

Pemanfaatan Fungi Pelapuk Putih sebagai Aktivator Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Proses Pembuatan Pulp Biomekanis

D.H. Goenadi dan Y. Away

Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan, Bogor

ABSTRAK

Sebagai bagian dari rangkaian penelitian berjangka tiga tahun tentang perakitan teknologi pembuatan pulp biomekanis dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), penelitian pada tahun pertama ini ditekankan pada isolasi dan seleksi fungi pelapuk putih (FPP) potensial asli dari kebun kelapa sawit. Kegiatan penelitian meliputi: (a) karakterisasi FPP hasil isolasi dari beberapa kebun kelapa sawit dan (b) pengaruh jenis FPP terhadap mutu pulp TKKS. Tujuan penelitian adalah memilih isolat FPP yang efektif sebagai penghancur lignin di dalam TKKS untuk pulp yang diproses secara semi kimia-mekanis. Isolasi FPP dilakukan dengan pengambilan contoh TKKS yang melapuk dari beberapa kebun di Sumatera Utara (Adolina dan Pagar Merbau), Lampung (Bekri dan Rejosari), dan Jawa Barat (Kertajaya). Isolat potensial dipilih menurut keunggulannya atas isolat baku dalam hal produksi enzim. Dalam kegiatan kedua, diteliti lima isolat hasil seleksi, yakni Adolina (A) 2, Pagar Merbau (PM) 1, Bekri (B) 18, Rejosari (R) 4, dan Kertajaya (K) 14, dan dua isolat acuan, yaitu *Phanerochaete chrysosporium* dan *Pleurocybella porrigens*. Ditumbuhkan dalam medium cair sari kentang-dekstrosa, isolat tersebut diinokulasikan ke TKKS yang dicacah dengan ukuran 2,5 cm sebanyak 5% (v/b). Setelah inkubasi selama 30 hari, cacahan TKKS diproses menjadi pulp dengan teknik semi kimia-mekanis. Kadar lignin-Klason ditetapkan pada 15 dan 30 hari setelah inokulasi, sedang uji fisik dilakukan pada lembaran pulp. Dari 63 isolat yang diperoleh pada percobaan pertama, lima di antaranya dipilih karena menghasilkan enzim fenoloksidase dan laccase yang lebih intensif pada medium agar kayu yang dimodifikasi setelah 14 hari dan selulase yang rendah. Setelah 15 hari, inokulasi FPP menghasilkan penurunan lignin yang nyata. Cacahan TKKS yang diinokulasi dengan isolat B18 dan K14 menghasilkan pulp dengan warna yang lebih gelap tetapi rendemen pulpnya lebih tinggi, yaitu masing-masing 42,1 dan 41,4%.

Kata kunci: Biopulping, fungi pelapuk putih, fenoloksidase, laccase, TKKS.

ABSTRACT

As a part of a three years research to develop technology for biomechanical pulping of empty fruit bunches of oil palm (EFBOP), this first year research was conducted with emphasis on isolation and screening of highly potential white rot fungal (WRF) isolate native of oil palm plantation. The activities included (a) characterization of WRF isolated from selected oil palm plantation and (b) effect WRF types on the quality of EFBOP pulp in order to determine most effective WRF as biodelignifier of EFBOP in semichemical-mechanical pulping process. Isolation was conducted by taking the decomposing EFBOP samples from North Sumatra (Adolina and Pagar Merbau), Lampung (Bekri and Rejosari), and West Java (Kertajaya). Potential isolates were then screened on the basis of a more active enzyme produced over the reference isolates. In

the second activity, five highly potential isolates were tested further, i.e. Adolina (A) 2, Pagar Merbau (PM) 1, Bekri (B) 18, Rejosari (R) 4, and Kertajaya (K) 14, along with two standard isolates of *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurocybella porrigens*. Cultured in potato-dextrose broth (PDB), each isolate was then inoculated into 2.5 cm chopped EFBOP at 5% (v/w) rate. After incubating for 30 days, treated EFBOP was pulped by semi chemical-mechanical process. Klason-lignin content was determined at 15 and 30 days after incubation, whereas physical tests were conducted on pulpsheets. Out of 63 isolates obtained, five isolates were selected as they produced highly active phenoloxidase and laccase enzymes on modified wood agar medium for 14 days of incubation with low activity of cellulase. Lignin content significantly decreased by WRF inoculation after 15 days incubation. Chopped EFBOP inoculation by B 18 and K 14 isolates yielded a darker color and higher pulp yield, i.e. 42.1. and 41.4% respectively.

Key words: Biopulping, white rot fungi, phenoloxidase, laccase, EFBOP.

PENDAHULUAN

Kegiatan produksi pabrik kelapa sawit menimbulkan masalah polusi lingkungan, karena teknologi yang digunakan saat ini berupa pembakaran tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan/atau pembuangan limbah tersebut secara langsung di areal pertanaman. Kedua teknik ini menimbulkan konsekuensi lain yang dapat merugikan. Pembakaran TKKS dalam usaha memperkecil volume limbah dan pemanfaatan abu pengganti pupuk kalium ternyata tidak efektif dan bahkan menimbulkan pencemaran udara yang timbul dari pembakaran. Di pihak lain, pembuangan TKKS secara langsung ke areal pertanaman sebagai sumber bahan organik atau mulsa ternyata dapat menimbulkan ledakan populasi hama kumbang yang mematikan tanaman kelapa sawit. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain dalam pemanfaatan limbah jenis ini, sehingga diperoleh nilai tambah yang ekonomis tanpa menimbulkan masalah baru di perkebunannya sendiri maupun lingkungan sekitarnya. Dengan teknologi yang sesuai diharapkan pemanfaatan TKKS tersebut tidak saja mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, tetapi juga dapat merupakan usaha diversifikasi produk atau efisiensi produksi.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi kedua dampak negatif tersebut adalah dengan cara mengolah TKKS menjadi kompos. Hasil penelitian Goenadi dan Away (1994) menunjukkan bahwa pemberian kompos TKKS mampu menurunkan kebutuhan pupuk bibit kelapa sawit sebanyak 75%. Alternatif lain yang dapat dipertimbangkan adalah dengan mengolah TKKS menjadi bahan baku kertas atau pulp. Penelitian Guritno *et al.* (1995) menunjukkan bahwa TKKS dapat menghasilkan pulp kraft bermutu cukup baik. Di pihak lain, Goenadi *et al.* (1994) melaporkan bahwa TKKS yang didelignifikasi secara biologi dengan mikroba penghancur lignoselulosa menghasilkan pulp kertas medium bermutu cukup baik. Dalam usaha menghasilkan teknologi pengolahan TKKS menjadi pulp kertas yang efisien dan tidak mencemari lingkungan, aplikasi perlakuan mikroba penghancur lignin yang dikenal dengan istilah biopulping (Kirk dan Eriksson, 1989; Mall *et al.*, 1990; Singh dan Roymoulik, 1992; Prasetyo dan Goenadi, 1995) memiliki potensi

teknis yang menjanjikan. Hasil pendahuluan yang dilaporkan oleh Pasaribu *et al.* (1995) menunjukkan bahwa TKKS yang didelignifikasi awal dengan isolat fungi pelapuk putih (FPP) selama 10 hari dan diproses secara semi kimia-mekanis dengan soda-antrakuinon menghasilkan pulp kertas koran yang baik. Namun, terbatasnya sumber isolat FPP yang sesuai untuk biodelignifikasi TKKS masih merupakan kendala dalam aplikasi teknologi ini.

Penelitian tentang pemanfaatan FPP sebagai aktivator delignifikasi TKKS direncanakan berlangsung selama tiga tahun (1995-1997). Pada tahun pertama ditujukan untuk menetapkan (a) karakteristik dan efektivitas potensial dari beberapa isolat FPP dari beberapa perkebunan kelapa sawit dan (b) pengaruh jenis isolat FPP terhadap mutu pulp TKKS. Luaran jangka pendek yang diharapkan adalah koleksi isolat FPP dengan karakteristik tertentu yang sesuai untuk delignifikasi TKKS sebagai bahan baku pulp semi kimia-mekanis sebagai bagian dari luaran jangka panjang berupa rakitan teknologi pembuatan pulp dari TKKS secara bio-kimia-mekanis.

BAHAN DAN METODE

Penelitian tahun pertama ini dilaksanakan di laboratorium dan lapang dari bulan Mei 1995 hingga Maret 1996. Kegiatan laboratorium meliputi isolasi, seleksi, dan karakterisasi isolat, sedang yang di lapang meliputi pengambilan contoh sumber isolat dan percobaan pengomposan. Secara rinci kegiatan penelitian yang dilaksanakan dalam tahun 1995/96 disajikan berikut ini.

Karakterisasi dan Efektivitas Beberapa Isolat FPP dari Beberapa Perkebunan Kelapa Sawit

Isolat FPP diperoleh dari TKKS yang melapuk dan diambil dari kebun kelapa sawit Adolina dan Pagar Merbau, PT Perkebunan Nusantara II, Sumatera Utara, Bekri dan Rejosari, PT Perkebunan Nusantara VII, Lampung, dan Kertajaya, PT Perkebunan Nusantara VIII, Jawa Barat. Dari kelima lokasi tersebut isolasi dilakukan dengan teknik pengenceran yang ditumbuhkan dalam medium agar sari kentang dekstroza. Uji kualitatif terhadap isolat FPP dilakukan dengan metode Poincelot dan Day (1972) untuk kemampuan selulolisis dan Nishida *et al.* (1988) yang dimodifikasi untuk kemampuan lignolisis. Modifikasi yang dilakukan berupa penggantian bubuk kayu dengan bubuk TKKS dalam jumlah yang sama. Hasil uji ini dilanjutkan dengan penetapan aktivitas enzim fenoloksidase dan ligninperoksidase dengan metode Kofugita *et al.* (1992). Isolat-isolat yang menunjukkan potensi kemampuan melapukkan lignin tertinggi dan sedikit menghancurkan selulosa diuji efektivitasnya dalam menurunkan kadar lignin. Isolat yang menunjukkan kesesuaian tertinggi selanjutnya digunakan dalam kegiatan penelitian kedua.

Pengaruh Jenis Isolat FPP terhadap Mutu Pulp TKKS

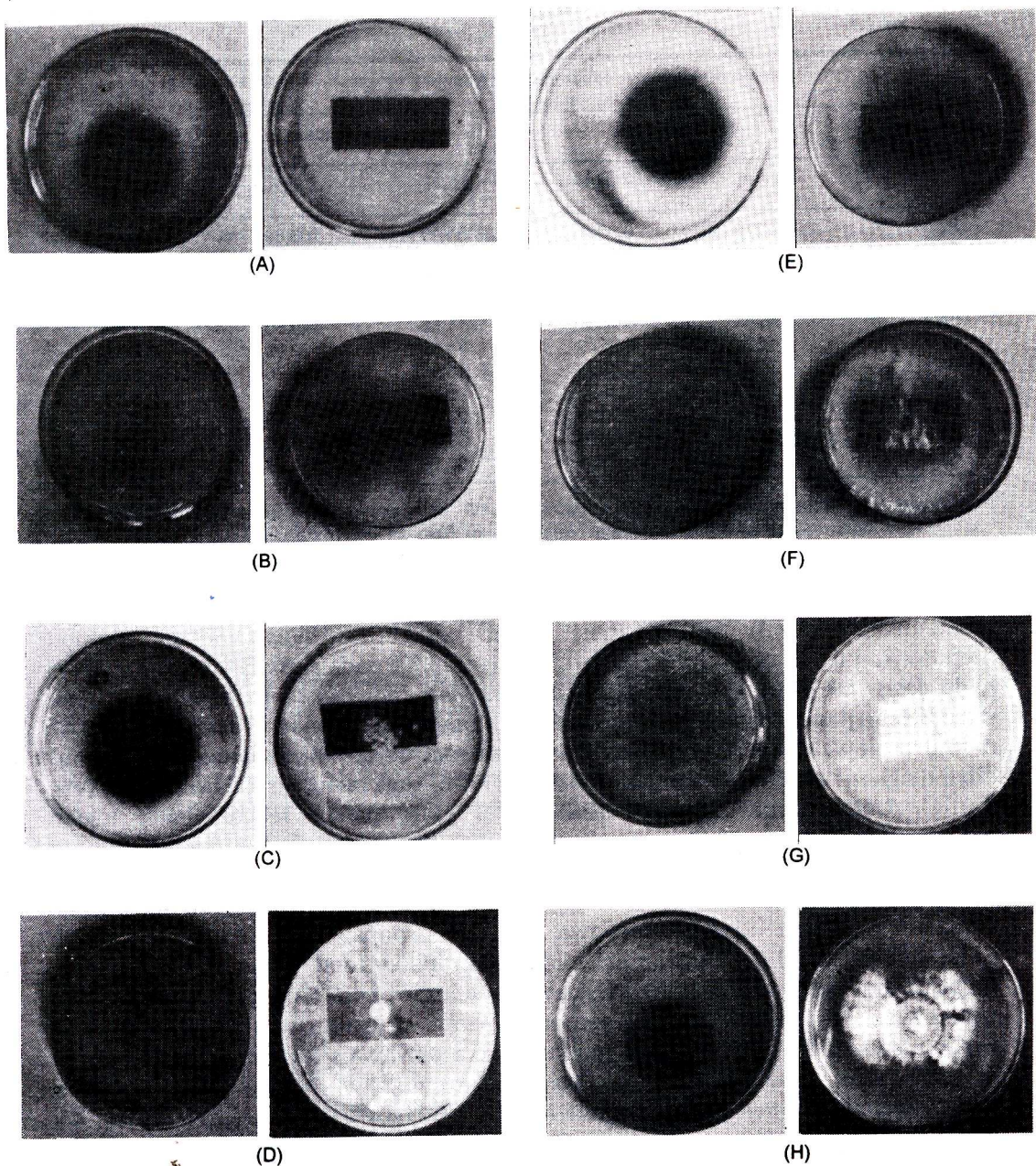
Kegiatan yang dilakukan meliputi persiapan inokulum, fermentasi padat, dan pembuatan pulp. Inokulum FPP terbaik hasil kegiatan pertama ditambah dengan dua isolat acuan (*Phanerochaete chrysosporium* dan *Pleurocybella porrigens*) diperbanyak dalam fermentor 12,5 l dengan medium sari kentang dekstrosa cair selama tiga hari. Cacahan TKKS ukuran 2,5 cm sebanyak 250 cm³ diinokulasi dengan isolat tersebut dan diinkubasikan dalam bak pengomposan di KP Ciomas selama 30 hari. Contoh diambil pada hari ke-15 dan 30 untuk penetapan kadar lignin. Pengamatan suhu dilakukan tiap minggu. Percobaan disusun secara acak blok dengan ulangan dua kali sebagai blok. Bahan TKKS yang telah difermentasi selama 30 hari selanjutnya diolah menjadi pulp di Pusat Penelitian Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Oleh karena sifat bahan yang banyak mengandung senyawa minyak, proses pembuatan pulp dilakukan secara semi kimia-mekanis dengan larutan pemasak soda-antrakuinon (Fullerton, 1979). Pulp yang dihasilkan dari masing-masing perlakuan inokulasi dibentuk menjadi lembaran dan diuji sifat-sifat fisiknya, meliputi rendemen, kekuatan fisik, dan derajat kecerahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi dan Efektivitas Beberapa Isolat FPP dari Beberapa Perkebunan Kelapa Sawit

Isolasi FPP dari TKKS yang berasal dari kebun Adolina (A), Pagar Merbau (PM), Bekri (B), Rejosari (R), dan Kertajaya (K) menghasilkan 55 isolat. Seluruh isolat ini menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi senyawa lignoselulosa. Atas dasar kemampuan tertinggi dalam menghancurkan senyawa lignin dan sedikit pengaruhnya terhadap selulosa diperoleh delapan isolat potensial, yaitu A2, PM1, B10, B18, R4, R15.2, K10, dan K14 (Gambar 1).

Hasil uji aktivitas enzim fenoloksidase dan lignin peroksidase yang ditetapkan pada hari ke-3 dan ke-7 disajikan dalam Tabel 1. Secara umum, aktivitas enzim tersebut meningkat dengan makin lamanya waktu inkubasi. Jika dibandingkan dengan isolat acuan, terutama dengan *P. chrysosporium* dan *C. versicolor*, secara umum isolat yang diuji mempunyai aktivitas enzim yang lebih tinggi. Aktivitas enzim tertinggi ditunjukkan oleh isolat acuan *P. porrigens*. Bagaimanapun juga, data ini perlu dikonfirmasi dengan kemampuannya dalam menurunkan kadar lignin di dalam TKKS.



Gambar 1. Uji kualitatif enzim lignin peroksidase (kiri) dan selulase (kanan). (A) A2, (B) PM1, (C) B10, (D) B18, (E) R4, (F) R 15.2, (G) K10, dan (H) K14.

Tabel 1. Hasil uji aktivitas enzim fenoloksidase dan lignin peroksidase dari isolat yang diteliti pada hari ketiga dan ketujuh.

Kode isolat	Nilai rata-rata (IU/ml)				Berat miselia (Mg-7 hari)
	Fenoloksidase		Lignin peroksidase		
	3 hari	7 hari	3 hari	7 hari	
Pc	0,1379	0,3081	55,17	105,69	0,5976
Cov	0,3063	0,5269	82,92	139,32	0,8360
Pp	0,6183	0,7901	142,40	179,49	0,3935
A2	0,1862	0,3850	79,38	128,52	0,4394
PM1	0,4245	0,4537	111,56	149,50	0,7704
B10	0,1624	0,3542	74,08	122,85	0,5723
B18	0,3234	0,4822	98,95	169,75	0,6580
R4	0,2602	0,3887	90,37	139,46	0,3922
R15.2	0,5764	0,7024	197,07	196,13	0,7077
K10	0,2278	0,4313	68,65	115,10	0,7969
K14	0,2311	0,6164	66,16	131,36	0,5679

Keterangan: Pc: *P. chrysosporium*, Cov: *C. versicolor*, Pp: *P. porrigens*, A2-K14: isolat FPP hasil isolasi dari kebun kelapa sawit Adolina, Pagar Merbau, Bekri, Rejosari, dan Kertajaya.

Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa, walaupun isolat A2 tidak menunjukkan enzim pendegradasi lignin beraktivitas tinggi, tetapi mampu menurunkan lignin dari 19,9% (kontrol) menjadi 9,9% pada dosis 5% (v/b) dan 6,5% pada dosis 10% (v/b). Hal ini tampaknya berkaitan dengan kecepatan tumbuh isolat yang bersangkutan dalam medium cair sari kentang dekstrosa (Tabel 1). Isolat A2 memiliki aktivitas enzim cukup tinggi dalam unit berat biomasnya (299 IU/mg) dibandingkan dengan *P. chrysosporium* (177 IU/mg) ataupun *C. versicolor* (174 IU/mg). Untuk dapat memilih jenis isolat yang paling sesuai untuk tujuan biodelignifikasi dalam proses pembuatan pulp, data hasil analisis kadar selulosa perlu dipertimbangkan. Tabel 3 menunjukkan bahwa isolat acuan, kecuali *P. porrigens*, tidak merusak terlalu banyak senyawa selulosa (o). Hal ini diduga berkaitan dengan rendahnya senyawa lignin yang dapat dihancurkan oleh kedua isolat acuan tersebut. Dugaan ini didasarkan pada teori Mikame (1995) yang menyatakan bahwa konstruksi senyawa selulosa pada bahan berserat adalah sedemikian rupa terlindungi oleh jembatan senyawa lignin dan silan. Jadi, apabila lignin tersebut belum banyak terdegradasi, maka senyawa selulosanya masih banyak bertahan. Atas dasar data yang diperoleh dalam kegiatan ini, lima isolat potensial dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya. Mereka itu adalah A2, PM1, B18, R4, dan K14. Identifikasi isolat ini pada tingkat genera belum dapat diperoleh karena produksi tubuh buah untuk keperluan identifikasi morfologi belum berhasil.

Tabel 2. Kadar lignin-Klason dari TKKS setelah inokulasi dengan isolat FPP yang diuji pada tingkat dosis inokulum 5 dan 10% (v/b) (14 hari inkubasi).

Kode isolat	Dosis inokulum	
	5%	10%
Pc	13,61	19,97
Cov	16,11	13,86
Pp	8,57	12,18
A2	10,22	6,48
PM1	6,19	15,31
B10	9,44	13,00
B18	6,85	9,49
R4	6,34	10,19
R15.2	14,08	10,90
K10	12,88	13,08
K14	4,59	9,29
Tanpa isolat	19,89	19,89

Keterangan: Pc: *P. chrysosporium*, Cov: *C. versicolor*, Pp: *P. porrigens*, A2-K14: isolat FPP hasil isolasi dari kebun kelapa sawit Adolina, Pagar Merbau, Bekri, Rejosari, dan Kertajaya.

Tabel 3. Hasil analisis kadar selulosa dari TKKS yang diinokulasi dengan isolat FPP yang diuji pada tingkat dosis inokulum 5% (v/b) (14 hari inkubasi).

Kode isolat	Selulosa α (%)	Selulosa β dan γ (%)
Pc	76,63	6,94
Cov	80,86	8,84
Pp	65,45	8,30
A2	73,82	7,48
PM1	70,20	6,54
B10	74,45	6,04
B18	71,85	7,65
R4	68,90	7,57
R15.2	65,22	9,61
K10	63,49	9,17
K14	80,16	8,81
Tanpa isolat	80,66	6,28

Keterangan: Pc: *P. chrysosporium*, Cov: *C. versicolor*, Pp: *P. porrigens*, A2-K14: isolat FPP hasil isolasi dari kebun kelapa sawit Adolina, Pagar Merbau, Bekri, Rejosari, dan Kertajaya.

Pengaruh Jenis Isolat FPP terhadap Mutu Pulp

Dalam kegiatan ini, lima isolat hasil kegiatan pertama diuji bersama dengan dua isolat acuan, yaitu *P. chrysosporium* dan *P. porrigens*. Dalam medium cair sari kentang dekstroza selama tiga hari, terbukti bahwa isolat R4 dan K14 tumbuh lebih cepat daripada isolat lainnya, sedang isolat A2, PM1, dan B18 kecepatannya tumbuhnya di antara dua isolat acuan. Hal ini cukup menguntungkan, karena isolat yang efektif dalam delignifikasi TKKS di samping menghasilkan enzim dengan aktivitas tinggi, diharapkan juga mempunyai pola produksi miselia yang cepat. Data pengamatan suhu menunjukkan bahwa lonjakan panas terjadi pada minggu pertama dan mulai menurun pada minggu kedua. Hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi berlangsung cepat dan mencapai puncaknya pada tujuh hari setelah inokulasi. Hasil penetapan kadar lignin-Klason (Tabel 4) menunjukkan bahwa isolat A2 dan PM1 menghasilkan penurunan kadar lignin paling intensif. Inkubasi hingga 30 hari ternyata tidak menghasilkan penurunan lignin yang nyata. Setelah diproses dengan larutan NaOH-1% sebanyak 8% dan 0,1% antrakuinon, pulp yang dihasilkan dari perlakuan isolat B18 dan PM1 mempunyai warna lebih gelap daripada kontrol dan isolat acuan (Gambar 2). Sebaliknya, pulp dari perlakuan A2, R4, dan K14 memiliki warna yang lebih cerah. Kenyataan ini tidak sesuai dengan kadar lignin bahan TKKS setelah inkubasi, sehingga tampaknya warna tersebut tidak berkaitan dengan kadar lignin bahan sebelum proses. Data pembuatan pulp menunjukkan bahwa perlakuan isolat B18 dan K14 menghasilkan rendemen pulp tersaring tertinggi, yaitu masing-masing 42,1 dan 41,2%. Nilai ini lebih besar daripada kontrol (40,5%) dan isolat acuan *P. chrysosporium* (40,7%), maupun yang dilaporkan oleh Guritno *et al.* (1995) yang menggunakan proses kimia tanpa perlakuan biologi, tetapi dengan konsentrasi alkali 1,5 kali lebih tinggi dan waktu pemasakan serta suhu yang lebih tinggi. Sebaliknya, hasil penelitian ini tidak berbeda banyak dengan yang dihasilkan oleh Darnoko *et al.* (1995) yang menggunakan penambahan surfaktan hingga 0,05%. Atas dasar hasil ini dapat dikatakan bahwa kombinasi proses mekanis dan perlakuan biologi pada proses kimia menghasilkan rendemen pulp yang lebih baik dengan konsumsi bahan dan energi yang lebih rendah. Hasil pengujian lembaran pulp kertas koran yang belum diputihkan (Gambar 3) menunjukkan bahwa indeks sobek dan ketahanan tarik dari perlakuan isolat secara umum memenuhi standar SII No. 0658-82 (Tabel 5), dengan nilai tertinggi diperoleh isolat R4 dan disusul isolat A2.

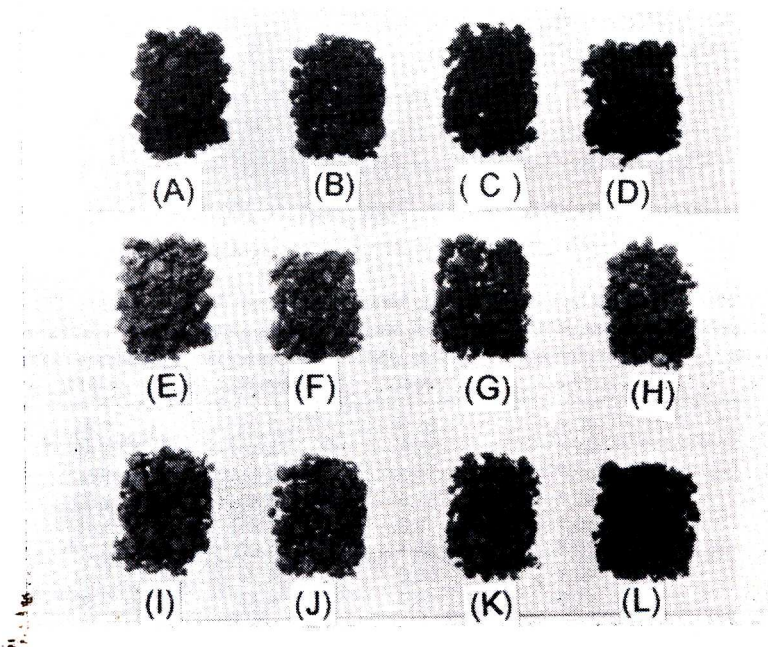
Pengaruh Jenis Isolat FPP terhadap Mutu Pulp

Dalam kegiatan ini, lima isolat hasil kegiatan pertama diuji bersama dengan dua isolat acuan, yaitu *P. chrysosporium* dan *P. porrigens*. Dalam medium cair sari kentang dekstroza selama tiga hari, terbukti bahwa isolat R4 dan K14 tumbuh lebih cepat daripada isolat lainnya, sedang isolat A2, PM1, dan B18 kecepatannya tumbuhnya di antara dua isolat acuan. Hal ini cukup menguntungkan, karena isolat yang efektif dalam delignifikasi TKKS di samping menghasilkan enzim dengan aktivitas tinggi, diharapkan juga mempunyai pola produksi miselia yang cepat. Data pengamatan suhu menunjukkan bahwa lonjakan panas terjadi pada minggu pertama dan mulai menurun pada minggu kedua. Hal ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi berlangsung cepat dan mencapai puncaknya pada tujuh hari setelah inokulasi. Hasil penetapan kadar lignin-Klason (Tabel 4) menunjukkan bahwa isolat A2 dan PM1 menghasilkan penurunan kadar lignin paling intensif. Inkubasi hingga 30 hari ternyata tidak menghasilkan penurunan lignin yang nyata. Setelah diproses dengan larutan NaOH-1% sebanyak 8% dan 0,1% antrakuinon, pulp yang dihasilkan dari perlakuan isolat B18 dan PM1 mempunyai warna lebih gelap daripada kontrol dan isolat acuan (Gambar 2). Sebaliknya, pulp dari perlakuan A2, R4, dan K14 memiliki warna yang lebih cerah. Kenyataan ini tidak sesuai dengan kadar lignin bahan TKKS setelah inkubasi, sehingga tampaknya warna tersebut tidak berkaitan dengan kadar lignin bahan sebelum proses. Data pembuatan pulp menunjukkan bahwa perlakuan isolat B18 dan K14 menghasilkan rendemen pulp tersaring tertinggi, yaitu masing-masing 42,1 dan 41,2%. Nilai ini lebih besar daripada kontrol (40,5%) dan isolat acuan *P. chrysosporium* (40,7%), maupun yang dilaporkan oleh Guritno *et al.* (1995) yang menggunakan proses kimia tanpa perlakuan biologi, tetapi dengan konsentrasi alkali 1,5 kali lebih tinggi dan waktu pemasakan serta suhu yang lebih tinggi. Sebaliknya, hasil penelitian ini tidak berbeda banyak dengan yang dihasilkan oleh Darnoko *et al.* (1995) yang menggunakan penambahan surfaktan hingga 0,05%. Atas dasar hasil ini dapat dikatakan bahwa kombinasi proses mekanis dan perlakuan biologi pada proses kimia menghasilkan rendemen pulp yang lebih baik dengan konsumsi bahan dan energi yang lebih rendah. Hasil pengujian lembaran pulp kertas koran yang belum diputihkan (Gambar 3) menunjukkan bahwa indeks sobek dan ketahanan tarik dari perlakuan isolat secara umum memenuhi standar SII No. 0658-82 (Tabel 5), dengan nilai tertinggi diperoleh isolat R4 dan disusul isolat A2.

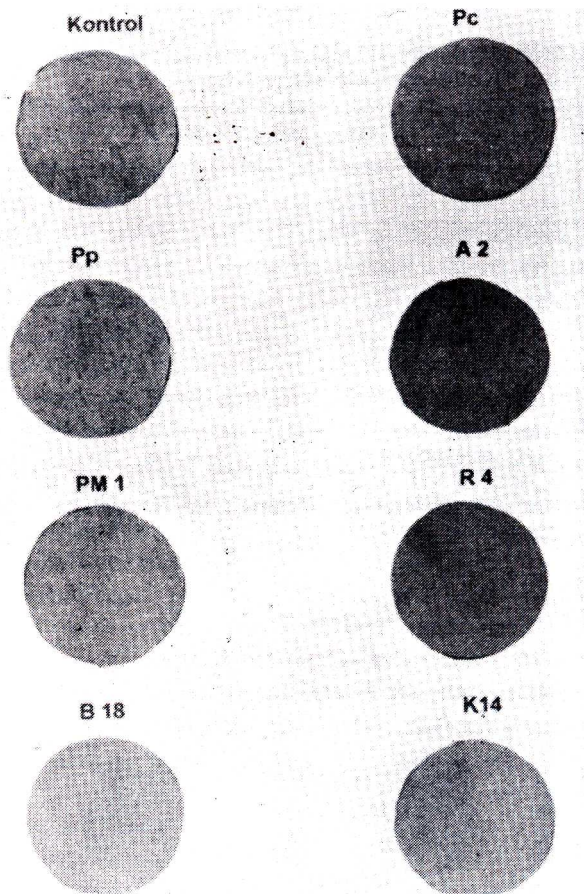
Tabel 4. Hasil analisis lignin-Klason TKKS dari percobaan pengomposan 15 dan 30 hari dengan perlakuan jenis isolat FPP.

Kode isolat	Waktu inkubasi TKKS	
	15 hari (%)	30 hari (%)
Pc	26	26
Pp	28	26
A2	25	25
PM1	27	25
B18	29	27
R4	32	27
K14	27	26
Tanpa Isolat	32	27

Keterangan: Pc: *P. chrysosporium*, Cov: *C. versicolor*, Pp: *P. porrigens*, A2-K14: isolat FPP hasil isolasi dari kebun kelapa sawit Adolina, Pagar Merbau, Bekri, Rejosari, dan Kertajaya.



Gambar 2. Hasil pembuatan pulp TKKS dari masing-masing perlakuan yang diuji.



Gambar 3. Contoh lembaran pulp TKKS dari masing-masing perlakuan yang diuji.

Tabel 5. Hasil analisis sifat fisik lembaran pulp kertas koran belum dicuci dari bahan TKKS.

Kode Isolat	Rendemen (%)	Bilangan Kappa	Indeks sobek (Nm_2/kg)	Ketahanan tarik (kN/m)
Kontrol	40,4	51,9	3,92	1,31
A2	41,6	51,5	4,40	1,68
Pc	40,7	52,5	4,54	1,56
Pp	42,7	51,5	3,83	2,63
PM1	40,1	48,8	3,95	1,45
R4	39,7	47,1	4,67	3,22
B18	42,1	50,0	4,20	1,53
K14	41,0	49,7	4,53	1,30
SII No. 0658-82	-	-	3,92	1,18

KESIMPULAN

1. Lima isolat FPP yang berasal dari kebun Adolina, Pagar Merbau, Bekri, Rejosari, dan Kertajaya terbukti memiliki kemampuan melapukkan lignin lebih tinggi daripada kemampuan isolat acuan yang umum digunakan secara internasional, yaitu *P. chrysosporium* dan *C. versicolor*.
2. Mutu pulp kertas hasil pengolahan semi kimia-mekanis dipengaruhi oleh jenis isolat FPP yang digunakan. Biodelignifikasi dengan isolat K14 dan B18 menghasilkan rendemen pulp tertinggi, sedang isolat R4 dan A2 menghasilkan lembar-an pulp kertas koran terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Darnoko, P. Guritno, A. Sugiharto, dan S. Sugesty. 1995.** Pembuatan pulp dari tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan surfaktan. *J. Penel. Kelapa Sawit*, 3(1): 75-87.
- Fullerton, T. 1979.** Anthraquinone pulping. Forest Research Institute: What's News in Forest Research No. 72. H.A. Holmes & Co, Ltd. Rotarna.
- Goenadi, D.H. and Y. Away. 1994.** Evaluation on the potential of *Trichoderma pseudokoningii* to decompose oil palm empty bunches. *Menara Perkebunan*, 62(1): 6-10.
- Goenadi, D.H., Y. Away, R. Pasaribu, and R. Siagian. 1994.** Biodegradation of empty fruit bunches of oil palm for pulping. *Menara Perkebunan*, 62(2): 1-7.
- Guritno, P., Darnoko, P.M. Naibaho, dan W. Pratiwi. 1995.** Produksi pulp dan kertas cetak dari tandan kosong kelapa sawit pada skala pilot. *J. Penel. Kelapa Sawit*, 3: 89-95.
- Kirk, T.K. and K.E. Eriksson. 1989.** Roles for biotechnology in manufacture. *In* F. Roberts (Ed.). *World and Paper Technology 1990*. The Internat. Rev. Pulp and Paper Indust. The Sterling Pub Group PLC. London. pp. 23-28.
- Kofugita, H., A. Mastushita, T. Ohsaki, Y. Asada, and M. Kuwahara. 1992.** Production of phenol oxidizing enzyme in wood-meal medium by white rot fungi. *Mokuzai Gakkaishi*, 38(10): 950-955.
- Mall, I.D., A.R. Singh, and S.N. Upadhyay. 1990.** Biotechnology applications in pulp and paper industry. *IPPTA*, 2(1): 1-8.
- Mikame, K. 1995.** Fractination and microbial degradation of chromophoric xylan fractions from kraft pulp. Univ. Kyoto, Kyoto. 95 pp.

- Nishida, T., Y. Kashino, A. Mimura, and Y. Takahara. 1988.** Lignin biodegradation by wood-rotting fungi. *Mokuzai Gakkaishi*, 43(6): 530-536.
- Pasaribu, R.A., D.H. Goenadi, dan T. Irawadi. 1995.** Pemanfaatan fungi pelapuk lignoselulolisis dalam biokonversi limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi pulp untuk kertas. Laporan akhir RUT-III. 43 hal.
- Poincelot, R.P. and P.R. Day. 1972.** Simple dye release assay for determining cellulolytic activity of fungi. *Appl. Microbiol.* 23: 875-879.
- Prasetyo, B. dan D.H. Goenadi. 1995.** Peluang biopulping dalam industri pulp di Indonesia. Makalah dalam Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional VI, Serpong 11-15 September 1995.
- Singh, S.P. and S.K. Roymoulik. 1992.** Role of biotechnology in the pulp and paper industry: A Review. Part 1: Biopulping. *IPPTA*, 4(4): 53-56.