

Buletin

ISSN 1410-4377

Plasma Nutfah

Volume 13 Nomor 2 Tahun 2007

Akreditasi Nomor: 74/AKRED-LIPI/P2MBI/5/2007



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian**

Penanggung Jawab
Ketua Komisi Nasional Sumber Daya Genetik
Sutrisno

Dewan Redaksi
Sugiono Moeljopawiro
Surachmat Kusumo
Maharani Hasanah
Subandriyo

Redaksi Pelaksana
Husni Kasim
Hermanto
Ida N. Orbani

Alamat Redaksi
Sekretariat Komisi Nasional
Sumber Daya Genetik
Jalan Tentara Pelajar 3A Bogor 16111
Telp./Faks. (0251) 327031
E-mail: genres@indo.net.id

Buletin ilmiah *Plasma Nutfah*
diterbitkan oleh Badan Penelitian dan
Pengembangan Pertanian secara
berkala, dua kali setahun, memuat
tulisan hasil penelitian dan tinjauan
ilmiah tentang eksplorasi, konservasi,
karakterisasi, evaluasi, dan utilisasi
plasma nutfah tanaman, ternak, ikan,
dan mikroba yang belum pernah
dipublikasi di media lain.

Daftar Isi

Karakteristik Umbi Plasma Nutfah Tanaman Talas (<i>Colocasia esculenta</i>) Mamik Setyowati, Ida Hanarida, dan Sutoro	49
Seleksi Galur Kentang dari Progeni Hasil Persilangan Kusmana dan Eri Sofiari	56
Karakter Morfologis dan Beberapa Keunggulan Mangga Podang Urang (<i>Mangifera indica</i> L.) Baswarsiaty dan Yuniarti	62
Variasi Morfologi dan Virulensi <i>Phytophthora capsici</i> Asal Lada Dono Wahyuno, Dyah Manohara, dan Dwi N. Susilowati	70
Studi Ekologi dan Potensi Geronggang (<i>Cratogeomys arborensis</i> Bl.) di Kelompok Hutan Sungai Berpasir-Sungai Siduung, Kabupaten Tanjung Redeb, Kalimantan Timur N.M. Heriyanto dan Endro Subiandono	82
Daya Cerna Jagung dan Rumput sebagai Pakan Rusa (<i>Cervus Timorensis</i>) R. Garsetiasih	88

Gambar sampul:
Talas (*Colocasia esculenta*)



Buletin
Plasma Nutfah

PEDOMAN BAGI PENULIS

Makalah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Diketik dua spasi dengan pengolah kata *Microsoft Word* dan dikirim dua eksemplar bersama disket kepada Redaksi.

Makalah Primer disusun dengan urutan: Judul, Nama Penulis, Instansi, Abstrak (dalam bahasa Indonesia dan Inggris), Kata Kunci, Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih (bila diperlukan), dan Daftar Pustaka.

Makalah Sekunder disusun dengan urutan: Judul, Abstrak (dalam bahasa Indonesia dan Inggris), Kata Kunci, Pendahuluan, Isi Tinjauan, Kesimpulan, dan Daftar Pustaka.

Judul menggambarkan isi pokok tulisan secara singkat dan jelas, kurang lebih 10 kata.

Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, tidak lebih dari 250 kata, menggambarkan intisari permasalahan, metode, uraian isi, dan kesimpulan.

Pendahuluan berisi latar belakang/masalah, hipotesis, pendekatan, dan tujuan penelitian.

Bahan dan Metode menguraikan bahan, cara kerja, rancangan percobaan dan lingkungan penelitian serta waktu dan tempat penelitian.

Hasil dan Pembahasan mengungkapkan hasil penelitian, bagaimana hasil penelitian dapat memecahkan masalah, prinsip hubungan yang dicerminkan, perbedaan/persamaan dengan hasil penelitian terdahulu, serta kemungkinan pengembangannya. Bab ini dapat disertai dengan tabel, ilustrasi (grafik, diagram, gambar) dan foto. Informasi yang sudah dijelaskan dalam tabel atau ilustrasi tidak perlu diuraikan panjang lebar dalam teks.

Uraian terdiri atas beberapa Subbab yang disesuaikan dengan kebutuhan dan informasi yang tersedia.

Kesimpulan cukup singkat, memuat hasil yang dibahas.

Daftar Pustaka disusun menurut abjad berdasarkan nama penulis pertama. Hanya pustaka yang diacu yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka. Setiap pustaka yang tercantum dalam Daftar Pustaka harus dirujuk dalam teks, tabel atau ilustrasi. Pustaka ditulis secara berurutan terdiri atas: nama pengarang (atau nama instansi jika anonim), tahun penerbitan, khusus untuk buku harus mencantumkan nama penerbit, kota, negara, dan jumlah halaman.

Penulis akan dikirim dua copy untuk setiap makalah yang telah diterbitkan.

Variasi Morfologi dan Virulensi *Phytophthora capsici* Asal Lada

Dono Wahyuno¹, Dyah Manohara¹, dan Dwi N. Susilowati²

¹Balai Penelitian Taman Obat dan Aromatik, Bogor

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor

ABSTRACT

Phytophthora capsici is the most important plant parasitic fungus causes stem rot disease in black pepper cultivation in Indonesia. The objective of the present study was to observe morphological variation and virulence of *Phytophthora* isolated on black pepper from various areas in Indonesia. Fifty isolates of *Phytophthora* were observed under light microscope. The observed morphological characteristics of each isolate, i.e. sporangiophore branching type, colony type, mating type and shape of sporangium after they were grown in growth medium of V8 juice agar, while length and width of sporangium, length of sporangiophore, and papilla were measured by micrometer. The variation of their virulence was observed by inoculating the hypha of each isolate on detached leaves of black pepper that incubated in damped boxes in room conditions. The width of necrotics were measured with leaf area meter after incubated for four days. The results indicated, those morphological characteristics of the isolates were vary in size, shape, colony pattern, mating type and sporangiophore branching pattern, which those characteristics were belong to *P. capsici*. Those morphological characteristics were not related with the mating type, isolated plant parts and its geographic distribution. The virulence of the tested isolates were also vary from low to high, and their virulence were also not related with the mating type, isolated plant parts and its geographic distribution.

Key words: Morphological characteristics, *Piper nigrum*, *Phytophthora capsici*, virulence.

ABSTRAK

Phytophthora capsici merupakan cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang yang paling banyak menimbulkan kerusakan pada tanaman lada di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati variasi morfologi dan virulensi *Phytophthora* yang diperoleh dari berbagai lokasi pertanaman lada di Indonesia. Setelah ditumbuhkan pada media V8 jus agar, sebanyak 50 isolat *Phytophthora* diamati karakteristik morfologinya di bawah mikroskop cahaya, yang meliputi tipe percabangan tangkai sporangium, tipe koloni, tipe kawin, dan bentuk sporangium. Pengukuran panjang dan lebar sporangium, tangkai sporangium, dan papilla dilakukan menggunakan micrometer. Variasi virulensi yang ada diamati dengan cara menginokulasikan potongan hifa dari setiap isolat pada helaian daun lada, kemu-

dian diinkubasi di dalam kotak yang lembab dan diletakkan di suhu ruang. Setelah diinkubasi selama empat hari, luas nekrose yang terjadi diukur menggunakan leaf area meter. Hasil pengamatan menunjukkan adanya variasi karakteristik morfologi dari setiap isolat pada tipe koloni, tipe kawin, percabangan sporangium, ukuran, dan bentuk sporangium. Semua isolat menunjukkan karakteristik *P. capsici*. Variasi morfologi yang ada tidak berkaitan dengan tipe kawin, asal bagian tanaman yang diisolasi, dan geografi asal isolat. Lima puluh isolat *P. capsici* juga bervariasi virulensinya, dari rendah sampai tinggi. Variasi virulensi tersebut juga tidak berkaitan dengan tipe kawin, asal bagian tanaman yang diisolasi maupun geografi asal isolat.

Kata kunci: Karakteristik morfologi, lada, *Phytophthora capsici*, virulensi.

PENDAHULUAN

Phytophthora capsici Leon. merupakan patogen penting dalam budi daya lada (*Piper nigrum* L.) di Indonesia. Cendawan ini dapat menginfeksi seluruh bagian tanaman, meskipun habitat utamanya ada di dalam tanah. Penularan pada pangkal batang dapat menyebabkan tanaman mati secara cepat. Tanaman yang terinfeksi harus diisolasi dan segera dimusnahkan. Tanaman yang terdapat di sekitar tanaman yang terinfeksi harus segera diberi perlakuan fungisida untuk mencegah penyebaran cendawan, mengingat gejala layu pada tanaman lada biasanya merupakan gejala lanjut dari penularan yang telah terjadi di dalam tanah yang biasanya tidak terdeteksi pada saat awal penularan.

Saat ini *Phytophthora* tidak hanya ditemukan di sentra produksi lada, Bangka dan Lampung, tetapi telah tersebar hampir di semua pertanaman lada di Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi (Manohara *et al.* 2005). *Phytophthora* relatif mudah tersebar terbawa dalam jaringan tanaman yang telah terinfeksi, tanah yang telah terkontaminasi, terbawa air hujan/irigasi atau bergerak aktif dengan zoosporenya. Di Indonesia, *P. capsici* dilaporkan menginfeksi

si tanaman kelompok Solanaceae, seperti terong-terongan, dan Piperaceae seperti *Piper betle* L. dan *Piper retrofractum* Vahl. yang banyak terdapat di Indonesia (Semangun 1992, Manohara *et al.* 1993).

Sampai saat ini usaha pengendalian yang telah dilakukan untuk menekan patogen adalah kombinasi perlakuan budi daya anjuran dan aplikasi agensia hayati, yaitu *Trichoderma* (Manohara *et al.* 2004). Pengendalian dengan cara tersebut relatif aman dari sisi ekologi dan hampir bisa dilakukan oleh semua kelompok tani, meskipun memerlukan keseriusan dan kedisiplinan petani dalam pelaksanaannya. Usaha pengendalian dengan cara kimia sudah jarang dilakukan petani kecuali dalam keadaan mendesak dan menghindari terjadinya penyebaran inokulum. Penggunaan varietas tahan masih dalam pengembangan. Populasi cendawannya sendiri sampai saat ini belum diketahui tingkat virulensinya, dan ada indikasi adanya variasi virulensi di dalam *Phytophthora* asal lada.

Agrios (1983) mengartikan virulensi sebagai kemampuan suatu mikroorganisme untuk menimbulkan penyakit pada suatu tanaman. Sejarah penamaan *P. capsici* untuk *Phytophthora* asal lada juga melalui tahap yang lama, karena adanya kesamaan morfologi antara *P. capsici* dengan spesies lainnya, khususnya *Phytophthora palmivora* Butler, penyebab busuk buah coklat (*Theobroma cacao* L.) (Tsao *et al.* 1985, Tsao dan Alizadeh 1988).

Aragaki dan Uchida (2001) mengemukakan adanya subpopulasi dalam kelompok *P. capsici*, yaitu ada sedikit perbedaan dalam morfologi dan virulensi. Manohara dan Sato (1992) pernah melakukan pengamatan morfologi dan fisiologi *Phytophthora* asal lada, tetapi belum mengaitkan karakteristiknya dengan patogenesis.

Sampai saat ini telah dikoleksi lebih dari 50 isolat *Phytophthora* asal lada yang diisolasi dari berbagai habitat lada dari berbagai daerah di Indonesia. Beberapa karakteristik morfologi koleksi tersebut belum diamati secara rinci, demikian juga virulensinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati ada tidaknya variasi morfologi dan virulensi isolat *Phytophthora* asal lada dan melihat ada tidaknya hubungan antara virulensi dengan asal isolat maupun karakteristik morfologinya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) serta Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, dari Januari sampai Desember 2005.

Morfologi

Penelitian dilakukan dengan mengamati karakteristik morfologi cendawan dan virulensinya. Cendawan ditumbuhkan pada media V8 jus agar selama 5-7 hari pada suhu kamar ($\pm 25-27^{\circ}\text{C}$) (Ribeiro 1978). Karakteristik morfologi yang diamati adalah panjang sporangium, sporangiofor, dan papilla, serta lebar sporangium yang dilakukan di bawah mikroskop. Sporangium dan tangkai sporangium (sporangiofor) dipisahkan dari koloni dengan cara menyemprot permukaan koloni dengan air steril (Godwin *et al.* 1994). Suspensi sporangium dan tangkai sporangium yang telah terlepas diambil dengan pipet dan diletakkan di gelas preparat untuk diamati bentuk dan ukurannya.

Tipe percabangan sporangium diamati dengan mengambil sebagian potongan agar yang telah ditumbuhi isolat *Phytophthora*, kemudian diinkubasikan di bawah cahaya (± 400 lux) selama 2-3 hari. Tipe percabangan sporangium yang terbentuk diamati pada bagian petri yang telah diambil media agarnya. Bentuk dan tipe percabangan yang terbentuk dikelompokkan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Erwin dan Ribeiro (1996).

Pengujian tipe kawin untuk isolat yang belum diketahui tipe kawinnya, dilakukan dengan menumbuhkan isolat pada media V8 jus agar yang kemudian dipasangkan dengan isolat yang telah diketahui tipe kawinnya (N2 tipe A1 dan N4 tipe A2). Dalam satu cawan petri diletakkan dua isolat dengan jarak ± 5 cm, kemudian diinkubasi pada suhu 20°C selama 4-5 hari dan dihindarkan dari cahaya langsung (Manohara dan Sato 1992). Tipe kawin dikatakan berbeda dengan isolat tester apabila di tempat pertemuan dua koloni terbentuk oospora dan sebaliknya mereka dikatakan satu tipe kawin apabila tidak ada oospora yang terbentuk.

Penamaan tipe koloni, bentuk sporangium, dan tipe percabangan mengikuti usulan yang disampaikan oleh Erwin dan Ribeiro (1996).

Virulensi

Variasi virulensi isolat *P. capsici* diamati dengan menginokulasi potongan hifa *P. capsici* pada daun lada varietas Lampung Daun Lebar (LDL) secara *in vitro*. Isolat *Phytophthora* disegarkan kembali, dimurnikan, dan ditumbuhkan pada media V8 jus agar di cawan petri selama empat hari pada kondisi normal. Isolat tersebut diinokulasikan dengan cara seperti yang dilakukan oleh Thomidis (2002),

yaitu meletakkan potongan koloni (berdiameter ± 5 mm) pada permukaan bawah daun, kemudian diinkubasi dalam kotak yang lembab pada suhu kamar selama empat hari. Lebar nekrosa yang terbentuk pada setiap daun diukur dengan *leaf area meter*. Daun yang digunakan merupakan daun ketiga atau keempat dari ujung tanaman dan setiap isolat diinokulasikan pada empat daun sebagai ulangan. Isolat *Phytophthora* asal lada yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Isolat *Phytophthora* asal lada koleksi Balitro yang digunakan dalam penelitian.

No.	Kode	Bagian tanaman	Lokasi	Waktu koleksi
1.	B 3	Daun	Bangka-Belitung, Petaling	Agustus 2000
2.	B 4	Daun	Bangka-Belitung, Puput	1989
3.	B 12	Tanah	Bangka-Belitung, Nangka	2001
4.	B 16	Tanah	Bangka-Belitung, Petaling	Agustus 2001
5.	B 17	Daun	Bangka-Belitung, Payung	Agustus 2000
6.	B 18	Daun	Bangka-Belitung	1989
7.	B 33	Daun	Bangka-Belitung, Tukak	1989
8.	B 35	Batang	Bangka-Belitung, Tukak	1989
9.	B 36	Batang	Bangka-Belitung, Tukak	1989
10.	B 37	Tanah	Bangka-Belitung, Tebet Apin	1989
11.	B 40	Tanah	Bangka-Belitung, Tukak	1989
12.	B 44	Daun	Bangka-Belitung, Simpang Kates	Agustus 1992
13.	B 48	Daun	Bangka-Belitung, Nodung	1992
14.	B 53	Daun	Bangka-Belitung, Petaling	1992
15.	B 56	Daun	Bangka-Belitung, Toboali	1992
16.	B 57	Daun	Bangka-Belitung	1992
17.	B 62	Tanah	Bangka-Belitung, Kenanga, Sungailiat	2002
18.	Bd 2	Tanah	Bengkulu	2001
19.	Bd 4	Tanah	Bengkulu	Mei 2001
20.	BN 1	Batang	Bangka-Belitung, Sungai Samak	2001
21.	J 1	Daun	Jawa	April 1991
22.	J 2	Batang	Jawa	2001
23.	K 2	Daun	Kalimantan Barat, Sianggauledo	1989
24.	K 4	Daun	Kalimantan Barat, Capkala	1989
25.	K 7	Daun	Kalimantan Barat, Lamat Selamat	April 1990
26.	K 8	Daun	Kalimantan Barat, Ketiak	April 1990
27.	K 10	Daun	Kalimantan Barat, Pawang Mandor	April 1990
28.	K 13	Daun	Kalimantan Barat, Kaliasin Luar	April 1990
29.	K 19	Daun	Kalimantan Barat, Sekip Baru	April 1990
30.	K 20	Daun	Kalimantan	1990
31.	K 25	Batang	Kalimantan	1991
32.	K 38	Daun	Kalimantan Timur, Batuah	Juni 2004
33.	K 39	Daun	Kalimantan Timur, Batuah	Juni 2004
34.	K 41	Batang	Kalimantan Barat, Capkala	Januari 1989
35.	LP 3	Tanah	Lampung, Sukadana	Januari 2002
36.	LP 6	Tanah	Lampung Utara, Menjukut	Januari 2002
37.	LP 7	Tanah	Lampung Timur, Sukadana	Januari 2002
38.	LP 14	Tanah	Lampung	2002
39.	LP 30	Daun	Lampung Utara, Cahaya Negeri	September 2003
40.	LP 35	Daun	Lampung Utara, Cahaya Negeri	Desember 2004
41.	LP 36	Daun	Lampung Utara, Cahaya Negeri	Desember 2004
42.	N 1	Daun	Lampung	1990
43.	N 2	Batang	Lampung	1982
44.	N 4	Daun	Lampung Selatan, Natar	1992
45.	PS 1	Daun	Jawa	1989
46.	R 11	Daun	Jawa	2004
47.	S 5	Batang	Jawa	Maret 2004
48.	SW 2	Batang	Sulawesi Tenggara, Mowila	Maret 2003
49.	T 19	Daun	Bangka-Belitung, Bemban	2001
50.	T 28	Tanah	Bangka-Belitung	2001

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi

Pola koloni isolat *Phytophthora* yang diamati sangat bervariasi, mulai dari halus tidak berpola hingga yang tebal dan membentuk pola seperti bunga. Pola yang terbentuk juga bervariasi meskipun ada di dalam satu ulangan dari satu nomor isolat. Dari 50 isolat yang diamati tidak ditemukan isolat yang mempunyai pola koloni yang stabil, bahkan dalam satu isolat sering ditemukan lebih dari satu pola koloni.

Semua isolat mempunyai papilla yang jelas pada ujung sporangium. Bentuk sporangium juga sangat bervariasi, mulai dari yang berbentuk bulat hingga berbentuk seperti buah pir atau lemon dan merupakan bentuk sporangium yang paling banyak ditemukan pada *Phytophthora* asal lada.

Dua tipe kawin ditemukan di antara 50 isolat yang diamati, semuanya bersifat heterothalik, yaitu membutuhkan pasangan yang mempunyai tipe kawin berbeda untuk dapat menghasilkan struktur reproduksi seksual (oospora). Beberapa isolat yang diambil dari sejumlah daerah diketahui mempunyai dua tipe kawin yang berbeda, di antaranya dari Lampung, Jawa, dan Kalimantan (Tabel 2).

Percabangan yang diamati semuanya menunjukkan tipe sederhana (*simple simpodial*) atau umbel, yaitu beberapa sporangiofor keluar dari suatu tempat sehingga terlihat seperti payung, sporangium dibentuk pada ujung-ujungnya.

Panjang sporangia berkisar antara 20,0-88,8 μm , lebar 17,5-55,0 μm , dan tangkai sporangia 10,0-380,0 μm . Rasio panjang dan lebar sporangia berkisar antara 0,9-2,8 (Tabel 2).

Panjang sporangium berkisar 35-60 μm dan terbanyak pada kisaran 46-50 μm . Dari 50 isolat yang diamati hanya enam isolat mempunyai panjang sporangium di bawah 40 μm dan tujuh isolat di atas 56 μm (Gambar 1A).

Pola sebaran yang sama juga terjadi pada lebar sporangium. Sebagian besar isolat mempunyai lebar antara 26-30 μm , dan sangat sedikit yang mempunyai lebar 31-40 μm (Gambar 1B).

Rasio panjang dan lebar sporangium 50 isolat *Phytophthora* sebagian besar (54%) terdapat pada kisaran 1,6-1,9, 16% dan 30% yang masing-masing

terdapat pada kisaran 1,2-1,5 dan 2,0-2,3 (Gambar 1C).

Panjang sporangiofor (tangkai sporangium) dari 50 isolat yang diamati, 42% di antaranya tersebar pada kisaran 71-100 μm , 28% pada kisaran 101-130 μm , 20% pada kisaran 40-70 μm dan 10% pada kisaran 131-160 μm (Gambar 1D).

Sebaran panjang sporangium juga tidak berhubungan dengan geografi di mana isolat *Phytophthora* diperoleh (Gambar 2). Isolat dari Bangka-Belitung dan Kalimantan mempunyai kisaran panjang tangkai sporangium yang luas dan saling tumpang tindih di antara mereka maupun dengan isolat yang berasal dari lokasi lainnya. Pola tumpang tindih juga terlihat pada saat panjang tangkai sporangium di-*over lay* dengan karakteristik tipe kawin maupun bagian tanaman asal isolat diambil.

Hasil analisis menggunakan *Principal Component Analysis* terhadap karakteristik morfologi menunjukkan nilai variasi pada dua komponen utama sebesar 0,567%. Sebagian isolat terkumpul di bagian tengah yang lainnya tersebar dengan pola sebaran yang tidak terpisah secara nyata. Hal lain mengindikasikan adanya tingkat kesamaan morfologi yang cukup besar. Isolat yang terdapat di kanan bawah mempunyai karakteristik yang menonjol berupa lebar sporangium, sedangkan di kiri bawah pada panjang sporangium dan rasio panjang lebar sporangium, dan di kiri atas karakteristik panjang tangkai sporangium yang menonjol serta rasio panjang lebar sporangium. Isolat di kanan atas tidak mempunyai karakteristik morfologi yang menonjol. Apabila label asal isolat berupa tipe kawin ditampilkan maka terlihat bahwa tipe kawin tidak berkaitan dengan karakterisasi morfologi tertentu, demikian juga dengan asal isolat (Gambar 3 dan 4). Hal ini memperkuat dugaan bahwa variasi morfologi *Phytophthora* asal lada sangat luas.

Berdasarkan ciri morfologi yang disampaikan oleh Erwin dan Ribeiro (1996), *P. capsici* mempunyai panjang sporangiofor lebih dari 10 μm , tipe kawinnya heterothalik dan tidak ada yang homothalik, membentuk klamidospora, panjang sporangiumnya berkisar antara 30-100 μm , dengan lebar sporangium 25-90 μm , rasio panjang lebar berkisar antara 1,3-2,1, mempunyai papilla yang jelas, dan tipe percabangan sporangium sederhana sampai berbentuk payung (umbel). Berdasarkan data terse-

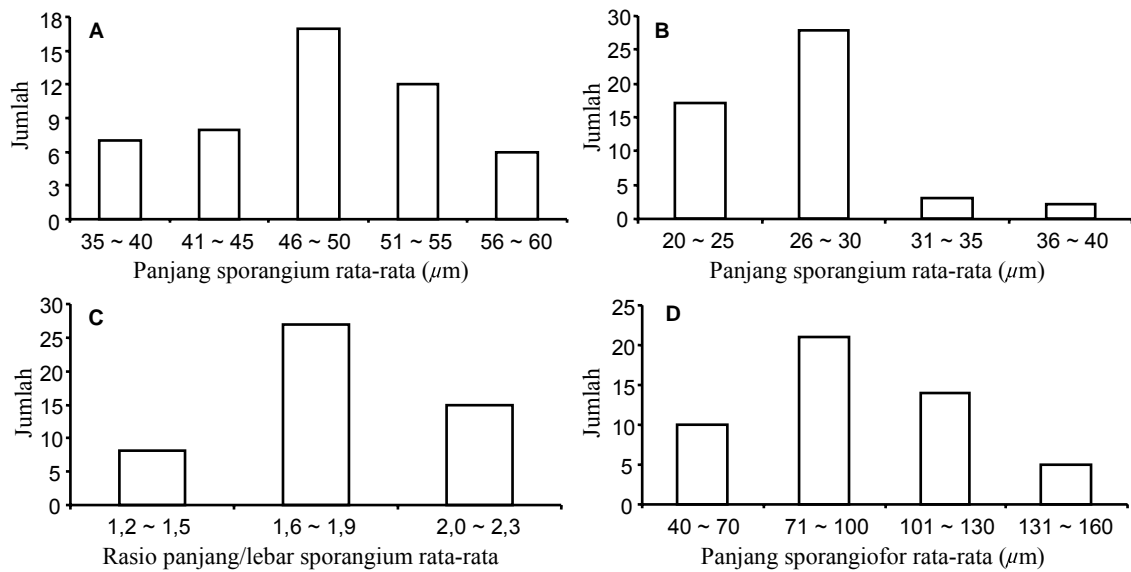
Tabel 2. Karakterisasi morfologi, tipe koloni, tipe kawin, dan percabangan 50 isolat *Phytophthora* asal lada.

No.	Kode	Sporangium				Tipe		
		Panjang (μm)	Lebar (μm)	Tangkai (μm)	Rasio panjang/lebar	Koloni	Kawin	Cabang
1.	B 3	27,5-50,0	20,0-27,5	30,0-200,0	1,2-1,9	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
2.	B 4	40,0-62,5	20,0-32,5	20,0-137,5	1,5-2,2	Kapas	A1	Simp-umbel
3.	B 12	37,5-65,0	20,0-30,0	32,5-122,5	1,7-2,6	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
4.	B 16	42,5-72,5	20,0-27,5	35,0-140,0	1,6-2,8	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
5.	B 17	30,0-88,8	20,0-35,0	45,0-165,0	1,2-2,7	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
6.	B 18	27,5-57,5	17,5-35,0	32,5-215,0	1,3-1,8	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
7.	B 33	30,0-67,5	20,0-37,5	25,0-195,0	0,9-2,5	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
8.	B 35	37,5-67,5	20,0-27,5	30,0-95,0	1,7-2,7	Kapas	A1	Simp-umbel
9.	B 36	45,0-57,5	20,0-45,0	37,5-187,5	1,1-2,5	Kapas	A1	Simp-umbel
10.	B 37	42,5-65,0	20,0-35,0	35,0-155,0	1,6-2,3	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
11.	B 40	40,0-72,5	22,5-35,0	25,0-200,0	1,1-2,5	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
12.	B 44	42,5-65,0	22,5-32,5	37,5-192,5	1,8-2,4	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
13.	B 48	35,0-70,0	17,5-30,0	37,5-200,0	1,5-2,4	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
14.	B 53	25,0-52,5	16,3-41,3	25,0-117,5	1,2-2,3	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
15.	B 56	20,0-62,5	17,5-27,5	50,0-262,5	1,1-2,6	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
16.	B 57	42,5-65,0	22,5-32,5	27,5-157,5	1,5-2,4	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
17.	B 62	42,5-70,0	20,0-32,5	30,0-152,5	1,3-3,1	Kapas	A1	Simp-umbel
18.	Bd 2	27,5-52,5	20,0-31,3	15,0-195,0	1,2-1,8	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
19.	Bd 4	30,0-47,5	20,0-26,3	72,5-225,0	1,3-2,1	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
20.	BN 1	32,5-40,0	21,3-27,5	75,0-137,5	1,4-1,7	Konsentris-tipis	A1	Simp-umbel
21.	J 1	27,5-42,5	22,5-37,5	20,0-160,0	1,1-1,4	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
22.	J 2	37,5-65,0	23,8-55,0	47,5-140,0	1,0-2,4	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
23.	K 2	22,5-55,0	20,0-30,0	22,5-115,0	1,1-2,3	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
24.	K 4	35,0-67,5	22,5-37,5	40,0-172,5	1,3-2,3	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
25.	K 7	27,5-57,5	20,0-30,0	32,5-162,5	1,3-2,3	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
26.	K 8	40,0-72,5	25,0-32,5	10,0-125,0	1,4-2,6	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
27.	K 10	40,0-65,0	20,0-33,8	35,0-220,0	1,7-2,3	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
28.	K 13	42,5-67,5	25,0-35,0	30,0-177,5	1,3-2,6	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
29.	K 19	37,5-65,0	18,8-32,5	40,0-150,0	1,5-2,4	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
30.	K 20	22,5-52,5	25,0-35,0	17,5-262,5	0,8-1,8	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
31.	K 25	40,0-75,0	18,8-30,0	17,5-150,0	1,7-3,3	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
32.	K 38	33,8-72,5	20,0-32,5	25,0-117,5	1,4-2,4	Pasir-tipis	A2	Simp-umbel
33.	K 39	30,0-60,0	20,0-25,0	62,5-330,0	1,2-2,4	Bintang-tipis	A1	Simp-umbel
34.	K 41	45,0-77,5	20,0-30,0	77,5-212,5	1,8-2,8	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
35.	LP 3	37,5-62,5	25,0-32,5	25,0-225,0	1,4-2,3	Konsentris-tipis	A1	Simp-umbel
36.	LP 6	37,5-55,0	22,5-37,5	42,5-190,0	1,3-2,2	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
37.	LP 7	40,0-77,5	22,5-32,5	47,5-380,0	1,5-2,8	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
38.	LP 14	32,5-60,0	25,0-33,8	12,5-140,0	1,1-1,9	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
39.	LP 30	32,5-62,5	25,0-37,5	20,0-125,0	1,2-1,9	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel
40.	LP 35	37,5-65,0	20,0-30,0	17,5-152,5	1,3-2,2	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
41.	LP 36	37,5-58,8	20,0-27,5	50,0-245,0	1,7-2,6	Kapas	A1	Simp-umbel
42.	N 1	35,0-63,8	22,5-38,8	15,0-305,0	1,4-1,9	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
43.	N 2	40,0-80,0	20,0-36,3	22,5-287,5	1,3-2,7	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
44.	N 4	37,5-57,5	27,5-45,0	15,0-107,5	1,1-1,4	Kapas	A2	Simp-umbel
45.	PS 1	32,5-55,0	21,3-45,0	32,5-210,0	1,2-1,8	Bintang-tipis	A2	Simp-umbel
46.	R 11	40,0-55,0	21,3-32,5	12,5-192,5	1,5-2,1	Bintang-tipis	A2	Simp-umbel
47.	S 5	30,0-52,5	23,8-37,5	25,0-300,0	0,9-1,9	Bintang-tipis	A2	Simp-umbel
48.	SW 2	30,0-65,0	25,0-42,5	55,0-155,0	1,1-2,1	Bintang-tipis	A2	Simp-umbel
49.	T 19	30,0-52,5	21,3-32,5	27,5-312,5	1,2-2,1	Bintang-kapas	A1	Simp-umbel
50.	T 28	50,0-70,0	27,5-40,0	35,0-102,5	1,4-1,8	Pasir-tipis	A1	Simp-umbel

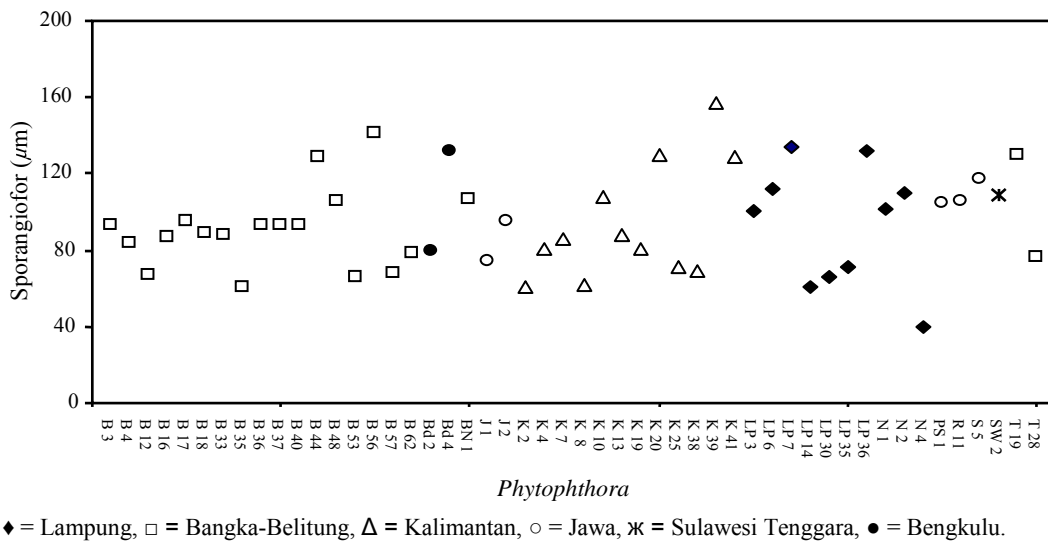
Simp = simple simpodial.

but, maka 50 isolat yang diamati merupakan kelompok *P. capsici* dan tidak ditemukan isolat yang mempunyai karakteristik morfologi yang ekstrim yang mungkin harus diamati lebih lanjut. Hal ini relatif berbeda dengan yang dilaporkan oleh Manohara dan Sato (1992) yang mendapatkan spesies *P. nicotianae* Breda de Haan (*P. parasitica* Dastur) di antara isolat yang diisolasi dari tanaman lada.

Appiah *et al.* (2003) menyatakan bahwa selain panjang tangkai sporangium, rasio panjang dan lebar sporangium merupakan karakter yang paling stabil dalam beberapa spesies *Phytophthora* yang ditemukan pada kakao dan dapat digunakan untuk memisahkan *P. capsici* dari *P. megakarya* Brasier dan Griffin, *P. citrophthora*, dan *P. palmivora*. Berdasarkan hal itu, Appiah *et al.* (2003) menganggap



Gambar 1. Sebaran panjang sporangium *Phytophthora* (A), sebaran lebar sporangium *Phytophthora* (B), sebaran rasio panjang/lebar sporangium *Phytophthora* (C), dan sebaran panjang sporangiofor *Phytophthora* asal lada (D).

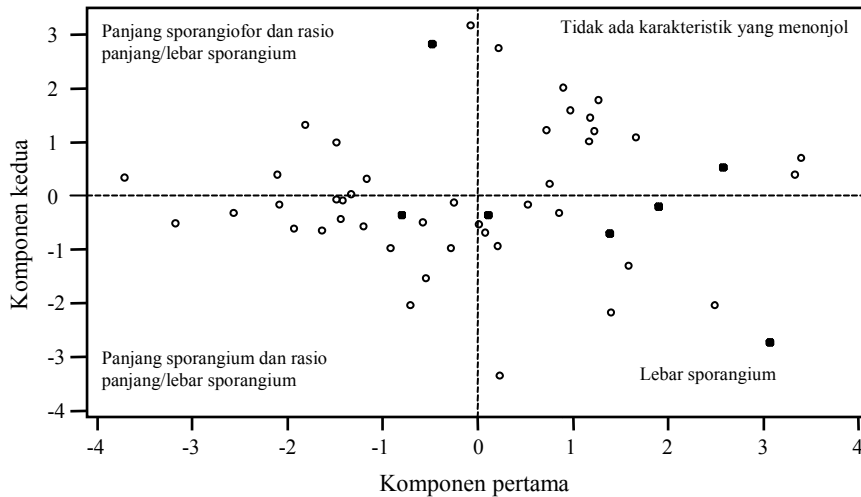


Gambar 2. Sebaran panjang tangkai sporangium (sporangiofor) isolat *Phytophthora* asal lada berdasarkan lokasi.

bahwa pengamatan morfologi secara detail pada karakteristik yang terdapat dalam isolat *Phytophthora* berperan penting untuk mengenal spesies suatu *Phytophthora*, misalnya *P. infestans* (Mont) de Bary, *P. cactorum* Schroëter. *P. palmivora* mempunyai bentuk sporangium yang sama dan sporangiofornya kurang dari 5 µm. Sebaliknya, *P. megakarya*, *P. meadii* McRae, *P. botryosa* Chee, dan *P. colocasiae* Raciborski mempunyai panjang sporangiofor antara 5-20 µm. Pengamatan terhadap variasi morfologi isolat yang diidentifikasi sebagai *P.*

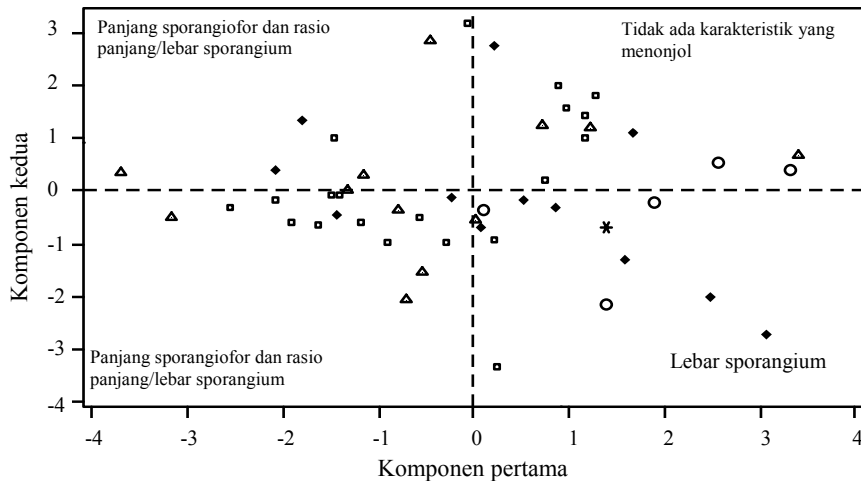
capsici menjadi sangat penting karena sejarah penamaan *P. capsici* yang cukup panjang, dari *P. palmivora* var. *piperis* oleh Muller tahun 1936, kemudian menjadi *P. palmivora* MF4 (Tsao *et al.* 1985), dan Tsao dan Alizadeh (1988) mengelompokkan beberapa *Phytophthora* yang diperoleh dari tanaman yang tumbuh di daerah tropis, dan yang di antaranya mampu membentuk klamidospora dikenal sebagai *P. capsici sensu lato*.

Aragaki dan Uchida (2001) mengusulkan dua kelompok *Phytophthora* di dalam *P. capsici*, yaitu



○ = A1, ● = A2

Gambar 3. Hasil analisis dengan *Principal Component Analysis* terhadap karakteristik morfologi nilai minimum dan maksimum panjang, lebar, rasio panjang/lebar sporangium, dan panjang sporangiofor.



◆ = Lampung, □ = Bangka-Belitung, Δ = Kalimantan, ○ = Jawa, * = Sulawesi Tenggara, ● = Bengkulu.

Gambar 4. Hasil analisis dengan *Principal Component Analysis* terhadap karakteristik morfologi nilai minimum dan maksimum panjang, lebar, rasio panjang/lebar sporangium, dan panjang sporangiofor.

P. capsici dan *P. tropicalis*, di mana *P. tropicalis* dibedakan berdasarkan lebar sporangiumnya kurang dari 26 μm , rasio panjang dan lebar sporangium lebih dari 1,8 μm , tidak tumbuh pada suhu di atas 35°C dan tidak patogenik terhadap *Capsicum*. Hal ini menunjukkan besarnya variasi karakteristik di dalam kelompok *P. capsici*.

Hasil analisis menggunakan isozyme yang dilakukan oleh (Mchau dan Coffey 1995), menunjukkan ada tiga subgrup di dalam kelompok *P. capsici*, yaitu CAP 1, CAP 2, dan CAP 3, tetapi pengujian

lebih lanjut dengan menggunakan tanaman inang yang lebih banyak dikelompokkan menjadi dua, yaitu CAP 1 dan CAP 2. Isolat *P. capsici* asal lada dan sirih termasuk dalam kedua kelompok tersebut, tetapi isolat yang menginfeksi coklat hanya masuk dalam kelompok CAP 2 (Mchau dan Coffey 1995). Ristaino (1990) menyatakan pentingnya mengamati kisaran suatu karakter dari suatu populasi untuk mengetahui sifat yang dimilikinya karena variasi dapat terjadi di dalam suatu kelompok spesies.

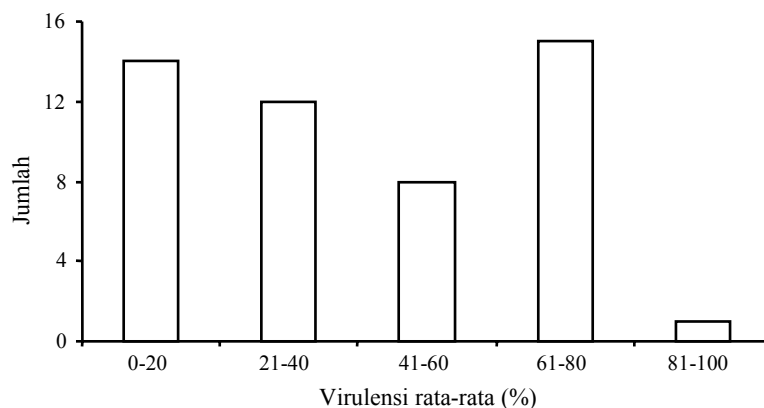
Jenis tanaman inang bisa digunakan untuk membantu membedakan beberapa spesies *Phytophthora*, tetapi tidak untuk *P. capsici* dan spesies lainnya yang mempunyai sebaran inang yang luas. *Phytophthora* pada dasarnya mempunyai sebaran inang yang relatif luas, bahkan *P. cinnamomi* Rands dilaporkan menginfeksi lebih dari 1.000 spesies tanaman, meskipun beberapa spesies dilaporkan mempunyai sebaran inang yang sangat terbatas, seperti *P. colocasiae* dan *P. fragariae* Hickman (Erwin dan Ribeiro 1997, Drenth dan Guest 2004). Oleh karena itu, dalam satu spesies tanaman ada kemungkinan ditemukan lebih dari satu jenis *Phytophthora*. Manohara dan Sato (1992) menduga satu di antara isolat *Phytophthora* dari lada yang diamati mungkin spesies *P. nicotianae*, karena bentuk sporangiumnya relatif bulat. Di India, *P. capsici* menyerang sejumlah tanaman yang tumbuh di dekat atau di bawah kelapa, yaitu coklat, lada, sirih, *bell pepper*, daun kupu-kupu (*Bauhinia* sp.), kacang kara (*Dolichos lablab* L), dan sejenis kayu-kayuan (*Ailanthus excelsa* Roxb) (Chowdappa *et al.* 2003). Haus beck dan Lamour (2004) menyarankan perlunya melakukan reevaluasi terhadap tanaman-tanaman yang dapat digunakan dalam pergiliran tanaman karena beberapa tanaman dari kelompok Cucurbitaceae dan Solanaceae merupakan tanaman yang berpeluang besar tertular *P. capsici*, bahkan terhadap beberapa tanaman dari kelompok Leguminoceae, buncis (*Phaseolus vulgaris* L.), kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.), dan beberapa sayuran peka *P. capsici*.

Virulensi

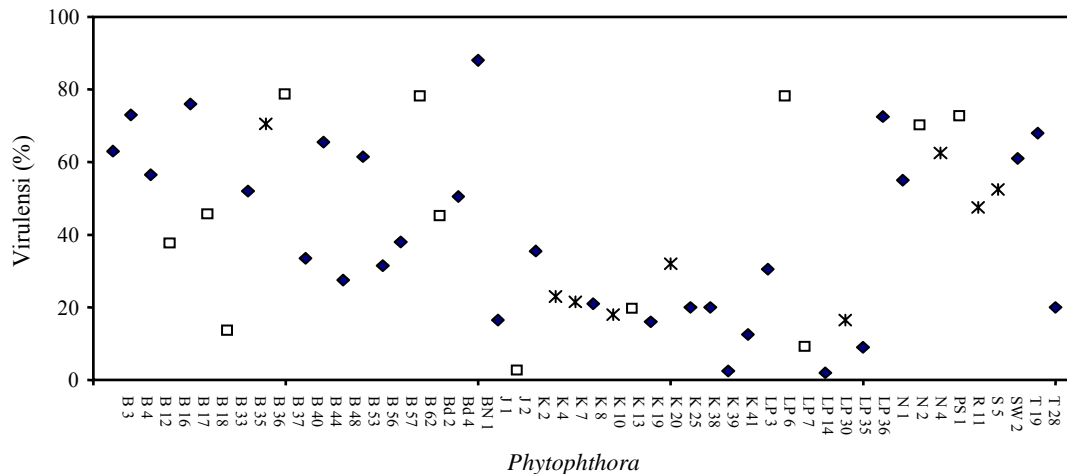
Hasil pengujian virulensi menunjukkan adanya variasi yang cukup besar dari 50 isolat yang diamati. Proporsi luas bercak (nekrosa) pada daun lada berkisar antara 3,07-98,02%. Dua pola puncak virulensi terjadi apabila dilakukan pengelompokan rata-rata persentase virulensi dengan interval 20%. Puncak pertama (tertinggi) terjadi pada kisaran 0-20% dan puncak kedua pada kisaran 61-80%. Secara umum, sebaran virulensi dari 50 isolat yang digunakan mempunyai jumlah yang sama antara 8-15 isolat, kecuali untuk isolat dengan virulensi tinggi, yaitu kurang dari empat isolat (Gambar 5).

Hasil plotting antara tingkat virulensi dengan bagian tanaman sakit yang diisolasi menunjukkan bahwa virulensi tidak berkorelasi dengan bagian tanaman asal *Phytophthora* diisolasi. Isolat yang diisolasi dari daun mempunyai kisaran virulensi 1,96-87,87%, isolat yang diisolasi dari tanah dengan kisaran 2,73-78,38%, dan asal dengan kisaran 16,34-70,48% (Gambar 6).

Apabila pola sebaran virulensi isolat *Phytophthora* dikaitkan dengan tipe kawin, maka terlihat bahwa virulensi tidak berkaitan dengan tipe kawin dari masing-masing isolat. Hal ini mengindikasikan bahwa di dalam masing-masing tipe kawin terdapat isolat yang virulensinya rendah sampai tinggi. Tipe mating A2 yang jumlahnya relatif sedikit dibandingkan dengan tipe A1 menunjukkan kisaran virulensi yang lebih luas (Gambar 7). Berdasarkan koleksi yang ada saat ini, tipe mating A2 sebarannya hanya di Lampung, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Bengkulu, dan Jawa Barat.

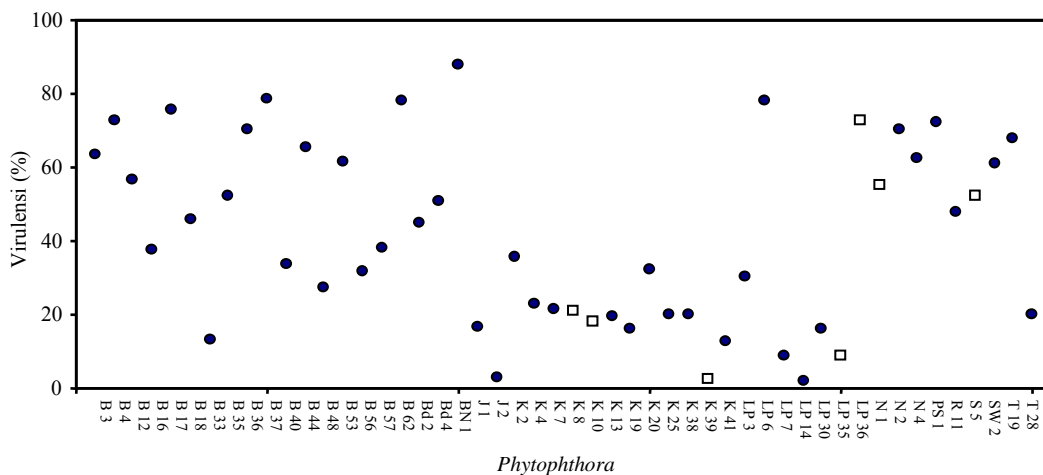


Gambar 5. Distribusi frekuensi virulensi rata-rata 50 isolat *Phytophthora* asal lada.



◆ = daun, □ = tanah, * = batang.

Gambar 6. Sebaran virulensi rata-rata 50 isolat *Phytophthora* terhadap asal bagian tanaman yang diisolasi.



● = tipe kawin A1, □ = tipe kawin A2.

Gambar 7. Sebaran virulensi rata-rata 50 isolat *Phytophthora* terhadap tipe kawin.

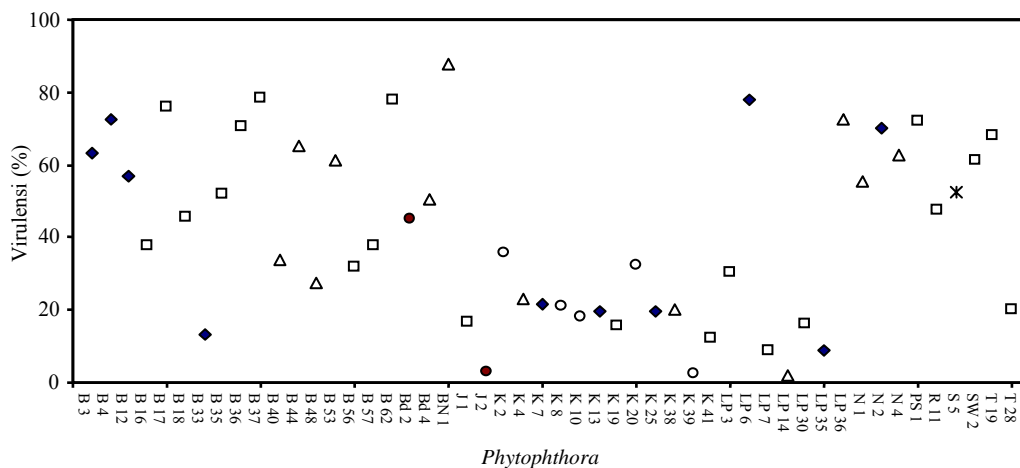
Tingkat virulensi yang teramati dari masing-masing isolat juga tidak berkaitan dengan lokasi asal isolat. Isolat asal Bangka-Belitung mempunyai rata-rata sebaran virulensi kurang dari 10% sampai mendekati 80%. Demikian juga dengan isolat-isolat asal Lampung yang sebaran virulensinya sangat luas (Gambar 8).

Dari tiga parameter morfologi struktur reproduksi yang diamati, lebar sporangium cenderung berkorelasi negatif dengan virulensi yang ada. Karakteristik morfologi lainnya menunjukkan tren yang positif meskipun nilai R^2 sangat kecil, yaitu 0,0412 dan 0,054 untuk panjang sporangium dan tangkai sporangiofor. Hanya rasio panjang/lebar

sporangium yang menunjukkan nilai korelasi paling tinggi, yaitu 0,164 (Gambar 9).

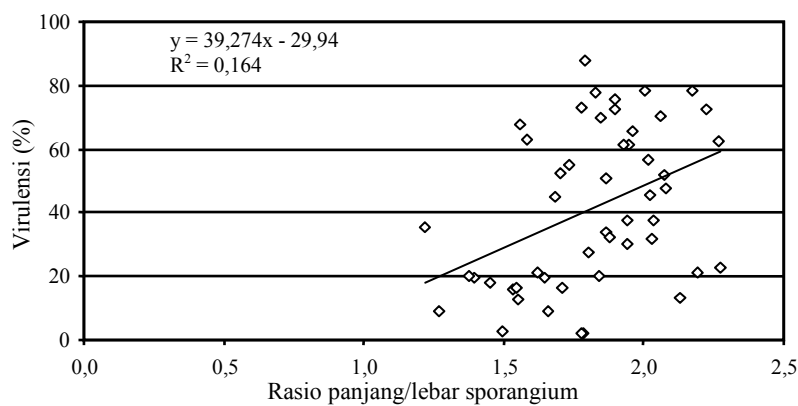
Penelitian ini mengindikasikan adanya variasi virulensi yang luas di antara 50 isolat *Phytophthora* asal lada, dan perbedaan virulensi tersebut tidak berkaitan dengan karakteristik morfologi, tipe kawin, maupun bagian tanaman tempat isolat diisolasi. Luasnya virulensi yang ada diduga berkaitan dengan luasnya sebaran *Phytophthora* asal lada dan hampir selalu ditemukan di pertanaman lada di Indonesia.

Phytophthora tersebut dapat terbawa pada bibit lada, hutan, atau tanaman lainnya yang telah beradaptasi menginfeksi tanaman lada, mengingat se-



◆ = Lampung, □ = Bangka-Belitung, Δ = Kalimantan, ○ = Jawa, * = Sulawesi Tenggara, ● = Bengkulu.

Gambar 8. Sebaran virulensi rata-rata 50 isolat *Phytophthora* terhadap lokasi asal isolat.



Gambar 9. Hubungan antara rasio panjang/lebar sporangium dengan virulensi.

bagian lada di Indonesia dikembangkan di lahan bekas hutan, sehingga variasi virulensi di dalam *Phytophthora* lada sangat luas. Meskipun *P. capsici* juga dilaporkan menginfeksi bagian atas tanaman lada (daun dan buah) tetapi pada dasarnya cendawan ini adalah patogen tular tanah dengan habitat utamanya di dalam tanah. *Phytophthora capsici* yang ditemukan pada daun atau bagian atas lainnya dari tanaman lada mungkin juga berasal dari tanah yang terpercik ke bagian atas tanaman. Oleh karena itu, asal bagian tanaman yang diisolasi tidak membentuk kelompok yang terpisah secara morfologi maupun virulensinya.

Erwin (1983) mengemukakan, variasi yang terdapat di dalam dan antarspesies *Phytophthora* biasanya berupa variasi morfologi, biakan (*cultural variability*), fisiologi, patogenisitas, dan ketahanan

terhadap fungisida. Matheron dan Matejka (1990) melaporkan adanya perbedaan virulensi antara *P. parasitica* yang diperoleh dari beberapa jenis lemon terhadap tomat dan lemon berkulit keras. Thomidis (2002) juga mendapatkan hal yang sama saat menginokulasi *P. citrophthora* dari berbagai inang terhadap buah coklat. Variasi virulensi juga dilaporkan pada *P. capsici* asal labu (*Curcubita maxima* Duc) dan cucumber (*Cucumis sativus* L.) yang menginfeksi cabai (*Capsicum annum* L.). Sebaliknya, isolat asal cabai, juga mampu menginfeksi cucurbitaceae, meskipun tingkat penularannya lebih rendah dibandingkan yang berasal dari inang asalnya (Ristaino 1990).

Adanya kisaran virulensi yang cukup luas mengindikasikan bahwa *P. capsici* asal lada mempunyai kemampuan merusak tanaman inang lain-

nya, khususnya tanaman dalam kelompok Piperaceae. Manohara *et al.* (1993) membuktikan dengan inokulasi silang, yang menunjukkan cabai Jawa dan sirih merupakan inang potensial *P. capsici* asal lada. Sampai saat ini telah dilaporkan adanya 47 spesies tanaman yang mungkin mejadi inang *P. capsici* (Erwin dan Ribeiro 1996). Hal ini perlu menjadi perhatian bagi fitopatolog dan pemulia tanaman yang sedang berusaha untuk mengembangkan jenis-jenis lada yang tahan untuk menghadapi penyakit busuk pangkal batang. Apabila dikaitkan dengan luasnya variasi virulensi dan sebaran *P. capsici* asal lada, sistem ketahanan yang sifatnya horizontal lebih diutamakan selain sifat lada sebagai tanaman tahunan yang memerlukan siklus reproduksi relatif lama. Mengingat bagian yang peka terhadap serangan *P. capsici* adalah pangkal batang dan tanah merupakan habitat utama cendawan, maka sifat ketahanan yang perlu diprioritaskan sebaiknya ketahanan yang terdapat pada akar dan pangkal batang. Bagian atas tanaman yang terinfeksi mungkin dapat diatasi dengan tindakan budi daya lainnya, misalnya sanitasi dan pemangkasan guna mengurangi kelembaban di sekitar pangkal batang.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan terhadap 50 isolat, *P. capsici* asal lada bersifat heterotalik, terdiri dari dua tipe kawin, mempunyai pola koloni dan morfologi sangat bervariasi. Tipe kawin dan karakteristik morfologi dari masing-masing isolat tidak berkaitan dengan asal lokasi isolat dan bagian tanaman yang diisolasi.

Virulensi *Phytophthora capsici* asal lada sangat bervariasi, dari rendah sampai tinggi. Tinggi rendahnya virulensi dari masing-masing isolat tidak berkaitan dengan asal isolat, tipe kawin, maupun karakteristik morfologi yang menonjol dari masing-masing isolat *P. capsici* yang diamati.

Kisaran virulensi yang cukup luas mengindikasikan bahwa *P. capsici* asal lada mempunyai jenis tanaman inang yang banyak, sehingga mendapatkan sistem ketahanan yang sifatnya horizontal lebih diutamakan selain sifat lada sebagai tanaman tahunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan pada BB-Biogen Bogor yang telah membiayai sebagian penelitian ini melalui dana APBN tahun anggaran 2005 dan sdr. Sutrasman di Balitro yang telah membantu memperbanyak *Phytophthora*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 1983. Plant Pathology. Acad. Press. New York. 803 p.
- Appiah, A.A., J. Flood, P.D. Bridge, and S.A. Archer. 2003. Inter- and intraspecific morphometric variation and characterization of *Phytophthora* isolates from cocoa. Plant Pathology 52:168-180.
- Aragaki, M. dan J.Y. Uchida. 2001. Morphological distinction between *Phytophthora capsici* and *P. tropicalis* sp. nov. Mycologia 93:137-145.
- Chowdappa, P., D. Brayford, J. Smith, and J. Flood. 2003. Molecular discrimination of *Phytophthora* isolates on cocoa and their relationship with coconut, black pepper and bell pepper isolates based on rDNA repeat and AFLP fingerprints. Curr. Science 84:1235-1238
- Drenth, A. and D.I. Guest. 2004. *Phytophthora* in the tropics. In Drenth, A. and D.I. Guest (Eds.). Diversity and Management of *Phytophthora* in Southeast Asia. ACIAR Canberra, Australia. p. 30-41.
- Erwin, D.C. 1983. Variability within and among species of *Phytophthora*. In Erwin, D.C., S. Bartnicki-Garcia, and P.H. Tsao (Eds.). *Phytophthora*, Its Biology, Taxonomy, Ecology, and Pathology. APS. St. Paul Minnesota. p. 149-165.
- Erwin, D.C. and O.K. Ribeiro. 1996. *Phytophthora* disease worldwide. APS. St Paul Minnesota. 562 p.
- Godwin, R., A. Mchau, and M.D. Coffey. 1994. Isozyme diversity in *Phytophthora palmivora*: Evidence for Southeast Asian center of origin. Mycol. Res. 98:1035-1043.
- Hausbeck, M.K. and K.H. Lamour. 2004. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. Plant Dis. 88:1291-1303.
- Manohara, D. and N. Sato. 1992. Morphological and physiological observation on the *Phytophthora* isolates from black pepper. Industrial Crops Res. J. 4:14-19.
- Manohara, D., D. Wahyuno, dan Sutrasman. 1993. Kajian tiga isolat *Phytophthora capsici* asal lada, cabe Jawa, dan sirih. Kongres XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia. Yogyakarta, 6-8 September 1993. hlm. 942-947.

- Manohara, D., K. Mulya, A. Purwantara, and D. Wahyuno. 2004. *Phytophthora capsici* on black pepper in Indonesia. In Drenth, A. and D.I. Guest (Eds.). Diversity and Management of *Phytophthora* in Southeast Asia. ACIAR Canberra, Australia. p.132-135.
- Manohara, D., D. Wahyuno, dan R. Noveriza. 2005. Penyakit busuk pangkal batang lada dan strategi pengendaliannya. Edsus Balitro 17:41-51.
- Matheron, M.E. and J.C. Matejka. 1990. Differential virulence of *Phytophthora parasitica* recovered from citrus and other plants to rough lemon and tomato. Plant Dis. 74:138-140.
- Mchau, G.R.A. and M.D. Coffey. 1995. Evidence for the existence of two distinct subpopulations in *Phytophthora capsici* and redescription of the species. Mycol. Res. 99:89-102.
- Semangun, H. 1992. Host index of plant diseases in Indonesia. Gadjah Mada University Press. 351 p.
- Thomidis, T. 2002. Variation in virulence of Greek isolates of *Phytophthora citrophthora* as measured by their ability to cause crown rot on three peach rootstocks. Phytoparasitica 30:1-3.
- Tsao, P.H., R. Kasim, and I. Mustika. 1985. Morphology and identity of black pepper *Phytophthora* isolates in Indonesia. FAO Plant Protection Bulletin 33:61-66.
- Tsao, P.H. and A. Alizadeh. 1988. Proc. 10th International Cocoa Research Conference, Santo Domingo, 1988. p. 441-445.
- Ribeiro, O.K. 1978. A source book of the genus *Phytophthora*. Cramer, Vaduz, Liechtenstein. 417 p.
- Ristaino, J.B. 1990. Intraspecific variation among isolates of *Phytophthora capsici* from Pepper and cucurbit fields in North Carolina. Phytopathology 80:1253-1259.