

POTENSI ISOLAT KHAMIR H10 SEBAGAI AGENSIA BIOLOGIS UNTUK PENGENDALIAN *Mucor piriformis* PADA BUAH APEL

Potential Yeast Isolate H10 as Biocontrol Agent for Mucor piriformis in Apple Fruit

Sri Widyastuti¹

ABSTRAK

Potensi sel khamir isolat H10 untuk menghambat perkembangan jamur patogen pasca panen *Mucor piriformis* dipelajari pada luka buatan pada buah apel. Larutan spora pada berbagai konsentrasi diinokulasikan ke dalam luka buatan pada buah apel segar. Setiap perlakuan menggunakan lima buah apel yang masing-masing mempunyai 4 buah luka. Buah kemudian disimpan untuk dihitung persentase infeksi dan diameter luka yang terjadi selama 4 hari penyimpanan pada suhu 20 °C. Meningkatnya konsentrasi spora patogen yang diinokulasikan pada luka, meningkat pula persentase infeksi dan diameter luka. Sel khamir terbukti mampu menggandakan diri pada permukaan jaringan luka. Pada konsentrasi 10⁷ dan 10⁸ cfu ml⁻¹, sel khamir dapat secara nyata menghambat perkembangan jamur patogen sampai 65 %. Penghambatan tersebut lebih efektif pada sel khamir yang diaplikasikan bersamaan dengan atau 2 jam sebelum inokulasi inokulum spora patogen. Efektifitas penghambatan pada buah segar lebih tinggi dibanding pada buah yang telah disimpan beberapa lama. Kenyataan tersebut mengisyaratkan bahwa isolat khamir H10 mempunyai potensi dapat dikembangkan menjadi agensia biologis yang bersifat protektif untuk pengendalian penyakit pasca panen buah apel yang disebabkan oleh *M. piriformis*.

Kata Kunci: Khamir, agensia pengendali, *Mucor piriformis*, apel

ABSTRACT

The potency of the yeast cell isolate H10 in suppressing post-harvest rot, *Mucor piriformis*, was studied in the wounds of apple fruit. Spore inoculum at different concentrations were inoculated into the artificially-made wounds of fresh picking apple fruit. There were five replicates of single fruit with 4 wounds each. Fruits were incubated at 20 °C for 4 days. Increasing concentration of the pathogen spores applied in the wounds, produced higher percentage of rot and diameter of lesion. At the concentration of 10⁷ and 10⁸ cfu ml⁻¹, the yeast cells were able to suppress the percentage of infection and diameter of lesion caused by the pathogen up to 65 %. The inhibition activity of the yeast cells was most highest when the yeast applied coincidentally or 2 hours before inoculation of the pathogen inoculum. These evidences indicate that the yeast is potential to be developed as a protective bio-control agent to suppress the development of post-harvest diseases of apple caused by *M. piriformis*.

Keywords: Yeast, biocontrol agent, *Mucor piriformis*, apple

PENDAHULUAN

Mucor piriformis (Zygomycetes) adalah salah satu spesies utama penyebab busuk pada berbagai buahan setelah panen, termasuk buah apel dan strawberi. Tidak seperti spesies *Mucor* yang lain, *M. piriformis* dikenal sebagai jamur *psychrophile*, yaitu dapat tumbuh pada suhu rendah termasuk pada suhu yang biasa dipakai untuk menyimpan buahan segar

(Pitt dan Hocking, 1985). Buah dapat terkontaminasi oleh inokulum jamur yang berasal dari tempat tanam atau pada saat penanganan pasca panen.

Selama kurang lebih 50 tahun ini, penggunaan fungisida kimiawi masih merupakan cara paling handal dalam pengendalian penyakit pasca panen buahan (Wills *dkk.*,

¹ Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram 83125

2000). Akan tetapi *M. piriformis* termasuk jamur yang sulit dikendalikan dengan fungisida yang biasa digunakan untuk pengendalian penyakit pasca panen pada buahan segar (Michailides dan Spotts, 1990; Holmes, 1994). Selain itu, penggunaan fungisida secara terus menerus pada masa sebelum panen dapat merusak keseimbangan biotik alami yang mengarah ke perkembangan *iatrogenic diseases* yaitu penyakit yang berkembang akibat penggunaan bahan-bahan kimiawi. Sejarah menunjukkan bahwa berkembangnya busuk *Mucor* pada buah apel dan pear, yang semula dianggap patogen yang tidak penting, ditemukan meningkat setelah penggunaan fungisida *Benomyl* (Janisiewicz, 1988). Kekawatiran tentang bahaya residu fungisida kimiawi, gejala peningkatan resistensi patogen terhadap fungisida kimiawi yang ada di pasaran (Delp, 1980; Holmes, 1994) keengganan pabrik-pabrik kimia untuk memproduksi fungisida baru (Roberts, 1994), mempertegas perlunya cara lain yang lebih aman untuk pengendalian penyakit pasca panen buahan.

Penggunaan mikroba antagonis (bakteri, khamir dan jamur berfilamen) sebagai agensia biologis telah banyak dilaporkan (Droby dan Chalutz, 1994; Batta, 2004). Isolat bakteri *Bacillus subtilis* telah diujicobakan dan berhasil untuk pengendalian penyakit pasca panen pada buah *Stone fruit* (Pusey dan Wilson, 1984), demikian pula khamir *Pichia guilliermondii* digunakan untuk mengendalikan kebusukan pada buah kiwi dan pear (Dubos, 1992).

Aplikasi sel khamir sebagai agensia biologis, memiliki berbagai keunggulan dibanding mikroba lain. Sel khamir pada umumnya merupakan mikroba alami yang banyak ditemui sebagai mikroba epifit pada tanaman dan dapat hidup lebih lama pada permukaan buah dibanding dengan bakteri. Oleh karena itu, studi tentang eksplorasi penggunaan sel khamir untuk pengendalian penyakit pasca panen buahan mulai berkembang dalam dua dasa warsa terakhir ini, misalnya penggunaan *Kloeckera apiculata* strain 138, *Candida guilliermondii* (McLaughlin dkk., 1990; McLaughlin dan Wilson, 1992), *Cryptococcus laurentii* (Roberts 1990a, b), dan *Rhodotorula glutinis* terhadap *Botrytis cinerea* (Widyastuti, 1998; 2005; 2006).

Disamping itu, penggunaan agensia biologis disambut baik oleh pihak industri. Formulasi agensia biologis *Aspire* (khamir) dan *BioSave* (bakteri) telah dikomersialkan sebagai agensia biokontrol penyakit pasca panen di Amerika Serikat (Spotts, 2000; Janisiewicz dan Korsten, 2002).

Hasil penelitian menyampaikan informasi tentang potensi sel khamir isolat H10 untuk menekan perkembangan kebusukan buah apel yang disebabkan oleh jamur patogen *M. piriformis* sebagai dasar pengembangan suatu agensia biologis dalam pengendalian penyakit pasca panen buahan.

BAHAN DAN METODA PENELITIAN

Mikroorganisme

Isolat khamir H10 dan jamur *M. piriformis* diperoleh dari Dr. R.J. Holmes dari Institute Horticultural Development, Knoxfield, Victoria, Australia. Kultur khamir dipelihara pada media padat *Nutrient Yeast Dextrose Agar* (NYDA) yang mengandung 8 g Nutrient broth, 5 g ekstrak khamir, 10 g D-glukosa dan 20 g agar dalam setiap liter air, dan ditumbuhkan dalam media cair yang komposisinya sama dengan media padat tanpa agar. Isolat jamur dipelihara pada media *Potato dextrose Agar* (Oxoid, CM 139).

Pengaruh Konsentrasi Spora Jamur terhadap Perkembangan Infeksi pada Luka

Permukaan buah apel disterilkan dengan metode pengusapan menggunakan larutan alkohol (80%) dan dikeri- ganginkan sebelum dilakukan pelukaan buatan. Luka dibuat menggunakan batang logam pejal steril yang menghasilkan tusukan pada buah sedalam 3 mm dengan diameter 3 mm, ukuran ini dimaksudkan menyerupai tusukan yang disebabkan oleh potongan ranting kecil. Pada setiap buah dibuat luka sebanyak empat buah.

Suspensi konidia *M. piriformis* disiapkan dalam air destilat steril pada berbagai konsentrasi, yaitu: (1×10^2 , 5×10^2 , 1×10^3 , 5×10^3 , 1×10^4 , dan 5×10^4 spora ml^{-1}). Dua puluh mikro liter larutan tersebut diinokulasikan ke dalam luka buatan pada buah apel segar. Setiap perlakuan menggunakan lima buah apel yang masing-masing mempunyai 4 buah luka. Buah kemudian disimpan untuk dihitung persentase infeksi dan diameter luka yang terjadi selama 4 hari penyimpanan pada suhu 20 °C. Percobaan dilakukan pada dua kali musim panen.

Pertumbuhan Sel Khamir pada Luka Buah Apel

Percobaan dilakukan untuk melihat apakah sel khamir dapat bertahan hidup pada permukaan luka buah. Buah apel dipersiapkan dan dilukai seperti pada percobaan sebelumnya. Empat puluh mikro liter larutan sel khamir pada konsentrasi 10^8 cfu ml^{-1} dipipetkan ke dalam luka pada buah tersebut. Buah kemudian diletakkan dalam kemasan plastik untuk menjaga kelembaban udaranya dan diinkubasikan pada suhu rendah yaitu 4 °C dan suhu yang mendukung pertumbuhan mikroba yaitu, 20 °C. Jumlah populasi sel khamir ditentukan pada 4, 24, 72, 96 dan 120 jam setelah inokulasi. Setelah waktu inkubasi tersebut luka dipotong sebesar (5 x 5 x 5 mm) menggunakan pisau steril dan ditempatkan pada vial berisi 10 ml air destilasi steril kemudian dikocok pada Vortex mixer selama 15 menit. Pengenceran dengan kelipatan sepuluh dipersiapkan dalam air destilat steril. Populasi diamati dengan

viable plate count method pada medium PDA setelah inkubasi pada suhu 20 °C selama 48 jam. Jumlah populasi dinyatakan dalam unit pembentuk koloni (cfu) per ml. Masing-masing perlakuan terdiri dari tiga buah apel yang masing-masing dibuat dua buah luka.

Pengaruh Isolat H10 terhadap Pertumbuhan *M. piriformis* pada Luka Buah Apel

Buah apel dipersiapkan dan dilukai seperti di atas. Pada setiap buah dibuat luka sebanyak empat buah. Sel khamir yang ditumbuhkan pada media NYDA dipanen dan disiapkan dengan konsentrasi 10⁷ dan 10⁸ cfu ml⁻¹ dalam akuades. Larutan sel khamir pada masing masing konsentrasi, dipipet sebanyak 40 µl dan diinokulasikan ke dalam luka yang diikuti dengan pemberian 20 µl larutan spora jamur *M. piriformis* pada konsentrasi 10⁴ cfu ml⁻¹ (konsentrasi yang dapat menghasilkan 100 % luka pada percobaan sebelumnya). Setiap perlakuan terdiri atas lima buah apel dengan empat buah luka per satuan buah. Percobaan dilakukan dua kali untuk konfirmasi data.

Pengaruh Waktu Selang antara Aplikasi Sel Khamir dengan Inokulasi Spora Jamur pada Luka

Buah apel, larutan sel khamir dan spora jamur dipersiapkan seperti di atas. Aplikasi larutan sel khamir dan suspensi spora jamur dilakukan sebagai berikut. Dua puluh mikroliter larutan sel khamir pada konsentrasi 10⁸ cfu ml⁻¹ dipipetkan ke dalam luka pada saat 48, 24 dan 2 jam setelah inokulasi luka dengan 20 µl larutan inokulum spora pada konsentrasi 10⁴ spora ml⁻¹, bersamaan dengan inokulasi spora, dan 2 jam sebelum inokulasi apora. Setiap perlakuan terdiri dari lima buah apel yang dibuat luka sebanyak empat buah pada masing-masing buah.

Pengaruh Lama Waktu Simpan terhadap Aktifitas Penghambatan

Percobaan ini dilakukan untuk menguji aktifitas sel khamir pada buah yang telah disimpan pada suhu 20 °C. Buah apel setelah dipanen disimpan pada suhu 20 °C selama 0, 2, 4, 8, 16 dan 32 hari sebelum dibuat luka buatan. Pembuatan luka sama seperti percobaan sebelumnya hanya jumlah luka dibuat satu pada setiap buah. Percobaan dilakukan dengan dua ulangan yang terdiri atas lima buah apel yang masing-masing mempunyai satu buah luka. Buah yang telah diperlakukan dihitung persentase luka dan diameter luka, seperti percobaan sebelumnya, setelah 5 hari penyimpanan pada suhu 20 °C.

Analisis data

Data dianalisis dengan analisis keragaman ANOVA pada taraf nyata p ≥ 0,05 dan perbedaan nilai rata-rata menggunakan *Duncan's Multiple Range Test*. Data persentase

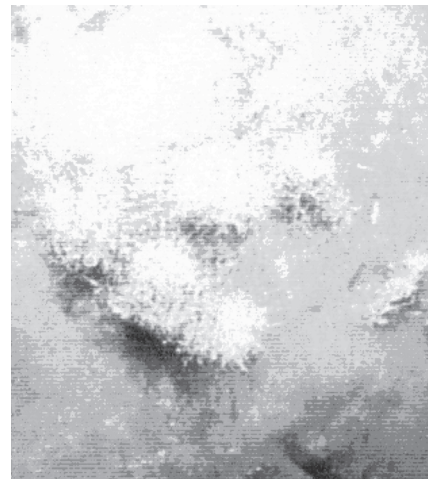
ditampilkan sebagai angka aslinya, hanya dalam analisis digunakan transformasi *Arscin* mengikuti rumus berikut:

$$\frac{180}{\pi} \arcsin \sqrt{\frac{\% \text{ rot}}{100}}$$

Keterangan: π = 22.7; % rot = jumlah luka yang terinfeksi per jumlah luka yang diinokulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mucor piriformis adalah jamur berfilamen menyebabkan infeksi yang nampak basah, dan lunak. Luka karena infeksi jamur ini yang menyebar dengan sangat cepat terutama pada kelembaban tinggi kadang kala terlihat sangat banyak produksi spora (Gambar 1).



Gambar 1. *M. piriformis* pada permukaan buah apel (penyimpanan suhu 20 °C, selama 4 hari)

Pengaruh Konsentrasi Spora Patogen terhadap Perkembangan Luka

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi spora juga menyebabkan meningkatnya persentase dan diameter luka pada buah apel (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh konsentrasi inokulum terhadap perkembangan infeksi. Kenaikan potensial inokulum (yaitu kandungan total energi inokulum, yang diekspresikan dengan istilah konsentrasi spora) meningkat, jumlah penyakit yang dipengaruhinya juga meningkat. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa konsentrasi 10⁴ spora per ml adalah konsentrasi inokulum yang sering ditemukan pada tangki pengumpul buah di beberapa rumah pengemas buahan (Spotts dan Cervantes, 1986). Oleh karena itu konsentrasi spora patogen 10⁴ spora per ml dianggap merupakan konsentrasi yang cukup untuk dapat menyebabkan infeksi pada luka dan digunakan pada percobaan selanjutnya.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi spora *M. Piriformis* terhadap persentase dan diameter luka pada buah apel.

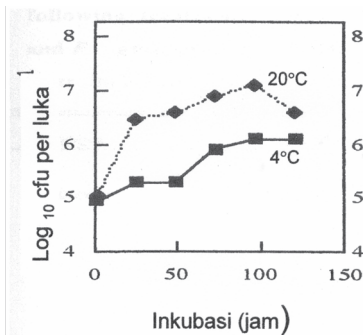
Konsentrasi spora (cfu ml ⁻¹)	Percobaan I		Percobaan II	
	Persentase infeksi (%)	Diameter luka (mm)	Persentase infeksi (%)	Diameter luka (mm)
1x10 ²	-	-	20a	22,0a
5x10 ²	20a	28,0a	30a	30,0b
1x10 ³	30a	33,5ab	60b	37,5c
5x10 ³	60ab	37,8ab	70b	40,3c
1x10 ⁴	80bc	47,0c	100c	55,5cd

Nilai adalah rata-rata dari lima ulangan buah dengan empat luka per buah. Rerata dalam kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama memberikan arti tidak berbeda nyata pada p ≥ 0,05

Pertumbuhan Sel Khamir pada Luka

Sel khamir mampu bertahan hidup pada luka buah apel baik selama penyimpanan pada suhu rendah yaitu 4 °C ataupun pada suhu 20 °C, yaitu suhu yang juga mendukung pertumbuhan jamur patogen. Dalam sehari, perkiraan jumlah populasi sel khamir meningkat hampir 3 kali lipat pada suhu 4 °C dan bahkan mencapai 10 kali lipat pada suhu 20 °C (Gambar 2a).

Kemampuan sel khamir untuk menggandakan diri pada luka-buah telah pula ditunjukkan oleh *Cryptococcus laurentii* pada luka buah apel *Golden Delicious* pada rentang suhu 5 dan 20 °C (Roberts, 1990). Kemampuan sel khamir untuk tumbuh dan berkembang biak pada suhu 4 °C adalah menguntungkan, mengingat penyimpanan buahan segar sering dilakukan pada suhu rendah. Kemampuan ini juga mengisyaratkan kalau sel khamir mampu menggunakan nutrisi dan air yang ada pada jaringan luka, yang mungkin merupakan bagian dari mekanisme penghambatan terhadap patogen pada luka buah.



Gambar 2. a. Populasi sel khamir H10 pada (5x5x5 mm) jaringan luka pada buah apel selama penyimpanan pada suhu 4 dan 20 °C; b. Pengendalian infeksi jamur *M. Piriformis* oleh isolat khamir H10 pada luka buah apel yang disimpan pada suhu 20 °C (Mp = luka diinokulasi dengan spora *M. piriformis*, Mp + H10 = luka diinokulasi dengan spora *M. piriformis* dan sel khamir H10).

Pengaruh Sel Khamir terhadap Pertumbuhan Jamur *M. Piriformis* pada Permukaan Luka

Sel khamir pada konsentrasi 10⁷ dan 10⁸ cfu.ml⁻¹ dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur

M. piriformis pada luka buah apel (Tabel 2, Gambar 2b) yang disimpan pada suhu 20 °C. Dalam hal ini perbedaan konsentrasi sel khamir tidak memberikan perbedaan efektifitas penghambatan. Kemampuan sel khamir dalam menghambat infeksi pada suhu 20 °C, yaitu suhu yang juga mendukung perkembangan patogen, merupakan harapan besar untuk digunakan sebagai agensia biokontrol.

Tabel 2. Persentase infeksi dan diameter luka buah apel yang diinokulasikan dengan spora *M. piriformis* saja dan yang diinokulasikan dengan spora dengan sel khamir H10 pada dua konsentrasi setelah inkubasi selama 7 hari pada suhu 20 °C

Perlakuan	Infeksi (%)	Diameter infeksi (mm)
Spora patogen, 10 ⁴ (cfu ml ⁻¹)	100 a	44,8 a
Sel khamir, 10 ⁷ (cfu ml ⁻¹)	35 b	37,3 a
Sel khamir, 10 ⁸ (cfu ml ⁻¹)	35 b	36,1 a

Angka adalah rata-rata dari lima ulangan buah (dengan empat buah luka pada tiap buah) Angka rata-rata pada kolom yang sama diikuti dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada P ≤ 0,05

Pengaruh Waktu Selang antara Aplikasi Sel Khamir dengan Inokulasi Spora Jamur pada Luka

Sel khamir menunjukkan efektifitas paling tinggi bila diaplikasikan pada luka secara bersamaan atau dua jam sebelum inokulasi spora patogen (Tabel 3). Aplikasi sel khamir setelah inokulasi spora tidak menunjukkan aktifitas penghambatan sama sekali. Hal ini memberikan isyarat bahwa penghambatan terjadinya infeksi melibatkan adanya persaingan, yang dalam hal ini kontak fisik antara kedua mikroorganisma pada permukaan luka. Hal ini juga menunjukkan bahwa sel khamir bersifat protective (pelindung), yang hanya efektif bila telah berada pada permukaan luka terlebih dahulu sebelum sel spora. Sedangkan berhasilnya penghambatan pada saat aplikasi bersamaan diduga adanya persaingan nutrisi atau komponen lain dalam luka misalnya air, antara sel khamir dan spora patogen. Fokkema (1991) juga

menyarankan bahwa introduksi antagonis pada permukaan tanaman sebelum kehadiran patogen adalah penting sebagai agensia bersifat bioprotektif.

Tabel 3. Pengaruh waktu selang antara aplikasi sel khamir (10^8 cfu ml⁻¹) dengan inokulasi spora *M. piriformis* (10^4 spora ml⁻¹) terhadap persentase infeksi dan diameter luka

Perlakuan	Persentase infeksi (%)	Diameter luka (mm)
Patogen <i>M. piriformis</i>	100a	31,9a
+H10 pada:		
48 jam setelah patogen	100 ^a	31,9 ^a
24 jam setelah patogen	100 ^a	32,0 ^a
2 jam setelah patogen	66,7 ^b	32,2 ^a
0 jam (bersamaan)	10 ^c	10,2 ^b
2 jam sebelum patogen	0 ^c	-

Nilai adalah rata-rata dari lima ulangan buah yang masing-masing mempunyai empat buah luka.

Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $P \geq 0,05$

Pengaruh Lama Simpan Buah terhadap Aktifitas Biokontrol Sel Khamir H10

Percobaan ini dilakukan dua kali. Pada percobaan pertama menunjukkan bahwa sel khamir tetap efektif menghambat kebusukan oleh *M. piriformis* pada buah yang telah disimpan selama 16 hari sebelum dilakukan pelukaan (Table 4). Tingkat efektifitas penghambatan tersebut mencapai nilai tertinggi pada perlakuan buah yang disimpan selama kurang dalam sehari (dalam percobaan ini adalah 8 jam setelah panen). Pada percobaan berikutnya, sel khamir juga tetap efektif menghambat perkembangan infeksi *M. Piriformis* pada buah yang telah disimpan selama 16 hari. Akan tetapi aktifitas penghambatan infeksi jamur patogen oleh sel khamir tidak terjadi pada buah yang disimpan sampai 32 hari (Tabel 5).

Menurunnya aktifitas penghambatan yang dimiliki oleh sel khamir dengan meningkatnya waktu simpan yang sejalan juga dengan meningkatnya kematangan, mungkin dipengaruhi oleh terjadinya perubahan sifat jaringan sejalan dengan proses penuaan (*aging*). Meningkatnya ketuaan meningkatkan kelunakan jaringan yang mengarah ke sensitifitas jaringan terhadap serangan patogen (Eckert dan Ogawa, 1988). Peningkatan kematangan juga ditemukan menurunkan efektifitas sel khamir dalam mengendalikan penyakit busuk mucor pada buah pear (Roberts, 1990b). Skene (1981) melaporkan bahwa agensia biokontrol lebih efektif bila diaplikasikan pada buah segar segera setelah panen, mengingat pada kondisi ini luka lebih cepat tertutup misalnya dengan terbentuknya senyawa semacam lignin.

Tabel 4. Pengaruh lama simpan buah pada suhu 20C terhadap perkembangan infeksi pada luka yang diinokulasi dengan spora jamur *M. piriformis* saja atau yang ditambahkan sel khamir H10

Lama simpan (hari)	Kematangan* (Indeks Iod)	Persentase infeksi (%)	
		<i>M. piriformis</i>	<i>M. piriformis</i> + H10
0	2	90 ^{ap}	0 ^{aq}
2	2,1	90 ^{ap}	0 ^{aq}
4	3	100 ^{ap}	10 ^{aq}
8	3,9	90 ^{ap}	10 ^{aq}
16	4,2	100 ^{ap}	10 ^{aq}
32	5,8	100 ^{ap}	80 ^{bp}

*Diukur dengan uji Indeks Iod, dibandingkan dengan pola apel *Golden Delicious*.

Nilai adalah rata-rata dari empat ulangan yang terdiri atas lima buah apel dengan masing-masing satu buah luka buatan

Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf (a, b) yang sama dan pada baris (p, q) yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $p \geq 0,05$

Tabel 5. Pengaruh lama simpan buah pada suhu 20 °C terhadap perkembangan infeksi pada luka yang diinokulasi dengan spora jamur *M. Piriformis* saja atau yang ditambahkan sel khamir H10

Lama simpan (hari)	Kematangan* (Indeks Iod)	Persentase infeksi (%)	
		<i>M. piriformis</i>	<i>M. piriformis</i> + H10
0	2	80 ^{ap}	0 ^{aq}
16	5,0	80 ^{ap}	20 ^{aq}
32	6,0	100 ^{ap}	60 ^{bp}

*Diukur dengan uji Indeks Iod, dibandingkan dengan pola apel *Golden Delicious*

Nilai adalah rata-rata dari empat ulangan yang terdiri atas lima buah apel dengan masing-masing satu buah luka buatan

Rerata pada kolom yang sama diikuti oleh huruf (a, b) yang sama dan pada baris (p, q) yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada $p \geq 0,05$

KESIMPULAN

Jumlah inokulum berpengaruh terhadap perkembangan infeksi oleh *M. piriformis* pada luka buah apel. Sel khamir isolat H10, yang diaplikasikan pada luka buah apel terbukti mampu menggandakan diri dan menghambat perkembangan infeksi jamur tersebut tersebut sampai 65 %. Hasil-hasil percobaan menunjukkan bahwa penghambatan sel khamir ini terhadap perkembangan jamur patogen tersebut bersifat protektif, yang tidak menutup kemungkinan terjadinya persaingan antara kedua mikroorganisma tersebut dalam hal penggunaan tempat tumbuh dan atau komponen-komponen penting pendukung pertumbuhan yang tersedia pada bagian luka dan jaringan sekitarnya. Kajian akan mekanisme peng-

hambatan menjadi penting untuk menggali potensi dan pengembangan sel khamir ini menjadi agensia biologis dalam pengendalian penyakit pasca panen buah secara aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Batta, Y.A. (2004). Postharvest biological control of apple gray mold by *Trichoderma harzianum* Rifai formulated in an invert emulsion. *Crop Protection* **23**: 19-26.
- Delp, C.J. (1980). Coping with resistance to plant disease control agents. *Plant Disease* **64**: 652-657.
- Droby, S., Chalutz, E., Wilson, C.L. dan Wisniewski, M.E. 1989. Characterization of the biocontrol activity of *Debaryomyces hansenii* in the control of *Penicillium digitatum* of grape fruit. *Canadian Journal of Microbiology* **35**: 794-800.
- Droby, S. dan Chalutz, E. (1994). *Successful biocontrol of postharvest pathogen of fruits and vegetables*. Brighton Crop Protection Conference, Pest and Diseases hal. 1265-1272.
- Dubos, B. (1992). *Biological control of Botrytis: State-of the art*. Proceeding of the 10th International Botrytis Symposium, Heraklion, Greece, hal. 169-178.
- Eckert, J.W. dan Ogawa, J.M. (1988). The chemical control of postharvest diseases of deciduous fruits, berries, vegetables, and root/tuber crops. *Annual Review of Phytopathology* **26**: 433-469.
- Fokkema, N.J. (1991). The phyllosphere as an ecologically neglected milieu: A plant pathologist's point of view. *Dalam*: Andrews, J.H., Hirano, S.S. (ed.). *Microbial Ecology of Leaves*, hal. 3-18, Springer Verlag, N.Y.
- Holmes, R. (1994). *Diseases Causing Post-harvest Crop Loss of Apples and Pears: Epidemiology and Control*. PhD. Thesis. La Trobe University. Bundoora, Victoria.
- Janisiewicz, W.J. (1987). Postharvest biological control of blue mold on apples. *Phytopathology* **77**: 481-485.
- Janisiewicz, W.J. (1988). Biological control of postharvest diseases of pome fruits. *Phytopathology* **75**: 123-128.
- Janisiewicz, W.J. dan Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases of fruit. *Annual Review of Phytopathology* **40**: 411-441.
- McLaughlin, R.J., Wisniewski, M.E., Wilson, C.L. dan Chalutz, E. (1990). Effect of inoculum concentration and salts solutions on biocontrol of postharvest diseases of apple with *Candida* sp. *Phytopathology* **80**: 456-461.
- McLaughlin, R.J. dan Wilson, C.L. (1992). Biological control of postharvest diseases of grape, peach and apple with the yeasts *Kloeckera apiculata* and *Candida guilliermondii*. *Plant Disease* **76**: 470-473.
- Roberts, R.G. (1990a). Postharvest biological control of grey mold of apple by *Cryptococcus laurentii*. *Phytopathology* **86**: 526-530.
- Roberts, R.G. (1990b). Biological control of Mucor rot of pear by *Cryptococcus laurentii*, *Aspergillus flavus* and *Candida albicans*. *Phytopathology* **80**: 1050-1051.
- Michaillides, T.J. dan Spotts, R.A. (1990). Postharvest diseases of pome fruit and stone fruits caused by *M. piriformis* in the Pacific North West and California. *Plant Disease* **74**: 537-543.
- Pitt, J.I. dan Hocking, A.D. (1985). *Fungi and Food Spoilage*. Academic Press. Sydney.
- Pusey, P.L. dan Wilson, C.L. (1984). Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. *Plant Disease* **68**: 752-756.
- Roberts, R.G. (1994). Integrating biological control into postharvest disease management strategies. *Horticulture Science* **29**: 758-762.
- Skene, D.S. (1981). Wound healing in apple fruits: the anatomical response of Cox's orange pippin at different stages of development. *Journal of Horticulture Science* **56**: 145-153.
- Spotts, R.A. (2000). *Registration of Yeast will Add New Biofungicide*. <http://www.goodfruit.com/link/Mar-00/feature2.html>
- Spotts, R.A. dan Cervantes, L.A. (1986). Populations and pathogenicity, and benomyl resistance of *Botrytis* sp., *Penicillium* sp., and *Mucor piriformis* in Packing-houses. *Plant Disease* **70**: 100-106.
- Widyastuti, S. (1998). Preliminary study on the use of a yeast, *Rhodoturola glutinis* as a biocontrol of a postharvest pathogen of apple. *Agrotekso* **7**: 266-271.

Widyastuti, S. (2005). Penghambatan penyakit pasca panen, *Botrytis cinerea* pada luka buah apel oleh sel khamir *Rhodotorula glutinis* (H10): Kompetisi area dan nutrisi. *Agroteksos* **15**: 114-127

Widyastuti, S. (2006). Penghambatan pathogen pasca panen, *Penicillium expansum* pada luka buah apel oleh sel

khamir *Pichia guilliermondi* (D20). *Agroteksos* **16**: 199-204.

Wills, R.B.H., Lee, T.H., McGlasson, B.W. dan Hall, E.G. (2000). *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. UNSW Press, Sydney.