KORELASI SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH DENGAN INTENSITAS PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG TANAMAN LADA

Correlation of Physical and Chemical Soil Characteristics with Intensity of Foot Rot Disease of Black Pepper

LA ODE SANTIAJI BANDE¹⁾, BAMBANG HADISUTRISNO²⁾, SUSAMTO SOMOWIYARJO²⁾,
BAMBANG HENDRO SUNARMINTO²⁾, DAN ABDUL WAHAB³⁾,

¹⁾Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Jl. H.E.A. Mokodompit, Kendari 93231

²⁾Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada
Jl. Flora. Bulaksumur, Yogyakarta 55281

³⁾Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tenggara, Badan Litbang Pertanian
Jl. Prof. Muh. Yamin No. 89 Kendari 93114

e-mail: Ls.bande@yahoo.co.id

Diterima: 26-2-2016; Direvisi: 14-3-2016; Disetujui: 4-4-2016

ABSTRAK

Intensitas penyakit busuk pangkal batang lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* di Sulawesi Tenggara mencapai 61,2%, dan sulit dikendalikan karena patogennya terbawa tanah serta perkembangannya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi sifat fisika dan kimia tanah pada pertanaman lada dengan intensitas penyakit busuk pangkal batang. Intensitas penyakit diukur dari setiap subpetak berukuran 15 m x 15 m yang terdiri dari 36-40 tanaman. Sampel tanah berasal dari rizosfir tanaman lada pada setiap subpetak kemudian dicampur dan diambil secara komposit. Analisis sifat fisika dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Korelasi antara data intensitas penyakit dengan sifat fisik serta kimia tanah diolah menggunakan analisis lintas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesuburan tanah pada pertanaman lada di lokasi penelitian termasuk rendah. Sifat fisika dan kimia tanah yang berpengaruh langsung terhadap rendahnya intensitas penyakit busuk pangkal batang lada adalah tingginya kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), K dan P tersedia, serta lengas tanah pada kapasitas lapang. Sedangkan yang mendukung perkembangan penyakit adalah tingginya kandungan fraksi liat dan pasir, porositas, N total, C-organik, dan salinitas. Strategi pengendalian penyakit busuk pangkal batang di daerah Sulawesi Tenggara dapat dilakukan dengan meningkatkan KTK, KB, K dan P tersedia, serta perbaikan tekstur tanah yang mampu menurunkan tingginya fraksi liat, pasir dan porositas tanah.

Kata kunci: lada, tanah, penyakit busuk pangkal batang, strategi pengendalian.

ABSTRACT

Foot rot disease of black pepper caused by *Phytophthora capsici* is the most destructive disease in Southeast Sulawesi. The disease intensity is 61.2%. This disease is difficult to control because the pathogen is soil borne and influenced by various complex environmental conditions. The study aimed to determine the correlation of physical and chemical soil characteristics with disease intensity of foot rot of black pepper. Disease intensity was assessed from the subplots of black pepper plantation of 15x15 m² consisting of 36-40 plants. Soil samples were randomly taken from the rhizosphere of the plants in each sub plot, mixed and taken as a composite. The physical and chemical analyses were conducted in the laboratory of Physics and Chemistry of the Faculty of Agriculture, Gajah

Mada University. Disease intensity and soil characteristics were analyzed its correlation using a path analysis. The results showed that soil fertility in the study area was low. The path analyses indicated that physical and chemical properties that correlated with low disease intensity were high cation exchange capacity (CEC), base saturation (BS), potassium and phosphor available as well as moisture at field capacity, whereas those induced disease development were high content of clay fraction, sand fraction, porosity, total N, C-organic and salinity. The control strategy for foot rot disease in Southeast Sulawesi was possibly by increasing CEC, BS, potassium and phosphor available, as well as by improvement of soil texture that can lower high fraction of clay, sand and soil porosity.

Keywords: black pepper, soil, foot rot disease, control strategy.

PENDAHULUAN

Penyakit busuk pangkal batang lada merupakan penyakit yang merugikan bagi petani lada di berbagai sentra produksi lada, termasuk Sulawesi Tenggara. Perkiraan kehilangan hasil akibat penyakit ini pada tahun 2010 sebesar Rp. 16 miliar (DIREKTORAT PERLINDUNGAN PERKEBUNAN, 2011). Intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Sulawesi Tenggara pada tahun 2011 mencapai 61,2% (BANDE *et al.*, 2014a). Tingginya intensitas penyakit sangat merugikan petani lada karena telah merugikan secara ekonomi. Penyakit busuk pangkal batang lada yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* merupakan patogen terbawa tanah (BANDE *et al.*, 2011) dan mempunyai keragaman genetik yang tinggi (CHAERANI *et al.*, 2013). Tanaman lada yang terinfeksi *P. capsici* menyebabkan pembusukan pada pangkal batangnya sehingga suplai air dan hara menjadi terhambat, tanaman menjadi layu dan mati.

Patogen terbawa tanah merupakan organisme yang sebagian siklus hidupnya berada di dalam tanah dan perkembangannya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan

dalam tanah. Sifat-sifat tanah berpengaruh terhadap populasi, reproduksi, daya tahan, penyebaran, dan kemampuan patogen untuk menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada tanaman (NURHAYATI, 2013). Inokulum dari *P. capsici* berupa oospora dapat bertahan dalam tanah selama 36 bulan (BABADOOST dan PAVON, 2013). Inokulum *P. capsici* pada kelembaban >80% dan suhu antara 20–28 °C dapat bertahan beberapa tahun dalam tanah tanpa tanaman inang (NGUYEN, 2015). Kondisi lingkungan tanah yang kompleks menentukan perkembangan penyakit terbawa tanah.

Pemahaman ekologi tanah yang mempengaruhi kehidupan patogen dan tanaman merupakan landasan untuk mengembangkan strategi pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada. Sifat-sifat tanah, seperti kandungan nutrisi, sangat berpengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap intensitas penyakit busuk pangkal batang lada. Perlakuan tanah dapat mengurangi intensitas penyakit busuk pangkal batang lada (NGUYEN, 2015) dan inokulum *P. capsici* menjadi berkurang (SANG *et al.*, 2010; KUMAR *et al.*, 2012). Kandungan kalium (K), fosfor (P) dan C-organik dalam tanah berpengaruh terhadap perkembangan kejadian penyakit tanaman (RAHMAWANTO *et al.*, 2015). Secara tidak langsung, sifat fisika dan kimia tanah dapat juga menciptakan kondisi tanaman yang rentan terhadap infeksi patogen.

Setiap lokasi budidaya pertanian mempunyai sifat fisika dan kimia tanah yang berbeda sehingga pengaruhnya terhadap intensitas penyakit akan berbeda pula. Variasi jenis tanah mempengaruhi laju infeksi penyakit busuk pangkal batang lada (BANDE *et al.*, 2015). Kondisi lokasi yang bervariasi menyebabkan strategi pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada akan berbeda sesuai dengan karakteristik lokasinya. Oleh karena itu, analisis sifat-sifat tanah yang mempengaruhi intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Provinsi Sulawesi Tenggara sangat penting untuk dilakukan. Pemahaman pengaruh sifat fisik dan kimia tanah terhadap peningkatan penyakit secara baik akan berimplikasi pada penyusunan strategi pengendalian penyakit busuk pangkal batang lada yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara sifat fisika dan kimia tanah dengan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Provinsi Sulawesi Tenggara dan Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini berlangsung mulai bulan Januari sampai Juni 2011.

Metode Penarikan Sampel

Penelitian diawali dengan melakukan survei pada pertanaman lada untuk mengamati intensitas penyakit dan

mengambil sampel tanah. Lokasi penelitian ditentukan menggunakan metode purposif dengan kriteria merupakan sentra pertanaman lada dengan varietas lokal telah terserang penyakit busuk pangkal batang minimal dalam dua tahun terakhir (endemik), budidayanya menggunakan tajar hidup (gamal), dan umur tanaman 6–8 tahun.

Kabupaten terpilih yaitu Kabupaten Konawe Selatan, Kabupaten Konawe, dan Kabupaten Kolaka Timur. Tiap kabupaten dipilih 2 kecamatan dan setiap kecamatan dipilih 2 desa/kelurahan sebagai lokasi penarikan sampel pertanaman lada. Teknik penarikan sampel untuk pengamatan intensitas penyakit dilakukan secara sistematis dengan sampel utama adalah unit kebun petani. Apabila dalam satu desa/kelurahan hanya mempunyai satu hamparan kebun maka sampelnya hanya satu unit, apabila lebih dari satu hamparan kebun yang terpisah maka diambil 2 unit sampel sehingga keseluruhannya diperoleh 15 unit sampel/lokasi. Pada setiap unit hamparan kebun dibuat sub petak pengamatan sebanyak 5 sub petak yang masing-masing berukuran 15 m x 15 m dengan populasi tanaman sebanyak 36–40 tanaman. Data intensitas penyakit pada masing-masing sub petak kemudian dirata-rata. Sampel tanah rizosfer diambil pada masing-masing sub petak selanjutnya dicampur rata menjadi satu sampel tanah komposit. Tanah yang diperoleh selanjutnya dianalisis sifat fisika dan kimianya di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Parameter Pengamatan dan Analisis Data

Variabel yang diamati adalah intensitas penyakit busuk pangkal batang lada, sifat fisika dan kimia tanah, dan status kesuburan tanah. Intensitas penyakit ditentukan berdasarkan rumus:

$$IP = \frac{\sum a}{\sum b} \times 100\%$$

IP : Intensitas penyakit (%)

$\sum a$: Jumlah tanaman yang layu

$\sum b$: Jumlah total tanaman sampel yang diamati (BANDE *et al.*, 2014a)

Parameter sifat fisika dan kimia tanah yang diamati, yaitu tekstur, porositas total, kadar lengas pF 2,54 (kapasitas lapangan), pH, C-organik, N-total, P tersedia, K tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), dan salinitas. Analisis karakteristik tanah menggunakan kriterium dari BALAI PENELITIAN TANAH (2009). Kriteria penentuan status kesuburan tanah berdasarkan pada kombinasi dari lima karakteristik tanah yaitu KTK, KB, C-organik, kadar P₂O₅ dan K₂O (PUSAT PENELITIAN TANAH, 1983).

Keeratan hubungan antar variabel (intensitas penyakit dan sifat fisika-kimia tanah) dianalisis menggunakan analisis korelasi. Besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap variabel tak bebas (terpengaruh) dan hubungan antar variabel diolah dengan menggunakan

analisis lintas (*path analysis*). Variabel tak bebas (Y) dalam analisis ini yaitu intensitas penyakit, sedangkan variabel bebasnya (X) adalah sifat fisika dan kimia tanah meliputi tekstur, porositas total, kadar lengas pF 2,4 (kapasitas lapangan), pH, C-organik, N-total, P tersedia, K tersedia, KTK (kapasitas tukar kation), KB (kejenuhan basa), dan salinitas. Melalui analisis lintas dapat diketahui pengaruh langsung dan tidak langsung sifat fisika dan kimia terhadap intensitas penyakit. Pengaruh langsung yaitu pengaruh suatu peubah bebas (sifat-sifat tanah) terhadap peubah tidak bebas (intensitas penyakit) secara langsung tanpa dipengaruhi oleh peubah bebas yang lainnya, sedangkan pengaruh tidak langsung yaitu pengaruh bebas terhadap peubah tidak bebas yang masih dipengaruhi oleh peubah bebas lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kesuburan Tanah dan Intensitas Penyakit Busuk Pangkal Batang

Data hasil analisis laboratorium sifat-sifat tanah dan intensitas penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada disajikan pada Tabel 1. Tanah di lokasi penelitian mempunyai pH yang tergolong sangat masam sampai agak masam (3,85 – 5,78), C-organik sangat rendah sampai rendah (0,79 – 1,94%), N total sangat rendah sampai rendah (0,09 – 0,17%), P tersedia sangat rendah sampai rendah (0,96 – 5,92 ppm), K tersedia sangat rendah (0,08 – 0,27 mg/100g), salinitas sangat rendah (0,01 – 0,04 (dS/m), KTK rendah (6,78 – 12,63 me/100 g), dan KB sangat

rendah sampai sangat tinggi (15,48 – 82,08%). Sifat-sifat tanah yang dibutuhkan lada supaya tumbuh dan berproduksi baik adalah tanah gembur, pH berkisar antara 5–6,5, dan tidak tergenang bila musim hujan. Kandungan unsur hara yang optimal adalah N: 0,27%, P₂O₅: 0,29%, K₂O: 0,40%, MgO: 0,18%, CaO: 0,50%, dan bahan organik: >2% (KEMENTERIAN PERTANIAN, 2013).

Hasil penilaian status kesuburan tanah berdasarkan gabungan nilai KTK, KB, C-organik, kadar P₂O₅ dan K₂O, menunjukkan status kesuburan tanah di lokasi penelitian termasuk tingkat kesuburan rendah. Hal yang sama dilaporkan oleh ALAM *et al.* (2012a), menyatakan status kesuburan tanah di Provinsi Sulawesi Tenggara termasuk rendah. Tanah di Provinsi Sulawesi Tenggara didominasi oleh jenis Inceptisol dan Ultisol (ALAM *et al.*, 2012b) dan jenis tanah tersebut mempunyai tingkat kesuburan tanah yang relatif rendah (RUHNAYAT, 2011).

Status kesuburan tanah yang rendah di lokasi penelitian sangat mempengaruhi vigor tanaman lada sehingga menjadi rentan terhadap infeksi patogen. Intensitas penyakit akan meningkat pada tanah yang kekurangan unsur hara Kalium (RAHMAWANTO *et al.*, 2015). Intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di lokasi penelitian bervariasi dari kategori ringan sampai sangat berat. Kategori yang digunakan dalam menentukan berat ringannya intensitas penyakit yaitu sehat (intensitas penyakit 0), ringan (intensitas penyakit antara 1 ≤ 25%), sedang (intensitas penyakit > 25% – ≤ 50%), berat (intensitas penyakit > 50% – ≤ 75%), dan sangat berat (intensitas penyakit > 75%) (TOMBE *et al.*, 2012).

Tabel 1. Hasil analisis tanah dan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Sulawesi Tenggara
Table 1. The result of soil analysis and intensity of foot rot disease in black pepper in Southeast Sulawesi

No.	pH	C-organik (%) C-organic (%)	N total (%) Total N (%)	P tersedia (ppm) Available P (ppm)	K tersedia (mg/100gr) Available K (mg/100gr)	Salinitas (dS/m) Salinity (dS/m)	KTK (me/100g) CEC (me/100g)	Kejenuhan Basa (%) Base Saturation (%)	Porositas (%) Porosity (%)	Lengas pF 2,54(%) Moisture (%)	Liat (%) Clay (%)	Pasir (%) Sand (%)	IP (%) DI (%)
1	4,46 SM*	0,95 SR*	0,09 SR*	3,13 SR*	0,10 SR*	0,02 SR*	7,11 R*	21,94 R*	45,86	27,65	17,20	49,68	89,8
2	3,95 SM	1,44 R	0,11 R	3,16 SR	0,09 SR	0,01 SR	9,05 R	24,97 R	45,31	25,33	18,43	42,91	68,6
3	5,05 M	1,12 R	0,09 SR	5,92 R	0,08 SR	0,01 SR	6,78 R	20,50 R	44,58	28,17	16,59	32,53	36,5
4	4,54 M	1,45 R	0,13 R	3,19 SR	0,21 SR	0,01 SR	11,11 R	41,40 S	47,26	32,93	29,44	26,03	24,8
5	4,56 M	1,49 R	0,15 R	2,69 SR	0,27 SR	0,02 SR	12,63 R	32,46 R	51,27	39,98	32,75	17,49	20,5
6	4,45 SM	1,29 R	0,12 R	2,61 SR	0,22 SR	0,04 SR	9,50 R	60,95 T	51,12	32,17	19,65	35,63	27,8
7	5,78 AM	1,44 R	0,14 R	4,77 SR	0,16 SR	0,03 SR	9,24 R	74,89 T	48,15	33,18	23,17	26,24	21,6
8	4,84 M	1,45 R	0,12 R	2,61 SR	0,15 SR	0,02 SR	10,62 R	38,61 R	53,24	35,06	20,51	26,08	42,0
9	5,34 M	1,90 R	0,15 R	3,62 SR	0,20 SR	0,03 SR	8,76 R	82,08 ST	50,81	26,37	18,80	44,72	59,0
10	4,63 M	0,79 SR	0,11 R	0,96 SR	0,15 SR	0,02 SR	6,89 R	67,20 T	50,51	21,32	15,20	55,65	87,8
11	3,86 SM	1,11 R	0,12 R	4,20 SR	0,13 SR	0,01 SR	10,04 R	17,83 SR	51,59	31,98	20,19	31,55	41,3
12	3,97 SM	1,75 R	0,13 R	5,92 R	0,20 SR	0,01 SR	9,82 R	16,60 SR	51,16	36,36	21,23	28,05	19,6
13	3,86 SM	1,94 R	0,17 R	2,61 SR	0,26 SR	0,02 SR	11,05 R	15,48 SR	49,06	34,84	26,13	24,88	71,6
14	3,85 SM	1,27 R	0,11 R	1,55 SR	0,12 SR	0,02 SR	9,56 R	19,35 SR	47,94	28,04	22,75	33,12	94,4
15	4,56 M	1,91 R	0,11 R	2,59 SR	0,26 SR	0,02 SR	12,10 R	22,48 R	50,71	33,57	26,45	14,69	22,0

Keterangan: IP = Intensitas Penyakit; *SM = Sangat Masam; M = Masam; AM = Agak Masam; SR = Sangat Rendah; R = Rendah; S = Sedang; T = Tinggi; ST = Sangat Tinggi

Note: DI = Disease Intensity; VA = Very Acid; A = Acid; RA = Rather Acid; VL = Very Low; L = Low; m = Moderate; H = High; H = Very High

Koefisien Korelasi dan Koefisien Lintas Sifat-Sifat Tanah dengan Intensitas Penyakit Busuk Pangkal Batang

Analisis korelasi dapat memberikan informasi tentang adanya sifat-sifat tanah yang memiliki hubungan dengan intensitas penyakit busuk pangkal batang, baik hubungan positif maupun negatif (Tabel 2). Sifat-sifat tanah yang berhubungan positif nyata dengan intensitas penyakit adalah fraksi pasir, sedangkan yang berhubungan negatif nyata adalah P tersedia, KTK, dan lengas tanah pF 2,54. Sifat fisik dan kimia lainnya tidak berhubungan secara nyata dengan intensitas penyakit. Hasil analisis ini memberikan informasi bahwa tingginya fraksi pasir berhubungan dengan tingginya intensitas penyakit, sedangkan peningkatan P tersedia, KTK, dan lengas tanah pF 2,54 menurunkan intensitas penyakit.

Nilai korelasi ini belum dapat memberikan gambaran kejadian sebenarnya di alam tentang pengaruh sifat-sifat tanah terhadap intensitas penyakit, karena korelasi tidak dapat menunjukkan adanya hubungan sebab akibat antara sifat-sifat tanah (sebagai variabel bebas) dengan intensitas penyakit busuk pangkal batang (sebagai variabel tak bebas). Sebagai contoh, nilai koefisien korelasi porositas tanah (X₉) adalah negatif dan tidak nyata (Tabel 2), tetapi nilai koefisien pengaruh langsungnya pada analisis lintas adalah positif besar (Tabel 3). Nilai korelasi ini perlu ditelusuri

lebih lanjut dengan menggunakan analisis lintas untuk mengetahui pengaruh langsung dan tidak langsung suatu variabel bebas terhadap variabel tak bebas (YUNIANTI *et al.*, 2010).

Hasil analisis lintas menunjukkan terjadi perubahan nilai koefisien dari beberapa sifat fisika dan kimia tanah. Perubahan koefisien dari negatif pada analisis korelasi menjadi positif pada pengaruh langsungnya terjadi pada variabel C-organik, N total, porositas dan fraksi liat (Tabel 3). Perubahan nilai koefisien tersebut memberikan informasi bahwa variabel-variabel tersebut secara langsung meningkatkan intensitas penyakit, tetapi karena adanya pengaruh variabel lain (pengaruh tidak langsungnya) menyebabkan pengaruh totalnya (koefisien korelasi) menjadi negatif. Penerapannya untuk mengurangi intensitas penyakit adalah memperhatikan pengaruh tidak langsungnya yang berkontribusi terhadap penurunan intensitas penyakit. Sebagai contoh, fraksi liat (X₁₁) secara langsung meningkatkan intensitas penyakit, tetapi secara tidak langsung melalui variabel K, KTK, lengas tanah, dan fraksi pasir menurunkan intensitas penyakit. Oleh karena itu, untuk menurunkan intensitas penyakit pada tanah-tanah yang kandungan liatnya tinggi harus diikuti dengan peningkatan K tersedia, KTK, dan tetap mempertahankan lengas tanah pada kapasitas lapang.

Tabel 2. Matriks korelasi sifat fisika dan kimia tanah dengan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Sulawesi Tenggara

Table 2. Correlation matrix between physical and chemical soil characteristic and intensity of foot rot disease in black pepper in Southeast Sulawesi

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
X ₁	1											
X ₂	0,01	1										
X ₃	0,06	0,67**	1									
X ₄	0,24	0,16	0,03	1								
X ₅	-0,01	0,67	0,72	-0,20	1							
X ₆	0,45	0,11	0,27	0,32	0,34	1						
X ₇	-0,23	0,64	0,57	-0,17	0,76	-0,01	1					
X ₈	0,73	-0,04	0,25	-0,15	0,13	0,68	-0,23	1				
X ₉	-0,02	0,28	0,42	-0,23	0,56	0,33	0,49	0,24	1			
X ₁₀	-0,07	0,51	0,51	0,26	0,64	0,00	0,80	-0,28	0,44	1		
X ₁₁	-0,09	0,51	0,58*	0,12	0,73**	-0,04	0,89**	-0,18	0,20	0,76**	1	
X ₁₂	0,02	-0,58*	-0,39	-0,21	-0,59*	0,10	-0,84**	0,34	-0,28	-0,87**	-0,80**	1
Y	-0,32	-0,38	-0,24	-0,53*	-0,47	-0,02	-0,52*	-0,08	-0,32	-0,71**	-0,48	0,71**

Keterangan: *dan ** masing-masing nyata pada taraf 0,05 dan 0,01; X₁ = pH; X₂ = C; X₃ = N; X₄ = P; X₅ = K; X₆ = salinitas; X₇ = KTK CEC; X₈ =KB BS; X₉ = porositas; X₁₀ = lengas pF 2,54; X₁₁ = liat; X₁₂ = pasir; Y = intensitas penyakit

Note: * and ** significant at 0,05 and 0,01 levels respectively; X₁ = pH; X₂ = C; X₃ = N; X₄ = P; X₅ = K; X₆ = salinity; X₇ = CEC; X₈ = BS; X₉ = porosity; X₁₀ = moisture pF 2,54; X₁₁ = clay; X₁₂ = sand; Y = disease intensity

Tabel 3. Matriks koefisien lintas pengaruh langsung dan tidak langsung sifat fisika dan kimia tanah terhadap intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Sulawesi Tenggara
 Table 3. Path coefficient matrix of direct and indirect effect of physical and chemical characteristics of soil on the intensity of foot rot disease in black pepper in Southeast Sulawesi

Variabel Variable	Pengaruh langsung Direct effect	Pengaruh tidak langsung melalui variabel Indirect effect through variable												Pengaruh Total Total effect
		Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	
Z ₁	0,15	-	0,00	0,02	-0,14	0,01	0,13	0,22	-0,65	-0,01	0,02	-0,07	0,01	-0,32
Z ₂	0,39	0,00	-	0,27	-0,10	-0,45	0,03	-0,63	0,04	0,10	-0,19	0,41	-0,26	-0,38
Z ₃	0,41	0,01	0,26	-	0,02	-0,48	0,08	-0,56	-0,23	0,15	-0,19	0,46	-0,17	-0,24
Z ₄	-0,59	0,04	0,06	-0,01	-	0,14	-0,09	0,16	0,14	-0,08	-0,10	-0,10	-0,09	-0,53
Z ₅	-0,67	-0,00	0,26	0,29	0,12	-	0,10	-0,74	-0,11	0,20	-0,24	0,59	-0,26	-0,47
Z ₆	0,28	0,06	0,04	0,11	0,19	-0,23	-	0,01	-0,61	0,12	-0,00	-0,04	0,04	-0,02
Z ₇	-0,98	-0,03	0,25	0,23	0,10	-0,51	-0,00	-	0,21	0,18	-0,30	0,71	-0,38	-0,52
Z ₈	-0,89	0,11	-0,02	0,10	0,09	-0,08	0,19	0,22	-	0,09	0,11	-0,15	0,15	-0,08
Z ₉	0,36	-0,00	0,11	0,17	0,14	-0,38	0,09	-0,48	-0,21	-	-0,16	0,16	-0,13	-0,32
Z ₁₀	-0,37	-0,01	0,20	0,21	-0,15	-0,43	0,00	-0,78	0,25	0,16	-	0,61	-0,39	-0,71
Z ₁₁	0,81	-0,01	0,20	0,24	0,07	-0,49	-0,01	-0,87	0,16	0,07	-0,28	-	-0,36	-0,48
Z ₁₂	0,45	0,00	-0,23	-0,16	0,12	0,40	0,03	0,82	-0,30	-0,10	0,32	-0,64	-	0,71

R² = 0,99

Keterangan: Z₁ = pH; Z₂ = C-organik; Z₃ = N; Z₄ = P; Z₅ = K; Z₆ = salinitas; Z₇ = KTK; Z₈ = KB; Z₉ = Porositas; Z₁₀ = Lengan pF 2,54; Z₁₁ = Liat; Z₁₂ = Pasir

Note: Z₁ = pH; Z₂ = C-organic; Z₃ = N; Z₄ = P; Z₅ = K; Z₆ = salinity; Z₇ = CEC; Z₈ = BS; Z₉ = porosity; Z₁₀ = moisture pF 2,54; Z₁₁ = sand; Z₁₂ = sand

Sifat-sifat tanah yang nilai koefisien korelasinya negatif nyata dan tetap sejalan dengan nilai koefisien pengaruh langsung pada analisis lintas adalah P tersedia (X₄), K (X₅), KTK (X₇), KB (X₈) dan lengas tanah pF 2,54 (X₁₀), sedangkan yang nilai koefisien korelasinya positif nyata dan tetap sejalan dengan nilai koefisien pengaruh langsung pada analisis lintas adalah fraksi pasir (X₁₂). Apabila nilai korelasi antar sifat-sifat tanah dengan intensitas penyakit sama dengan nilai pengaruh langsungnya, maka nilai korelasi tersebut menunjukkan hubungan yang sesungguhnya sehingga pengaruh tidak langsungnya dapat diabaikan.

Peran Sifat-Sifat Tanah Terhadap Peningkatan Intensitas Penyakit Busuk Pangkal Batang

Sifat fisika dan kimia tanah yang mempunyai pengaruh langsung positif terhadap intensitas penyakit adalah pH (0,145), C-organik (0,388), N (0,410), salinitas (0,283), porositas (0,364), fraksi liat (0,805) dan fraksi pasir (0,447) (Tabel 3). Pengaruh langsung positif merupakan pengaruh dari suatu variabel bebas terhadap peningkatan intensitas penyakit secara langsung tanpa dipengaruhi oleh variabel bebas lainnya.

Peningkatan pH tanah secara langsung mempengaruhi peningkatan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada. Peningkatan intensitas penyakit ini disebabkan oleh jumlah populasi patogen yang menginfeksi tanaman semakin meningkat. *Phytophthora* sp. mampu berkembang pada berbagai kisaran pH tanah (HIDAYAH dan DJAJADI, 2009). Patogen *P. capsici* berkembang dengan baik pada kisaran pH antara 4,5–7 dan populasinya semakin meningkat seiring dengan peningkatan pH (BHAH et al., 2010). Pengaruh langsung pH terhadap peningkatan intensitas penyakit dapat dikurangi dengan mengoptimalkan pengaruh tidak langsungnya yakni peningkatan KB

C-organik dalam penelitian ini secara langsung meningkatkan intensitas penyakit tetapi pengaruh tidak langsungnya melalui variabel K, KTK, lengas, dan fraksi pasir mampu menurunkan intensitas penyakit. Peran langsung C-organik terhadap peningkatan intensitas penyakit berhubungan dengan berkurangnya mikroba antagonis yang menghambat *P. capsici*, sehingga mikroba yang banyak berkembang di rhizosfer tanaman lada adalah mikroba patogen (*P. capsici*). Berkurangnya mikroba agens antagonis disebabkan penggunaan herbisida yang tidak terkontrol di lokasi penelitian. BANDE et al. (2014a) melaporkan penggunaan herbisida di pertanaman lada di Sulawesi Tenggara sangat tinggi dan tidak terkendali. Penggunaan herbisida Parakuat yang tinggi pada tanah Ultisol menyebabkan penurunan populasi agensia hayati *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. (BANDE dan RAHMAN, 2007). Peran langsung C-organik ini dapat dikurangi melalui optimalisasi pengaruh tidak langsungnya yaitu melalui peningkatan K dan KTK.

Peningkatan N total menyebabkan peningkatan intensitas penyakit, karena nilai koefisien lintas dari pengaruh langsungnya yang besar dan positif (0,41) serta koefisien korelasinya kecil dan negatif (-0,24). Peran hara N total dalam meningkatkan intensitas penyakit didukung oleh pengaruh tidak langsungnya melalui variabel C-organik (X₂) dan fraksi liat (X₁₁). Interaksi antara N total dengan C-organik dan fraksi liat meningkatkan intensitas penyakit, tetapi interaksinya dengan K tersedia, KTK, dan fraksi pasir menurunkan intensitas penyakit. Oleh karena itu, pengaruh langsung N dalam meningkatkan intensitas penyakit dapat dikurangi dengan peningkatan K tersedia dan perbaikan KTK. FAHMI et al. (2010) dan RUHNAYAT (2011) mengemukakan bahwa pasokan N yang terlalu tinggi pada tanaman dapat menyebabkan meningkatnya ukuran sel sehingga daun dan batang tanaman menjadi

sukulen dan kurang keras. Kondisi yang demikian menurut KOIKE *et al.* (2011) dapat mengakibatkan tanaman rentan terhadap infeksi patogen.

Peran salinitas berdasarkan hasil analisis korelasi sangat rendah dan bahkan dapat diabaikan, tetapi hasil analisis lintas perannya secara langsung menjadi positif terhadap peningkatan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada. Salinitas tanah yang tinggi menyebabkan tanaman mengalami predisposisi terhadap infeksi patogen. Peningkatan salinitas menyebabkan peningkatan kejadian penyakit (SOULI *et al.*, 2014).

Nilai koefisien pengaruh langsung porositas tanah (X_9) hasil analisis lintas adalah positif besar yang menunjukkan bahwa peningkatan porositas tanah secara langsung meningkatkan intensitas penyakit. Peran porositas tanah dalam meningkatkan intensitas penyakit berkaitan dengan proses kehilangan hara yang tinggi akibat pencucian sehingga tanahnya menjadi miskin hara. Tanah-tanah yang relatif miskin unsur hara cenderung memiliki kejadian penyakit yang besar (SUSANTO *et al.*, 2013). Porositas tanah yang tinggi dapat meningkatkan intensitas penyakit busuk pangkal batang, juga disebabkan faktor akar tanaman yang lebih cepat bergerak ke sumber inokulum atau sebaliknya. Peran porositas tanah dalam meningkatkan intensitas penyakit menjadi berkurang setelah berinteraksi dengan K tersedia, KTK, KB, dan lengas tanah pF 2,54 (pengaruh tidak langsungnya). Oleh karena itu, pengaruh porositas tanah terhadap peningkatan penyakit dapat dikurangi dengan peningkatan K tersedia, KTK, KB, dan lengas tanah pF 2,54.

Fraksi liat (X_{11}) mempunyai koefisien pengaruh langsung yang positif besar terhadap intensitas penyakit busuk pangkal batang lada. Besarnya pengaruh langsung dalam meningkatkan intensitas penyakit disebabkan kemampuan fraksi liat dalam mengikat air tanah. Menurut INTARA *et al.* (2011), liat mempunyai permukaan yang luas dan bermuatan listrik sehingga makin banyak air yang diikat pada partikel tanah. Dampak pengaruh langsung yang besar ini dapat dieliminir oleh pengaruh tidak langsungnya melalui variabel K tersedia, KTK, lengas, dan fraksi pasir sehingga pengaruh totalnya menjadi kecil dan negatif. Faktor lain yang menyebabkan peningkatan intensitas penyakit pada kandungan liat yang tinggi berkaitan dengan defisiensi K. Unsur hara pada tanah yang bertekstur liat banyak terserap di dalam tanah sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman (RUHNAYAT, 2011). Tanah yang mempunyai kandungan kalium yang tinggi memiliki kejadian penyakit layu bakteri yang rendah (RAHMAWANTO *et al.*, 2015)

Fraksi pasir (X_{12}) memberikan pengaruh langsung positif besar terhadap intensitas penyakit, dan hal ini sejalan dengan nilai koefisien korelasinya yang juga positif, artinya fraksi pasir yang tinggi akan meningkatkan intensitas penyakit. Pasir mempunyai ukuran pori yang besar sehingga memudahkan pergerakan patogen dalam tanah. SUSANTO *et al.* (2013) melaporkan bahwa kejadian penyakit dan laju infeksi penyakit busuk pangkal batang pada kelapa

sawit di tanah bertekstur pasir ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan tekstur tanah lainnya. Untuk mengurangi intensitas penyakit busuk pangkal batang lada pada tanah pasir yang tinggi dapat dilakukan dengan mengoptimalkan pengaruh tidak langsungnya melalui perbaikan variabel C-organik, N, total, KB, lengas, dan liat.

Peran Sifat-Sifat Tanah Terhadap Penurunan Intensitas Penyakit Busuk Pangkal Batang Lada

Hasil analisis lintas pada Tabel 3, menunjukkan bahwa variabel yang mempunyai pengaruh langsung negatif terhadap intensitas penyakit adalah P tersedia (-0,594), K (-0,674), KTK (-0,978), KB (-0,893), dan lengas tanah pF 2,54 (-0,371). Variabel KTK, KB, K tersedia, dan P tersedia mempunyai nilai koefisien lintas yang besar dan negatif. Hal ini berarti peningkatan nilai variabel-variabel tersebut secara langsung akan menurunkan intensitas penyakit busuk pangkal batang. Penerapannya dalam pengelolaan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada adalah merekayasa lingkungan tanah agar terjadi peningkatan nilai KTK, KB, K dan P serta mempertahankan agar lengas tanah tetap pada kapasitas lapang sehingga tanaman lada tumbuh lebih sehat.

Peningkatan unsur P dan K tersedia akan dapat menurunkan intensitas penyakit busuk pangkal batang. Unsur hara P dalam tanaman berperan penting dalam menunjang proses fotosintesis, sedangkan unsur K dalam penyusunan komponen tanaman, seperti selulosa. Kandungan P dan K yang seimbang akan meningkatkan vigor tanaman lada sehingga lebih tahan terhadap infeksi *P. capsici*, terutama saat musim hujan. Pemberian nutrisi P dan K yang seimbang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen *Phytophthora* sp. (SCOTT *et al.*, 2015). RAHMAWANTO *et al.* (2015), melaporkan bahwa unsur K yang tinggi dapat menurunkan intensitas penyakit.

Peningkatan nilai KTK dan KB akan dapat meningkatkan penyediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman sehingga tanaman tumbuh dengan optimal. Unsur hara yang mudah diserap oleh tanaman menyebabkan vigor tanaman meningkat sehingga relatif lebih tahan terhadap infeksi patogen. Peningkatan nilai KTK dan KB secara langsung menurunkan intensitas penyakit (Tabel 3). Kation-kation basa umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman (SUDARYONO, 2009). Peranan kation-kation basa secara langsung mampu menurunkan intensitas penyakit busuk pangkal batang pada tanaman lada (BANDE *et al.*, 2014b).

Lengas tanah pF 2,54 (X_{10}) secara langsung mempunyai koefisien lintas negatif dan sejalan dengan koefisien korelasinya. Lengas tanah pF 2,54 merupakan air tersedia yang diserap langsung tanaman sehingga kebutuhan air bagi tanaman terpenuhi. Lengas tanah yang baik menyebabkan kelarutan unsur hara menjadi optimal dan mudah diserap oleh akar tanaman (TRIANA *et al.*, 2013). Penyerapan unsur hara yang baik dan optimal menyebabkan vigor tanaman menjadi lebih baik, sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen.

Hasil analisis dari penelitian ini (korelasi dan analisis lintas) lebih bersifat spesifik lokasi karena sangat dipengaruhi oleh perbedaan faktor lingkungan, sehingga penelitian ini memiliki keterbatasan dalam validitas eksternalnya. BANDE *et al.* (2015) melaporkan bahwa perubahan jenis tanah menyebabkan perbedaan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada. Kemampuan *P. capsici* dalam menginfeksi tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (LAMOUR *et al.*, 2011). Implikasi untuk strategi penerapan dari hasil penelitian ini akan lebih efektif pada pertanaman lada di daerah Sulawesi Tenggara, dan di daerah lain kemungkinan tidak efektif lagi. Oleh karena itu, setiap daerah sentra produksi lada akan memiliki strategi pengendalian yang berbeda pula sesuai dengan karakteristik daerahnya (spesifik lokasi).

KESIMPULAN

Tingkat kesuburan tanah pada pertanaman lada di daerah Sulawesi Tenggara termasuk rendah. Sifat fisika dan kimia tanah yang berpengaruh langsung terhadap rendahnya intensitas penyakit busuk pangkal batang lada adalah tingginya kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), K dan P tersedia, serta lengas tanah pada kapasitas lapang. Sedangkan yang mendukung perkembangan penyakit adalah tingginya kandungan fraksi liat dan pasir, porositas, N total, C-organik, dan salinitas. Strategi pengendalian penyakit busuk pangkal batang pada pertanaman lada di daerah Sulawesi Tenggara dapat dilakukan dengan meningkatkan KTK, KB, K dan P tersedia, serta perbaikan tekstur tanah yang mampu menurunkan tingginya fraksi liat, pasir dan porositas tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Asis, S.P., dan Muhammad, S.P. atas bantuannya dalam pengumpulan data dan pengambilan sampel tanah di lapangan, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ALAM, S., B.H. SUNARMINTO, dan S.A. SIRADZ. 2012a. Karakteristik kesuburan tanah pada kondisi iklim berbeda di Sulawesi Tenggara. *Majalah Ilmiah Agriplus*. 22(01): 77-84.
- ALAM, S., B.H. SUNARMINTO, dan S.A. SIRADZ. 2012b. Karakteristik bahan induk tanah dari formasi geologi kompleks ultramafik di Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. 2(2): 112-120.
- BABADOOST, M. and C. PAVON. 2013. Survival of oospores of *Phytophthora capsici* in soil. *Plant Disease*. 97(11): 1478-1483.
- BALAI PENELITIAN TANAH. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor. 234 hlm.
- BANDE, L.O.S. dan A. RAHMAN. 2007. Pengaruh herbisida parakuat terhadap jamur agensia hayati dan keparahan penyakit busuk pangkal batang lada. *Jurnal Agrivita*. 29(3): 278-283.
- BANDE, L.O.S., B. HADISUTRISNO, S. SOMOWIYARJO, dan B.H. SUNARMINTO. 2011. Karakteristik *Phytophthora capsici* isolat Provinsi Sulawesi Tenggara. *Majalah Ilmiah Agriplus*. 21(01): 75-82.
- BANDE, L.O.S., B. HADISUTRISNO, S. SOMOWIYARJO, dan B.H. SUNARMINTO. 2014a. Pola agihan dan intensitas penyakit busuk pangkal batang lada di Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. 4(1): 58-65.
- BANDE, L.O.S., T. WIJAYANTO, and GUSNAWATY HS. 2014b. The role of soil chemical properties (C/N ratio, exchangeable bases, and redox potential) toward disease incidence of foot rot disease in black pepper. *Proceeding Celebes International Conference on Earth Sciences*. Kendari. p. 418-423.
- BANDE, L.O.S., B. HADISUTRISNO, S. SOMOWIYARJO, dan B.H. SUNARMINTO. 2015. Epidemi penyakit busuk pangkal batang lada pada kondisi lingkungan yang bervariasi. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 15(1): 95-103.
- BHAI, R.S, S. RAJ and A. KUMAR. 2010. Influence of soil pH and moisture on the biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* on *Phytophthora capsici*-black pepper system. *Journal of Biological Control*. 24(2): 153-157.
- CHAERANI, S. KOERNIATI, dan D. MANOHARA. 2013. Analisis keragaman genetik *Phytophthora capsici* Leonian asal lada (*Piper nigrum* L.) menggunakan penanda molekuler. *Jurnal Littri*. 19(1): 23-32.
- DIREKTORAT PERLINDUNGAN PERKEBUNAN. 2011. Rekapitulasi data Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) tahun 2010. Direktorat Jenderal Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta. 54 hlm.
- FAHMI, A., SYAMSUDIN, S.N.H. UTAMI dan B. RADJAGUKGUK. 2010. Pengaruh interaksi hara Nitrogen dan Fosfor terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah Regosol dan Latosol. *Berita Biologi*. 10(3): 297-304.
- HIDAYAH, N. dan DJAJADI. 2009. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi perkembangan patogen tular tanah pada tanaman tembakau. *Perspektif* 8(2): 74-83.
- INTARA, Y.S., A. SAPEI, ERIZAL, N. SEMBIRING dan M.H.B. DJOEFRIE. 2011. Pengaruh pemberian bahan organik pada tanah liat dan lempung berliat terhadap kemampuan mengikat air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 16(2): 130-135.
- KEMENTERIAN PERTANIAN. 2013. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 10/PERMENTAN/OT.140/1/2013 tentang Pedoman

- Teknis Pembangunan Kebun Induk Lada. Berita Negara Republik Indonesia No. 132. Jakarta. 39 hlm.
- KOIKE, S.T., K.V. SUBBARAU, R.M. DAVIS, and T.A. TURUNI. 2011. Vegetable Disease caused by Soilborn Pathogen. ANR Publication 8099. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8099.pdf>. [diunduh tanggal 6 Februari 2011].
- KUMAR, N.R., K.R. KUMAR, and K. SESHAKIRAN. 2012. Management of Phytophthora foot rot disease in black pepper. *Green Farming*. 3(5): 583-585.
- LAMOUR, K.H., R. STAM, J. JUPE and E. HUITEMA. 2011. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. *Molecular Plant Pathology*. 13: 329-337.
- NGUYEN, V.L. 2015. Spread of *Phytophthora capsici* in black pepper (*Piper nigrum*) in Vietnam. *Engineering*. 7: 506-513.
- NURHAYATI. 2013. Tanah dan perkembangan patogen tular tanah. Prosiding Seminar Nasional VII. Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia. Meningkatkan Ketahanan Pangan dan Mencegah Kekeringan dan Kelangkaan Air. Palembang. hlm. 326-330.
- PUSAT PENELITIAN TANAH. 1983. Lampiran Tor of Reference Klasifikasi Kesesuaian Lahan. No.59b/1983. P3MT Balitbang Departemen Pertanian. Bogor. 23 hlm.
- RAHMAWANTO, D.G., A. MUHIBUDDIN, dan L.Q. AINI. 2015. Pengaruh faktor abiotik kimia tanah terhadap supressifitas tanah dalam mengendalikan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 3(2): 1-8.
- RUHNAYAT, A. 2011. Respon tanaman lada perdu terhadap pemupukan NPK pada jenis tanah Inceptisols dan Ultisols. *Buletin Litro*. 22(1): 23-32.
- SANG, M.K., J.G KIM, and K.D. KIM. 2010. Biocontrol activity and induction of systemic resistance in pepper by compost water extracts against *Phytophthora capsici*. *Phytopathology*. 100: 774-783.
- SCOTT, P.M., P.A. BARBER and G.E.S.J. HARDY. 2015. Novel phosphite and nutrient application to control *Phytophthora cinnamomi* disease. *Australasian Plant Pathology*. 44: 431-436.
- SOULI, M., P. ABAD-CAMPUS, A. PEREZ-SIERRA, S. FATTOUCH, J. ARMENGOL, and N. BOUGHALLEB-M'HAMDI. 2014. Etiology of apple tree dieback in Tunisia and abiotic factors associated with the disease. *African Journal of Microbiology Research*. 8(23): 2272-2281.
- SUDARYONO. 2009. Tingkat kesuburan tanah ultisol pada lahan pertambangan batubara Sangatta Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 10(3): 337-346.
- SUSANTO, A., A.E. PRASETYO, dan S. WENING. 2013. Laju infeksi *Ganoderma* pada empat kelas tekstur tanah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(2): 39-46.
- TOMBE, M., D. PANGERAN, dan T.S. HARYANI. 2012. Keefektifan formula minyak cengkeh dan serai wangi terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* penyebab busuk batang vanila. *Jurnal Littri*. 18(4): 143-150.
- TRIANA, A.N, H. AGUSTINA, dan S.A. AGUSTINA. 2013. Irigasi genangan untuk pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) Prosiding Seminar Nasional VII. Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia. Meningkatkan Ketahanan Pangan dan Mencegah Kekeringan dan Kelangkaan Air. Palembang. hlm. 165-173.
- YUNIANI, R., S. SASTROSUMARJO, S. SUJPRIHATI, M. SURAHMAN, dan S.H. HIDAYAT. 2010. Kriteria seleksi untuk perakitan varietas cabai tahan *Phytophthora capsici* Leonian. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38(2): 122-129.