

**EPIDEMIOLOGI HAWAR DAUN BIBIT *Pinus merkusii* YANG  
DISEBABKAN OLEH *Pestalotia theae***

**(*Epidemiology of Needle Blight on Pinus Merkusii Seedlings Incited  
by Pestalotia theae*)**

**SUTARMAN, SOETRISNO HADI, ASEP SAEFUDDIN, ACHMAD, dan ANI SURYANI**

**Cetak pisah (*reprinted paper*)**

**Jurnal Manajemen Hutan Tropika  
Volume X, No. 1  
Januari – Juni 2004**

**EPIDEMIOLOGI HAWAR DAUN BIBIT *Pinus merkusii* YANG  
DISEBABKAN OLEH *Pestalotia theae***  
(*Epidemiology Of Needle Blight On Pinus Merkusii Seedlings Incited By  
Pestalotia theae*)

SUTARMAN<sup>1)</sup>, SOETRISNO HADI<sup>2)</sup>, ASEP SAEFUDDIN<sup>2)</sup>, ACHMAD<sup>2)</sup>, ANI SURYANI,<sup>2)</sup>

**ABSTRACT**

The objectives of the study are as follows: to know the interrelationships between the weather components as well as *Pestalotia theae*'s aerial conidiospore population and the development of needle blight on *Pinus merkusii* seedlings, and to determine the effect of nursery site on the early development of the disease. Two week's average without interval model is the most reliable model to be used for determining the interrelationship between the development of the disease severity and the weather components. Light duration, rain fall, relative humidity and temperature are the weather components significantly affect the increase of the disease severity. The nursery in Pongpoklandak, Cianjur (26,5 - 30,5 °C; RH: 92-98 %), West Java, is the most optimal location for the development of the disease. To maintain the Disease Index at the most about 25 on seedlings over 6 months old, is the key factor for the successful management of needle blight on *P. merkusii* seedlings in the nursery.

**Keyword:** *Pinus merkusii*, *Pestalotia theae*, epidemi, Indeks Penyakit

**PENDAHULUAN**

Berbagai informasi penting dan penelitian yang mengarah pada berbagai masalah yang berkaitan dengan epidemiologi penyakit hawar daun di persemaian *P. merkusii* relatif belum banyak dilakukan. Keberhasilan suatu patogen tular udara untuk dapat melakukan serangan tergantung pada kemampuan patogen dalam melakukan infeksi, dan kemampuan melakukan infeksi tersebut sangat ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan untuk pra-disposisi tanaman, yaitu: suhu, kelembaban, cahaya, nutrisi, pH tanah, radiasi, bahan kimia, dan keberadaan organisme lain (Calhoun, 1979; Hartung *et al.*, 1981). Komponen utama siklus infeksi dalam epidemi yaitu: sporulasi, pemencaran, dan infeksi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan terutama kelembaban dan suhu udara (Kamiri dan Laemmle, 1981; Thompson dan Jenkins, 1985). Sementara itu efisiensi suatu populasi spora adalah perbandingan jumlah luka per unit area daun dan

<sup>1)</sup> Mahasiswa Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor

<sup>2)</sup> Dosen Institut Pertanian Bogor, Bogor

konsentrasi spora di udara, serta peningkatan jumlah spora di udara akan meningkatkan jumlah luka pada tanaman (Ahn dan Ou, 1982).

Hubungan kandungan spora di udara dan berbagai komponen cuaca dapat digunakan untuk mempelajari epidemi suatu penyakit. Sastrahidayat (1983) menggunakan data harian yang dikumpulkan yaitu kandungan spora di udara, suhu udara, kelembaban nisbi udara, lama penyinaran, curah hujan, dan kecepatan angin untuk mengetahui hubungan komponen cuaca tersebut dengan kandungan spora rata-rata harian di udara dalam mempelajari epidemi penyakit embun tepung pada daun dan buah apel. Kelembaban nisbi udara 80-100 % biasanya merupakan kondisi kelembaban udara yang optimum bagi perkecambahan spora, pembentukan apresorium, dan perkembangan koloni patogen (Punja dan Jenkins, 1984; Quinn dan Powell, 1982), dan kelembaban nisbi udara yang optimum itu juga mempengaruhi infeksi benih (Spilker *et al.*, 1981). Kelembaban nisbi udara menentukan kebasahan permukaan daun yang bersama-sama dengan suhu merupakan faktor penting dalam infeksi (Alderman dan Lacy 1983). Strain *Alternaria macrospora* misalnya, memerlukan suhu tinggi dan periode kebasahan daun yang lebih lama untuk keberhasilan infeksi di daun kapas (Bashi *et al.*, 1983). Selain kelembaban nisbi yang menentukan kebasahan organ vegetatif tanaman, seperti dikemukakan Gottwald dan Bertrand (1982), curah hujan juga merupakan faktor penting dalam kemunculan penyakit, sedang pengaruhnya terutama berkaitan dengan reduksi konsentrasi spora di udara. Berbagai faktor lingkungan tersebut secara bersama-sama akan menghasilkan suatu periode kondisi lingkungan yang sesuai bagi perkembangan patogen (Eisensmith dan Jones, 1981).

Berdasarkan data komponen cuaca, penyebaran konidiospora di udara, dan berat serangan penyakit, dapat disusun suatu model hubungan berbagai parameter tersebut. Kegunaan model ini adalah untuk menentukan pengaruh pola cuaca terhadap terjadinya infeksi, untuk mengevaluasi prosedur pengelolaan, dan untuk menentukan ambang ekonomi bagi pengelolaan penyakit (Sall, 1980). Sastrahidayat (1983) mendapatkan beberapa variasi model untuk kemudian salah satu di antaranya dipilih yaitu yang terbaik secara statistik dan berdasarkan pertimbangan fitopatologi. Sementara itu Lacy dan Pontius (1983) menggunakan analisis regresi berganda *stepwise* untuk mengetahui parameter yang menentukan timbulnya epidemi.

Suhu dan kelembaban merupakan representasi ketinggian tempat. Berdasarkan observasi dan penelitian pendahuluan (yang dilakukan penulis pertama), ternyata bahwa pada persemaian dengan ketinggian tempat yang berbeda, dengan suhu dan kelembaban nisbi udara rata-rata yang berbeda, dijumpai berat penyakit hawar daun bibit pinus yang berbeda pula. Di Pongpoklandak yang terletak pada ketinggian 250 m dpl (Sumber: Stasiun Cuaca Balai Benih Tani Makmur Cihea, Cianjur), dengan suhu udara 26-34 °C dan kelembaban nisbi udara yang tinggi yaitu berkisar 88-100 %, pada tahun 1999-2000 dijumpai serangan penyakit yang berat. Sebaliknya di persemaian Cijambu, Sumedang (1.150 m dpl, 10-28 °C, 78-96 %) dan di persemaian Gunung Batu, Bogor (250 m dpl, 20-32 °C, dan 77-94 %), serangan penyakit relatif ringan. Hal ini berarti patogen memerlukan persyaratan suhu dan kelembaban nisbi tinggi yang sesuai bagi aktivitas hidupnya. Lawrence dan Zehr (1982) menunjukkan kelembaban tinggi (94-100 %) dan suhu yang optimum diperlukan dalam produksi dan perkecambahan spora *Cladosporium*

*carpopophilum*. Akan tetapi menurut Agrios (1997), kadang-kadang epidemi lebih berkembang pada suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah dibanding kisaran suhu optimum, dan tergantung pada fase pertumbuhan patogen saat komponen lingkungan tersebut bekerja. Penelitian epidemiologi ini bertujuan untuk: (1) membuktikan hubungan komponen cuaca dan jumlah konidiospora di udara dengan perkembangan penyakit hawar daun bibit *P. merkusii*, dan (2) menguji pengaruh lokasi terhadap perkembangan awal penyakit hawar daun bibit *P. merkusii*.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Persemaian Tetap Pongpoklandak KPH Cianjur dan Persemaian RPH Cijambu, KPH Sumedang, Perum Perhutani Unit III, Jawa Barat, serta Persemaian Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam, Bogor. Data cuaca diperoleh dari: Stasiun Cuaca UPTD Balai Pengembangan Benih Padi Cihea, Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Jabar dan dari Stasiun Klimatologi Darmaga, Bogor. Penelitian dilaksanakan mulai Juli 2000 sampai Juli 2002.

### Epidemiologi

Berdasarkan penelitian pendahuluan diketahui bahwa:

- Pada tiap kelompok bibit *P. merkusii* di persemaian mulai saat penyapihan, berat penyakit meningkat sampai Indeks Penyakit, yang ditentukan dengan cara yang digunakan Sutarman *et al.* (2003), mencapai sekitar 25 pada waktu bibit berumur sekitar 5-6 bulan setelah penyapihan
- Peningkatan berat penyakit yang ditunjukkan oleh nilai Indeks Penyakit tersebut disebabkan oleh penambahan jumlah individu bibit yang sakit dalam suatu kelompok bibit, dan bukan karena adanya peningkatan berat penyakit individu bibit yang sudah menunjukkan gejala sakit.
- Berat penyakit bibit dengan Indeks Penyakit sekitar 25 berlangsung sekitar 1-2 bulan, setelah itu terjadi peningkatan Indeks Penyakit; tetapi sebelum mencapai Indeks Penyakit sekitar 50, bibit sakit tersebut sudah harus diambil dari kelompoknya untuk dimusnahkan.

Berdasarkan fakta tersebut, maka pada penelitian epidemiologi ini, bibit diamati sampai berat serangan patogen mencapai Indeks Penyakit sekitar 25 atau umur bibit sekitar 6 bulan setelah penyapihan. Komponen penyusun epidemi yang diamati adalah : kecepatan angin pada ketinggian 0,5 m dan 2 m di atas permukaan tanah, suhu udara, kelembaban nisbi udara, lama penyinaran matahari, curah hujan, dan jumlah konidiospora yang tersebar di udara.

Untuk mengetahui jumlah konidiospora di udara dilakukan cara sebagai berikut: konidia yang tersebar di udara ditangkap dengan alat penangkap spora model Durham (Sastrahidayat, 1983) yang dimodifikasi yang ditempatkan di tiga tempat di tengah-tengah persemaian *P. merkusii* dengan jarak antara satu dengan yang lain sejauh 25 m. Tiap alat

tersebut terdiri atas dua piringan yang masing-masing berdiameter 30 cm dengan posisi atas-bawah. Jarak antara dua piringan tersebut 80 cm dan berfungsi sebagai pelindung gelas obyek yang permukaannya berperakat dan digunakan untuk menangkap konidiospora yang tersebar di udara. Tiap dua hari pada pukul 08.00 pagi gelas-gelas perangkap konidiospora diganti. Jumlah konidiospora yang tertangkap pada gelas yang sudah dipakai diamati di bawah mikroskop cahaya. Penggantian gelas penangkap konidiospora dilakukan demikian rupa, sehingga dalam tiap minggunya diperoleh pola penggantian 2 hari - 2 hari - 3 hari. Dengan demikian data mingguan jumlah konidiospora diperoleh dari penjumlahan data yang dipakai pada ketiga waktu penggantian tersebut. Seluruh data harian komponen cuaca yang diperoleh, dihitung rata-rata hariannya untuk tiap satu dan dua minggu pengamatan. Indeks Penyakit diamati tiap minggu dengan cara menentukan skor penyakit tiap kelompok bibit (terdiri atas 40 bibit yang tersusun dalam satu rak) dalam satuan pengamatan bibit (terdiri atas 24 kelompok bibit yang tersusun dalam satu bedeng) berdasarkan kriteria kategori gejala penyakit seperti yang dinyatakan oleh Sutarman *et al.* (2003); kemudian Indeks Penyakit tiap satuan pengamatan bibit ditentukan dengan menggunakan rumus (1) sebagai berikut (Sutarman *et al.* 2003):

$$I = \sum_{i=1}^{k=4} (in_i) / N.k \times 100 \quad (3.1)$$

dengan pengertian:

- I = Indeks Penyakit
- i = nilai numerik (skor) bibit (untuk pengamatan per individu bibit) atau kelompok bibit (untuk pengamatan per kelompok bibit) dengan kriteria gejala serangan yang bersangkutan
- $n_i$  = jumlah bibit (untuk pengamatan per individu bibit) atau jumlah rak bibit (untuk pengamatan per kelompok bibit) dengan kriteria gejala serangan yang bersangkutan
- N = jumlah bibit (untuk pengamatan per individu bibit) atau jumlah rak bibit (untuk pengamatan per kelompok bibit) dalam tiap satuan percobaan
- k = nilai numerik (skor) tertinggi dengan kriteria gejala serangan terberat

Dari data Indeks Penyakit yang diperoleh tiap minggu, dihitung pertambahan ( $\Delta$ ) Indeks Penyakit tiap minggunya untuk selanjutnya bersama dengan data komponen cuaca lainnya digunakan untuk analisis regresi lebih lanjut. Semua pengamatan jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara dan komponen cuaca dimulai sejak tanggal 5-11 Maret 2001 (sebagai pengamatan minggu ke-1) sampai 5-11 Nopember 2001 (sebagai pengamatan minggu ke-36 atau pengamatan terakhir). Adapun pengamatan Indeks Penyakit dimulai sejak 12 Maret 2001 (sebagai pengamatan ke-1) sampai 12 Nopember 2001 (sebagai pengamatan ke-36 atau pengamatan terakhir).

Mengingat hasil pengamatan pendahuluan menunjukkan bahwa gejala penyakit timbul sekitar 1-2 minggu setelah inokulasi, maka penghitungan terhadap jumlah konidiospora dan data masing-masing komponen cuaca, yang mungkin diperoleh tiap harinya, dapat dikaji melalui enam kemungkinan data yang dapat dihimpun yaitu: rata-rata harian selama 1 dan 2 minggu yang masing-masing tanpa dan dengan jeda 1 dan 2 minggu waktu pengamatan.

Dari keenam model regresi yang dibentuk dari keenam kemungkinan data yang dihimpun tersebut, diambil model-model yang memiliki nilai F hitung yang nyata pada

taraf 5 % ( $P < 0,05$ ) dan  $P > 0,05$  pada uji kenormalan menurut Kolmogorov-Smirnov. Dengan menggunakan metode "stepwise regression", dari tiap model regresi dicari pilihan model regresi dengan jumlah variabel yang lebih kecil tetapi layak serta memungkinkan bagi peramalan dan pendugaan Indeks Penyakit yang mungkin terjadi di lapang.

### Pengaruh Lokasi terhadap Perkembangan Awal Penyakit

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lokasi dengan ketinggian tempat dan tipe iklim yang berbeda, terhadap perkembangan awal penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* yang diinokulasi pada saat bibit berumur 1 bulan setelah penyapihan.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang menunjukkan keberadaan patogen serupa dan gejala penyakit hawar daun *P. merkusii* ini, dipilih tiga lokasi persemaian sebagai berikut:

- Persemaian Tetap Pongpoklandak Cianjur sebagai standard pembanding (kontrol) dengan ketinggian tempat 250 m dpl, suhu udara 26-34 °C, dan kelembaban nisbi udara 87-98 %.
- Persemaian Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam di Gunung Batu, Bogor, dengan ketinggian tempat 250 m dpl, suhu udara 20-32 °C, dan kelembaban nisbi udara 77-94 %.
- Persemaian RPH Cijambu KPH Sumedang di Cijambu, Sumedang, dengan ketinggian tempat 1.150 m dpl, suhu udara 10-28 °C, dan kelembaban nisbi udara 78-96 %.

Pada waktu yang relatif sama (selisih satu hari antara satu tempat dengan tempat berikutnya), dikecambahkan benih yang berasal dari daerah yang sama yaitu Cijambu. Sekitar dua minggu setelah penaburan benih atau pengecambahan, dilakukan penyapihan; bibit ditumbuhkan pada politub dengan media yang relatif sama dengan yang biasa digunakan di persemaian Pongpoklandak, yaitu dengan komposisi tanah lapisan atas : kompos : sekam = 4 : 3 : 3.

Percobaan faktor tunggal ini disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 8 ulangan; sebagai perlakuan adalah lokasi persemaian. Satu satuan percobaan terdiri atas 40 bibit. Setelah bibit berumur 6 minggu, inokulasi dilakukan terhadap bibit *P. merkusii* dengan urutan Pongpoklandak, Cijambu, dan Gunung Batu dengan selisih waktu satu hari antara waktu inokulasi di satu persemaian dan di persemaian berikutnya. Setelah dua minggu, Indeks Penyakit ditentukan berdasarkan gejala yang timbul. Pengamatan perkembangan penyakit dilakukan tiap dua minggu sampai bibit berumur 12 minggu. Setelah dua minggu, Indeks Penyakit ditentukan berdasarkan gejala yang timbul dengan menggunakan rumus (1), tetapi dalam hal ini kelompok bibit dinyatakan sebagai individu bibit. Adapun penentuan skor tiap kategori gejala individu bibit yang diamati dilakukan seperti yang dinyatakan oleh Sutarman *et al.* (2003). Pengamatan perkembangan penyakit dilakukan tiap dua minggu sampai bibit berumur 12 minggu.

## HASIL

### Epidemiologi

Persamaan regresi antara pertambahan ( $\Delta$ ) Indeks Penyakit, berdasarkan rata-rata satu minggu dengan jeda waktu satu minggu atau dua minggu pengamatan, dengan jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara, kecepatan angin, curah hujan, lama penyinaran cahaya matahari, kelembaban nisbi udara, dan suhu udara harian rata-rata, dapat dilihat pada Tabel 1.

Adapun hasil pengamatan terhadap berbagai komponen penyusun epidemi untuk pengamatan tiap minggu, yaitu: jumlah konidiospora rata-rata harian yang tertangkap pada tiap m<sup>2</sup> permukaan gelas penangkap konidiospora, kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 0,5 m di atas permukaan tanah (km/jam), kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (km/jam), curah hujan rata-rata harian (mm), lama penyinaran matahari rata-rata harian (%), kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%), dan suhu udara rata-rata harian (°C), masing-masing disajikan pada Gambar 1 sampai 7. Adapun  $\Delta$  Indeks Penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* tertera pada Gambar 8.

Tabel 1. Persamaan regresi Indeks Penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* di persemaian Pongpoklandak Cianjur

Model <sup>1)</sup>	Persamaan regresi $\Delta$ Indeks Penyakit <sup>2)</sup>	R <sup>2</sup>
M10	$Y = 36,8 - 0,52 X_1 - 2,78 X_2 + 0,061 X_3 + 0,0623 X_4 + 0,0240 X_5 - 0,215 X_6 - 0,577 X_7$	52,2
M11	$Y = 59,3 - 2,42 X_1 - 2,59 X_2 - 0,388 X_3 + 0,0602 X_4 + 0,0067 X_5 - 0,380 X_6 - 0,749 X_7$	51,0
M12	$Y = 71,6 - 3,29 X_1 - 1,95 X_2 - 0,499 X_3 + 0,0412 X_4 - 0,00257 X_5 - 0,537 X_6 - 0,619 X_7$	55,8
M20	$Y = 91,9 - 1,59 X_1 - 13,1 X_2 + 5,96 X_3 + 0,437 X_4 + 0,0802 X_5 - 0,749 X_6 - 1,02 X_7$	83,2
M21	$Y = 142 - 1,4 X_1 - 10,6 X_2 + 3,86 X_3 + 0,308 X_4 + 0,0430 X_5 - 1,05 X_6 - 1,59 X_7$	70,2
M22	$Y = 127 - 3,0 X_1 - 7,89 X_2 + 1,91 X_3 + 0,150 X_4 + 0,0116 X_5 - 1,05 X_6 - 0,907 X_7$	59,4

<sup>1)</sup> M10 = rata-rata satu minggu tanpa jeda waktu pengamatan

M11 = rata-rata satu minggu dengan jeda waktu satu minggu pengamatan

M12 = rata-rata satu minggu dengan jeda waktu dua minggu pengamatan

M20 = rata-rata dua minggu tanpa jeda waktu pengamatan

M21 = rata-rata dua minggu dengan jeda waktu satu minggu pengamatan

M22 = rata-rata dua minggu dengan jeda waktu dua minggu pengamatan

<sup>2)</sup> Y =  $\Delta$  Indeks Penyakit

X<sub>1</sub> = jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara per cm<sup>2</sup> gelas perangkap

X<sub>2</sub> = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 0,5 m (km/jam)

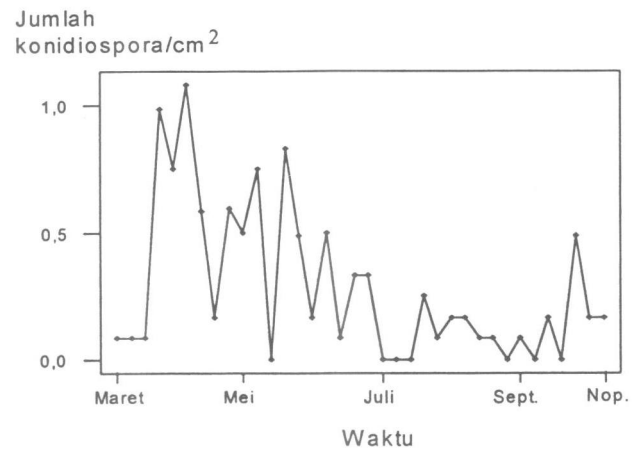
X<sub>3</sub> = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 2,0 m (km/jam)

X<sub>4</sub> = curah hujan rata-rata harian (mm)

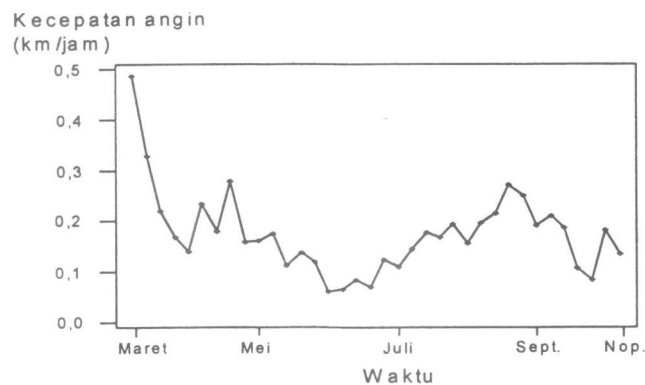
X<sub>5</sub> = lama penyinaran matahari rata-rata harian (%)

X<sub>6</sub> = kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%)

X<sub>7</sub> = suhu udara rata-rata harian (°C)

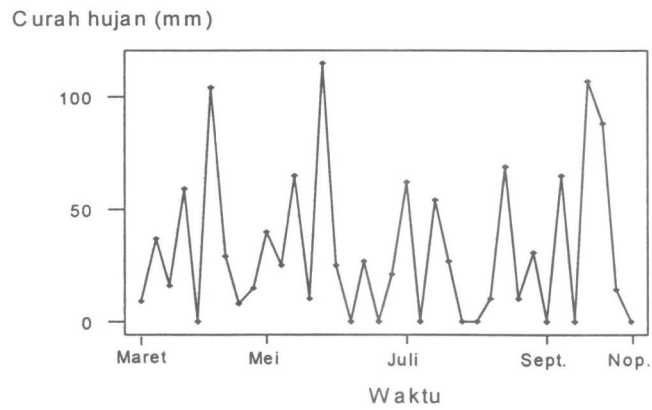


Gambar1. Rataan mingguan jumlah konidiospora per  $\text{cm}^2$  permukaan gelas perangkap per hari mulai minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke-36 (5-11 Nopember 2001)

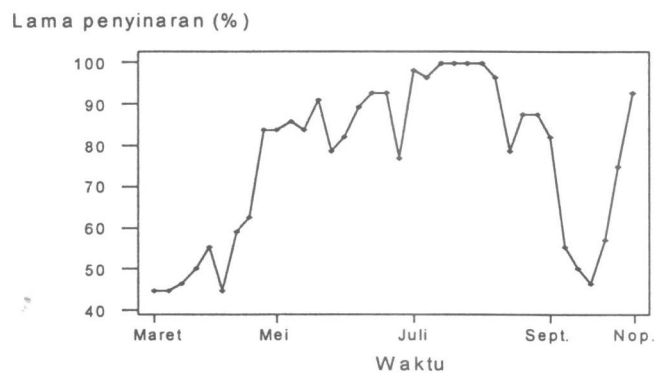


Gambar 2. Rataan mingguan kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 0,5 m di atas permukaan tanah (km/jam) mulai dari minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke- 36 (5-11 Nopember 2001)

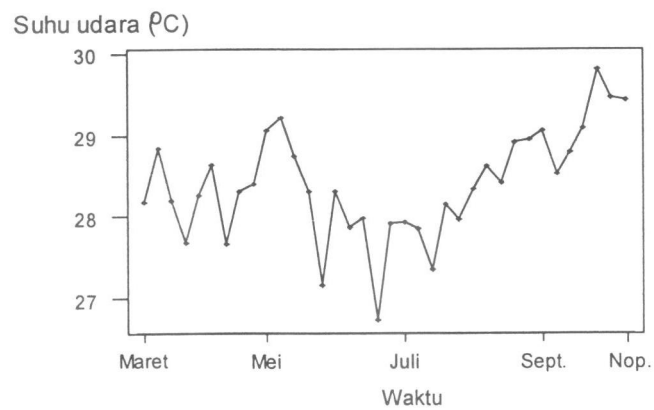




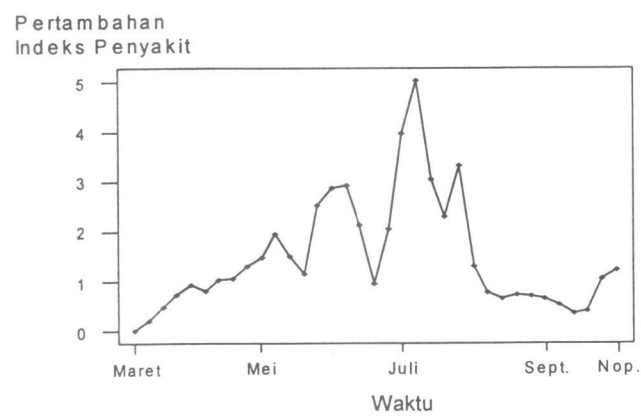
Gambar 3. Rataan mingguan kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 2,0 m di atas permukaan tanah (km/jam) mulai dari minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke-36 (5-11 Nopember 2001)



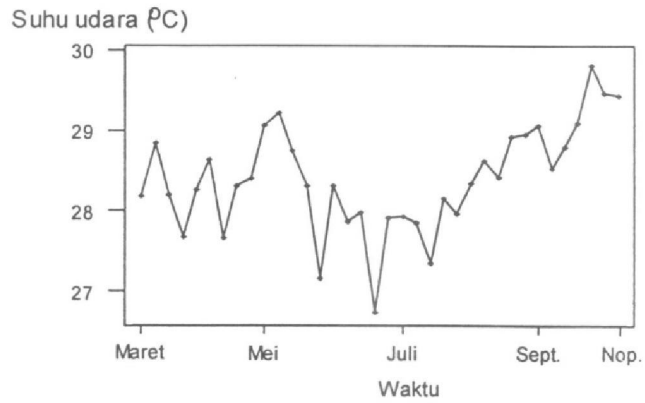
Gambar 4. Rataan mingguan curah hujan rata-rata harian (mm) mulai minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke-36 (5-11 Nopember 2001)



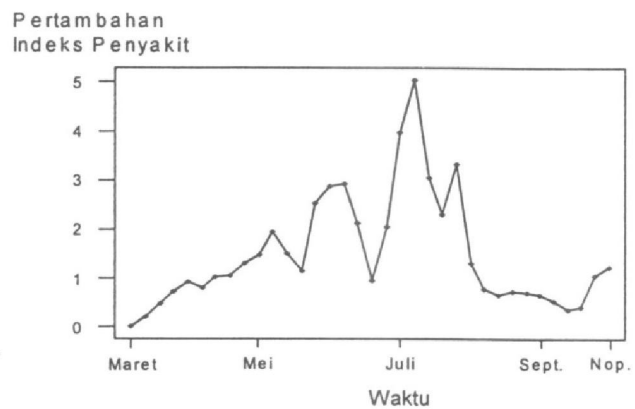
Gambar 5. Rataan mingguan lama penyinaran matahari harian (%) mulai minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke-36 (5-11 Nopember 2001)



Gambar 6. Rataan mingguan kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%) mulai minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke 36 (5-11 Nopember 2001)



Gambar 7. Rataan mingguan suhu udara rata-rata harian (°C) mulai minggu ke-1 (5-11 Maret 2001) sampai minggu ke 36 (5-11 Nopember 2001)



Gambar 8. Pertambahan Indeks Penyakit hawar daun bibit *Pinus merkusii* rata-rata mingguan di pesemaian Pongpoklandak mulai minggu ke-1 (12 Maret 2001) sampai minggu ke-36 (12 Nopember 2001).

Berdasarkan analisis terhadap parameter regresi  $\Delta$  Indeks Penyakit dua minggu tanpa jeda waktu (Tabel 2) diketahui bahwa lama penyinaran matahari ( $X_5$ ), curah hujan ( $X_4$ ), dan kelembaban nisbi udara ( $X_6$ ) merupakan parameter yang berpengaruh terhadap model regresi terbaik tersebut. Keeratan hubungan di antara komponen penyusun epidemi dan  $\Delta$  Indeks Penyakit berdasarkan model rata-rata dua minggu tanpa jeda waktu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Prediksi parameter regresi  $\Delta$  Indeks Penyakit dua minggu tanpa jeda waktu

Prediktor <sup>1)</sup>	Koefisien	Simpangan baku	T Hitung <sup>2)</sup>	Pr > F
Konstanta	91.95	28.62	3.21	0.009
$X_1$	-1.593	8.151	-0.20	0.849
$X_2$	-13.111	6.172	-2.12	0.060
$X_3$	5.959	3.107	1.92	0.084
$X_4$	0.4373	0.1297	3.37*	0.007
$X_5$	0.08016	0.02369	3.38*	0.007
$X_6$	-0.7491	0.2305	-3.25*	0.009
$X_7$	-1.0219	0.5557	-1.84	0.096

<sup>1)</sup>  $X_1$  = jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara per  $\text{cm}^2$  gelas perangkap

$X_2$  = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 0,5 m (km/jam)

$X_3$  = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 2,0 m (km/jam)

$X_4$  = jumlah curah hujan (mm)

$X_5$  = lama penyinaran cahaya matahari rata-rata harian (%)

$X_6$  = kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%)

$X_7$  = suhu udara rata-rata harian ( $^{\circ}\text{C}$ )

<sup>2)</sup> \* = berbeda nyata pada taraf 5 %

Tabel 3. Korelasi (Pearson) antar parameter regresi  $\Delta$  Indeks Penyakit dua minggu tanpa jeda waktu

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$
$X_2$	-0,167						
$X_3$	-0,106	0,913					
$X_4$	0,091	-0,259	-0,342				
$X_5$	-0,404	-0,383	-0,384	-0,304			
$X_6$	-0,165	0,121	0,180	0,089	0,115		
$X_7$	-0,041	0,042	-0,141	0,214	-0,256	-0,209	
Y	-0,134	-0,557	-0,450	0,197	0,575	-0,222	-0,389

<sup>1)</sup>  $X_1$  = jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara per  $\text{cm}^2$  gelas perangkap

$X_2$  = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 0,5 m (km/jam)

$X_3$  = kecepatan angin rata-rata harian pada ketinggian 2,0 m (km/jam)

$X_4$  = curah hujan rata-rata harian (mm)

$X_5$  = lama penyinaran matahari rata-rata harian (%)

$X_6$  = kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%)

$X_7$  = suhu udara rata-rata harian ( $^{\circ}\text{C}$ )

Y =  $\Delta$  Indeks Penyakit

Berdasarkan hasil analisis "Stepwise regression" terhadap model regresi terbaik (M20) dengan taraf 5% yaitu  $\Delta$  Indeks Penyakit berdasarkan rata-rata dua mingguan komponen penyusun epidemi, diperoleh persamaan regresi dengan satu sampai empat variabel terpilih dengan urutan sebagai berikut: lama penyinaran matahari, curah hujan, kelembaban nisbi udara, dan suhu udara rata-rata harian (Tabel 4).

Tabel 4. Persamaan regresi  $\Delta$  Indeks Penyakit yang diturunkan dari model terbaik (M20) yang dapat digunakan untuk pendugaan

Persamaan regresi $\Delta$ Indeks Penyakit <sup>*)</sup>	R <sup>2</sup>
$Y = -1,879 + 0,064 X_5$	33,03
$Y = -4,335 + 0,078 X_5 + 0,31 X_4$	48,24
$Y = 48,541 + 0,084 X_5 + 0,34 X_4 - 0,56 X_6$	60,05
$Y = 104,135 + 0,075 X_5 + 0,40 X_4 - 0,70 X_6 - 1,48 X_7$	75,51

<sup>\*)</sup> Y =  $\Delta$  Indeks Penyakit

X<sub>4</sub> = jumlah curah hujan rata-rata harian (mm)

X<sub>5</sub> = lama penyinaran matahari rata-rata harian (%)

X<sub>6</sub> = kelembaban nisbi udara rata-rata harian (%)

X<sub>7</sub> = suhu udara rata-rata harian (°C)

#### Pengaruh Lokasi terhadap Perkembangan Awal Penyakit

Serangan penyakit hawar daun pada bibit *P. merkusii* di persemaian Pongpoklandak lebih berat dibandingkan dengan di Gunung Batu dan di Cijambu (Tabel 5). Tiga minggu setelah inokulasi, Indeks Penyakit bibit *P. merkusii* di Pongpoklandak (23,74) jauh melampaui yang ada di Gunung Batu (10,63) dan di Cijambu (4,92); dan selanjutnya sampai 7 MSI peningkatan rata-rata Indeks Penyakit relatif kecil. Pola tersebut merupakan ciri serangan penyakit ini, yaitu bibit pada umur 2 bulan baik yang diinokulasi secara buatan maupun alami mengalami peningkatan berat penyakit yang cepat hingga Indeks Penyakit mencapai sekitar 25; setelah itu peningkatan Indeks Penyakit lambat.

Tabel 5. Pengaruh lokasi persemaian terhadap berat serangan penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* 3 sampai 7 minggu setelah inokulasi (MSI) dengan *P. theae*

Lokasi persemaian	Indeks Penyakit <sup>1)</sup>		
	3 MSI	5 MSI	7 MSI
Pongpok landak (Cianjur)	23.74 a	28.36 a	28.91 a
Gunung Batu (Bogor)	10.63 b	12.08 b	13.23 b
Cijambu (Sumedang)	4.92 c	8.26 c	9.31 c

<sup>1)</sup> Nilai dalam tiap kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda pada taraf 5 % berdasarkan uji jarak berganda Duncan

## PEMBAHASAN

Secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa perbedaan komponen cuaca dari waktu ke waktu dapat mempengaruhi respon bibit terhadap gangguan patogen. Seperti

terlihat pada Gambar 8, terjadi fluktuasi pertambahan Indeks Penyakit demikian rupa selama masa pengamatan. Terdapat puncak pertambahan Indeks Penyakit pada minggu ke-21 ( $\Delta$  Indeks Penyakit = 5), kemudian turun kembali secara fluktuatif. Perubahan ini sejalan dengan terjadinya perubahan atau fluktuasi pada seluruh komponen cuaca.

Dari kelima model regresi yang dibangun berdasarkan hasil penelitian ini, model Indeks Penyakit hawar daun pinus 2 mingguan tanpa jeda waktu pengamatan (M20) merupakan model paling sesuai. Model ini telah memenuhi persyaratan seperti dikemukakan oleh Montesinos *et al.* (1995) yaitu di antaranya adalah: acak dan kenormalan residual, koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang tinggi, dan signifikansi parameter yang diduga. Kurun waktu dua minggu dapat dianggap sebagai periode inkubasi dalam proses epidemi penyakit hawar daun bibit *P. merkusii*. Sebagaimana dikemukakan Minogue dan Fry (1983), periode laten infeksi tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai komponen lingkungan seperti kelembaban nisbi udara, suhu udara, curah hujan, dan lama penyinaran cahaya matahari.

Dari model-model yang dibangun dari penelitian epidemiologi ini, tampak jumlah konidiospora yang tertangkap dari udara tidak nyata perannya dalam peningkatan  $\Delta$  Indeks Penyakit. Pada M20 yang dapat dianggap sebagai model paling sesuai untuk peramalan perkembangan penyakit hawar daun pada *P. merkusii* ini, jumlah konidiospora tidak berpengaruh terhadap pertambahan Indeks Penyakit (Tabel 2); dan berdasarkan Korelasi Pearson, keeratan hubungannya dengan Indeks Penyakit paling kecil (0,134) (Tabel 3). Konsentrasi konidiospora patogen yang menyerang daun terletak di tajuk (Gottwald dan Tedders, 1996), sehingga penempatan alat perangkap spora sekitar setinggi tajuk bibit yang ditempatkan di atas rak diharapkan dapat menangkap konidiospora *P. theae*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan konidiospora di udara tidak penting dalam proses penularan dan perkembangan penyakit. Diduga bahwa konidiospora yang paling bertanggungjawab terhadap terjadinya infeksi berasal dari sumber lain yang lebih dekat dengan permukaan tanah yaitu gulma sebagai inang lain dan tanah lapisan atas atau bahan media tumbuh bibit. Menurut Agrios (1997), jenis tanaman liar dapat menjadi inang lain yang memelihara kelangsungan keberadaan patogen di persemaian. Lapisan atas tanah yang digunakan sebagai media tumbuh juga mengandung serasah daun *P. merkusii* yang gugur mati karena penuaan atau terinfeksi *P. theae*. Menurut Dix dan Webster (1995) pada beberapa konifer, patogen penyebab penyakit daun dapat bertahan hidup pada serasah daun jarum yang terinfeksi sebelumnya sampai beberapa bulan setelah gugur ke permukaan tanah dan diduga mampu melengkapi tahap reproduksinya.

Penularan propagul infektif patogen terjadi lewat pemencaran oleh percikan air hujan maupun penyiraman secara manual atau dengan alat penyiram otomatis. Konidiospora *P. theae* dari tumbuhan sakit atau sisa tanaman sakit dapat disebarkan melalui kontak, percikan air dan aliran udara lokal, dan diduga dengan demikian juga bersifat sebagai patogen tular tanah (Anonim, 1971). Akan tetapi belum dapat diketahui berapa besar pengaruh kelembaban tanah terhadap daya tahan hidupnya di dalam tanah, mengingat salah satu parameter penting seperti yang dinyatakan oleh Bernhard dan Grogan (1982), sehubungan dengan pengamatannya pada kemampuan sporulasi dan infeksi *Phytophthora* spp., adalah potensi matriks sebagai komponen potensi air tanah yang tidak diamati dalam penelitian epidemi hawar daun bibit *P. merkusii* ini.

Di samping itu penyiraman bibit di persemaian, yang dilakukan secara rutin terutama jika tidak terjadi hujan, diduga memberikan pengaruh relatif sama dengan curahan air hujan. Di lain pihak, keeratan hubungan curah hujan dengan Indeks Penyakit relatif kecil. Curah hujan di persemaian dan sekitarnya (Gambar 4) berfluktuasi, tetapi tidak diketahui kapan terjadinya, yaitu siang dan/atau malam. Hujan pada malam hari akan memberikan pengaruh berbeda terhadap komponen cuaca lainnya dibandingkan dengan hujan yang terjadi pada siang hari. Hujan pada siang hari akan berkaitan erat dengan lama penyinaran. Pada model terbaik (M20), keeratan hubungan curah hujan dengan  $\Delta$  Indeks Penyakit relatif kecil ( $R=0,089$ ). Menurut Gottwald dan Bertrand (1982) curah hujan dapat mereduksi konsentrasi spora di udara, sementara itu penurunan kelembaban nisbi udara mendorong peningkatan pelepasan spora. Curah hujan yang besar dapat memberikan periode kelembaban nisbi udara tinggi dan periode kebasahan daun yang lama dibandingkan dengan curah hujan yang kecil. Dengan demikian curah hujan besar dapat meningkatkan "indeks kecocokan lingkungan" bagi penyakit tanaman (Fidanza *et al.*, 1996). Namun Rohrbach dan Taniguchi (1984) melaporkan bahwa tidak terdapat korelasi antara curah hujan dengan infeksi nanas oleh *Penicillium funiculosum*. Air hujan penting dalam penempatan konidia *Glomerella angulata* yang dilepaskan dari aservuli pada kayu mati dan pada buah apel yang terinfeksi yaitu melalui pencucian dan oleh tetesan air hujan (Sutton dan Shane, 1983).

Hasil "stepwise regresi" (Tabel 4) data yang terkumpul menunjukkan bahwa selain jumlah konidiospora yang tersebar di udara, kecepatan angin pada ketinggian 0,5 m dan 2 m tidak terlihat nyata menjadi variabel yang berpengaruh pada peningkatan  $\Delta$  Indeks Penyakit pada taraf 5%. Data ini mendukung kenyataan bahwa konidiospora di udara yang terbawa angin di persemaian tidak berpengaruh terhadap  $\Delta$  Indeks Penyakit.

Sehubungan dengan kondisi persemaian yang dikelilingi pohon dan vegetasi lain yang dapat berfungsi sebagai "wind break" yang semipermeabel bagi angin, maka kecepatan angin bawah merupakan hasil pergerakan angin yang tertahan oleh "wind break" tersebut dan karena adanya efek turbulensi. Hasil penelitian Obobo dan Nwoboshi (1991) menunjukkan bahwa "wind break" dapat mereduksi kecepatan angin sampai 27 % pada jarak 127,5 m. Sementara itu makin dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin makin rendah; hal ini didukung oleh keeratan hubungan yang tinggi antara kecepatan angin 0,5 m dan 2,0 m ( $R=0,707$  pada model mingguan dan  $R=0,913$  pada model dua mingguan). Rosenberg (1974) menunjukkan pola perubahan kecepatan harian yang relatif sama antara kecepatan angin pada ketinggian 0,5-1,0 m, 2,25 m, dan 4 m di atas permukaan tanah yaitu kecepatan angin makin tinggi dengan makin jauhnya dari permukaan tanah. Terlepas dari keeratan hubungan kecepatan angin dan  $\Delta$  Indeks Penyakit, tampak bahwa kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah berpengaruh berbanding terbalik dengan kecepatan angin pada ketinggian 0,5 m di permukaan tanah. Makin cepat angin pada ketinggian 0,5 m di atas permukaan tanah tersebut, makin jauh konidiospora dapat dilontarkan dari aservulus pada daun bibit sakit; dengan demikian makin kecil peluang bibit sehat menjadi terinfeksi.

Dalam implikasinya di lapangan, makin sedikit dan makin mudah diaksesnya data komponen cuaca penyusun epidemi akan makin mudah pengelola persemaian melakukan peramalan atau pendugaan  $\Delta$  Indeks Penyakit serta penyusunan strategi pengelolaan

penyakit. Dengan memanfaatkan data rata-rata dua minggu dapat diperoleh turunan model M20 dengan lama penyinaran, curah hujan, kelembaban nisbi udara, dan suhu udara harian sebagai variabel yang paling sesuai ( $R^2 = 75,51$ ) untuk digunakan dalam menduga perkembangan  $\Delta$  Indeks Penyakit. Jika dilihat dari beberapa turunan model tersebut, tampak bahwa kelembaban nisbi udara, suhu harian, lama penyinaran, dan curah hujan merupakan komponen cuaca yang paling diperlukan untuk digunakan dalam peramalan  $\Delta$  Indeks Penyakit.

Suhu dan kelembaban nisbi udara sebagai komponen penyusun epidemi sekaligus merupakan ciri komponen cuaca yang dominan untuk suatu lokasi penelitian yang mempengaruhi perkembangan Indeks Penyakit. Lacy dan Pontius (1983) menunjukkan bahwa kelembaban nisbi udara yang dinyatakan sebagai tekanan defisit air sangat mempengaruhi pelepasan spora. Kelembaban nisbi udara merupakan faktor utama dalam epidemi dan perubahan suhu yang diikuti oleh kondensasi pada permukaan daun merupakan syarat mutlak bagi pra-disposisi dan retensi inokulum dalam rangka infeksi patogen (Sjoemaker dan Lorbeer, 1977; Yarwood, 1977b). Kelembaban nisbi dalam bentuk kabut atau embun serta air hujan menurut Gottwald (1985) membentuk suatu periode kebasahan daun yang diperlukan bagi keberhasilan infeksi. Namun demikian, suhu dan kelembaban nisbi udara di Pongpoklandak ternyata dalam tiap model regresi memiliki nilai koefisien negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu dan kelembaban nisbi udara akan mengurangi nilai konstanta (dalam persamaan regresi) dengan persyaratan bahwa kisaran suhu rata-rata harian adalah 26,5-30,5 °C dan kelembaban nisbi harian 88-98 %. Yarwood (1977a) mengemukakan tidak adanya hubungan antara suhu dan produksi spora serta antara suhu dan penyebaran spora terutama bagi patogen yang membutuhkan kisaran suhu yang luas untuk sporulasinya. Selanjutnya menurut Leach dan Apple (1984) tidak terdapat hubungan antara suhu dan mekanisme elektrostatis di daun yang berperan dalam penyebaran aktif spora kering patogen tanaman. Menurut Abbas *et al.* (1995), suhu yang tinggi dapat meningkatkan laju respirasi yang berarti meningkatkan pelepasan CO<sub>2</sub> oleh fungi, dan mengurangi kemampuan memproduksi konidia; kondisi ini sekaligus akan mengurangi perkecambahan konidia dan kemampuan patogen melakukan infeksi. Sementara itu deVallavieille-Pope *et al.* (1995) menyatakan bahwa periode kekeringan yang menyela di antara kondisi kebasahan daun dapat menghentikan perkecambahan dan membunuh spora. Kondisi tersebut relatif tidak dijumpai pada bibit pinus yang ditumbuhkan di bawah paranet 50 % dengan penyiraman tiap hari pada sore atau pagi hari, sehingga hambatan periode kekeringan terhadap proses infeksi oleh patogen relatif dapat diabaikan. Gilles *et al.* (2001) menunjukkan peran suhu dan cahaya yang sangat penting dalam mempengaruhi perkembangan *apotesia*; selanjutnya ketika askospora dilepaskan, maka angin memainkan peran pentingnya dalam pemencaran askospora tersebut.

Sehubungan dengan kebutuhan akan kelembaban nisbi dan suhu tertentu, patogen dalam interaksinya dengan bibit pada periode tertentu akan mencapai kondisi lingkungan yang optimum. Pada kenyataannya kisaran terendah dan tertinggi suhu dan kelembaban nisbi udara di Pongpoklandak adalah 20-32 °C dan 88-98 %. Di lain pihak meskipun kelembaban nisbi udara pada ketiga lokasi persemaian tersebut tinggi, namun di Pongpoklandak tidak dijumpai keadaan kelembaban nisbi harian yang mencapai kurang dari 80 % dalam fluktuasinya. Sementara itu di Pongpoklandak juga tidak pernah dijumpai



suhu rata-rata harian yang mencapai kurang dari 20 °C; di Cijambu suhu bahkan pernah turun sampai sekitar 10 °C. Dengan fakta tersebut, maka dapat dikatakan bahwa suhu dan kelembaban nisbi udara lokasi persemaian di Gunung Batu dan Cijambu sering mencapai kondisi tertentu yang tidak sesuai bagi kebutuhan hidup dan perkembangan *P. theae*. Pada kisaran suhu udara dan kelembaban nisbi udara, yang merupakan representasi ketinggian tempat yang berbeda yaitu di Gunung Batu (Bogor) dan Cijambu (Sumedang), maka perkembangan penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* juga jauh lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran suhu 20-32 °C dengan kelembaban nisbi 77-94 % (Gunung Batu) dan suhu 10-28 °C dengan kelembaban nisbi 78-96 % (Cijambu), yang lebih rendah dibandingkan dengan di Pongpoklandak, kurang optimum bagi perkembangan penyakit. Suswantini (1995) berdasarkan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa suhu kamar 23-30 °C dan kelembaban nisbi 80-90 % adalah optimal bagi perkembangan *Pestalotia theae*.

## KESIMPULAN

Model rata-rata dua minggu tanpa jeda waktu pengamatan merupakan model yang paling layak digunakan untuk mengetahui hubungan antara pertambahan indeks penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* dengan komponen epideminya. Lama penyinaran, curah hujan, kelembaban nisbi udara, dan suhu udara merupakan komponen cuaca yang berpengaruh nyata dalam peningkatan Indeks Penyakit. Persemaian di Pongpoklandak-Cianjur (suhu udara: 26,5-30,5 °C dan kelembaban nisbi udara: 88-98 %) merupakan lokasi yang paling optimum bagi perkembangan penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* yang disebabkan oleh *P. theae*.

Penyusunan model regresi dalam penelitian epidemiologi diakhiri sampai bibit sakit dengan Indeks Penyakit mencapai 25-30; dan mempertahankan Indeks Penyakit untuk menjadi paling tinggi sekitar 25 pada bibit berumur di atas 6 bulan, merupakan kunci utama keberhasilan pengelolaan penyakit hawar daun bibit *P. merkusii* di persemaian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas HK, Egley GH, and Paul RN. 1995. Effect of conidia production temperature on germination and infectivity of *Alternaria helianthi*. *Phytopathology* 85: 677-682
- Agrios G.N. 1997. *Plant pathology*. Edisi ke-4. San Diego: Academic Press.
- Ahn SW, and Ou SH. 1982. Epidemiological implications of the spectrum resistance to rice blast. *Phytopathology* 72: 282-284
- Alderman SC, and Lacy ML. 1983. Influence of dew period and temperature on infection of onion leaves by dry conidia of *Botrytis squamosa*. *Phytopathology* 73: 1020-1023
- [Anonim]. 1971. *Pestalotia theae*. C.M.I. Description of pathogenic fungi and bacteria No. 318.

- Bashi E, Rotem J, Pinnschmidt H, and Kranz J. 1983. Influence of controlled environment and age on development of *Alternaria macrospora* and on shedding of leaves in cotton. *Phytopathology* 73: 1145-1147
- Calhoun J. 1979. Predisposition by the environment. Di dalam: Horsfall JG, Cowling EB, editor. *Plant disease*. Volume ke-4. New York: Academic Press Inc. hlm. 75-96
- DeVallavieille-Pope C, Huber L, Leconte M, and Goyeau H. 1995. Comparative effects of temperature and interrupted wet periods on germination, penetration, and infection of *Puccinia recondita* f. sp. tritici and *P. striiformis* on wheat seedlings. *Phytopathology* 85: 409-415
- Dix NJ, and Webster J. 1995. *Fungal ecology*. London: Chapman & Hall.
- Eisensmith SP, and Jones AL. 1981. A model for detecting infection periods of *Coccomyces hiemalis* on sour cherry. *Phytopathology* 71: 728-732
- Fidanza MA, Dernoeden PH, and Grybauskas AP. 1996. Development and field validation of a brown patch warning model for perennial ryegrass turf. *Phytopathology* 86: 385-0390
- Gilles T, Fitt BD, and Jeger MJ. 2001. Effect of environmental factors on development of *Pyrenopeziza brassicae* (light leaf spot) apothecia on oilseed rape debris. *Phytopathology* 91: 392-398
- Gottwald TR. 1985. Influence of temperature, leaf wetness period, leaf age, and spore concentration on infection of pecan leaves by conidia of *Cladosporium carygenum*. *Phytopathology* 75: 190-194
- Gottwald TR, and Bertrand PF. 1982. Patterns of diurnal and seasonal airborne spore concentrations of *Fusicladium effusum* and its impact on a pecan scab epidemic. *Phytopathology* 72: 330-335
- Gottwald TR, and Tedders WL. 1985. A spore trap for use on aerial remotely piloted vehicles. *Phytopathology* 75: 801-807
- Hartung JS, Burton CL, and Ramsdell DC. 1981. Epidemiological studies of blueberry anthranose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phytopathology* 71: 449-453
- Kamiri LK, and Laemmle FF. 1981. Epidemiology of *Cytospora* canker caused in Colorado blue spruce by *Valza kunzei*. *Phytopathology* 71: 941-947
- Lacy ML, and Pontius GA. 1983. Prediction of weather-mediated release of conidia of *Botrytis squamosa* from onion leaves in the field. *Phytopathology* 73: 670-676
- Lawrence EGJr, and Zehr ET. 1982. Environmental effects on the development and dissemination of *Cladosporium carpophilum* on peach. *Phytopathology* 72: 773-776
- Leach CM, Apple JD. 1984. Leaf surface electrostatics: behaviour of detached leaves of beans, maize, and other plants under natural conditions. *Phytopathology* 74: 704-709
- Minogue KP, and Fry WE. 1983a. Models for the spread of disease: model description. *Phytopathology* 73: 1168-1172

- Montesinos E, Moragrega C, Llovente L, Vilardell P, Bonatera A, Ponti I, Bugiani R, Cavanni P, and Brunelli A. 1995. Development and evaluation of an infection model for *Stemphylium vesicarium* on pear based on temperature and wetness duration. *Phytopathology* 85: 586-592
- Oboho EG, and Nwoboshi LC. 1991. Windbreaks: how will do they really work? Di dalam: Westley SB, editor. *Agroforestry today*. Volume ke-3 No. 1. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF). hlm. 15-16
- Punja ZK, and Jenkins SF. 1984. Influence of temperature, moisture, modified gaseous atmosphere, and depth in soil on eruptive sclerotial germination of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 74:749-754
- Quinn JA, and Powell CCJr. 1982. Effect of temperature, light, and relative humidity on powdery mildew of begonia. *Phytopathology* 72: 480-484
- Rohrbach KG, and Taniguchi G. 1984. Effects of temperature, moisture, and stage of inflorescence development on infection of pineapple by *Penicillium funiculosum*. *Phytopathology* 74: 995-1000
- Rosenberg NJ. 1974. *Microclimate: the biological environment*. New York: John Wiley & Sons.
- Sall MA. 1980. Epidemiology of grape powdery mildew: a model. *Phytopathology* 70: 338-342
- Sastrahidayat IR. 1983. Penelitian epidemi penyakit scab pada apel (disertasi). Yogyakarta: Universitas Gadjahmada, Program Pascasarjana.
- Sjoemaker, and Lorbeer JW. 1977. The rate of dew and temperature in the epidemiology of Botrytis leaf blight of onion. *Phytopathology* 67: 1267-1272
- Spilker DA, Schmitthenner AF, Ellet CW. 1981. Effects of humidity, temperature, fertility, and cultivar on the reduction of soybean seed quality by *Phomopsis* sp. *Phytopathology* 71: 1027-1029
- Suswatini, N. 1995. Modifikasi atmosfer dan suhu penyimpanan untuk penghambatan perkembangan bercak *Pestalotia* pada bunga potong Krisan (*Chrysanthemum*) (tesis), Bogor: Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana
- Sutarman, Hadi S, Suryani A, Achmad, dan Saefuddin A. 2003. Analisis kerugian penyakit hawar daun bibit *Pinus merkusii* di persemaian (dalam penerbitan)
- Sutton TB, and Shane WW. 1983. Epidemiology of the perfect stage of *Glomerella cingulata* on apples. *Phytopathology* 73: 1179-1183
- Thompson DC, and Jenkins SF. 1985. Effect of temperature, moisture, and cucumber cultivar resistance on lesion size increase and conidial production by *Colletotrichum lagenarium*. *Phytopathology* 75: 828-832
- Van Der Plank JE. 1963. *Plant diseases: epidemics and control*. New York: Academic Press.
- Yarwood CE. 1977a. Heat- and cold-induced retention of inoculum by leaves. *Phytopathology* 67: 1259-1261
- Yarwood CE. 1977b. Spore production and dispersal of *Alternaria dauci*. *Phytopathology* 67: 1262-1266