	

Keterangan: BIS = Bungkil inti sawit; TKKS = Tandan kosong kelapa sawit; SGA = Serbuk gergaji akasia; superskrip berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Agustin AD, Riniarti M, Duryat. 2014. Utilization of sawdust waste and rice husk charcoal as weaning media for yellow cempaka (*Michelia champaca*). *Journal of Sylva Lestari* 2(3): 49–58. <https://doi.org/10.23960/jsl3249-58>
- Akbar MRL, Suci DM, Wijayanti I. 2017. Evaluasi Kualitas Pellet Pakan Itik yang Disuplementasi Tepung Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*) dan Disimpan Selama 6 Minggu. *Buletin Makanan Ternak*. 104(2): 31–48.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2016. Statistik Produksi Kehutanan 2016. ISBN 978-602 438-101-1. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistik.
- Dimawarnita F, Panji T. 2018. Sintesis Kerbosikmetil Selulosa dari Sisa Baglog Jamur Tiram (*pleurotus ostreotus*). *Jurnal Menara Perkebunan*. 6(2): 96–106
- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. Direktorat Jenderal Perkebunan, Statistics of Oil Palm Plantations in Indonesia 2019.
- Gorska EB, Jankiewicz U, Dorbzyński J, Galazka A, Sitarek M, Gozdowski, Kowalczyk. 2014. Producton of ligninolytic enzymes by culture of white rot fungi. *Polis Journal Microbiology*. 63(4): 461–465. <https://doi.org/10.33073/pjm-2014-062>
- Herlina. 2016. Pertumbuhan jamur tiram *Pleurotus ostreotus* pada variasi media tanam serbuk gergaji kayu dan tandan kosong kelapa sawit. [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alaudin Makasar.
- Herliyana EN, Nandika, Achmad, Sudirman LI, Witarto AB. 2008. Biodegradation of Sengon-wood Sawdust Substrate by *Pleurotus* Group Fungi from Bogor. *Journal Tropic Wood Scinces and Technology*. 6(2). <http://doi.org/10.51850/jitkt.v6i2.248>.
- Ibrahim Y, Ladan EL, Olofin EA. 2013. Proximate and Mineral Analyzes of Variously Treated Sawdust as a Potential Livestock Feed. *International Journal Pure Applied Sciences Technology*. 19(1): 44–48. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2018.028.02.10>
- Islami RZ, Nurjannah S, Susilawati I, Mustafa HK, Rochana A. 2018. Kualitas fisik wafer turiang padi yang dicampur dengan rumput lapang. *Jurnal Ilmu Ternak*. 18: 126–130. <https://doi.org/10.24198/jit.v18i2.21479>
- Jaelani A. 2016. Hydrolysis of palm kernel cake by polysaccharide-degrading mold mannan and its effect on the appearance of broilers. [Dissertation]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor (ID).
- Julaeha A. 2020. Evaluasi wafer konsentrat dengan taraf *wheat bran* dan lama pemanasan berbeda. Skripsi. Ilmu nutrisi dan teknologi pangan. Fakultas peternakan. Institut pertanian bogor. Bogor (ID).
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2016. Kementerian Pertanian. Basis Data Pertanian 2010–2019. Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2016.
- Khalil. 1999. Pengaruh kandungan air dan ukuran partikel terhadap perubahan perilaku sifat fisik bahan pakan lokal. *Media Peternakan*. 22(1): 33–42. <https://doi.org/10.23960/jipt.v6i3.p163-166>
- Marbun F, Wiradimadja R, Hernaman I. 2019. Pengaruh lama penyimpanan terhadap sifat fisik dedak padi. *Jurnal Ilmiah Psikologi Terapan*. 6(3): 163–166. <https://doi.org/10.23960/jipt.v6i3.p163-166>
- Miftahudin, Liman, Fathul F. 2015. Pengaruh masa simpan terhadap kualitas fisik dan kadar air pada wafer limbah pertanian berbasis wortel. *Jurnal Ilmiah Psikologi Terapan*. 3(3): 121–126. <http://doi.org/10.23960/jipt.v3i3.p%25p>.
- Manavalan T, Manavalan A, Heese K. 2015. Characterization of lignocellulolytic enzymes from White-rot fungi. *Current microbiology*. 70(4): 485–498. <https://doi.org/10.1007/s00284-014-0743-0>
- Mukhlis. 2017. Pengaruh lama penyimpanan ransum komplit sapi potong berbasis limbah pelepah sawit amoniasi terhadap kandungan nutrisi dan pertumbuhan spora jamur. skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Andalas. Padang (ID).
- Mursalim, Munir, Fitriani, Novieta DI. 2019. Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandits L.F*) dan Daun Murbei (*Morus alba*) yang Dikombinasikan Sebagai Pakan Ternak. Prosiding Seminar Nasional. *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol (2).
- Nilasari. 2012. Pengaruh penggunaan tepung ubi jalar, garut dan onggok terhadap sifat fisik dan lama penyimpanan ayam broiler bentuk pellet. [skripsi]. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor (ID).
- Pasaribu T. 2018. Upaya Peningkatan Kualitas Bungkil Inti Sawit Melalui Teknologi Fermentasi dan Penambahan Enzim untuk Unggas. *Jurnal Warta*. 28(3): 119–128. <http://doi.org/10.1433/wartazoa.v28i3.1820>.
- Purnomo SH. 2012. Pengaruh tepung garut, ubi jalar, dan onggok sebagai perekat alami pelet terhadap kualitas fisik pakan dan performa ayam broiler. Skripsi. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Rakhmani S, Pangestu Y, Sinurat AP, Purwadaria T. 2015. Carbohydrate and protein digestion of palm kernel cake using Mannanase BS4 and papain cocktail enzymes. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 20(4): 268–274. <https://doi.org/10.14334/jitv.v20i4.1245>
- Retnani Y, Widiarti W, Amiroh I, Herawati L, Satoto KB. 2009. Daya simpan dan palatabilitas wafer ransum komplit pucuk dan ampas tebu untuk sapi pedet. *Media Peternak*. 32(2): 130–136. <https://doi.org/10.17969/agripet.v10i1.632>
- Retnani Y, Hasanah N, Rahmayeni Herawati L. 2010. Uji sifat fisik ransum ayam broiler bentuk pellet yang ditambahkan perekat ongok melalui proses penyemprotan air. *Agripet*. 10(1): 13–18. <http://doi.org/0.17969/agripet.v10i1.632>.
- Salam RM. 2017. Sifat fisik wafer dari bahan baku lokal sebagai bahan pakan ternak ruminansia. *Jurnal Ilmiah Peternakan*. 5(2): 108–114.
- Schoenherr S, Ebrahimi M, Czermak P. 2018. Lignin Degradation Processes and the Purification of Valuable Products. In book: *Lignin Trends and Applications*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71210>
- Sitio Y, Wijana G, Raka IN. 2015. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit dan pupuk nitrogen sebagai substitusi *Top Soil* terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) periode *Pre Nursery*. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(4).
- Syahrir S, Mide MM, Harfiah. 2017. Evaluasi fisik ransum lengkap berbentuk wafer berbahan bahan utama jerami jagung dan biomassa murbei. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*. 5(2). <http://doi.org/10.20956/jitp.v5i2.3079>.
- Syarief R, Halid H. 1993. Teknologi penyimpanan pangan. Arcan. Denpasar (ID).
- Waluyo S, Wahyono RE, Lanya B, Telaumbanua M. 2018. Pengendalian Temperatur dan Kelembapan dalam Kumbung Jamur Tiram (*Pleurotus sp*) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Agritech*. 38(3): 282–288. <https://doi.org/10.22146/agritech.30068>
- Zadrazil F and Kurtzman Jr. 1984. The Biology of *Pleurotus* Cultivation in TheTropics. In: Chang ST and Quinio TS (Ed). *Tropical Mushrooms, 42 Biological Nature and Cultivation Methods*. The Chinese University Press, hongkong 277–279.