

## **Komponen Epidemi Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu di Sumatera Selatan**

### **Epidemic Components of Sugarcane Root and Basal Stem Rot In South Sumatra**

**Tri Maryono<sup>1</sup>, Ani Widiastuti<sup>2</sup>, Rudi Hari Murti<sup>2</sup>, Achmadi Priyatmojo<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Lampung, Bandar Lampung 35142

<sup>2</sup>Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

#### **ABSTRAK**

Penyakit busuk akar dan pangkal batang (BAPB) tebu merupakan penyakit baru yang saat ini muncul menjadi masalah di perkebunan tebu di Lampung dan Sumatera Selatan. Penelitian bertujuan mengetahui model perkembangan penyakit, AUDPC, laju infeksi ( $r$ ), dan pengaruh anasir cuaca dan kondisi tanah (sifat fisika dan kimia tanah) pada perkembangan penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu di Sumatera Selatan. Pengamatan penyakit BAPB dilakukan pada tiga varietas tebu yang berbeda pada lahan yang tahun sebelumnya terdapat serangan penyebab penyakit. Pengamatan insidensi penyakit diamati tiap minggu selama delapan minggu. Data insidensi penyakit digunakan untuk menganalisis model perkembangan penyakit, AUDPC, dan laju infeksi penyakit BAPB tebu. Data mingguan kondisi anasir cuaca diambil dari BMKG Bandara Sultan Mahmud Badaruddin, Palembang. Sampel tanah diambil dari tiga kategori insidensi penyakit, yaitu sehat (tidak ada serangan), sedang (insidensi penyakit 25.1%–50%), dan berat (insidensi penyakit 50.1%–75%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyakit berkembang mengikuti model monomolekuler dan logistik. Nilai AUPDC dan laju infeksi ( $r$ ) pada model monomolekuler lebih kecil dibandingkan dengan model logistik. Koefisien efek langsung curah hujan dan kelembapan relatif pada penyakit ialah positif (1.27 dan 0.46 berturut-turut), bertentangan dengan suhu dan durasi iradiasi yang memiliki koefisien negatif (-0.33 dan -0.45 berturut-turut). Sementara itu, K tersedia dan permeabilitas berpengaruh positif pada penyakit, sedangkan kandungan N total dan Fe tersedia berpengaruh negatif pada penyakit.

Kata kunci: anasir cuaca, AUDPC, kondisi tanah, model penyakit, *Xylaria*

#### **ABSTRACT**

Root and basal stem rot is a new disease that currently appears to be a problem in sugarcane plantations in Lampung and South Sumatra. This study was aimed to determine the model of disease progress, area under disease progress curve (AUDPC), infection rate ( $r$ ), and the influence of weather factors and soil conditions (physical and chemical properties of the soil) on the development of root rot and sugarcane stem disease in South Sumatra. Observation of disease incidence was carried out on three different varieties of sugarcane on fields which had infected plants in previous year. The observation of disease incidences was observed weekly for eight weeks and then used to analyze models of disease progress, AUDPC, and infection rates. Weekly data on the weather conditions were taken from BMKG Sultan Mahmud Badaruddin Airport, Palembang. Soil samples were taken from three categories of disease incidences, namely healthy (no infection), moderate (disease incidence 25.1%–50%), and severe

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Hama dan Penyakit, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Jalan Flora 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta. 55281.  
Tel: 0274-523926, Surel: priyatmojo@ugm.ac.id.

(disease incidence 50.1%–75%). The results showed that the disease develops following monomolecular and logistic models. The AUPDC and infection rate ( $r$ ) in the monomolecular model were lower than in the logistic model. The direct effect coefficient of rainfall and relative humidity (RH) on the disease were positive (1.27 and 0.46 respectively), contrary the temperature and duration of irradiation which had a negative coefficient (-0.33 and -0.45, respectively). Meanwhile, K availability and permeability give a positive effect on the disease, while the total N and Fe availability give a negative effect on the disease.

Key words: AUDPC, disease model, soil properties, weather, *Xylaria*

## PENDUHLUAN

Penyakit busuk akar dan pangkal batang (BAPB) merupakan penyakit yang relatif baru di perkebunan tebu Indonesia. Penyakit ini pertama kali ditemukan di Lampung pada 1993 (Sitepu *et al.* 2010) dan baru-baru ini dilaporkan telah terjadi di Sumatera Selatan (Achadian *et al.* 2012; Maryono *et al.* 2017). Penyakit yang disebabkan oleh cendawan *Xylaria* ini menjadi masalah serius dan menimbulkan kerugian yang besar di Lampung dan Sumatera Selatan. Di Taiwan, berdasarkan karakter morfologinya, penyebab penyakit ini dinyatakan mirip dengan *X. warburgii* sehingga diberi nama *X. cf. warburgii* (Fang *et al.* 1986) dan di Lampung, penyebab penyakit ini dinyatakan mirip dengan *X. cf. warburgii* (Sitepu *et al.* 2010). Berdasarkan karakter morfologi dan molekulernya diketahui bahwa penyebab penyakit BAPB tebu di Di Sumatera Selatan ialah *X. arbuscula* (Maryono *et al.* 2019).

Kerugian yang diakibatkan oleh penyakit BAPB ini berupa penurunan bobot batang, rendemen, dan jumlah batang. Pada tanaman keprasan (*ratoon*), penyakit ini menyebabkan tanaman tidak tumbuh karena tanaman induknya mati. Keparahan penyakit BAPB di Lampung ialah 26% dan menyebabkan penurunan hasil sampai dengan 15% (Sitepu *et al.* 2010). Di Taiwan, penyakit tersebut mengakibatkan kehilangan hasil sekitar 5% pada tanaman dari bibit (*plant cane*) dan 30% atau lebih pada tanaman keprasan pertama (Fang dan Lee 1994). Kehilangan hasil ini terus meningkat seiring bertambahnya regenerasi tanaman (keprasan, kedua, dan ketiga) karena inokulum penyakit yang terus meningkat.

Metode pengendalian yang efektif dan efisien untuk menekan kehilangan hasil akibat penyakit BAPB tebu sampai saat ini belum tersedia. Upaya yang biasa dilakukan untuk menekan kehilangan hasil yang besar ialah dengan penanaman kembali. Namun, metode ini kurang efisien dan hanya efektif pada tanaman dari bibit, sedangkan pada tanaman keprasan pertama penyakit tetap akan tinggi. Oleh karena itu, pengembangan metode pengendalian yang efektif dan efisien terhadap penyakit ini perlu terus diusahakan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan ialah dengan memahami komponen epidemi (faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan) penyakit tersebut (Bowen 2004).

Data terkait komponen epidemi suatu penyakit seperti insidensi penyakit, pola penyebaran penyakit, model perkembangan penyakit, dan pengaruh faktor lingkungan (kondisi cuaca dan tanah) pada perkembangan penyakit perlu dikaji. Penelitian ini bertujuan mengkaji komponen epidemi penyakit BAPB tebu di Sumatera Selatan.

## BAHAN DAN METODE

### Insidensi Penyakit BAPB Tebu

Data insidensi penyakit BAPB tebu diperoleh melalui survei di perkebunan tebu di Sumatera Selatan (3° 26' 16.6" LS dan 104° 40' 09.8" BT) dari Mei sampai dengan Juni 2017. Penentuan blok pengamatan dilakukan secara terpilih, yaitu pada lahan yang tahun sebelumnya dilaporkan terjadi penyakit BAPB tebu. Sebanyak tiga blok digunakan sebagai titik pengamatan yang mewakili varietas tebu yang ditanam (tebu varietas CM 0903, PSBM

901, dan KK [Kidjang Kencana]). Pada setiap blok ditentukan dua titik pengamatan yang masing-masing terdiri atas 100 rumpun tebu (10 baris x 10 rumpun). Insidensi penyakit (IP) dihitung menggunakan rumus;

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

$n$ , jumlah rumpun sakit; dan  $N$ , jumlah total rumpun yang diamati (100 rumpun). Pengamatan insidensi penyakit dilakukan selama delapan minggu. Selanjutnya, data insidensi penyakit digunakan untuk menentukan model perkembangan penyakit, nilai kurva di bawah perkembangan penyakit (AUDPC/*Area Under Disease Progress curve*), dan nilai laju infeksi ( $r$ ).

### Model Perkembangan Penyakit dan Laju Infeksi ( $r$ )

Model perkembangan penyakit BAPB tebu di lapangan diuji dengan tiga model yang umum digunakan, yaitu model monomolekuler, logistik, dan Gompertz (Xu 2006). Data insidensi penyakit ( $x$ ) terlebih dahulu ditransformasi dengan  $\ln(1/(1-x))$  untuk model monomolekuler,  $\ln(x/(1-x))$  untuk model logistik, dan  $-\ln(-\ln(x))$  untuk model Gompertz. Selanjutnya, data hasil transformasi diregresikan dengan regresi linear sederhana terhadap waktu pengamatan penyakit ( $t$ ). Model perkembangan penyakit terbaik ialah model yang memberikan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) terbesar. Jika didapatkan nilai  $R^2$  sama, maka diambil model yang memberikan nilai kuadrat tengah galat (KTG) terkecil (Xu 2006). Nilai laju infeksi merupakan nilai koefisien regresi dari model perkembangan penyakit terpilih.

### Daerah Di Bawah Kurva Perkembangan Penyakit (AUDPC).

Luas daerah di bawah kurva perkembangan penyakit dihitung dengan rumus sebagai berikut (Cooke 2006):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{(X_{i+1} \times X_i)}{2} \right] \times (t_{i+1} - t_i), \text{ dengan}$$

$n$ , jumlah pengamatan;  $X_i$ , insidensi penyakit pada pengamatan awal (sebelumnya);  $X_{i+1}$ ,

insidensi penyakit pada pengamatan berikutnya;  $t_i$ , waktu pengamatan awal (sebelumnya); dan  $t_{i+1}$ , waktu pengamatan berikutnya.

### Pola Penyebaran Penyakit

Pola penyebaran penyakit BAPB tebu dianalisis berdasarkan pola penyebaran kerusakan tanaman tebu akibat penyakit BAPB berupa tanaman tebu keprasan yang tidak tumbuh. Pola penyebaran kerusakan tanaman akibat penyakit BAPB, selanjutnya dibandingkan dengan pola penyebaran tanaman sakit yang disusun oleh Brown (1997). Pengamatan pola penyebaran penyakit dilakukan pada blok pengamatan. Pada titik pengamatan (100 rumpun) juga diamati penyebaran tanaman sakit di antara tanaman sehat dengan membuat sketsa untuk mengetahui penyebaran spasial dan temporal dari penyakit BAPB.

### Pengaruh Anasir Cuaca Pada Perkembangan Penyakit

Pengaruh anasir cuaca pada perkembangan penyakit BAPB tebu diuji dengan analisis jalur. Analisis ini dapat menggambarkan pengaruh langsung dan tidak langsung dari anasir cuaca terhadap perkembangan penyakit serta dapat menentukan anasir cuaca yang paling berpengaruh terhadap perkembangan penyakit (Bowers *et al.* 1990). Pada analisis ini, insidensi penyakit merupakan peubah tak bebas ( $Y$ ) sedangkan anasir cuaca sebagai peubah bebas ( $X$ ). Data anasir cuaca yang analisis meliputi curah hujan, suhu, kelembaban relatif (RH), dan lama penyinaran yang di ambil dari BMKG Bandara Sultan Mahmud Badarudin, Palembang.

### Pengaruh Kondisi Tanah (Sifat Kimia dan Fisika) pada Insidensi Penyakit BAPB Tebu

Pengaruh kondisi tanah pada insidensi penyakit BAPB tebu juga diuji dengan analisis lintas (*path analysis*). Sampel tanah dari petak dengan katogeri insidensi penyakit sedang (insidensi penyakit 25.1%–50%), berat (insidensi penyakit 50.1%–75%), dan sehat (tidak ada serangan) diambil dan dianalisis sifat kimia dan fisiknya. Sampel tanah diambil sampai kedalaman 10 cm dari permukaan tanah. Sebanyak lima titik

sampel diambil dari masing-masing insidensi penyakit lalu dikompositkan. Sampel tanah komposit selanjutnya di bawa ke laboratorium untuk dianalisis. Khusus untuk analisis permeabilitas tanah, sampel tanah diambil menggunakan cincin sampel tanah dan sampel tidak dikomposit. Analisis sampel tanah yang dilakukan meliputi pH, C-organik, N-total, P dan K tersedia, Ca, Mg, Fe, Zn, kapasitas pertukaran kation (KPK), dan permeabilitas. Analisis sifat kimia dan fisika tanah tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Hasil analisis kondisi tanah selanjutnya dianalisis lintas. Dalam analisis ini, insidensi penyakit sebagai peubah tak bebas (Y) dan komponen sifat kimia dan fisika tanah sebagai peubah bebas (X).

## HASIL

### Insidensi Penyakit

Hasil pengamatan terhadap perkembangan insidensi penyakit BAPB pada tiga varietas

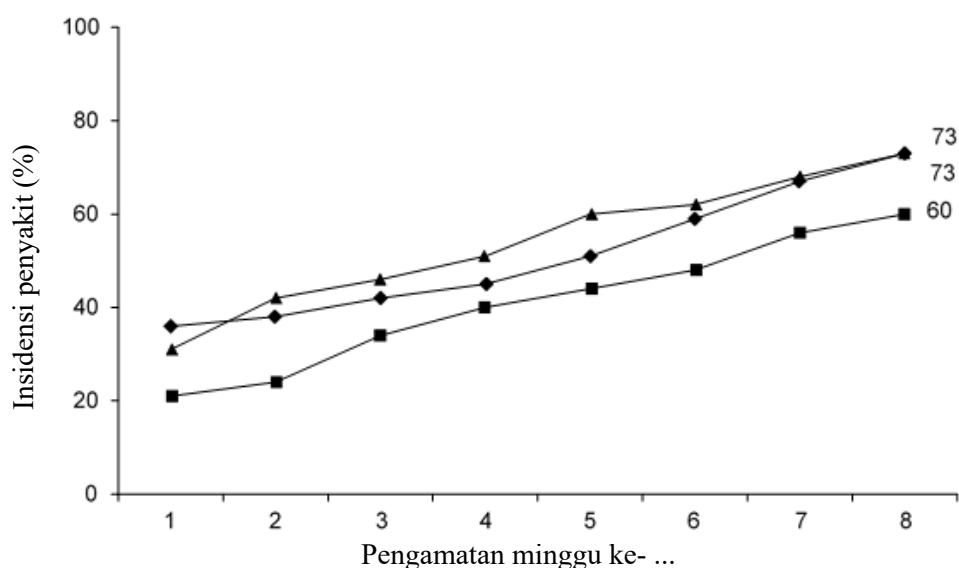
tebu berbeda dengan kondisi tanaman seperti pada Tabel 1 disajikan pada Gambar 1. Perkembangan insidensi penyakit BAPB tebu bervariasi antar petak dan antarvarietas. Pada tebu varietas KK dan PSBM 901 insidensi penyakit pada akhir pengamatan mencapai 73%, sedangkan pada tebu varietas CM 0903 mencapai 60%.

### Model Perkembangan Penyakit dan Nilai Laju Infeksi (r)

Perkembangan penyakit BAPB pada tiga varietas tebu memiliki model yang berbeda. Pada tebu varietas KK dan PSBM 901, penyakit ini berkembang mengikuti model logistik, sedangkan pada tebu varietas CM 0903 penyakit ini berkembang mengikuti model monomolekuler (Tabel 2). Hasil analisis data perkembangan insidensi penyakit pada masing-masing varietas yang diamati didapatkan nilai laju infeksi (r) yang berbeda-beda. Nilai laju infeksi (r) pada tebu varietas KK ialah 0.41, pada tebu varietas PSBM 901

Tabel 1 Kondisi tanaman tebu sebagai sampel pengamatan insidensi penyakit busuk akar dan pangkal batang

Varietas tebu	Umur tanaman (bulan)	Generasi tanaman
KK	10	Keprasan 3
PSBM 901	10	Keprasan 2
CM 0903	10	Keprasan 2



Gambar 1 Grafik perkembangan insidensi penyakit busuk akar dan pangkal batang pada tiga varietas tebu. —◆—, PSBM 901; —■—, CM 0903; dan —▲—, KK.

ialah 0.34, dan pada tebu varietas CM 0903 ialah 0.14 (Tabel 3).

**Nilai AUDPC**

Penghitungan nilai AUDPC dari data perkembangan insidensi penyakit pada masing-masing varietas yang diamati didapatkan nilai yang berbeda-beda. Nilai AUDPC pada tebu varietas KK ialah 21.155, pada tebu varietas PSBM 901 ialah 20.27, dan pada tebu varietas CM 0903 ialah 18.45 (Tabel 3).

**Pengaruh Anasir Cuaca Pada Perkembangan Insidensi Penyakit BAPB**

Hasil analisis lintas terhadap hubungan antara anasir cuaca dan perkembangan insidensi penyakit BAPB tebu menunjukkan bahwa kondisi anasir cuaca berpengaruh pada perkembangan penyakit baik secara langsung

maupun tidak langsung. Curah hujan dan kelembaban relatif (RH) memiliki pengaruh positif terhadap perkembangan insidensi penyakit BAPB. Suhu dan lama penyinaran memberikan pengaruh negatif terhadap perkembangan insidensi penyakit BAPB (Gambar 2).

**Pengaruh Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Insidensi Penyakit**

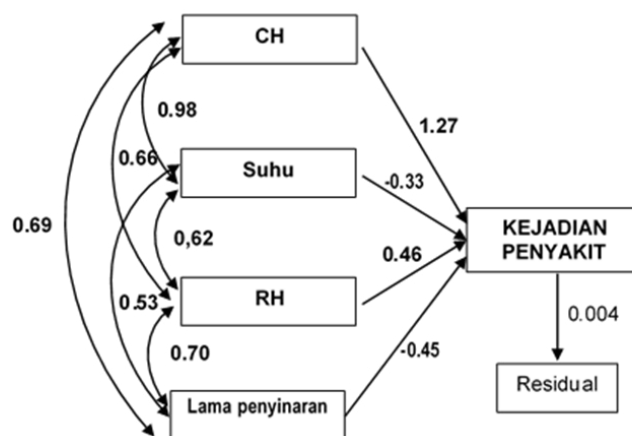
Hasil analisis lintas pengaruh kondisi tanah pada insidensi penyakit didapatkan bahwa semua komponen kondisi tanah yang dilihat berpengaruh pada insidensi penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung. Komponen sifat kimia dan fisika tanah yang pengaruh besar pada insidensi penyakit ialah Fe tersedia, N total, K tersedia, dan permeabilitas (Gambar 3).

Tabel 2 Model perkembangan penyakit pada tiga varietas tebu

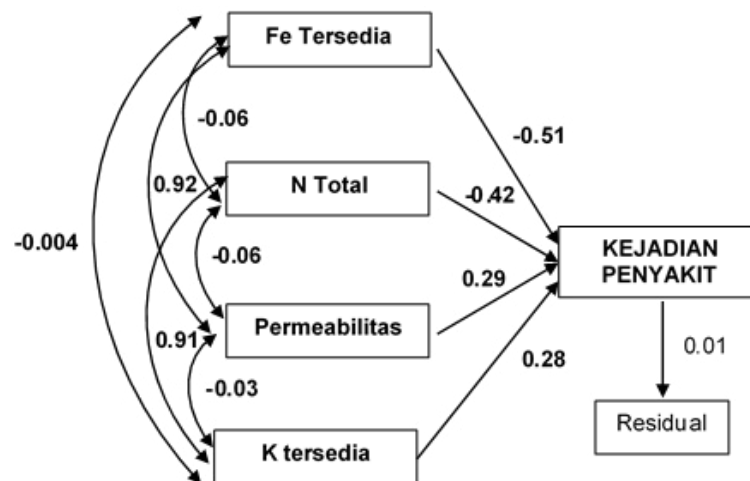
Varietas	Model perkembangan penyakit terpilih	Persamaan regresi
KK	Polisiklis	$y = 0.0413x - 0.754$ $R^2 = 0.9825$
PSBM 901	Polisiklis	$y = 0.0342x - 0.765$ $R^2 = 0.9504$
CM 0903	Monomolekuler	$y = 0.014x + 0.204$ $R^2 = 0.9894$

Tabel 3 Luas daerah di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC) dan nilai laju infeksi (r) pada tiga varietas tebu

Varietas tebu	Peubah	
	AUDPC	Laju infeksi (r)
KK	21.15	0.041
PSBM 901	20.27	0.034
CM 0903	18.45	0.014



Gambar 2 Diagram hasil analisis lintas pengaruh anasir cuaca pada perkembangan insidensi penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu.



Gambar 3 Diagram hasil analisis lintas pengaruh kondisi tanah (sifat kimia dan fisika tanah) pada insidensi penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu.

## PEMBAHASAN

Hasil analisis model perkembangan penyakit BAPB pada tiga varietas tebu yang diamati didapatkan dua model perkembangan berbeda, yaitu model logistik dan model monomolekuler. Secara umum, untuk penyebab penyakit tular tanah (seperti penyebab penyakit BAPB tebu), model perkembangan penyakitnya mengikuti model perkembangan bunga sederhana (monomolekuler). Hal ini karena inokulum penyebab penyakit tular tanah cenderung tetap sepanjang tahun (Benson 1994) dan penyebarannya terbatas hanya pada tanaman sekitar atau tanaman terdekat (Leclerc *et al.* 2013). Meskipun demikian, penyebab penyakit tular tanah dapat juga berkembang mengikuti model perkembangan bunga majemuk (Campbell dan Benson 1994). Penyebab penyakit tular tanah yang dilaporkan berkembang mengikuti model bunga majemuk antara lain *F. avenaceum* pada lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) (El-Hamalawi dan Stanghellini 2005), *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* dan *F. oxysporum* f. sp. *basilici* pada tomat dan basil (Rekah *et al.* 2000), *Leptosphaeria maculans* pada *Brassica napus* (Hua Li *et al.* 2007).

Pada penyakit BAPB, faktor yang diduga memungkinkan terjadinya infeksi berulang sehingga penyakit berkembang mengikuti

model perkembangan bunga majemuk (model logistik) ialah adanya penularan penyakit melalui spora (konidia dan atau askospora). Penyebab penyakit BAPB tebu dapat membentuk baik konidia maupun askospora. Di lapangan, penyebab penyakit BAPB banyak membentuk stroma aseksual (menghasilkan konidia) pada tanaman tebu sakit. Sementara itu, stroma seksual (menghasilkan askospora) juga dapat ditemukan di lapangan meskipun lebih sulit dibandingkan dengan menemukan stroma aseksual. Meskipun demikian dugaan ini masih perlu dikaji lebih lanjut untuk membuktikannya. Hal ini karena konidia yang dihasilkan oleh penyebab penyakit BAPB tebu di Taiwan tidak dapat menginfeksi tanaman karena tabung kecambah yang dibentuk mudah terdegradasi sehingga tidak dapat melanjutkan tahapan proses patogenesis selanjutnya (Fang dan Lee 1994). Selain itu aksospora juga tidak dapat menginfeksi tanaman tebu sehat secara langsung, tetapi harus hidup sebagai saprofit pada sisa-sisa tanaman tebu terlebih dahulu dan kemudian menginfeksi tanaman sehat melalui sistem perakaran (Fang dan Lee 1999). Kondisi ini bisa berbeda karena penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu yang ada di Taiwan dan Sumatera Selatan berbeda.

Pada tiga varietas tebu yang diamati didapatkan nilai AUDPC dan nilai laju infeksi berbeda-beda. Varietas CM 0903 menunjukkan

nilai AUDPC dan nilai laju infeksi lebih rendah dibandingkan dengan varietas PSBM 901 dan varietas KK. Hasil ini mengindikasikan bahwa varietas CM 0903 memiliki ketahanan terhadap penyebab penyakit BAPB yang lebih baik dibandingkan dengan varietas PSBM 901 dan varietas KK. Hal ini didukung oleh Maryono (2019) yang melaporkan bahwa keparahan penyakit BAPB pada varietas KK yang lebih tinggi daripada varietas CM 0903. Dengan demikian wajar bila nilai AUDPC dan nilai laju infeksi varietas CM 0903 lebih rendah. Varietas-varietas dengan ketahanan lebih baik akan menyebabkan perkembangan penyakit terhambat dan sebaliknya, varietas dengan ketahanan rendah akan menghasilkan perkembangan penyakit yang lebih cepat. Debora *et al.* (2012) dan Hwang *et al.* (2012) melaporkan bahwa penyakit akar gada pada Canola yang disebabkan *P. brassicae* berkembang lebih cepat pada kultivar dengan ketahanan rendah dibandingkan dengan pada kultivar dengan ketahanan tinggi.

Faktor lain yang diduga menyebabkan terjadinya perbedaan nilai AUDPC dan nilai  $r$  pada tiga varietas tebu yang diamati ialah atribut penyebab penyakitnya, yaitu inokulum. Kondisi tanaman tebu pada penelitian ini berbeda-beda. Tanaman tebu varietas KK yang diamati ialah tanaman keprasan ketiga, sedangkan pada tebu varietas PSBM 901 dan CM 0903 tanaman yang diamati adalah tanaman keprasan kedua. Kondisi ini memungkinkan jumlah inokulum penyebab penyakit pada tanaman keprasan ketiga lebih banyak karena terjadi akumulasi dari tanaman PC, keprasan pertama, dan keprasan kedua. Sementara itu pada dua varietas tebu lainnya kemungkinan jumlah inokulumnya lebih sedikit karena akumulasi inokulum hanya dari tanaman PC dan keprasan pertama. Hwang *et al.* (2013) melaporkan bahwa penanaman canola dengan ketahanan yang rendah secara berulang mengakibatkan adanya peningkatan inokulum *P. brassicae* dalam tanah dan meningkatkan insidensi penyakit.

Hasil analisis lintas antara kondisi anasir cuaca dengan perkembangan penyakit memperlihatkan bahwa kondisi anasir cuaca

berupa curah hujan dan RH berpengaruh positif, sedangkan suhu dan lama penyinaran berpengaruh negatif. Curah hujan dan RH tinggi (suhu rendah dan lama penyinaran pendek) merupakan kondisi yang sesuai untuk perkembangan penyebab penyakit dari kelompok cendawan (Agrios 2005). Pada kondisi curah hujan dan RH tinggi, diduga cendawan penyebab penyakit BAPB berkembang dan memulai kontak dengan akar tanaman inang, melakukan penetrasi, dan infeksi. Menurut Fang dan Lee (1999), pada kondisi yang mendukung, yaitu air tanah yang tersedia cukup dan RH tinggi, inokulum primer (askospora) *Xylaria* berkembang dan menginfeksi sisa-sisa tanaman tebu dan selanjutnya menyebar pada tanaman sehat dengan melakukan kontak dengan akar (inokulasi), masuk ke jaringan akar (penetrasi), berkembang dalam akar (infeksi), dan menyebar menuju pangkal batang (kolonisasi).

Hasil analisis lintas antara kondisi tanah dengan insidensi penyakit memperlihatkan bahwa kandungan N total dan Fe tersedia dalam tanah memberikan pengaruh negatif pada perkembangan penyakit BAPB. Sementara itu, K tersedia dan permeabilitas tanah berpengaruh positif pada perkembangan penyakit BAPB. Kondisi tanah berupa N total berpengaruh negatif pada insidensi penyakit BAPB, artinya bahwa peningkatan N total dalam tanah akan menurunkan insidensi penyakit BAPB dan sebaliknya. Pada tanaman, hara N dibutuhkan untuk pertumbuhan, perkembangan, dan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Mur *et al.* 2016; Thalineau *et al.* 2016). Hal ini karena N berperan dalam berbagai metabolisme dan merupakan penyusun berbagai komponen tanaman seperti protein, asam nukleat, klorofil, ko-enzim, fitohormon, dan metabolit sekunder (Hawkesford *et al.* 2012). Hubungan negatif antara insidensi penyakit dengan N total dalam tanah telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, seperti Lecompte *et al.* (2010) pada tanaman tomat terhadap *Botrytis cinerea*, dan Linquist *et al.* (2008) pada tanaman padi terhadap *Rhizoctonia oryzae-sativae*. Peran N dalam

menekan suatu penyakit dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu adanya perubahan ketahanan tanaman, pengaruh langsung N pada penyebab penyakit, dan perubahan komposisi mikroba tanah (Huber dan Watson 1974).

Kondisi tanah berupa Fe tersedia berpengaruh negatif pada insidensi penyakit BAPB, artinya bahwa adanya peningkatan Fe tersedia dalam tanah akan menurunkan insidensi penyakit BAPB dan sebaliknya. Pada tanaman, Fe berperan penting dalam berbagai proses metabolisme tanaman. Unsur Fe dibutuhkan tanaman sebagai katalis aktivitas berbagai protein (enzim) yang terlibat dalam proses metabolisme seperti respirasi, fotosintesis, dan pembentukan dan replikasi DNA (Broadley *et al.* 2012; Verbon *et al.* 2017). Unsur Fe juga berperan dalam respons ketahanan tanaman terhadap infeksi penyakit (Greenshields *et al.* 2014; Aznar *et al.* 2015). Dong *et al.* (2016) melaporkan bahwa ketersediaan Fe yang tinggi mampu menurunkan perkecambahan dan pertumbuhan *F. oxysporum*, menurunkan produksi asam fusarik penyebab penyakit, dan pada akhirnya menurunkan keparahan penyakit pada tanaman pisang. Peran Fe dalam menekan suatu penyakit dapat terjadi melalui katalisasi pembentukan ROS (*reactive oxygen species*), meningkatkan ekspresi gen ketahanan PR1, deposisi kalose, akumulasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, peningkatan akumulasi *p*-coumaroylagmatine, dan aktivasi gen FER1 yang berperan dalam menjaga kesetabilan jumlah Fe dalam tanaman (Kieu *et al.* 2012; Aznar *et al.* 2015).

Kondisi tanah berupa K tersedia berpengaruh positif pada insidensi penyakit BAPB, artinya bahwa adanya peningkatan K tersedia dalam tanah akan meningkatkan insidensi penyakit dan sebaliknya. Pada tanaman, K berperan pada berbagai proses biokimia dan fisiologi tanaman seperti fotosintesis, aktivasi enzim, sintesis protein, regulasi osmotik, pergerakan stomata, transport floem, mengatur keseimbangan kation-anion dalam tanaman, dan ketahanan tanaman terhadap stres biotik maupun abiotik (Walters dan Bingham 2007; Wang *et al.* 2013). Hubungan positif antara insidensi

penyakit dengan K tersedia dalam tanah telah dilaporkan oleh banyak peneliti di antaranya, yaitu May-De-Mio *et al.* (2008) pada tanaman plum terhadap *Monilinia fructicola*, Nam *et al.* (2016) pada tanaman stroberi terhadap *C. gloeosporioides*, dan Davis *et al.* (2018) pada tanaman gandum terhadap *Blumeria graminis*. Mekanisme meningkatnya ketahanan tanaman terhadap suatu penyebab penyakit karena kekurangan K diduga terjadi oleh adanya peningkatan ROS (Ashley *et al.* 2006; Amtmann *et al.* 2008; Troufflard *et al.* 2010). ROS merupakan suatu molekul yang berperan penting dalam respons ketahanan tanaman terhadap berbagai stress biotik (termasuk penyebab penyakit) dan stress abiotik (Torres *et al.* 2006; O'Brien *et al.* 2012; Baxter *et al.* 2014), ROS juga memiliki sifat antimikroba (Fang 2011).

Hasil analisis lintas memperlihatkan bahwa kondisi fisika tanah berupa permeabilitas tanah memberikan pengaruh positif pada insidensi penyakit BAPB. Artinya, semakin tinggi nilai permeabilitas tanah, maka penyakit BAPB berkembang lebih baik. Hubungan permeabilitas tanah dengan perkembangan suatu penyakit (penyakit-penyakit perakaran) terjadi secara tidak langsung, yaitu melalui tekstur dan struktur tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi (memiliki ruang pori banyak dan tidak padat) merupakan tipe tanah dengan resistensi penetrasi rendah. Tanah tipe ini sangat baik untuk pertumbuhan akar tebu, dan sebaliknya (Otto *et al.* 2011; Baquero *et al.* 2012). Pada penyebaran cendawan, adanya ruang pori yang banyak dan tanah tidak padat juga memungkinkan cendawan untuk menyebar lebih cepat. Strunnikova *et al.* (2014) melaporkan bahwa cendawan *F. culmorum* berkembang lebih baik pada tanah dengan kandungan pasir yang lebih banyak. Thomsen *et al.* (2018) melaporkan bahwa indeks risiko *R. solani* pada tanaman jagung lebih tinggi pada tanah dengan kandungan pasir yang tinggi.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penyakit BAPB pada varietas tebu yang berbeda berkembang dengan model perkembangan berbeda. Selain itu, varietas tebu



berbeda juga menunjukkan respons berbeda pada perkembangan penyakit yang dilihat dari nilai AUDPC dan laju infeksi. Sementara itu, kondisi lingkungan baik komponen cuaca maupun kondisi tanah menunjukkan pengaruh yang besar pada berkembangnya penyakit. Fakta-fakta ini dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan penyakit BAPB di lapangan untuk menekan kerugian yang ditimbulkan. Pemilihan varietas, pemilihan waktu tanam, dan pemupukan yang sesuai dapat menjadi faktor yang menentukan tingkat keberhasilan upaya menekan kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit BAPB.

Pengetahuan tentang komponen epidemi dari suatu penyakit merupakan informasi dasar yang penting guna merumuskan upaya pengendalian penyakit yang bersangkutan. Penelitian komponen epidemi penyakit BAPB tebu di Sumatera Selatan ini merupakan penelitian tahap awal yang didasarkan pada survei. Selanjutnya masih diperlukan pengujian validitas terhadap temuan-temuan yang diperoleh dalam percobaan baik percobaan rumah kaca maupun lapangan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui penelitian hibah bersaing tahun 2016. Terima kasih kepada Direksi PTPN VII yang telah memberikan izin tempat penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achadian E, Kristini A, Magarey R, Sallam N, Samson P, Goebel FR, Lonie K. 2012. Sugarcane pests and diseases—field guide—Indonesian version. Indonesian Sugar Research Institute, BSES Limited, Australian Centre for International Research.
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. 5<sup>th</sup> edition. New York (US). Elsevier Academic Press.
- Amtmann A, Troufflard S, Armengaud P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*. 133:682–691. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01075.x>.
- Ashley MK, Grant M, Grabov A. 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *J Exp Bot*. 57:425–436. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erj034>.
- Aznar A, Chen NWG, Thomine S, Dellagi A. 2015. Immunity to plant pathogens and iron homeostasis. *Plant Sci*. 240:90–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.08.022>.
- Baquero JE, Ralisch R, Medina CDC, Tavares Filho J, Guimarães MDF. 2012. Soil physical properties and sugarcane root growth in a red oxisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36(1):63–70. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100007>.
- Baxter A, Mittler R, Suzuki N. 2014. ROS as key players in plant stress signalling. *J Experimental Bot*. 65:1229–1240. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ert375>.
- Benson DM. 1994. Inoculum. Di dalam: Campbell CL, Benson DM, editor. *Epidemiology and Management of Root Disease*. Berlin (GER): Springer-Verlag. Hlm 1–33. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-85063-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-85063-9_1).
- Bowen KL. 2004. Plant disease epidemiology. Di dalam: Trigiano RN, Windham MT, Windham AS, editor. *Plant pathology: concepts and laboratory exercises*. Florida (US): CRC Press LLC. Hlm 476–499.
- Bowers JH, Sonoda RM, Mitchell DJ. 1990. Path coefficient analysis of the effect of rainfall variables on the epidemiology of *Phytophthora* blight of pepper caused by *Phytophthora capsici*. *Phytopathol*. 80:1439–1446. DOI: <https://doi.org/10.1094/Phyto-80-1439>.
- Broadley M, Brown P, Cakmak I, Rengel Z, Zhao F. 2012. Function of nutrients: micronutrients. Di dalam: Marschner P, editor. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego (US): Academic Press. Hlm 191–248. DOI:

- <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8>.
- Brown J. 1997. Survival and dispersal of plant parasites: General concepts. Di dalam: Brown JF, Ogle HJ, editor. *Plant Pathogens and Plant Diseases*. New South Wales (AU): Rockvale Publication. Hlm 195–206.
- Campbell CL, Benson DM. 1994. Spatial aspects of the development of root disease epidemics. Di dalam: Campbell CL, Benson DM, editor. *Epidemiology and Management of Root Disease*. Berlin (GER): Springer-Verlag. Hlm 195–243. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-85063-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-85063-9_7).
- Cooke BM. 2006. Disease assessment and yield loss. Di dalam Cooke BM, Jones DG, Kaye B, editor: *The Epidemiology of plant diseases*. 2<sup>nd</sup> edition. Dordrecht (NED): Springer. Hlm 43–80. DOI: [https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6\\_2](https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6_2).
- Davis JL, Armengaud P, Larson TR, Graham IA, White PJ, Newton AC, Amtmann A. 2018. Contrasting nutrient–disease relationships: potassium gradients in barley leaves have opposite effects on two fungal pathogens with different sensitivities to jasmonic acid. *Plant Cell Environ*. 41:2357–2372. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.13350>.
- Debora A, Gossen BD, McDonal MR. 2012. Infection and development of *Plasmodiophora brassicae* in resistant and susceptible canola cultivars. *Canadian J Plant Pathol*. 34:239–247. DOI: <https://doi.org/10.1080/07060661.2012.681071>.
- Dong X, Wang M, Ling N, Shen Q, Guo S. 2016. Effects of iron and boron combinations on the suppression of Fusarium wilt in banana. *Scientific reports*. 6: 38944. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep38944>.
- El-Hamalawi ZA, Stanghellini ME. 2005. Disease development on lisianthus following aerial transmission of *Fusarium avenaceum* by adult shore flies, fungus gnats, and moth flies. *Plant Dis*. 89:619–623. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-89-0619>.
- Fang FC. 2011. Antimicrobial actions of reactive oxygen species. *mBio*. 2(5):e00141-11. DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.00141-11>.
- Fang JG, Hsieh WH, Hu CH, Lee CS. 1986. Survival of *Xylaria* sp. in the soil and the effect of green manure application on disease incidence. Report of the Taiwan Sugar Research Institute. 112:21–26.
- Fang JG, Lee CS. 1999. Penetration and infection of sugarcane by *Xylaria* cf. *warburgii*. Report of The Taiwan Sugar Research Institute. 59–66.
- Fang JG, Lee CS. 1994. Host range of *Xylaria* cf. *warburgii*. *Sugar Cane*. 2:6–11.
- Greenshields DL, Liu G, Wei Y. 2007. Roles of iron in plant defence and fungal virulence. *Plant Signal Behav*. 2:300–302. DOI: <https://doi.org/10.1242/jcs.001362>.
- Hawkesford M, Horst W, Kichey T, Lambers H, Schjoerring J, Møller IS, White P. 2012. Functions of macronutrients. Di dalam: Marschner P, editor. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3<sup>rd</sup> ed. San Diego (US): Academic Press. Hlm 134–188. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>.
- Hua Li, Sivasithamparam K, Barbetti MJ. 2007. Soilborne ascospores and pycnidiospores of *Leptosphaeria maculans* can contribute significantly to blackleg disease epidemiology in oilseed rape (*Brassica napus*) in Western Australia. *Aus Plant Pathol*. 36:439–444. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP07048>.
- Huber DM, Watson RD. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Annu Rev Phytopathol*. 12:139–165. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.001035>.
- Hwang SF, Ahmed HU, Zhou Q, Rashid A, Strelkov SE, Gossen BD, Peng G, Turnbull GD. 2013. Effect of susceptible and resistant canola plant on *Plasmodiophora brassicae* resting spore population in the soil. *Plant Pathol*. 62:404–412. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02636.x>.
- Hwang SF, Ahmed HU, Zhou Q, Strelkov SE, Gossen BD, Peng G, Turnbull GD. 2012. Assessment of the impact of resistant and

- susceptible canola on *Plasmodiophora brassicae* inoculum potential. *Plant Pathol.* 61:945–952. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02582.x>.
- Kieu NP, Aznar A, Segond D, Rigault M, Simond-Cote E, Kunz C, Soulie MC, Expert D, Dellagi A. 2012. Iron deficiency affects plant defence responses and confers resistance to *Dickeya dadantii* and *Botrytis cinerea*. *Mol Plant Pathol.* 13: 816–827. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00790.x>.
- Leclerc M, Dore T, Gilligan SA, Lucas P, Filipe JAN. 2013. Host growth can cause invasive spread of crops by soilborne pathogens. *PLoS ONE.* 8(5):e63003. DOI:10.1371/journal.pone.0063003.
- Lecompte F, Abro M, Nicot P. 2010. Contrasted responses of *Botrytis cinerea* isolates developing on tomato plants grown under different nitrogen nutrition regimes. *Plant Pathol.* 59:891–899. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02320.x>.
- Linquist BA, Byous E, Jones G, Williams JF, Six J, Horwath W, van Kessel C. 2008. Nitrogen and potassium fertility impacts on aggregate sheath spot disease and yields of rice. *Plant Production Sci.* 11:260–267. DOI: <https://doi.org/10.1626/pps.11.260>.
- Maryono T. 2019. Kajian penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu (*Xylaria* sp.). [Disertasi]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Maryono T, Widiastuti A, Priyatmojo A. 2017. Penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu di Sumatera Selatan. *J Fitopatol Indones.* 13(2):67–71. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.13.2.67>.
- Maryono T, Widiastuti A, Murti RH, Priyatmojo A. 2019. Identification and characterization of the causal agent of sugarcane root and basal stem rot in South Sumatra, Indonesia. *Sugar Tech.* DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00749-2>.
- May-De-Mio LL, Tutida I, Motta ACV, Dolinski MA, Serrat BM, Monteguti D. 2008. Rate of application of nitrogen and potassium in relation to brown rot and scab in plum ‘Reubennel’ in the region of Araucária, Paraná. *Tropical Plant Pathol.* 33:35–40. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762008000100006>.
- Mur LAJ, Simpson C, Kumari A, Gupta AK, Gupta KJ. 2016. Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals Bot.* 119:703–709. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw179>.
- Nam YJ, Tran LSP, Kojima M, Sakakibara H, Nishiyama R, Shin R. 2012. Regulatory roles of cytokinins and cytokinin signaling in response to potassium deficiency in *Arabidopsis*. *PLoS ONE.* 7(10):e47797. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047797>.
- O’Brien JA, Daudi A, Butt VS, Bolwel GP. 2012. Reactive oxygen species and their role in plant defence and cell wall metabolism. *Planta.* 236:765–779. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1696-9>.
- Otto R, Silva AP, Franco HCJ, Oliveira ECA, Trivelin PCO. 2011. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. *Soil Tillage Res.* 117:201–210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.005>.
- Rekah Y, Shtienberg D, Katan J. 2000. Disease development following infection of tomato and basil foliage by airborne conidia of the soilborne pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* and *F. oxysporum* f. sp. *basilici*. *Phytopathol.* 90:1322–1329. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.12.1322>.
- Sitepu R, Sunaryo, Widyatmoko K, Purwoko H. 2010. Root and basal stem rot disease of sugarcane in Lampung, Indonesia. *Proceeding International Society Sugarcane Technology.* 27:1–7.
- Strunnikova OK, Vishnevskaya NA, Ruchiy AS, Shakhnazarova NY, Vorobyov NI, Chebotar VK. 2014. The influence of soils with different textures on development, colonization capacity and interactions between *Fusarium culmorum* and *Pseudomonas fluorescens* in soil and on barley roots. *Plant Soil.* DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2351-y>.

- Thalineau E, Truong HN, Berger A, Fournier C, Boscari A, Wendehenne D, Jeandroz S. 2016. Cross-regulation between N metabolism and nitric oxide (NO) signaling during plant immunity. *Front Plant Sci.* 7:472. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00472>.
- Thomsen G, Birr T, Klink H, Verreet JA. 2018. Geographic distribution and disease severity of different *Rhizoctonia* species pathogenic towards maize in different regions in Germany and France. *J Plant Dis Protec.* 125(5):461–468. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0178-0>.
- Torres MA, Jones JD, Dangl JL. 2006. Reactive oxygen species signaling in response to pathogens. *Plant Physiol.* 141:373–378. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.106.079467>.
- Troufflard S, Mullen W, Larson TR, Graham IA, Crozier A, Amtmann A, Armengaud P. 2010. Potassium deficiency induces the biosynthesis of oxylipins and glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. *BMC Plant Biol.* 10:172. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2229-10-172>.
- Verbon EH, Trapet PL, Stringlis IA, Kruijs S, Bakker PAHM, Pieterse CMJ. 2017. Iron and immunity. *Annu Rev Phytopathol.* 55:355–375. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035537>.
- Walters DR, Bingham IJ. 2007. Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Ann Appl Biol.* 151: 307–324. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00176.x>.
- Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *Int J Mol Sci.* 14:7370–7390. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>.
- Xu X. 2006. Modelling and interpreting disease progress in time. Di dalam: Cooke BM, Jones DG, Kaye B, editor. *The Epidemiology of plant diseases. 2<sup>nd</sup> ed.* Amsterdam (NED): Springer-Verlag. Hlm 215–238. DOI: [https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6\\_8](https://doi.org/10.1007/1-4020-4581-6_8).