

**TIPE MATING PADA EMPAT ISOLAT *THANATEPHORUS CUCUMERIS*
(ANAMORF: *RHIZOCTONIA SOLANI*) ANASTOMOSIS GROUP (AG) 1-IC**

***MATING TYPE OF FOUR ISOLATES OF THANATEPHORUS CUCUMERIS
(ANAMORPH: RHIZOCTONIA SOLANI) ANASTOMOSIS GROUP (AG) 1-IC***

Achmadi Priyatmojo
Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

Four parent isolates (189, Rh28, BW3 and F-1) of Thanatephorus cucumeris (anamorph: Rhizoctonia solani) AG 1-IC were induced to produce basidiospores using soil-over culture method. All of four parent isolates could produce basidiospores. Colonies obtained from single basidiospore isolate of each parent isolate were paired on charcoal potato dextrose agar. Single basidiospore isolate having different mating type produced tuft at area of the junction of paired colonies. On the based of tuft formation, single basidiospore isolates of each parent isolate could be divided into two different mating types, therefore it is concluded that each of 189, Rh28, BW3 and F-1 isolate of T. cucumeris AG 1-IC has bipolar mating type.

Keywords : *basidiospore, bipolar, induction of teleomorph, mating type, Rhizoctonia solani, Thanatephorus cucumeris*

INTISARI

Empat tetua isolat *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC yaitu isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 diinduksi untuk menghasilkan basidiospora dengan menggunakan metode *soil-over-culture*. Empat tetua isolat dapat menghasilkan basidiospora. Koloni yang berasal dari masing-masing isolat basidiospora tunggal (*single basidiospore isolate*) dari tetua isolat yang sama ditumbuhkan pada medium arang kentang dekstroza agar secara berpasangan. Isolat basidiospora tunggal yang mempunyai tipe mating yang berbeda menghasilkan tuft (miselium udara padat yang berwarna seperti kapas) pada daerah pertemuan kedua koloni. Berdasarkan pembentukan tuft, isolat-isolat basidiospora tunggal dari masing-masing tetua isolat dapat dikelompokkan dalam dua tipe mating yang berbeda sehingga dapat disimpulkan bahwa *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 189, Rh28, BW3 dan F1 masing-masing mempunyai tipe mating bipolar.

Kata kunci: basidiospora, bipolar, induksi teleomorf, *Rhizoctonia solani*, *Thanatephorus cucumeris*, tipe mating

PENDAHULUAN

Rhizoctonia spp. dapat dikelompokkan menjadi uninukleat (berinti satu), binukleat (berinti dua) dan multinukleat (berinti lebih dari dua) berdasarkan jumlah inti dalam sel hifa (Ogoshi *et al.*, 1983; Sneh *et al.*, 1991; Hietala *et al.*, 1994). Salah satu kelompok multinukleat dari *Rhizoctonia* yang mempunyai arti penting adalah *R. solani* (Menzeis, 1970; Adams, 1988).

R. solani yang patogenik dapat menyerang banyak jenis tanaman (Parmeter and Whitney, 1970;) dengan beragam gejala penyakit yang dapat dijumpai pada daun, batang, ranting, buah dan akar (Bandy *et al.*, 1988; Burpee & Martin, 1992; Benson & Cartwright, 1996; Ogoshi, 1996).

R. solani dikelompokkan menjadi 14 *anastomosis groups* (AG) yang dinotasikan dengan AG 1 sampai dengan AG 13 ditambah dengan AG-BI (*bridging isolate*) berdasarkan pada kemampuan hifa untuk melakukan anastomosis (fusi). Isolat yang dapat melakukan anastomosis dikelompokkan dalam satu AG, sedangkan AG-BI merupakan kelompok untuk menampung isolat-isolat yang dapat melakukan anastomosis dengan lebih dari satu AG (Anderson, 1982; Ogoshi, 1987; 1996; Carling, 1996; Carling *et al.*, 1999). *R. solani* AG 1, AG 2, AG 3, AG 4, AG 5, AG 8 dan AG 9 masing-masing masih dikelompokkan lagi menjadi beberapa subgroup atau tipe (Kuninaga *et al.*, 1979; Hyakumachi & Sumino, 1984; Kuninaga & Yokosawa, 1984; Carling & Kuninaga, 1990; MacNish *et al.*, 1993; Hyakumachi *et al.*, 1998; Aoyagi *et al.*, 1998; Priyatmojo *et al.*, 2001).

Stadium sempurna *R. solani* sangat jarang ditemukan di alam. Dari 14 AG hanya

beberapa isolat dari AG 1-1C, AG 2-3 dan AG 3 yang telah dilaporkan membentuk basidiospora (Naito, 1996), sedangkan isolat-isolat yang lainnya harus diinduksi secara buatan untuk dapat menghasilkan basidiospora (Tu & Kimbrough, 1975; Kangatharalingam & Carson, 1988; Adam & Butler, 1993; Hietala *et al.*, 1994). *Thanatephorus cucumeris* merupakan stadium sempurna dari *R. solani* (Talbot, 1970). Priyatmojo (2006) melaporkan bahwa metode *soil-over-culture* lebih baik dibandingkan dengan metode induksi lainnya untuk pembentukan basidiospora pada *T. cucumeris* AG 1-IC isolat F-1.

Penelitian tipe mating pada *T. cucumeris* masih sangat terbatas. Tipe mating bipolar dilaporkan dijumpai pada *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 1R4 yang dinotasikan dengan tipe mating M1 dan M2 (Julian *et al.*, 1996). Julian *et al.* (1999), lebih lanjut menemukan pola pita DNA yang berbeda antara isolat basidiospora tunggal tipe M1 dengan M2 menggunakan analisis *Amplified Fragment Length Polymorphism* (AFLP). Toda dan Hyakumachi (2006) melaporkan tipe mating bipolar pada *T. cucumeris* AG 2-2 IV isolat SA-1.

AG 1-IC mempunyai banyak isolat yang ditemukan dari banyak lokasi. Untuk mengetahui apakah isolat-isolat tersebut juga mempunyai tipe mating yang serupa dengan isolat 1R4, maka perlu dilakukan penelitian tipe mating pada isolat-isolat *T. cucumeris* AG 1-IC tersebut. Pengetahuan mengenai tipe mating pada isolat-isolat *T. cucumeris* AG 1-IC akan bermanfaat dalam memahami hubungan genetika antar isolat tersebut sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan strategi pengendalian penyakit yang tepat.

BAHAN DAN METODE

Isolat *R. solani* yang Digunakan. Empat isolat *T. cucumeris* (anamorf: *R. solani*) AG 1-IC yaitu isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 yang merupakan koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Universitas Gifu, Gifu, Jepang digunakan dalam penelitian ini (Tabel 1). Penelitian dilakukan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Universitas Gifu, Gifu, Jepang. Masing-masing isolat dikulturkan pada medium PDA dan disimpan dalam suhu 4°C. Isolat dikeluarkan dari ruang penyimpanan paling sedikit 48 jam sebelum disubkulturkan.

Induksi Stadium Sempurna. Pembentukan basidiospora *T. cucumeris* AG 1-IC dari masing-masing isolat diinduksi menggunakan metode *soil-over-culture* yang dimodifikasi (Stretton *et al.*, 1964; Tu & Kimbrough, 1975). Tanah dicuci dengan air sebanyak tiga kali. Endapan tanah hasil cucian kemudian diletakkan dalam cetakan untuk dibuat lempengan tanah dengan ketebalan 1-1,5 cm. Tanah dikeringanginkan pada suhu kamar dan tanah yang telah kering kemudian disterilisasi pada suhu 60°C selama 60 menit sebanyak dua kali pada hari yang berurutan.

Isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 berumur 3 hari yang masing-masing ditumbuhkan pada medium PDA dilubangi menggunakan bor gabus diameter 5 mm. Potongan miselium dipindahkan ke cawan petri yang berisi 40 ml PDAY (200 g kentang, 12,5 g dekstrosa, 20 g agar Difco, dan 25 g ekstrak yeast dalam 1000 ml air steril) secara aseptis. Isolat diinkubasi pada suhu 25-28°C dalam kondisi gelap. Sebelum miselium tumbuh mencapai tepi cawan petri, lempengan tanah steril diletakkan di atas miselium dan diatur sehingga posisinya mengerucut. Lempengan tanah dibasahi dengan air steril secara hati-hati dan dijaga jangan sampai menggenangi cawan petri supaya jamur tidak busuk. Cawan petri diletakkan pada ruangan dengan kelembapan tinggi pada kondisi gelap. Pembentukan basidiospora ditandai dengan terbentuknya massa seperti tepung berwarna putih pada lempengan tanah (Stretton *et al.*, 1964; Sneh *et al.*, 1991).

Tabel 1. Isolat-isolat *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC yang digunakan dalam penelitian

Kode isolat	Tanaman inang	Negara asal
189	Kobis bunga	Amerika Serikat
Rh28	Bit gula	Jepang
BW3	Bit gula	Jepang
F-1	Bit gula	Jepang

Isolasi Basidiospora. Lempengan tanah yang sudah mengandung massa basidiospora diletakkan di atas rak tabung reaksi yang terbuat dari aluminium dengan posisi bagian yang mengandung massa basidiospora menghadap ke bawah. Cawan petri berisi medium agar air yang tutupnya terbuka diletakkan tepat di bagian bawah lempengan tanah dengan waktu peletakan berkisar 1-2 menit untuk setiap cawan petri. Cawan petri kemudian ditutup kembali dan diinkubasikan pada suhu 25-28°C dalam kondisi gelap selama 1-2 hari. Setiap individu basidiospora (*single basidiospore isolate* (SBI)) yang berkecambah masing-masing dipindahkan pada medium PDA kemudian diinkubasikan pada suhu 25-28°C dalam kondisi gelap selama 3-4 hari. Setiap SBI kemudian dibuat biakan murninya dalam PDA miring yang disimpan dalam suhu 4°C. Masing-masing SBI yang berasal dari satu isolat diberi nomor yang berbeda (SBI *1, *2, *3 dan seterusnya) (Julian *et al.*, 1996).

Uji Tipe Mating. SBI untuk uji tipe mating dari masing-masing isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 dipilih secara acak. SBI terpilih dari masing-masing isolat kemudian ditumbuhkan secara berpasangan untuk semua kombinasi pada medium arang kentang dekstrosa agar (10 g serbuk arang; 200 g kentang; 10 dekstrosa; 20 agar Difco dalam 1000 air distilasi) dalam cawan petri. Cawan petri yang berisi pasangan SBI diinkubasikan pada suhu 25-28°C dalam kondisi gelap selama 4-7 hari. Tuft yaitu miselium yang agak memadat dan berwarna seperti kapas putih akan terbentuk pada daerah pertemuan dari dua koloni SBI yang merupakan tanda bahwa masing-masing SBI mempunyai tipe mating yang berbeda. Apabila tuft tidak terbentuk, maka masing-masing SBI mempunyai tipe mating yang sama

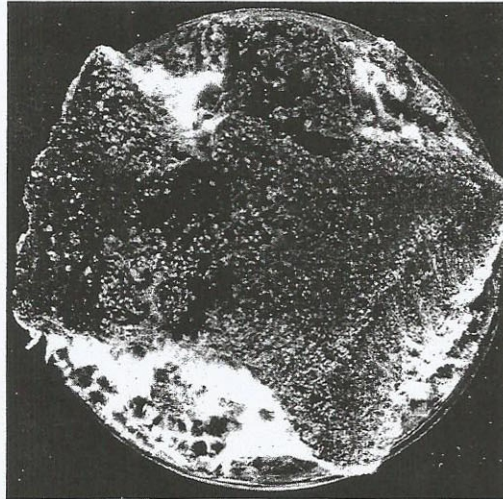
(Julian *et al.*, 1996). Satu SBI yang mewakili tipe mating yang berbeda dari masing-masing isolat dipilih secara acak untuk menentukan tipe mating dari semua SBI dari masing-masing isolat. Masing-masing kombinasi pasangan diulang tiga kali. Percobaan diulang dua kali pada waktu yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

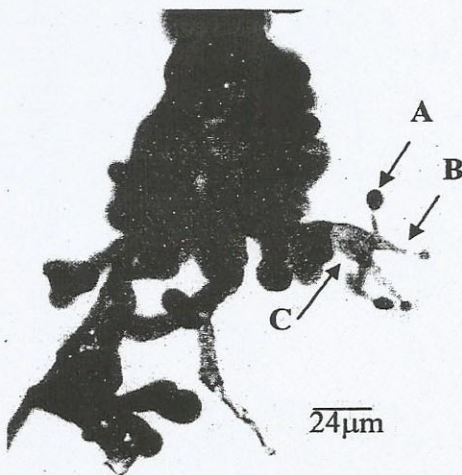
Isolat-isolat yang tergolong dalam *T. cucumeris* AG 1-1C pada umumnya mudah diinduksi untuk membentuk basidiospora dengan menggunakan metode *soil-over-culture* (Priyatmojo, 2006). Basidiospora yang dibentuk pada lempengan tanah ditandai dengan adanya massa seperti tepung yang berwarna putih yang dapat dibedakan secara jelas dengan morfologi miselium (Gambar 1). Basidiospora dibentuk 4-7 hari setelah peletakan lempengan tanah di atas koloni jamur.

Pengamatan secara mikroskopi memperlihatkan bahwa massa seperti tepung berwarna putih tersebut adalah massa basidiospora *T. cucumeris* yang jumlahnya sangat banyak. Pada umumnya empat basidiospora dibentuk pada satu basidium (Gambar 2), tetapi kadang-kadang ditemukan juga hanya 1, 2 atau 3 basidiospora. Julian *et al.* (1996) juga menemukan variasi dalam jumlah basidiospora yang dibentuk dalam satu basidium pada *T. cucumeris* AG 1-1C isolat 1R4.

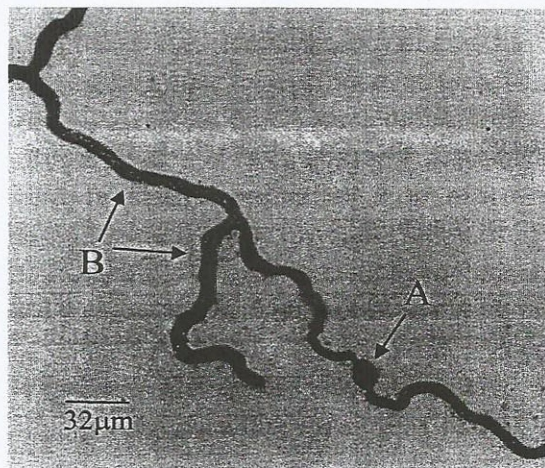
Basidiospora yang mati tidak dapat berkecambah, sedangkan basidiospora yang hidup dapat berkecambah dengan membentuk buluh kecambah pada medium agar air (Gambar 3). Hasil pengamatan pada ciri morfologi dari masing-masing SBI sesuai dengan ciri morfologi *T. cucumeris* (Talbot, 1970; Ogoshi, 1976).



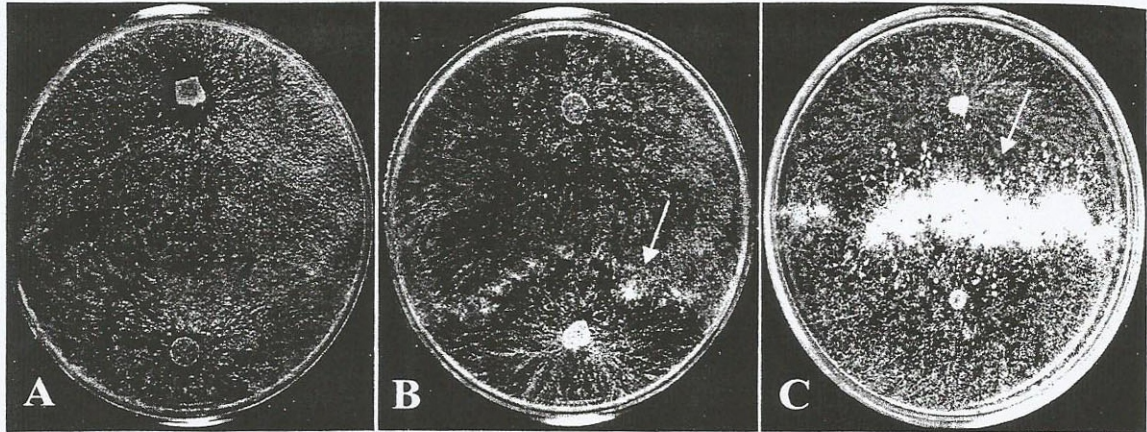
Gambar 1. Massa tepung berwarna putih yang merupakan kumpulan basidiospora dan basidium *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC pada lempengan tanah.



Gambar 2. Basidiospora *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC yang dibentuk pada basidium dengan empat sterigma. A= basidiospora, B= sterigma, dan C= basidium.



Gambar 3. Perkecambahan basidiospora *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC yang ditumbuhkan pada medium agar air. A = basidiospora dan B = hifa.



Gambar 4. Hasil uji tipe mating pada *single basidiospore isolate* (SBI) *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC pada medium arang kentang dekstrose agar 7 hari setelah inokulasi. A = tuft tidak dibentuk, B = tuft padat dibentuk (tanda panah), dan C = tuft berserabut dibentuk (tanda panah). Pembentukan tuft menandakan bahwa masing-masing SBI yang ditumbuhkan mempunyai tipe mating yang berbeda.

SBI yang mempunyai tipe mating yang berbeda akan membentuk tuft pada daerah pertemuan miselium dari dua koloni yang ditumbuhkan berpasangan, sedangkan pada SBI yang mempunyai tipe mating yang sama, tuft tidak dibentuk (Gambar 4). Tuft yang dibentuk mempunyai variasi dalam morfologinya yaitu tuft berserabut tebal (*fibrous tuft*) dan tuft padat (*compact tuft*) (Gambar 4). Julian *et al.* (1996) melaporkan juga adanya variasi dalam pembentukan tuft pada *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 1R4.

Hasil uji tipe mating *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 189 menunjukkan bahwa apabila masing-masing SBI*1, *2, *4, *7, dan *8 secara terpisah ditumbuhkan berpasangan dengan masing-masing SBI*5, *6 dan *9 pada berbagai kombinasi pasangan, maka di daerah pertemuan masing-masing koloni SBI

terbentuk tuft yang menunjukkan bahwa SBI*1, *2, *4, *7, dan *8 mempunyai tipe mating yang berbeda dengan SBI*5, *6 dan *9. Pada sisi lain, ketika SBI*1, *2, *4, *7, dan *8 ditumbuhkan secara berpasangan untuk semua kombinasi pasangan, maka tuft tidak dibentuk di daerah pertemuan koloni sehingga dapat disimpulkan bahwa SBI*1, *2, *4, *7, dan *8 tergolong dalam satu tipe mating yang sama (M1). Tuft juga tidak dibentuk ketika SBI*5, *6 dan *9 ditumbuhkan secara berpasangan pada semua kombinasi pasangan yang ada, sehingga dapat dikatakan bahwa SBI*5, *6 dan *9 tergolong dalam satu tipe mating yang sama (M2) yang berbeda tipe matingnya dengan M1 (Tabel 2).

Tabel 2. Kompatibilitas seksual antar isolat basidiospora tunggal (SBI) *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC isolat 189 setelah 7 hari inkubasi pada medium arang kentang dekstrosa agar

SBI	Tipe mating							
	M1					M2		
	*1	*2	*4	*7	*8	*5	*6	*9
*1	TK ^a	TK	TK	TK	TK	K	K	K
*2	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K
*4	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K
*7	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K
*8	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K
*5	K	K	K	K	K	TK	TK	TK
*6	K	K	K	K	K	TK	TK	TK
*9	K	K	K	K	K	TK	TK	TK

^a TK = tidak kompatibel (tuft tidak dibentuk) dan K = kompatibel (tuft dibentuk).

Hasil yang serupa juga dijumpai pada SBI terpilih dari *T. cucumeris* AG 1-IC isolat Rh28 (Tabel 3), BW3 (Tabel 4) dan F-1 (Tabel 5). Dari masing-masing isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 kemudian dipilih secara acak satu pasang SBI yang terdiri atas tipe mating M1 dan M2 untuk diuji dengan SBI dari masing-masing *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1. Dari semua SBI yang diuji dari masing-masing isolat menunjukkan bahwa ketika satu SBI membentuk tuft dengan isolat yang tergolong M1, maka SBI tersebut tidak membentuk tuft ketika diuji dengan isolat yang tergolong M2. Demikian juga sebaliknya ketika satu SBI membentuk tuft ketika diuji dengan isolat yang tergolong M2, maka SBI tersebut tidak membentuk tuft ketika diuji

dengan isolat yang tergolong M1. Julian *et al.* (1996) juga hanya mendapatkan 2 tipe mating pada *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 1R4 yang dinotasikan dengan M1 dan M2.

Berdasarkan pengamatan pada pembentukan tuft dari SBI disimpulkan bahwa *T. cucumeris* AG 1-IC isolat 189, Rh28, BW3 dan F-1 masing-masing mempunyai tipe mating bipolar yang dapat dinotasikan dengan tipe mating M1 dan M2.

Penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hubungan genetika antar tipe mating dari setiap SBI yang berasal dari isolat tetua yang berbeda perlu dilakukan untuk lebih memahami mekanisme yang mengatur tipe mating tersebut.

Tabel 3. Kompatibilitas seksual antar isolat basidiospora tunggal (SBI) *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC isolat Rh28 setelah 7 hari inkubasi pada medium arang kentang dekstrosa agar

SBI	Tipe mating									
	M1						M2			
	*1	*3	*4	*5	*7	*8	*2	*6	*9	*10
*1	TK ^a	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*3	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*4	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*5	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*7	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*8	TK	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K
*2	K	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK
*6	K	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK
*9	K	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK
*10	K	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK

^a TK = tidak kompatibel (tuft tidak dibentuk) dan K = kompatibel (tuft dibentuk).

Tabel 4. Kompatibilitas seksual antar isolat basidiospora tunggal (SBI) *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC isolat BW3 setelah 7 hari inkubasi pada medium arang kentang dekstrosa agar

SBI	Tipe mating									
	M1					M2				
	*1	*2	*3	*4	*7	*5	*8	*9	*10	
*1	TK ^a	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*2	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*3	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*4	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*7	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*5	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*8	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*9	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*10	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	

^a TK = tidak kompatibel (tuft tidak dibentuk) dan K = kompatibel (tuft dibentuk).

Tabel 5. Kompatibilitas seksual antar isolat basidiospora tunggal (SBI) *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*) AG 1-IC isolat F-1 setelah 7 hari inkubasi pada medium arang kentang dekstrosa agar

SBI	Tipe mating									
	M1					M2				
	*2	*5	*10	*17	*23	*4	*7	*12	*15	
*2	TK ^a	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*5	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*10	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*17	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*23	TK	TK	TK	TK	TK	K	K	K	K	
*4	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*7	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*12	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	
*15	K	K	K	K	K	TK	TK	TK	TK	

^aTK= tidak kompatibel (tuft tidak dibentuk) dan K = kompatibel (tuft dibentuk).

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Mitsuro Hyakumachi, Faculty of Applied Biological Science, Gifu University, Gifu Jepang yang telah mengizinkan penggunaan koleksi isolat *R. solani*

DAFTAR PUSTAKA

Adams, G. C. 1988. *Thanatephorus cucumeris* (*Rhizoctonia solani*) a species complex of wide host range, p. 535-552. In G. S. Sidhu (ed), *Advances in Plant Pathology. Vol 6, Genetics of Plant Pathogenic Fungi*. Academic Press, New York.

Adams, G.C. & E.E. Butler. 1983. Influences of nutrition on the formation of basidia and basidiospores in *Thanatephorus cucumeris*. *Phytopathology* 73: 147-151.

Anderson, N. A. 1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. *Annual Review of Phytopathology* 20: 329-344.

Aoyagi, T., Kageyama, K. & M. Hyakumachi. 1998. Characterization and survival of *Rhizoctonia solani* AG 2-2 LP associated with large patch disease of zoysia grass. *Plant Disease* 82: 857-863.

Bandy, B.P., Leach, S.S. & S.M. Tavantzis. 1988. Anastomosis group 3 is the main cause of *Rhizoctonia* disease of potato in Maine. *Plant Disease* 72: 596-598.

Benson, D.M. & D.K. Cartwright. 1996. Ornamental diseases incited by *Rhizoctonia* spp., p. 303-314. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, and G. Dijst, (eds.), *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands

Burpee, L.L. & B. Martin. 1992. Biology of *Rhizoctonia* species associated with turfgrasses. *Plant Disease* 76: 112-117.

- Carling, D. E. 1996. Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyphal anastomosis reaction, p. 37-47. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate & G. Dijst (eds), *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology, and Disease Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Carling, D. E., Baird, R. E., Gitaitis, R. D., Brainard, K.H. & S. Kuninaga. 2002. Characterization of AG-13, a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 92: 893-899.
- Carling, D.E. & S. Kuninaga. 1990. DNA base sequence homology in *Rhizoctonia solani* Kuhn: inter- and intragroup relatedness of anastomosis group 9. *Phytopathology* 80: 1362-1364.
- Hietala, A. M., Sen, R., & A. Lilja. 1994. Anamorphic and teleomorphic characteristics of a uninucleate *Rhizoctonia* sp. isolated from roots of nursery grown conifer seedlings. *Mycological Research* 98: 1044-1050.
- Hyakumachi, M., Mushika, T., Ogiso, Y., Toda, T., Kageyama, K. & T. Tsuge. 1998. Characterization of a new cultural type (LP) of *Rhizoctonia solani* AG 2-2 isolated from warm-season turfgrasses, and its genetic differentiation from other cultural types. *Plant Pathology* 47: 1-9.
- Hyakumachi, M. & A. Sumino. 1984. New morphological type (IC) in *Rhizoctonia solani* AG 1 isolated from the sugar beet-manufacture-waste-soils and some of its characteristics. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 50: 507-514.
- Julian, M.C. Debets, F. & J. Keijer. 1996. Independence of sexual and vegetative incompatibility mechanisms of *Thanatephorus cucumeris* (*Rhizoctonia solani*) anastomosis group 1. *Phytopathology* 86: 566-574.
- Julian, M.C., Acero, J., Salazar, O., Keijer, J. & V. Rubio. 1999. Mating type-correlated molecular markers and demonstration of heterokaryosis in the phytopathogenic fungus *Thanatephorus cucumeris* (*Rhizoctonia solani*) AG 1-IC by AFLP DNA fingerprinting analysis. *Journal of Biotechnology* 67: 49-56.
- Kangatharalingam, N. & M.L. Carson. 1988. Technique to induce sporulation in *Thanatephorus cucumeris*. *Plant Disease* 72: 146-148.
- Kuninaga, S. & R. Yokosawa. 1984. DNA base sequence homology in *Rhizoctonia solani* Kühn. IV. Genetic relatedness within AG 4. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 50: 322-330.
- Kuninaga, S., Yokosawa, R. & A. Ogoshi. 1979. Some properties of anastomosis group 6 and BI in *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 45: 207-214.
- MacNish, G.C., Carling, D.E. & K.A. Brainard. 1993. Characterization of *Rhizoctonia solani* AG 8 from bare patches by pectic isozyme (zymogram) and anastomosis techniques. *Phytopathology* 83: 922-927.

- Menzeis, J. D. 1970. Introduction: the first century of *Rhizoctonia solani*, p. 3-5. In J.R., Jr. Parmeter (ed), *Rhizoctonia solani: Biology and Pathology*. University of California Press, Berkeley.
- Naito, S. 1996. Basidiospore dispersal and survival, p. 197-206. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate & G. Dijst, (eds), *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology, and Disease Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ogoshi, A. 1976. Studies on the grouping of *Rhizoctonia solani* Kühn with hyphal anastomosis, and on the perfect stage of groups. Bulletin Seri C, No. 3. National Institute of Agricultural Sciences, Tokyo, Japan.
- Ogoshi, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annual Review of Phytopathology* 25: 125-143.
- Ogoshi, A. 1996. Introduction - the genus *Rhizoctonia*, p 1-9. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate & G. Dijst, (eds), *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology, and Disease Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ogoshi, A., Oniki, M., Araki, T., & T. Ui. 1983. Anastomosis groups of binucleate *Rhizoctonia* in Japan and North America and their perfect states. *Transaction of Mycological Society of Japan* 24: 79-87.
- Parmeter, J.R. Jr. & Whitney, H.S. 1970. Taxonomy and nomenclature at the imperfect state, p. 7-19. In J.R. Jr. Parmeter (ed), *Rhizoctonia solani: Biology and Pathology*. University of California Press, Berkeley.
- Priyatmojo, A. 2006. Perbandingan empat metode induksi stadium sempurna pada *Thanatephorus cucumeris* (anamorf: *Rhizoctonia solani*). Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta. 15 September 2006. Halaman: 1-6.
- Priyatmojo, A., Escopalao, V.E., Tangonan, N.G, Pascual, C.B., Suga, H., Kageyama, K. & M. Hyakumachi. 2001. Characterization of a new subgroup of *Rhizoctonia solani* anastomosis group 1 (AG 1-ID), causal agent of a necrotic leaf spot on coffee. *Phytopathology* 91: 1054-1061.
- Sneh, B., Burpee, L. & A. Ogoshi. 1991. *Identification of Rhizoctonia Species*. The American Phytopathological Society Press, St. Paul, MN.
- Stretton, H.M., McKenzie, A.R., Baker K.F. & N.T. Flentje. 1964. Formation of the basidial stage of some isolates of *Rhizoctonia*. *Phytopathology* 54: 1093-1095
- Talbot, P.H.B. 1970. Taxonomy and nomenclature of the perfect state, p. 20-31. In J.R. Jr. Parmeter (ed.), *Biology and Pathology of Rhizoctonia solani*. University of California Press, Berkeley.
- Toda, T. & M. Hyakumachi. 2006. Heterokaryon formation in *Thanatephorus cucumeris* anastomosis group 2-2 IV. *Mycologia* 98: 726-736.
- Tu, C.C. & J.W. Kimbrough. 1975. A modified soil-over-culture method for inducing basidia in *Thanatephorus cucumeris*. *Phytopathology* 65: 730-731.