

## Produksi dan kualitas jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) pada beberapa konsentrasi limbah *sludge* pabrik kertas

*Production and quality of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) on selected concentration of sludge of paper industry*

Happy WIDIASTUTI & TRI-PANJI

Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Bogor 16151, Indonesia

### Summary

*An experiment has been conducted to study the effect of sludge concentration, waste of paper industry using raw material of recycled paper, as media on oyster mushroom production and quality. Twelve treatment tested are combination of two oyster mushroom strains are oyster mushroom of Bogor (JTB) and oyster mushroom of Taiwan (JTT), three media composition (sawdust, sludge, and sawdust+ sludge (50/50, v/v), and two levels of supplement addition (with rice bran+gypsum+ lime and without) with 10 replications. The production of the mushroom was conducted in bag log capacity of 1 kg fresh weight (water content 50%). The result showed that sludge can be used as mixture of oyster mushroom production with the composition 50:50 v/v of sawdust and sludge. Since the higher number of contamination, addition of supplement reduce oyster mushroom production as well as biological efficiency, but increased protein content of fruiting body. The content of Cd, and Pb were below the permissible limits, Cu was higher than the limits but still in the range. The Fe content of mushroom fruit body was higher both in sawdust (147.92 – 149.56 ppm) and sawdust+sludge (295.82 – 335.12 ppm) as media. However, the uptake of Fe of JTT was less (49.08-59.64 ppm) compared to that of JTB (147.92-335.12 ppm).*

**[Key words:** *Sludge, waste paper-industry, oyster mushroom, nutrient, metal content*]

### Ringkasan

Penelitian dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi *sludge* limbah pabrik kertas berbahan baku karton bekas sebagai medium terhadap produksi dan kualitas jamur tiram. Dua belas perlakuan yang diuji merupakan kombinasi dua galur jamur tiram, yaitu Jamur Tiram Bogor (JTB) dan Jamur Tiram Taiwan (JTT), tiga jenis komposisi medium (serbuk gergaji, *sludge*, dan *sludge*+serbuk gergaji), dan dua tingkat suplemen (dengan dan tanpa) yang diulang 10 kali untuk masing-masing perlakuan. Produksi jamur tiram dilakukan menggunakan *bag log* berkapasitas 1 kg basah (kadar air 50%). Hasil percobaan menunjukkan bahwa *sludge* dapat digunakan sebagai campuran serbuk gergaji dalam produksi jamur tiram dengan perbandingan 50:50 (v/v). Pemberian suplemen menurunkan produksi jamur tiram demikian pula efisiensi biologi namun meningkatkan kadar protein tubuh buah. Di dalam tubuh buah JTB, kandungan logam Cd, dan Pb berada di bawah batas yang diijinkan, sedangkan kandungan Cu di atas ambang walaupun masih dalam kisaran. Kandungan Fe dalam tubuh buah jamur relatif tinggi baik yang ditumbuhkan pada serbuk gergaji sebagai medium standar (147,92 - 149,56 ppm) maupun yang ditumbuhkan pada medium campuran *sludge*+serbuk gergaji (295,82 - 335,12 ppm). Serapan Fe tubuh buah JTT jauh lebih rendah (49,08- 59,64 ppm) dibandingkan dengan serapan Fe JTB (147,92-335,12 ppm).

### Pendahuluan

Industri kertas menghasilkan beberapa jenis limbah padat antara lain *sludge*, *biosludge*, dan *pith*. Di antara limbah padat tersebut, *sludge* merupakan limbah padat dengan volume terbesar. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan kertas, semakin tinggi pula limbah *sludge* yang dihasilkan. *Sludge* industri kertas merupakan lumpur aktif dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang terdiri atas padatan 90% dan air 10%. Karakteristik *sludge* industri kertas antara lain lembek, strukturnya lunak seperti bubur, berwarna abu-abu keruh atau kehitaman, dan berbau tidak sedap. Seperti halnya limbah agroindustri lainnya, *sludge* merupakan limbah dengan kandungan senyawa karbon yang sangat tinggi. Limbah padat pabrik kertas juga mengandung unsur-unsur lain yaitu kalium, kalsium, magnesium, besi, dan sulfida yang merupakan hara untuk tanaman. Selain itu, limbah pabrik kertas umumnya mengandung logam-logam berbahaya seperti merkuri (Hg), tembaga (Cu), crom (Cr), timbal (Pb), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Arisandi, 2002). Dari aspek nutrisi tanaman, aplikasi kompos *sludge* memperbaiki medium tumbuh karena kompos merupakan sumber hara makro dan mikro bagi tanaman (Widyati, 2006). Namun demikian, karakteristik limbah sangat dipengaruhi oleh bahan baku dan proses produksi kertas.

Limbah *sludge* hingga kini belum dimanfaatkan secara komersial. Pada saat ini limbah pada umumnya ditumpuk di sekitar pabrik sehingga dapat menjadi sumber pencemaran. Beberapa penelitian telah dilakukan misalnya pemanfaatan *sludge* sebagai medium jamur merang (Widiastuti *et al.*, 1991), jamur tiram (Widiastuti & Gunawan, 1991), dan pupuk

untuk tanaman kopi (Nur *et al.*, 1990). Walaupun demikian limbah ini belum mendapat penanganan yang efektif. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu teknologi pemanfaatan limbah padat sehingga energi yang terkandung dalam limbah dapat dimanfaatkan secara optimal dan pencemaran lingkungan dapat dicegah. Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu jenis jamur kayu yang banyak ditemukan pada medium kayu yang sudah lapuk. Jamur ini banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan sumber senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai obat (Lindequist *et al.*, 2005).

Penyerapan logam berat oleh tanaman dipengaruhi berbagai faktor, di antaranya kadarnya dalam medium tanam, jenis tanaman, pH tanah, curah hujan, dan sebagainya. Kemampuan tanaman menerima dan mentranslokasikan logam berat sangat tergantung pada jenis tanaman dan bahkan untuk setiap spesies yang sama variasi kadar logam berat antar tanaman yang berbeda yang cukup besar (Ariestanti, 2002). Serapan logam oleh tubuh buah jamur dilaporkan Collin-Hansen *et al.* (2007) bahwa dalam tubuh buah *Boletus edulis*, satu spesies dalam macromycetes dijumpai adanya peptida sebagai fitokelatin sehingga jamur mengandung logam Cd dan Hg yang tinggi. Bagaimanapun juga adanya logam seperti As, Pb, Cd, merkuri, dan Cs dalam tubuh buah jamur konsumsi merupakan pembatas dalam pemanfaatannya sebagai sumber pangan bernilai gizi tinggi (Firenzuoli *et al.*, 2008). Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh konsentrasi *sludge*, limbah pabrik kertas berbahan baku karton bekas, sebagai medium terhadap produksi dan kualitas jamur tiram.

### Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan ialah *sludge* limbah padat industri kertas berbahan baku kertas karton suatu pabrik di Bekasi, dan suplemen berupa dedak padi, serbuk gergaji, gipsum, dan kapur. Dua kultur *P. Ostreatus* (JTB dan JTT) diperoleh dari Laboratorium Mikologi, FMIPA IPB.

#### Kultur jamur

Pada awal penelitian dilakukan peremajaan kultur jamur menggunakan media *potato dextrose agar* (PDA) dan pembuatan inokulum menggunakan media sorghum. Dalam persiapan *bag log* untuk produksi jamur tiram dilakukan dahulu analisis kandungan karbon dan nitrogen *sludge* dan serbuk gergaji. Enam jenis media digunakan untuk produksi jamur, yaitu *sludge*, serbuk gergaji, dan *sludge*+serbuk gergaji masing-masing dengan dan tanpa suplemen berupa dedak padi (12,5 %), kapur (2,8%), dan gipsum (1,5%). Selanjutnya keenam kelompok media tersebut dikomposkan selama tiga hari dengan cara menumpuk masing-masing medium setinggi ± 50 cm, lalu ditutup dengan lembaran plastik. Pada akhir pengomposan medium dimasukkan ke dalam *bag log* masing-masing seberat 1 kg. Sterilisasi *bag log* menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit tekanan 1 atm. Medium yang telah didinginkan (suhu mencapai suhu 35-40°C) kemudian diinokulasi dengan 30 g inokulum. Selanjutnya *bag log* dipindah ke ruang produksi dan dilakukan induksi pembentukan tubuh buah dengan membuka kapas penutup *bag log*. *Bag log* diletakkan pada rak bertingkat, berjejer dengan jarak 15-20 cm. Tubuh buah terbentuk mulai 1 – 2 minggu setelah

induksi. Panen dilakukan dengan cara mencabut tubuh buah sampai akarnya. Parameter yang diukur meliputi bobot basah, bobot kering tubuh buah jamur (g), kadar air (%), EB (%), kadar nitrogen (%), kadar karbon (%), dan kandungan logam berat meliputi B, Cd, Cu, Fe, dan Pb menggunakan AAS (ppm).

$$\text{Efisiensi biologi (EB)} = \frac{\text{Bobot basah jamur tiram} \times 100\%}{\text{Bobot kering medium}}$$

(Silverio *et al.*, 1981)

#### Rancangan percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan model rancangan acak lengkap (RAL) untuk menguji enam jenis medium masing-masing untuk JTB dan JTT. Keenam jenis medium yang diuji ialah A) serbuk gergaji B) *sludge*, C) campuran serbuk gergaji+*sludge* 50:50 (v/v), D) serbuk gergaji + suplemen, E) *sludge*+suplemen, dan F) campuran serbuk gergaji dan *sludge* (50/50, v/v)+suplemen. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 10 kali.

### Hasil dan Pembahasan

Kontaminasi terjadi pada hampir semua medium yang diuji kecuali medium C yang diinokulasi JTB atau JTT dan medium A yang diinokulasi JTT (Tabel 1). Kontaminasi lebih tinggi pada perlakuan penambahan suplemen baik pada *bag log* yang diinokulasi JTB maupun JTT. Jenis jamur kontaminan yang banyak ditemukan adalah *Penicillium* sp. Dan *Aspergillus* sp.

Jamur tiram JTB tidak dapat membentuk tubuh buah pada medium *sludge* saja sedangkan tubuh buah JTT, tidak terbentuk baik pada medium *sludge* dengan pemberian suplemen maupun tanpa suplemen (Tabel 1). Selain itu,

Tabel 1. Tingkat kontaminasi dan persentase pembentukan tubuh buah dua galur jamur tiram pada enam jenis medium yang diuji.

Table 1. Contamination rate and fruiting body formation of two oyster mushroom strains on six tested media.

Medium Media	Kontaminasi ( <i>Contamination</i> ) (%)		Pembentukan tubuh buah ( <i>Fruiting body formation</i> ) (%)	
	JTB	JTT	JTB	JTT
A	6	0	92	8
B	2	10	0	0
C	0	0	84	52
D	82	44	14	24
E	78	42	16	0
F	70	14	14	0

Keterangan: A= serbuk gergaji, B = *sludge*, C= serbuk gergaji + *sludge* 50:50 (v/v), D= serbuk gergaji+suplemen, E= *sludge*+suplemen, F= serbuk gergaji+*sludge* (50/50, v/v)+suplemen.

Explanation : A= sawdust, B= *sludge*, C= sawdust + *sludge* 50:50 (v/v), D=sawdust + supplement, E= *sludge*+ supplement, F= sawdust+*sludge* (50/50, v/v)+supplement.

tubuh buah JTT juga tidak terbentuk pada medium campuran *sludge*+serbuk gergaji yang diberi suplemen. Persentase pembentukan tubuh buah tertinggi untuk JTB ialah pada medium serbuk gergaji saja, sedangkan untuk JTT ialah pada medium campuran serbuk gergaji+*sludge*, selain itu persen pembentukan tubuh buah JTT pada medium campuran serbuk gergaji+ *sludge* lebih rendah dibandingkan dengan JTB. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk gergaji pada *sludge* dapat menginduksi pembentukan tubuh buah jamur sedangkan penambahan suplemen menurunkan pembentukan tubuh buah. Penurunan pembentukan tubuh buah pada penambahan suplemen kemungkinan disebabkan tingkat kontaminasi yang tinggi.

#### Bobot basah tubuh buah

Jamur tiram merupakan organisme yang tidak mempunyai klorofil sehingga menggunakan senyawa karbon dalam

medium tumbuh untuk mendapatkan senyawa karbon melalui aktivitas enzim ligninolitik yang dihasilkan secara ekstraseluler. Komposisi senyawa karbon dan kandungan mineral medium seperti nitrogen merupakan faktor penentu pertumbuhan jamur. Kandungan karbon medium B lebih rendah dibandingkan dengan medium A dan C demikian pula dengan medium E dibandingkan dengan medium D dan F, sedangkan kandungan nitrogen medium B lebih tinggi dibandingkan dengan medium A dan C demikian pula dengan medium E dibandingkan dengan medium D dan F (Tabel 2). Hal ini menyebabkan rasio C/N pada medium B dan E lebih rendah masing masing dibandingkan dengan medium A dan C serta D dan F. Hasil ini menunjukkan bahwa nampaknya rendahnya kandungan karbon, dan rasio C/N serta tingginya nitrogen berpengaruh terhadap rendahnya pembentukan tubuh buah jamur. Walaupun demikian batas kandungan karbon, nitrogen serta rasio

Tabel 2. Kandungan karbon dan nitrogen dalam *bag log* pada masing-masing medium.

Table 2. Carbon and nitrogen content of each media in bag log.

Medium Media	Karbon Carbon (g)	Nitrogen Nitrogen (g)	Rasio C/N C/N ratio
A	143,10	0,87	161,37
B	120,72	0,96	125,75
C	131,71	0,92	143,16
D	152,25	2,01	64,43
E	135,66	2,51	54,05
F	145,46	2,45	59,35

Keterangan: A= serbuk gergaji, B= *sludge*, C= serbuk gergaji+*sludge* 50:50 (v/v), D= serbuk gergaji +suplemen, E= *sludge*+suplemen, F= serbuk gergaji+*sludge* (50/50, v/v)+suplemen.

Explanation: A= sawdust, B= *sludge*, C= sawdust + *sludge* 50:50 (v/v), D= sawdust + supplement, E=*sludge*+ supplement, F= sawdust+*sludge* (50/50, v/v)+supplement.

C/N untuk pembentukan tubuh buah jamur tidak dapat ditetapkan dalam penelitian ini.

Rata-rata bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium A sebesar 121,24 g, sedangkan pada medium B tidak dihasilkan tubuh buah jamur tiram (Tabel 3). Diduga hal ini disebabkan tingginya kandungan logam Cu, Mn, B, Zn, Mo, dan Se dalam *sludge*, yaitu 64,58; 45,2; 94,4; 188,26; 41,1 dan 10,85 ppm. Levin *et al.* (2002) mengemukakan bahwa penambahan ion Cu pada kultur *Trametes trogii* hingga 1 mM tidak mempengaruhi pertumbuhan namun secara kuat menstimulasi produksi enzim ligninolitik. Sebaliknya, penambahan Cu pada konsentrasi yang tinggi menghambat pertumbuhan dan bahkan menurunkan produksi enzim ligninolitik lainnya yaitu Mn peroksidase (MnP) walaupun tidak mempengaruhi sekresi lakase. Selain itu, tidak tumbuhnya tubuh buah pada media *sludge* kemungkinan dipengaruhi oleh kandungan Mn yang relatif tinggi

dibandingkan dengan serbuk gergaji. Giardina *et al.* (2000) mengemukakan bahwa penambahan Mn dapat meningkatkan produksi enzim MnP pada *P. ostreatus* tetapi juga dapat menghambat misalnya pada *P. eryngii* (Martinez *et al.*, 1996). Hasil penelitian Widiastuti & Tri-Panji (2007) menunjukkan bahwa medium tumbuh dapat mempengaruhi jenis atau komposisi enzim ligninolitik jamur pelapuk putih yang dieksekresikan. Selain itu, struktur *sludge* yang relatif mampat merupakan kendala masuknya oksigen ke dalam medium. Enzim pemecah lignin merupakan enzim oksidasi sehingga rendahnya kandungan oksigen dalam *sludge* merupakan pembatas aktivitas enzim ligninolitik.

Dibandingkan dengan hasil yang dikemukakan Widiastuti & Gunawan, (1991) produksi tubuh buah dari serbuk gergaji atau *sludge* pada penelitian ini lebih rendah. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan perbedaan karakteristik *sludge* yang digunakan. Dalam penelitian ini

Tabel 3. Bobot basah dan kering, kadar air, dan efisiensi biologi dua galur jamur tiram pada beberapa medium.

Table 3. Fresh and dry weight, water content, and biological efficiency of two strains of oyster mushroom on tested media.

Medium Media	Bobot Basah Fresh weight (g)		Bobot kering Dry weight (g)		Kadar air Water content (%)		Efisiensi biologi Efficiency of biology (%)	
	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT
A	121,24 a *	56,37 b	9,104 a *	4,64 b	2,49 a *	91,40 a	12,12 a *	5,63 b
B	0 d	0 c	0 c	0 c	-	0 c	0 d	0 c
C	93,53 ab	61,21 b	7,179 ab	5,33 b	92,35 a	91,40 a	9,35 ab	6,13 b
D	73,93 bc	89,51 a	6,508 ab	10,64 a	90,95 a	88,10 b	7,39 bc	8,95 a
E	86,12 abc	0 c	9,080 a	0 c	88,23 b	0 c	8,61abc	0 c
F	49,34 c	0 c	4,461 b	0 c	90,51 a	0 c	4,93 c	0 c

Keterangan : A= serbuk gergaji; B= *sludge*; C= serbuk gergaji+*sludge*; D= serbuk gergaji+pengaya; E= *sludge*+pengaya; F= serbuk gergaji+*sludge*+pengaya.

Explanation: A= sawdust, B= *sludge*, C= sawdust + *sludge* 50:50 (v/v), D= sawdust + supplement, E= *sludge*+supplement, F= sawdust+*sludge* (50/50, v/v)+supplement.

*sludge* yang digunakan dihasilkan oleh pabrik kertas berbahan baku karton bekas (*non virgin pulp*), sedangkan dalam penelitian sebelumnya *sludge* yang digunakan berasal dari pabrik kertas yang menggunakan kayu (*virgin pulp*) sebagai bahan baku.

Tubuh buah JTB dapat terbentuk pada medium *sludge* yang ditambah serbuk gergaji (medium C). Rata-rata bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium C sebesar 93,53 g. Bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium C tidak berbeda nyata dibandingkan dengan medium A. Ini berarti bahwa *sludge* dapat dimanfaatkan sebagai medium produksi jamur, dengan penambahan serbuk gergaji. Hal ini kemungkinan disebabkan pada medium serbuk gergaji+ *sludge*, kandungan karbon yang diperlukan jamur untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan miselium lebih

tinggi dibandingkan dengan medium *sludge* sehingga mampu mendukung pembentukan tubuh buah (Tabel 2). Selain itu, diduga penambahan serbuk gergaji menurunkan konsentrasi logam dalam medium.

Bobot basah JTB yang dihasilkan dari medium D nyata lebih rendah dibandingkan dengan medium A. Rata-rata bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium D sebesar 73,93 g. Hal yang sama juga dijumpai pada medium F yang mengandung serbuk gergaji. Bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium F nyata lebih rendah dibandingkan dengan medium C (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan bahwa suplemen berpengaruh negatif terhadap pembentukan tubuh buah pada medium yang mengandung serbuk gergaji. Sebaliknya penambahan suplemen ke dalam medium *sludge* (medium E) mampu mendorong

pembentukan tubuh buah jamur. Pada medium E, rata-rata bobot basah tubuh buah jamur yang dihasilkan adalah 86,12 g. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh suplemen terhadap pembentukan tubuh buah dipengaruhi oleh jenis media. Pada *sludge* pemberian suplemen berpengaruh positif sedangkan pada medium yang mengandung serbuk gergaji, berpengaruh negatif. Pengaruh positif dedak kemungkinan disebabkan kandungan vitamin (vit B1). Silverio *et al.* (1981) mengemukakan bahwa dedak merupakan substrat alami yang dapat mendukung miselium *Auricularia* sp. menjadi tebal dan kompak. Suprapti (1988) juga melaporkan bahwa penambahan dedak dapat meningkatkan pertumbuhan miselium jamur dan mendorong pembentukan tubuh buah. Pengaruh negatif dedak sebagai suplemen kemungkinan disebabkan karena adanya peningkatan kandungan nitrogen sehingga diduga menginduksi terbentuknya ammonia bebas yang berasal dari hasil degradasi asam amino. Amonia memiliki pengaruh kurang baik bagi pembentukan tubuh buah jamur tiram.

Tubuh buah JTT tidak terbentuk pada medium *sludge* saja, namun pencampuran dengan serbuk gergaji menginduksi pembentukan tubuh buah. Bobot basah tubuh buah yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji+*sludge* tidak berbeda nyata dibandingkan dengan serbuk gergaji saja. Hasil ini menunjukkan bahwa JTT dapat diproduksi pada medium *sludge* dengan pencampuran serbuk gergaji. Walaupun demikian apabila dibandingkan dengan JTB, bobot basah tubuh buah JTT lebih rendah.

#### *Bobot kering tubuh buah jamur*

Bobot kering tubuh buah JTB yang dihasilkan dari medium A tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tubuh buah yang dihasilkan dari medium C. Hasil ini seiring dengan data bobot basah. Penambahan suplemen pada medium serbuk gergaji (A) tidak berpengaruh terhadap pembentukan tubuh buah. Hasil ini berbeda dengan data bobot basah, yang memberikan perbedaan nyata antara bobot basah tubuh buah yang dihasilkan dari medium A dan D. Perbedaan ini diduga disebabkan penambahan suplemen menurunkan serapan air tubuh buah sehingga kadar air tubuh buah dari medium A jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium D. Hasil analisis kadar air menunjukkan bahwa kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium A lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium D, walaupun secara statistik tidak nyata (Tabel 3).

Bobot kering tubuh buah JTB yang ditumbuhkan pada medium C tidak berbeda nyata dibandingkan dengan bobot kering tubuh buah jamur tiram yang dihasilkan dari medium F. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan suplemen tidak berpengaruh terhadap bobot kering tubuh buah pada media campuran *sludge* dan serbuk gergaji. Hasil ini berbeda dengan bobot basah, yang memberikan perbedaan nyata antara medium C dan F. Hal ini diduga disebabkan penambahan suplemen pada medium campuran bahkan mengurangi penyerapan air oleh jamur. Pengurangan

serapan air kemungkinan disebabkan interaksi antara suplemen dengan medium campuran *sludge*+serbuk gergaji meningkatkan kapasitas menyerap air (WHC) medium.

#### *Pengaruh jenis medium terhadap kadar air*

Analisis ragam menunjukkan bahwa kadar air tubuh buah JTB yang dihasilkan dari semua medium yang diuji tidak berbeda nyata kecuali pada tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium *sludge* dengan penambahan suplemen (E). Kadar air tubuh buah JTB yang dihasilkan dari medium *sludge* dengan penambahan suplemen nyata lebih rendah dibandingkan dengan kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium lainnya. Diduga rendahnya kadar air pada medium E disebabkan tingginya WHC pada medium tersebut sehingga air sulit diserap oleh jamur.

Kadar air tubuh buah JTT dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kadar air tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji. Hasil ini menunjukkan bahwa pencampuran *sludge* pada serbuk gergaji tidak mempengaruhi kadar air tubuh buah yang dihasilkan. Kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji dengan penambahan suplemen nyata lebih rendah dibandingkan dengan kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji atau campuran serbuk gergaji+*sludge* tanpa penambahan suplemen.

Kisaran kadar air jamur tiram yang dihasilkan dalam penelitian ini khususnya dari medium A dan C baik untuk JTB

maupun JTT sesuai dengan yang telah dilaporkan. Berdasarkan studi pustaka, jamur tiram segar umumnya mengandung kadar air sebesar 90,7 persen air (Anonim, 2006). Kadar air tubuh buah yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji dengan penambahan suplemen untuk JTB masih dalam kisaran yang telah dilaporkan sedangkan untuk JTT lebih rendah dibandingkan dengan yang telah dilaporkan.

#### *Efisiensi biologi*

Efisiensi biologi (EB) merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan satu satuan media untuk menghasilkan satuan berat tubuh buah jamur. Efisiensi biologi JTB medium A dengan C tidak berbeda nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa medium C mempunyai potensi yang sama dengan serbuk gergaji sebagai media tumbuh jamur tiram. Pengaruh penambahan suplemen terhadap EB seiring dengan pengaruhnya terhadap bobot basah tubuh buah jamur. Di samping itu, dilihat dari data kontaminasi, pemberian suplemen meningkatkan persen kontaminasi (Tabel 1). Adanya kontaminasi dapat menurunkan tingkat produksi tubuh buah yang selanjutnya mempengaruhi nilai EB.

Bila semua media dibandingkan maka medium serbuk gergaji (A) memiliki efisiensi biologi paling tinggi. Namun, jika dibandingkan dengan penelitian Suprapti (1988) yang menggunakan kayu atau Widiastuti & Gunawan (1991) yang menggunakan campuran *sludge*+serbuk gergaji, nilai EB yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah. Nilai EB yang dilaporkan Suprapti (1988) adalah 24,70% sedangkan Widiastuti & Gunawan (1991) melaporkan nilai EB adalah 126,81 % dan



77,23 % masing-masing pada teknik aerasi T1 dan T2. Perbedaan nilai EB ini diduga disebabkan perbedaan kandungan mineral medium yang digunakan serta tingginya kontaminasi.

*Kadar nitrogen dan protein tubuh buah*

Penambahan suplemen meningkatkan kadar N tubuh buah JTB (Tabel 4). Kadar nitrogen tubuh buah jamur terendah ialah 2,52% yang berasal dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji sedangkan nilai tertinggi adalah kadar N tubuh buah jamur yang berasal dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji dengan penambahan suplemen yaitu 5,46 %. Kadar N juga menunjukkan kadar protein tubuh buah, sehingga peningkatan kadar N berkorelasi dengan peningkatan kadar protein. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan protein adalah 25,27% yang diperoleh dengan penambahan suplemen pada medium campuran *sludge* + serbuk gergaji. Kandungan karbon, N

dan protein tubuh buah dari media serbuk gergaji saja yang diinokulasi JTT tidak dianalisis karena keterbatasan contoh. Tubuh buah JTT yang dihasilkan dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji mengandung 39,94% karbon, 2,89% N, dan 12,34 % protein. Hasil ini sedikit berbeda dengan JTB khususnya pada kandungan N dan protein. Kandungan N dan protein JTT sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan N dan protein tubuh buah JTB. Secara umum kadar protein pada tubuh buah jamur yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak berbeda dengan yang dilaporkan oleh Chang & Miles (1989) yaitu 10,5-30,4%.

Penelitian Widiastuti & Gunawan (1991) menunjukkan bahwa kandungan protein tubuh buah jamur tiram yang dihasilkan dari pencampuran 50% lumpur serat lebih tinggi (46,10%) dibandingkan dengan yang dari media serbuk gergaji saja (26,27%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pencampuran lumpur serat limbah pabrik kertas dapat meningkatkan

Tabel 4. Nilai nutrisi tubuh buah jamur tiram pada beberapa medium dan galur jamur tiram yang diuji.

Table 4. Nutrient content of fruit body of two strains oyster mushroom planted on selected media.

Medium Media	Karbon ( <i>carbon</i> ) (%)		Nitrogen ( <i>nitrogen</i> ) (%)		Protein ( <i>protein</i> ) (%)	
	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT
A	40,66	-	2,92	-	12,77	-
B	-	-	-	-	-	-
C	39,45	39,94	2,52	2,82	11,03	12,3
D	37,72	37,56	3,90	4,46	17,09	19,53
E	37,86	-	3,61	-	15,81	-
F	35,48	-	5,46	-	23,92	-

Keterangan : A= serbuk gergaji; B= *sludge*; C= serbuk gergaji+*sludge*; D= serbuk gergaji+pengaya; E= *sludge*+pengaya; F= serbuk gergaji+*sludge*+pengaya.

Explanation: A= sawdust, B= *sludge*, C= sawdust + *sludge* 50:50 (v/v), D=sawdust + supplement, E= *sludge*+supplement, F= sawdust+*sludge* (50/50, v/v)+supplement.

kualitas tubuh buah jamur tiram. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tersebut, kandungan protein tubuh buah jamur yang dihasilkan dari seluruh jenis media yang diuji pada penelitian ini lebih rendah. Hal ini diperkirakan karena limbah *sludge* yang digunakan pada penelitian ini, berasal dari pabrik kertas berbahan baku kertas karton hasil daur ulang sehingga diduga nutrisi khususnya senyawa karbon yang terkandung di dalamnya sudah berkurang. Analisis menunjukkan bahwa kandungan senyawa karbon *sludge* dalam penelitian Widiastuti & Gunawan (1991) ialah 68,99%, 18,21%, dan 5,25% masing-masing untuk selulosa, hemiselulosa, dan lignin sedangkan dalam penelitian ini ialah sebesar 38,7%, 1,61%, dan 26,99 %. Selain itu, kemungkinan lainnya adalah perbedaan aktivitas ligninolitik jamur tiram pada medium *sludge* yang dihasilkan dari pabrik kertas dengan bahan baku yang berbeda.

#### Kadar logam berat

Hasil pengukuran boron (B) dari tubuh buah JTB ialah berkisar antara 19,44 ppm (tubuh buah dari medium F) sampai 36,44 ppm untuk medium serbuk gergaji yang ditambah suplemen (D). *Sludge* atau campuran *sludge* dan serbuk gergaji menghasilkan tubuh buah jamur dengan kandungan B yang lebih rendah dibandingkan dengan tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji. Pada medium *sludge* tanpa penambahan suplemen penurunan kadar B yang dicapai ialah 37,5% sedangkan dengan penambahan suplemen khususnya pada medium campuran *sludge* dan serbuk gergaji terjadi penurunan serapan B yaitu sebesar 46,7%. Pada tubuh buah JTT dijumpai kandungan B yang lebih rendah

dibandingkan dengan kandungan B dari tubuh buah JTB khususnya yang diperoleh dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji (Tabel 5). Kandungan logam Cd dalam tubuh buah jamur hanya dijumpai dari tubuh buah jamur yang berasal dari medium serbuk gergaji (A) yaitu 1,48 ppm (Tabel 5). Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat serapan Cd oleh jamur yang ditumbuhkan pada medium *sludge* atau medium campuran *sludge* dan serbuk gergaji.

Kandungan Cu tubuh buah JTB berkisar antara 7,61 ppm untuk medium A hingga 11,31 ppm untuk tubuh buah yang berasal dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji yang ditambah suplemen (F). Dari hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium *sludge* dan medium yang mengandung *sludge* yaitu medium E, C, dan F memiliki kandungan Cu lebih tinggi dibandingkan dengan medium serbuk gergaji (A dan D). Tingginya serapan logam Cu pada tubuh buah JTB yang dihasilkan dari medium *sludge* dan medium yang mengandung *sludge* diperkirakan karena relatif tingginya kandungan logam Cu pada *sludge*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan Cu pada *sludge* ialah 64,58 ppm. Namun demikian Cu juga mempengaruhi transkripsi lakase yaitu salah satu enzim ligninolitik yang diekskresikan jamur pelapuk putih seperti *P. ostreatus* untuk memecah lignin yang diperlukan untuk pertumbuhannya (Palmieri *et al.*, 2000). Walaupun demikian nampaknya galur jamur mempengaruhi serapan Cu dalam tubuh buah. Kandungan Cu dalam tubuh buah JTT yang dihasilkan dari medium campuran *sludge*+serbuk gergaji lebih rendah dibandingkan dengan kandungan Cu tubuh buah JTT yang dihasilkan dari

Produksi dan kualitas jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) pada...

Tabel 5. Kandungan logam tubuh buah jamur tiram pada beberapa medium dan galur yang diuji.

Table 5. Metal content of two fruit body oyster mushroom strains planted on selected media.

Medium	B (ppm)		Cd (ppm)		Cu (ppm)		Fe (ppm)		Pb (ppm)	
	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT	JTB	JTT
A	32,49	td	1,48	td	7,61	td	147,92	td	td	td
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	20,30	11,58	0	0	8,24	8,11	295,82	49,08	td	td
D	36,4	38,36	0	0	7,79	11,14	149,56	59,64	td	td
E	28,92	-	0	-	8,75	-	149,99	-	td	-
F	19,4	-	0	-	11,31	-	335,12	-	td	-

Keterangan : A= serbuk gergaji; B=*sludge*; C= serbuk gergaji+*sludge*50:50 (v/v); D= serbuk gergaji + pengaya; E= *sludge*+pengaya; F= serbuk gergaji+*sludge*50:50 (v/v)+pengaya.

Explanation: A = sawdust; B= *sludge*; C=sawdust+*sludge* (50:50 (v/v)); D= sawdust+supplement; E= *sludge*+supplement; F=sawdust+*sludge* (50/50, v/v)+supplement.

Td: tidak dianalisis (*undetected*) Limit deteksi (*limit detection*) Pb = 0,04 ppm

medium serbuk gergaji yang diberi suplemen. Ambang batas kadar Cu dalam makanan yang ditentukan oleh Dirjen POM RI yaitu 5 ppm. Hal ini berarti bahwa kadar Cu dalam tubuh buah jamur yang ditumbuhkan pada medium baik *sludge* saja maupun campuran *sludge*+serbuk gergaji di atas ambang batas. Walaupun demikian tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji juga mengandung kadar Cu melebihi batas Cu yang ditentukan Dirjen POM dalam makanan. Walaupun demikian menurut Chang & Miles (1989), tubuh buah jamur tiram mengandung Cu pada kisaran 12,2-21,9 ppm. Tingginya serapan Cu tubuh buah jamur tiram kemungkinan adanya aktivitas ligninolitik khususnya lakase yang diinduksi oleh Cu (Palmieri *et al*, 2000).

Tubuh buah JTB mengandung besi dengan kisaran antara 147,92 sampai 335,12 ppm masing-masing untuk jamur tiram yang dihasilkan dari medium A dan

F. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan logam besi pada tubuh buah jamur memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan logam-logam lainnya yang dianalisis. Berdasarkan klasifikasi yang dikemukakan oleh Cotton & Wilkinson (1989), logam Fe dikelompokkan ke dalam logam yang toksisitasnya rendah. Tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium *sludge* saja mengandung Fe yang lebih tinggi dibandingkan dengan tubuh buah jamur yang dihasilkan dari medium serbuk gergaji. Tingginya kandungan Fe dalam tubuh buah yang berasal dari medium *sludge* kemungkinan disebabkan relatif tingginya Fe dalam *sludge*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan Fe dalam *sludge* ialah sebesar 0,55 %B/B. Selain itu, data yang diperoleh juga menunjukkan bahwa penambahan serbuk gergaji pada *sludge* menyebabkan kadar Fe yang lebih tinggi dibandingkan dengan tubuh buah yang berasal dari *sludge* saja. Hal ini kemungkinan

disebabkan dalam proses pencampuran *sludge* dengan serbuk gergaji terjadi perubahan ketersediaan besi pada medium tumbuh jamur yang kemungkinan disebabkan penurunan pH. Walaupun demikian kadar Fe tubuh buah JTT jauh lebih rendah dibandingkan dengan kandungan Fe tubuh buah JTB yaitu 49,08 ppm untuk tubuh buah yang dihasilkan pada medium campuran *sludge*+serbuk gergaji dan 59,64 ppm untuk tubuh buah jamur dari medium serbuk gergaji yang ditambah suplemen.

Hasil pengukuran logam Pb menunjukkan bahwa tubuh buah jamur tidak mengandung logam Pb. Tidak dijumpainya logam Pb dalam tubuh buah jamur menunjukkan bahwa serapan Pb jamur sangat rendah. Hasil analisis kandungan Pb pada *sludge* menunjukkan bahwa *sludge* mengandung Pb sebesar 23,2 ppm.

### Kesimpulan

Limbah pabrik kertas *sludge* dapat dimanfaatkan sebagai campuran serbuk gergaji dalam produksi jamur tiram pada perbandingan 50:50 (v/v). Penambahan suplemen dalam medium campuran *sludge* dan serbuk gergaji menurunkan produksi tubuh buah JTB walaupun dapat meningkatkan kandungan protein tubuh buah. Galur dan jenis medium berpengaruh terhadap kandungan logam tubuh buah yang dihasilkan.

### Daftar Pustaka

- Anonim (2006). *Profil jamur*. Jakarta, Direktorat Budidaya Tanaman Sayuran & Biofarmaka, 2006.
- Ariestanti, E. (2002). Cemar Logam Berat Timbal Pada Sayuran dan Rambut di Kota Bogor, Cipanas, dan Sukabumi. *Skripsi*. Bogor, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Arisandi, P. (2002). *Limbah Pabrik Kertas Ancam Kesehatan Warga Surabaya*. <http://www.ecoton.or.id/tulisanlengkap.php?id=1364>. html. [26 April 2007].
- Chang, S. T. & P.G. Miles (1989). *Edible Mushrooms and Their Cultivation*. Florida, CRC Press Inc.
- Collin-Hansen, C., S. A. Pedersen, R. A. Andersen & E. Steinnes (2007). First report of phytochelatin in a mushroom: induction of phytochelatin by metal exposure in *Boletus edulis*. *Mycologia*, **99**(2), 161-174.
- Cotton, F.A. & Wilkinson G. (1989). *Kimia Anorganik Dasar*. Jakarta. UI Press.
- Firenzuoli, F., I. Gori & G. Lombardo (2008). The medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murrill: Review of literature and pharmaco-toxicological problems. *Evid Based Complement Alternat Med.*, **5**(1),: 3-15.
- Giardina, P., G. Palmieri, B. Fontanella, V. Riviaccio & G. Sannia (2000). Manganese peroxidase isoenzymes produced by *Pleurotus ostreatus* grown on wood sawdust. *Arch. Biochem. Biophys.*, **376**,171-179.
- Levin, I., F. Forchiassin & A.M. Ramos (2002). Copper induction of lignin-modifying enzymes in the white-rot fungus *Trametes trogii*. *Mycologia*, **94**, 377-383.
- Lindequist, U., T H J Niedermeyer & Wolf-Dieter Julich (2005). The pharmacological potential of mushrooms. *Evid. Based Complement Alternat. Med.*, **2**(3): 285-299.

*Produksi dan kualitas jamur tiram (Pleurotus ostreatus) pada...*

- Martínez, M.J, F.J. Ruiz-Dueñas, F.Guillén & A.T. Martínez (1996). Purification and catalytic properties of two manganese-peroxidase isoenzymes from *Pleurotus eryngii*. *Eur. J. Biochem.*, **237**,424-432.
- Nur, A. M., A. Wibawa & S. Abdoellah (1990). Prospek pemanfaatan limbah pabrik kertas sebagai sumber bahan organik alternatif tanaman kopi. *Dalam Simposium Kopi*. Surabaya, 20-21 Nov. 1990.
- Palmieri, G., P. Giardina, C. Bianco, B. Fontanella & G. Sannia (2000). Copper induction of laccase isoenzymes in the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **66**, 920-924.
- Silverio, C.M., L.C. Viela, F.L. Guilatco, & N.B. Hernandez (1981). Mushroom culture on enriched composed sawdust.. *NSDB Technol. J.*, **6**(4), 22-40.
- Suprapti, S. (1988). Budidaya jamur perusak kayu I. Pengaruh penambahan dedak terhadap produksi jamur tiram. *J. Penelit. Hasil Hutan*, **5** (6), 337-339.
- Widiastuti, H. (1991). Utilization of paper plant waste for straw mushroom (*Volvariella volvacea*) media. *Indonesian J. Trop. Agric.*, **3**(2), 82-85.
- Widiastuti, H. & A. W. Gunawan (1991). Pemanfaatan limbah pabrik kertas sebagai campuran medium dalam budidaya jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) *Dalam: Seminar Ilmiah dan Kongres Biologi Nasional X*. Bogor, 24-26 Sep 1991.
- Widiastuti, H. & Tri Panji (2008). Pola aktivitas enzim ligninolitik *Pleurotus ostreatus* pada limbah *sludge* pabrik kertas. *Menara Perkebunan*, 2008, **76** (1), 47-60.
- Widyati, E. (2006). Bioremediasi tanah bekas tambang batubara dengan *sludge* industri kertas untuk memacu revegetasi lahan [Disertasi]. Bogor, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.