

## EFIKASI ASAP CAIR DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) DALAM PENEKANAN PERKEMBANGAN JAMUR *ASPERGILLUS NIGER*

Hasan Ashari Oramahi<sup>1</sup>, Farah Diba<sup>1</sup> & Wahdina<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The efficacy of liquid smoke from oilpalm empty fruit bunch in suppressing the development of fungus.* Fungi that have been grown on maize seed were *Aspergillus niger*, *A. flavus* and *Aspergillus* sp. From those species, *A. niger* is important species because of its toxigenic characteristic on agricultural product. The objective of this research was to evaluate the efficacy of oilpalm empty fruit bunch liquid smoke in suppressing the development of the fungus. This research was conducted in several steps i.e. pyrolysis of liquid smoke, analysis of liquid smoke content, and efficacy test of liquid smoke as antifungal. Agar media used was PDA (potato dextrose agar) and concentration of liquid smoke was 0, 1, 2, and 3% (v/v). The results indicated that the liquid smoke inhibited the fungal growth. The highest result was on liquid smoke with temperature pyrolysis of 400 and 450°C and concentration 3% with average value of 100%. The contents of organic fraction of liquid smoke, such as acid and phenol might be responsible for the difference in antifungal activities among this liquid smoke.

**Key words:** efficacy, *Aspergillus niger*, liquid smoke, oilpalm empty fruit bunch, antifungal

### PENDAHULUAN

Salah satu penyebab kehilangan pascapanen jagung adalah karena serangan jamur. Beberapa jamur yang menyerang biji jagung antara lain *Aspergillus flavus*, *A. niger* dan *Mucor* sp. (Muis *et al.*, 2002; Oramahi *et al.*, 2009). Di antara jamur tersebut, *A. niger* merupakan jamur yang penting karena selain menimbulkan kerusakan bahan yang disimpan (Sekiyama *et al.*, 2005; Essono *et al.*, 2007), juga menyebabkan kehilangan hasil yang cukup besar (Oramahi *et al.*, 2006; Oramahi, 2008).

Penggunaan fungisida sintetik yang mengandung zat-zat kimia sulit terdegradasi sehingga berpotensi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik dapat dilakukan dengan menggunakan fungisida yang ramah lingkungan, tetapi tetap dapat digunakan untuk mengatasi kerusakan yang disebabkan oleh jamur. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan.

Penggunaan bahan-bahan alami sebagai bahan pengawet alternatif yang lebih aman bagi lingkungan (*biodegradable*) dan bersifat dapat diperbaharui (*renewable*) merupakan teknologi alternatif yang perlu dikembangkan. Salah satu bahan alami yang dapat

digunakan adalah penggunaan asap cair. Asap cair merupakan suatu campuran larutan dari dispersi koloid asap kayu dalam air, yang dibuat dengan mengkondensasikan asap dari hasil pembakaran kayu tersebut. Kayu sebagai komponen bahan bakar umumnya tersusun atas selulosa, hemiselulosa dan lignin sedangkan komponen lainnya terdiri dari tanin, resin dan terpenin (Fengel & Wegener, 1995).

Di Indonesia bahan baku untuk pembuatan asap cair sangat banyak tersedia. Salah satunya limbah pengolahan tandan buah segar kelapa sawit. Dalam proses produksi minyak sawit, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah terbesar yaitu sekitar 23% tandan buah segar (TBS) (Widiastuti & Panji, 2007). Oleh karena itu, potensi TKKS cukup besar untuk bahan baku pembuatan asap cair. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asap cair mengandung komponen yang berfungsi sebagai antimikrobia (antijamur). Inoue *et al.* (2000) menyatakan bahwa asap cair mampu menghambat pertumbuhan *Fomitopsis palustris* dan *Trametes versicolor*. Penelitian terakhir menunjukkan bahwa asap cair mampu menghambat pertumbuhan jamur *Ophiostoma polonicum*, *O. flexuosum*, *O. narcissi* dan *O. tetropii* (Velmurugan *et al.*, 2009a; Velmurugan *et al.*, 2009b).

<sup>1</sup> Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Jl. Imam Bonjol Pontianak. E-mail: oramahi\_stp@yahoo.com

Berdasarkan pertimbangan di atas, perlu dilakukan penelitian efikasi asap cair dari TKKS untuk penghambatan pertumbuhan *A. niger* secara *in vitro*. Penelitian bertujuan untuk mengetahui aktivitas antijamur. Aktivitas antijamur dinyatakan dengan indeks antijamur.

## METODE PENELITIAN

Persiapan bahan baku TKKS dilakukan di Laboratorium *Wood Workshop*, pengujian asap cair terhadap jamur dilakukan di Laboratorium Teknologi Kayu, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura. Pirolisis asap cair TKKS dilakukan di Laboratorium Rekayasa, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM, analisis kadar fenol dan asam dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM. Penelitian dilakukan pada bulan Juli sampai Oktober 2009.

**Koleksi Isolat.** Isolat *A. niger* diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya (Oramahi *et al.*, 2009). Isolat ditumbuhkan pada media *potato dextrose agar* miring (PDA) dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang.

**Pembuatan asap cair (Tranggono *et al.*, 1996; Darmadji *et al.*, 2000).** Asap cair dibuat dengan memasukkan serbuk TKKS ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang. Selanjutnya dapur pemanas dihidupkan dengan suhu yang dikehendaki. Pada penelitian ini suhu yang digunakan adalah 350, 400, dan 450°C. Waktu pirolisis yang digunakan adalah 90 menit. Asap yang keluar dari reaktor disalurkan ke kolom pendingin melalui pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin dengan menggunakan pompa. Embunan berupa asap cair ditampung dalam botol, sedangkan asap yang tidak dapat diembunkan dibuang melalui pipa penyalur asap sisa. Rendemen asap cair termasuk di dalamnya tar dan arang yang diperoleh dihitung sebagai % berat.

**Identifikasi Komponen Asap Cair dengan GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy).** Analisa senyawa-senyawa penyusun asap cair secara kualitatif dengan menggunakan GC-MS yaitu: asap cair diekstrak dengan menggunakan pelarut diklorometan, ke dalam 5 ml asap cair ditambahkan 5 ml diklorometan kemudian digojok dalam corong pemisah selama 5 menit. Setelah

didiamkan sebentar fraksi atas (diklorometan) dipisahkan dari fraksi bawah. Kemudian fraksi atas ditampung dan ke dalam fraksi bawah ditambahkan lagi 5 ml diklorometan, digojok lagi dalam corong pemisah seperti yang pertama tadi. Fraksi atas yang dihasilkan ekstraksi kedua ini dicampurkan dengan fraksi atas hasil pemisah pertama, kemudian dipekatkan dengan meniupkan gas Nitrogen sampai volume yang terisi 1 ml. Hasil tersebut kemudian dideteksi menggunakan GC-MS dengan kondisi operasi: jenis pengion: EI (*Electron Impact*), suhu injektor: 280°C, jenis kolom: DB-1 (*Fused silica*) dengan panjang 30 m, suhu kolom 70°C dengan kenaikan 5°C menit<sup>-1</sup>, gas pembawa: Helium dengan tekanan 10 K.Pa.

**Analisis Fenol (Senter *et al.*, 1989).** Satu ml asap cair ditimbang dan diencerkan sampai volume 1000 ml. Dari larutan ini diambil 1 ml dan ditambahkan dengan 5 ml larutan NaCO<sub>3</sub> alkalis dan dibiarkan pada suhu kamar selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteau (reagen komersial : aquades 1:1 v/v) dan digojok dengan vortex-shaker. Setelah dibiarkan selama 30 menit absorbansinya dibaca terhadap larutan blanko pada panjang gelombang 750 nm. Konsentrasi fenolat larutan sampel dihitung berdasarkan kurva standar yang diperoleh dari larutan fenol murni.

**Analisis Asam (AOAC, 1990).** Asap cair ditimbang lebih kurang 1 ml, lalu diencerkan sampai volume 100 ml. Selanjutnya dititrasikan dengan larutan standar NaOH 0,1 N sampai pHnya 8. Kadar asam dinyatakan dalam persen berat asam asetat.

**Efikasi Asap Cair dari TKKS Sebagai Antijamur.** Efikasi asap cair sebagai antijamur TKKS dilakukan dengan menggunakan peracunan makanan. Prosedur pengujian antijamur asap cair dilakukan secara *in vitro* dengan mengacu pada Loman (1970 dalam Yoshimoto & Syafii, 1993) yang dimodifikasi. Cawan Petri yang sudah disterilkan diisi dengan media PDA masing-masing 10 ml, kemudian dicampur dengan asap cair sesuai dengan konsentrasi yang telah ditentukan sebagai berikut: 0, 1, 2, dan 3%. Kemudian biakan murni dari jamur *Aspergillus niger* diinokulasi dibagian tengah cawan Petri dan diinkubasi pada suhu kamar. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni jamur dengan mengukur diameter koloni pada hari ke 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 setelah inokulasi.

Aktivitas antijamur dinyatakan dengan indeks antijamur (Zhong *et al.*, 2007 *cit.* Velmurugan *et al.*, 2009a) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Indeks anti jamur} = \left(1 - \frac{Dt}{Dc}\right) \times 100\%$$

dimana:

Dt= diameter koloni jamur perlakuan (cm)

Dc=diameter koloni jamur kontrol (cm)

### Rancangan Penelitian

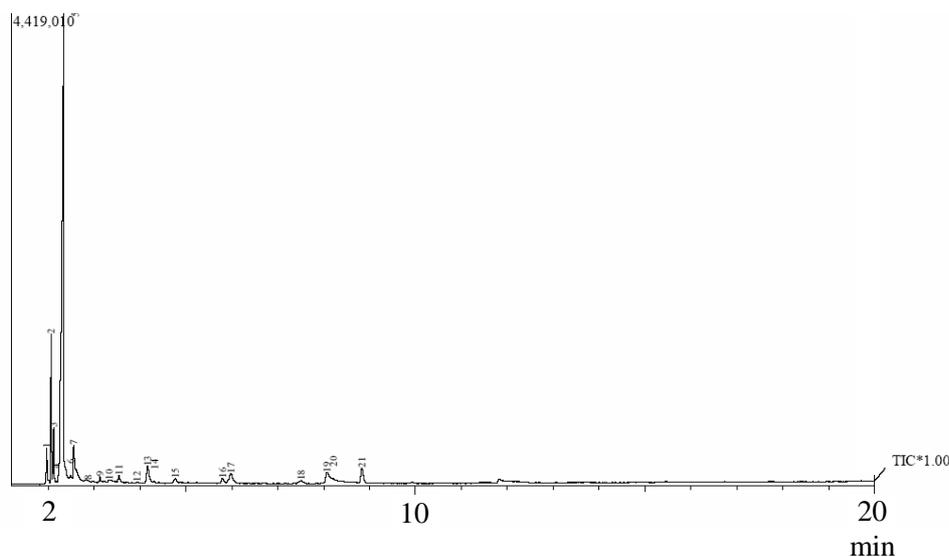
Rancangan yang digunakan pengaruh suhu dan konsentrasi asap cair terhadap indeks antijamur adalah rancangan acak lengkap dengan pola faktorial. Faktor I adalah konsentrasi asap cair terdiri atas 0, 1, 2, dan 3%. Faktor II adalah suhu pirolisis asap cair terdiri atas 350, 400, dan 450°C. Data kadar asam dan fenol yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam (*analysis of variance*). Untuk mengungkapkan pengaruh antarperlakuan digunakan uji BNT pada taraf nyata 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Hasil Identifikasi Komponen Asap Cair.** Hasil identifikasi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 350°C dengan GC MS menunjukkan bahwa terdapat 21 (puncak) atau 21 jenis senyawa penyusun asap cair (Gambar 1). Dari 21 puncak tersebut diambil 4 puncak yang dominan. Adapun 4 puncak yang dominan tersebut, terlihat pada Tabel 1.

Hasil identifikasi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 400°C dengan GC MS menunjukkan bahwa terdapat 14 (puncak) atau 14 jenis senyawa penyusun asap cair (Gambar 2). Dari 14 puncak tersebut diambil 4 puncak yang dominan. Adapun 4 puncak yang dominan tersebut, terlihat pada Tabel 2.

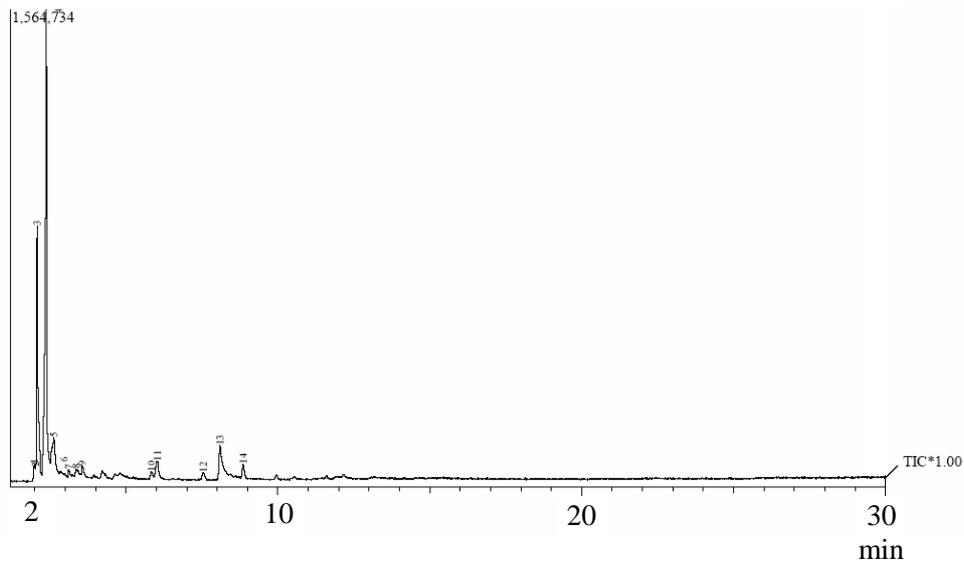
Hasil identifikasi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 450°C dengan GC MS menunjukkan bahwa terdapat 17 (puncak) atau 17 jenis senyawa penyusun asap cair (Gambar 3). Dari 17 puncak tersebut diambil 4 puncak yang dominan. Adapun 4 puncak yang dominan tersebut, terlihat pada Tabel 3.



Gambar 1. Spektra GC MS asap cair TKKS pada suhu pirolisis 350°C

Tabel 1. Komponen kimia dan waktu retensi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 350°C

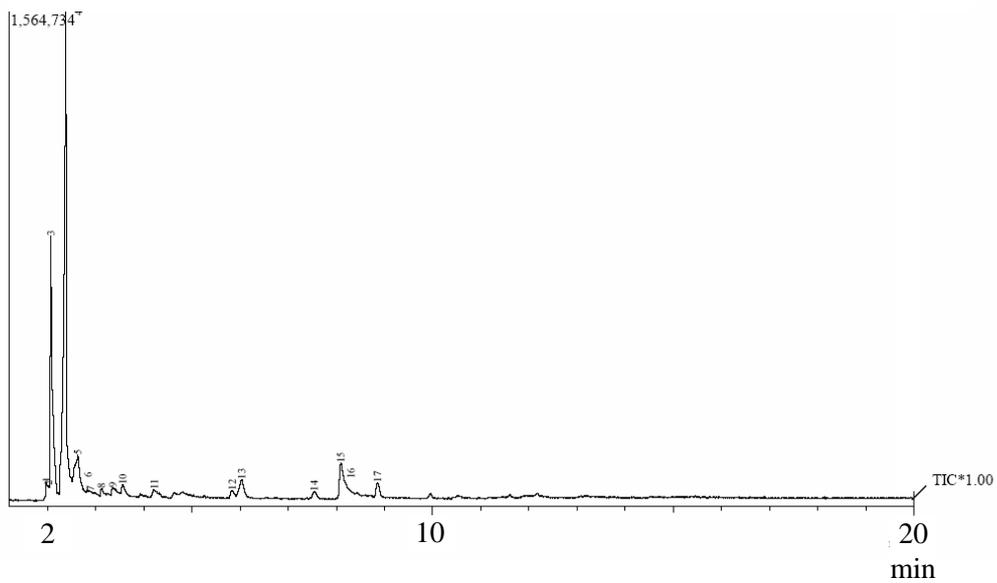
Peak No.	Retention Time (minute)	Area (%)	Height	Chemical Compound
1	1,965	2,70	333396	Formic acid
2	2,061	8,45	1396934	n-Butane
3	2,114	3,54	521460	Ethanoic acid
5	2,333	61,64	4391079	Acetic acid



Gambar 2. Spektra GC MS asap cair TKKS pada suhu pirolisis 400°C

Tabel 2. Komponen kimia dan waktu retensi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 400°C

Peak No.	Retention Time (minute)	Area (%)	Height	Chemical Compound
3	2,067	22,95	2545622	2-Propanone
4	2,381	50,17	5564496	Acetic acid
5	2,626	8,64	958612	Acetylcarbinol
13	8,094	5,51	611163	Phenol



Gambar 3. Spektra GC MS asap cair TKKS pada suhu pirolisis 450°C

Hasil identifikasi asap cair TKKS pada suhu yang berbeda (Tabel 1, 2, dan 3) menunjukkan perbedaan jumlah komponen penyusun secara keseluruhan. Namun komponen penyusun asap cair yang dominan hampir sama yaitu terdiri atas komponen asam dan fenol. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pirolisis berpengaruh terhadap komponen asap cair. Lin *et al.* (2008) meneliti asap cair dari bambu Moso (*Phyllostachys heterocycla* Milf) dengan suhu pirolisis yang berbeda. Hasil penelitian menyatakan suhu yang berbeda menghasilkan komposisi asap cair bambu yang berbeda, dan komponen yang dominan pada asap cair bambu Moso sama dengan penelitian ini, yaitu komponen asam dan fenol. Suhu yang digunakan Lin *et al.* (2008) sebesar 80-150°C dan menghasilkan asap cair dengan kandungan asam organik yang bervariasi sebesar 3,52-7,21%. Suhu pirolisis mempengaruhi proses terbentuknya asam organik pada asap cair. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap komponen asam dan fenol secara kuantitatif.

#### Komponen Kimiawi Asap Cair

Hasil analisis komponen asam dan fenol dari asap cair dari TKKS terlihat pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu pirolisis makin tinggi kadar asam. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pirolisis memberikan pengaruh nyata terhadap kadar asam dalam asap cair. Hasil penelitian Lin *et al.* (2008)

menyatakan makin tinggi suhu pirolisis, makin meningkat kandungan asam pada asap cair bambu Moso. Kadar asam dalam asap cair TKKS sebesar 5,41-6,31%. Asam yang terdapat dalam asap cair TKKS meliputi asam format, asam etanoat, asam asetat, dan asam karbonil. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Maga (1987) dan Girard (1992) yang menyatakan kandungan kimia asap cair dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain suhu pirolisis, jenis kayu, dan kadar air kayu,

Makin tinggi suhu pirolisis makin tinggi kadar fenol. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pirolisis mempengaruhi kadar fenol. Hal ini sesuai dengan penelitian Inoue *et al.* (2000) yang menyatakan bahwa *guaicol* dan *4-methyl guaicol* meningkat dengan bertambahnya suhu pirolisis. Senyawa *guaiacol* dan *4-methyl guaiacol* termasuk kelompok fenol. Girard (1992) menyatakan bahwa baik kuantitas maupun kualitas senyawa fenol yang terdapat pada asap cair langsung berhubungan dengan suhu pirolisis kayu.

#### Pengujian Aktivitas Antijamur

Pengaruh suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair TKKS terhadap indeks antijamur terlihat pada Tabel 5. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa suhu pirolisis, konsentrasi asap cair serta interaksi keduanya berpengaruh nyata. Tabel 5 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu dan konsentrasi asap cair makin tinggi indeks antijamur. Hal ini diperkuat dengan hasil analisis kadar

Tabel 3. Komponen kimia dan waktu retensi asap cair TKKS pada suhu pirolisis 450°C

Peak No.	Retention Time (minute)	Area (%)	Height	Chemical Compound
3	2,059	19,16	1767218	<i>Butane</i>
4	2,112	2,96	181121	<i>Furanone</i>
6	2,314	47,07	1583189	<i>Ethanoic acid</i>
17	8,061	5,48	92614	<i>Phenol</i>

Tabel 4. Komponen asam dan fenol asap cair TKKS hasil pirolisis pada suhu yang berbeda

Suhu (°C)	Kadar Asam (%)	Kadar Fenol (%)
350	5,41 a	2,18 a
400	5,89 b	2,26 b
450	6,31 c	3,63 c

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ ).

asam dan fenol (Tabel 4). Perlakuan suhu 400 dan 450°C dengan konsentrasi asap cair 3% mempunyai indeks antijamur tertinggi (100%). Suhu pirolisis tinggi menghasilkan kadar asam dan fenol yang semakin tinggi. Kimura *et al.* (2002) menyatakan asam dan fenol yang terdapat di dalam asap cair berperan sebagai bahan antijamur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperlukan konsentrasi yang tinggi untuk menekan pertumbuhan *A. niger*. Pada konsentrasi yang tinggi berarti kandungan bahan aktif di dalam asap cair juga tinggi sehingga lebih banyak bahan aktif yang dapat mengganggu metabolisme di dalam jamur. Shiah *et al.* (2006) menyatakan pertumbuhan jamur semakin terhambat dengan semakin tinggi konsentrasi asap cair dari bambu yang terdapat pada media jamur. Hal ini disebabkan tingginya absorpsi asam dan fenol dari asap cair pada media jamur. Asam dan fenol mengganggu membran sel jamur sehingga menyebabkan permeabilitas membran sel meningkat dan akhirnya jamur kehilangan isi sel.

Inoue *et al.* (2000) menyatakan bahwa asap cair mempunyai kemampuan menghambat pertumbuhan jamur. Makin tinggi suhu pirolisis asap cair makin tinggi daya penghambatannya terhadap pertumbuhan *Fomitopsis palustris* dan *Trametes versicolor*. Menurut Velmurugan *et al.* (2009a), asap cair dari serbuk gergaji kayu *Pinus densiflora* dan *Quercus serrata* yang telah dinetralkan mempunyai kemampuan sebagai

antijamur. Lebih lanjut dinyatakan bahwa konsentrasi asap cair sebesar 2% mempunyai kemampuan yang kuat dalam menghambat pertumbuhan jamur *Ophiostoma polonicum*, *O. flexuosum*, *O. narcissi* dan *O. tetropii*. Lin *et al.* (2008) melaporkan bahwa asap cair dari bambu Moso hasil pirolisis pada suhu 80-150°C mampu menghambat pertumbuhan jamur *Trichoderma viride* dengan efisiensi penghambatan sebesar 50-150%.

Hasil analisis komponen penyusun asap cair khususnya kadar asam dan fenol (Tabel 4) menunjukkan bahwa komponen tersebut yang berperan sebagai antijamur. Hal ini diperkuat hasil penelitian yang dilakukan oleh Velmurugan *et al.* (2009b) yang menyatakan bahwa komponen 2,6 dimethoxy phenol, dehydroacetic acid dan 2,3,5 trimethoxytoluene dalam asap cair serbuk gergaji dan bambu mampu berperan sebagai antijamur. Velmurugan *et al.* (2009a) menyatakan bahwa terdapat tujuh komponen dalam asap cair hasil pirolisis dari serbuk *Pinus densiflora* dan *Quercus serrata* yaitu 2,6 dimethoxy Phenol, Phenol (Izal), 2-methyl phenol (*o-cresol*), 4-methyl phenol (*p-cresol*), 2-methoxy phenol (*guaiacol*), 2-methoxy-4 methyl phenol dan 4-ethyl-2-methoxy phenol yang mampu berperan sebagai antijamur. Komponen-komponen penyusun asap cair di atas merupakan kelompok fenol.

Mekanisme aktivitas senyawa antimikrobia fenol meliputi reaksi dengan membran sel yang menyebabkan meningkatnya permeabilitas membran sel dan

Tabel 5. Pengaruh suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair terhadap indeks antijamur

Perlakuan		Indeks Antijamur	
Suhu (°C)	Konsentrasi (%)	Data asli (%)	Hasil transformasi <sup>1)</sup>
350	0	0 a	2,78
400	0	0 a	2,78
450	0	0 a	2,78
350	1	0 a	2,78
400	1	0 a	2,78
450	1	0 a	2,78
350	2	37,03 bc	37,44
400	2	29,63 b	32,18
450	2	40,74 c	39,62
350	3	62,97 d	52,88
400	3	100 e	89,04
450	3	100 e	89,04

1) Data ditransformasi dengan arcsin.

2) Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata ( $P > 0,05\%$ ).

mengakibatkan hilangnya isi sel, inaktivasi enzim-enzim esensial dan perusakan atau inaktivasi fungsional materi genetik (Davidson & Branen, 1993 cit. Karseno et al., 2001). Selain kandungan fenol yang berperan sebagai antijamur, asam juga mempunyai peran yang sama sebagai bahan antijamur. Asam yang terdapat dalam asap cair TKKS meliputi asam format, asam etanoat, asam asetat, dan asam karbonil. Sifat antimikrobia asam asetat dalam asap cair TKKS terkait dengan kondisi pH. Semakin tinggi pH menyebabkan kemampuan asam asetat dalam menghambat pertumbuhan jamur berkurang. Hal ini disebabkan karena asam asetat pada kondisi pH tinggi (6-7) tidak mampu terdisosiasi sehingga lebih cepat berpenetrasi ke dalam membrane sel jamur. Sedangkan asam format dan asam propionat mampu menghambat mikrobia dengan cara memblok sistem metabolisme sel melalui penghambatan terhadap aktivitas enzim (Luck & Jager, 1997 cit. Karseno et al., 2001).

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu (1) asap cair dari TKKS dapat berperan sebagai antijamur, (2) konsentrasi asap cair sebesar 3% pada suhu 400°C dan 450°C mempunyai indeks antijamur tertinggi (100%), dan (3) makin tinggi suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair makin tinggi indeks antijamur.

### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1990. *Association of Analytical Chemist, Official Method of Analysis*. 18<sup>th</sup> edition. Benyamin Franklin. Washington DC.
- Darmadji P, Oramahi HA, Haryadi & Armunanto R. 2000. Optimasi Produksi dan Sifat Fungsional Asap Cair Kayu Karet. *Agritech* 20(3): 147–155.
- Essono G, Ayodele M, Akoa A, Foko J, Olembo S & Gockowski J. 2007. *Aspergillus* species on Cassava Chips in Storage in Rural Areas of Southern Cameroon: Their Relationship with Storage Duration, Moisture Content and Processing Methods. *Afr J. Microbiol Res*. Online <http://www/academicjournals.org/ajmr>. Diakses tanggal 7 Agustus 2009.
- Fengel D & Wagener G. 1995. *Kayu: Kimia, Ultra Struktur, Reaksi-reaksi*. Hardono Sastrohamidjojo (Penerjemah). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Girard JP. 1992. *Technology of Meat and Meat Product Smoking*. Ellis Harwood. New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore: 162–201.
- Inoue S, Hata T, Imamura Y & Meier D. 2000. Component and antifungal efficiency of wood-Vinegar-Liquor Prepared Under Different Carbonization Condition. *Wood Research* 87: 34–36.
- Karseno, Darmadji P & Kapti R. 2001. Daya Hambat Asap Cair Kayu Karet Terhadap Bakteri Pengkontaminan Lateks dan *Ribbed Smoke Sheet*. *Agritech* 21(1): 10–15.
- Kimura Y, Suto S & Tatsuka M. 2002. Evaluation of Carcinogenic/Cocarcinogenic activity of chikusaku-eki, a bamboo charcoal by-product used as folk remedy in Balab/c 3T3 cells. *Biology Pharmaceuticals Bulletin* 25(8): 1026–1029.
- Lin HC, Murase Y, Shiah TC, Hwang GS, Chen PK & Wu WL. 2008. Application of Moso Bamboo Vinegar with Different Collection Temperatures to Evaluate Fungi Resistance of Moso Bamboo Materials. *J. Fac. Agr.* 53(1): 107–113.
- Maga JA. 1987. *Smoke in Food Processing*. CRC Press. Florida: 1-9.
- Muis A, Pakki S & Talanca AH. 2002. Inventarisasi dan identifikasi cendawan yang menyerang biji jagung di Sulawesi Selatan. Pp. 21–30. *Hasil Penelitian Hama dan Penyakit*. Balitsereal. Maros.
- Oramahi HA, Sumardiyono C, Pusposendjojo & Haryadi. 2006. Identifikasi Jamur Genus *Aspergillus* pada Gapek di Kabupaten Gunungkidul. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia* 12(1): 13–24.

- Oramahi HA. 2008. Penyakit Simpanan pada Gapplek yang Disebabkan oleh *Aspergillus flavus*. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada. (Tidak dipublikasikan).
- Oramahi HA, Diba F & Wahdina. 2009. Pengendalian Penyakit Pascapanen pada Jagung Berbasis Bahan Alam untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Laporan Penelitian Strategi Nasional Batch I*.
- Senter SD, Robertson JA & Meredith FI. 1989. Phenolic Compound of the Mesocarp of Creathaven Peaches during Storage and Ripening. *J. Food Sci.* 54: 1259–1268.
- Sekiyama BL, Ribeiro AB, Machinski PA & Junior MM. 2005. Aflatoxins, Ochratoxin A and Zearalenone In Maize-Based Food Products. *Braz. J. Microbiol.* 36: 289–294.
- Shiah TC, Wu SK, Huang JC & Lin HC. 2006. The Fungi Resistance of Bamboo Materials Treated with Bamboo Vinegar Using Soaking Treatment. *J. of Agriculture and Forestry NYCU* 3(1): 1–22.
- Tranggono, Suhardi, Setiadji B, Darmadji P, Supranto & Sudarmanto. 1996. Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 1(2): 15–24.
- Velmurugan N, Han SS & Lee YS. 2009a. Antifungal Activity of Neutralized Wood Vinegar with Water Extracts of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* Saw Dusts. *Int. J. Environ. Res.* 3(2): 167–176.
- Velmurugan N, Chun SS, Han SS & Lee YS. 2009b. Characterization of chikusaku-Eki and Mokusaku-Eki and its inhibitory Effect on Sapstaining Fungal Growth in Laboratory Scale. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 6(1): 13–22.
- Yoshimoto T & Syafii W. 1993. Extractives from some tropical hardwoods and Their Influences on the Growth of Wood Decaying Fungi. *J. Tropical Agriculture* 4(2): 31–35.
- Widiastuti H & Panji T. 2007. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. *Menara Perkebunan* 75(2): 70–79.