

PERKEMBANGAN PENYAKIT LAPUK AKAR DAN PANGKAL BATANG TEBU (*Xylaria warburgii*) DI SUMATERA DAN STRATEGI PENGENDALIANNYA

*The Development of Root and Basal Stem Rots of Sugarcane (*Xylaria warburgii*) in Sumatera and its Control Strategies*

TITIEK YULIANTI

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute
Jalan Raya Karangploso Km 4 Malang, Jawa Timur, Indonesia
E-mail: tyuliant@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia, penyakit lapuk akar dan pangkal batangtebu yang disebabkan oleh jamur *Xylaria warburgii*, baru ditemukan di perkebunan tebu Lampung dan Palembang. Kerugian yang ditimbulkan cukup besar dan penyebarannya semakin luas. Perubahan alih fungsi lahan dan intensifikasi usaha perkebunan tebu selama tiga dasa warsa menyebabkan degradasi kesuburan tanah, menipisnya bahan organik, dan perubahan dominasi dan komposisi mikroba. Kondisi ini dapat memunculkan penyakit baru, misalnya penyakit lapuk akar dan batang. Gejala penyakit lapuk akar dapat dilihat pada perubahan warna daun yaitu menjadi kekuningan, layu kemudian mengering dan akhirnya tanaman mati. Di area yang endemik, gejala terlihat lebih jelas sebagai kelompok pertanaman yang kuning dan kering. Jika tidak ada inang baru, jamur bertahan dalam tunggul tebu lebih dari tujuh bulan sebagai saprofit dan akan kembali menginfeksi akar/pangkal batang tebu jika sudah tersedia. Kemampuannya bertahan hidup menyebabkan jamur ini sulit dikendalikan. Sampai saat ini pengendalian menggunakan fungsida selain mahal dan berdampak negatif, belum memberikan hasil yang memuaskan, Varietas tebu yang tersedia tidak ada yang tahan. Mengingat *X. warburgii* merupakan jamur tular tanah, maka strategi pengendaliannya tidak hanya dengan menangani jamur patogennya saja, tetapi juga harus mengembalikan keseimbangan ekosistem mikro dalam tanah melalui pengelolaan tanah. Perbaikan pengelolaan tanah dapat dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa komponen pengendalian, seperti pengolahan tanah minimum, solarisasi, penambahan pupuk silikon dan bahan organik termasuk vermikompos yang diperkaya dengan antagonis. Oleh karena itu, perlu upaya

penelitian serius untuk menguji efektivitas komponen-komponen tersebut di atas dan kelayakan ekonominya kemudian memadukannya agar memperoleh hasil yang optimum.

Kata kunci: Tebu, *Xylaria warburgii*, pengendalian terpadu, vermikompos, solarisasi

ABSTRACT

In Indonesia, root and basal stem rots of sugarcane caused by *Xylaria warburgii* is only found in sugarcane plantations in Lampung and Palembang. However, the disease has expanded gradually and caused significant yield losses. Land conversion and sugarcane plantation intensification for more than three decades have caused soil degradation, shallow organic matter and a changed of microbial domination and composition. This conditions triggered a new borne disease, such as root and basal stem rots.

As e result, the leaves became yellow, wilt, dry and eventually plant death. In endemic area, the late symptomwas more clearly as yellow and dry spots., the fungus survive more than seven months in the diseased stubble as a saprophyte and would infect root or basal stem later. The capability of the fungus survived in the absence of the hosts made it difficult to control. So far, fungicide was used to control the disease, and yet has not given satisfactory result. Beside expensive, fungicide was also gave negative impact to the environment. Meanwhile, resistant varieties for the fungus was not available. *X. warburgii* is a soil-borne pathogen, so the control strategy should not only control the fungus, but also repaired the soil microecosystem balance through improving soil management. The management could be applied by integrating some control components such as

minimum tillage, solarization, addition of silicon fertilizer and organic matter including antagonist enriched vermicompost are needed to control the disease. Therefore, we need intense studies to test effectiveness of those components and their feasibility, and then integrate them to gain optimum result.

Keywords: Sugarcane, *Xylaria warburgii*, integrated disease control, vermicompost, solarization

PENDAHULUAN

Penyakit lapuk akar dan pangkal batang merupakan penyakit tebu yang cukup potensial menurunkan produksi tebu, meskipun sebarannya masih di pulau Sumatera. Penyakit ini pertama kali dilaporkan di Perkebunan Tebu Gunung Madu Plantation (GMP) Lampung pada tahun 1993. Kebun tebu milik PT. Pemuka Sakti Manis Indah (PSMI) Lampung yang didirikan sekitar th 1990-an juga sudah mulai terserang (informasi pribadi dari Sitepu/staf peneliti penyakit GMP). Pada tahun 2013 penyakit lapuk akar dan pangkal batang dilaporkan mulai menjadi masalah di PG Cintamanis Palembang. Laporan terakhir pada Juli 2014, penyakit ini sudah menyebar di 162 petak kebun perkebunan tebu PG Cintamanis seluas 1533 ha dengan luas serangan 310,2 ha (Winarno, 2015). Di negara-negara penghasil tebu, penyakit lapuk ini jarang ditemukan kecuali di Taiwan, Puerto Rico dan Amerika Serikat (Fang and Lee, 2000). Lebih dari 700 ha perkebunan tebu di Taiwan terserang penyakit ini dengan kerugian 5% (untuk PC) sampai 30% (untuk raton) (Fang *et al.*, 1994). Sitepu *et al.* (2010) melaporkan bahwa tingkat keparahan penyakit menentukan tingkat penurunan produksi tebu dan kualitas gula. Tingkat keparahan penyakit sebesar 25 dan 26% akan menurunkan produksi gula berturut-turut 12.3 dan 15.4%.

Tulisan ini menguraikan perkembangan penyakit lapuk akar dan pangkal batang serta epidemiologi penyebabnya. Sampai saat ini belum ada teknik pengendalian yang mampu menurunkan serangan secara efektif. Dalam makalah ini dikemukakan strategi pengendalian terpadu melalui manajemen lingkungan tanah.

PENYEBAB MUNCULNYA LAPUK PANGKAL BATANG

Penyakit lapuk akar dan pangkal batang disebabkan oleh jamur *Xylaria cf. warburgii* (Sitepu *et al.*, 2010). Genus *Xylaria* biasanya ditemukan sebagai dekomposer di tanah-tanah hutan tropik (Osono *et al.*, 2011a) dan *Xylariaceae* merupakan famili jamur yang mampu mendekomposisi lignoselulosa dari 70-80% bahan organik segar (Osono and Takeda, 2001) dan memproduksi enzim ekstraseluler untuk mendekomposisi tanaman (Pointing *et al.*, 2005). U'ren *et al.* (2016) melaporkan bahwa selain umum hidup sebagai saprotrof, sebagian genus *Xylaria* sp. juga ada yang hidup sebagai endofit.

Menurunnya produksi dan produktivitas gula di tahun 1970-an menyebabkan pemerintah mencari alternatif pengembangan industri gula di luar Jawa, antara lain di Sumatera. Sebagian besar lahan perkebunan tebu di Sumatera berasal dari tanah hutan yang beralih fungsi. Perubahan vegetasi dari tanaman hutan ke tanaman perkebunan serta intensifikasi tanah secara terus menerus menyebabkan perubahan iklim mikro dan degradasi kesuburan tanah sehingga terjadi perubahan aktivitas mikrobia di dalam tanah.

Jamur *X. cf. warburgii* merupakan patogen tular tanah yang dapat bertahan hidup lama di dalam Hooker (1981) juga pernah melaporkan bahwa di Florida pernah terjadi kasus *Xylariasp.* menyerang tanaman kentang yang ditanam di lahan-lahan yang baru saja dibuka. PT. GMP memulai usahanya di lahan seluas 25 000 ha sekitar tahun 1975. Lahan tersebut berasal dari pembukaan hutan non produktif, padang alang-alang, dan rawa. PT. PSMI yang memulai usahanya sekitar tahun 1990 terserang *X. warburgii* sekitar tahun 2013. PT. PSMI berjarak sekitar 119 Km dari PT. GMP. PG. Cinta manis (Palembang) mulai membuka lahan sekitar tahun 1983 dan penyakit lapuk pangkal batang terdeteksi tahun 2013. Kondisi iklim di PT. GMP dan PT. Cintamanis hampir sama (Tabel 1).

Tabel 1. Kondisi PT. GMP dan PT. Cintamanis

	PT. GMP 1975	PT. Cinta Manis 1982
Tahun berdiri		
Gejala <i>Xylaria warburgii</i>	1993 (\pm 18 tahun)	2013 (31 tahun)
Curah Hujan	\pm 2700 mm / tahun	\pm 2500 mm / tahun
Hari Hujan	5-6 bulan basah	\pm 200 hari per tahun
Kelembapan Udara	-	81 %
Luas Areal Total	36.000 ha	20.301,08 Ha
Ketinggian	30-40 m dpl	10 – 20 mdpl
Topografi	datar	Bervariasi dari rata, landai sedang dan berbukit
Letak geografis	105°12'9" -105° 21'29" BT dan 4 ° 39'37" -4°48'17" LS	104°-110° BT dan 3°-15° LS
Jenis Tanah	Podzolik Merah Kuning (PMK) Reaksi masam, kahat fosfor, solum dangkal	Podzolik Merah Kuning (PMK) Reaksi masam, kahat fosfor, solum dangkal
Tekstur Tanah	Debu Berpasir ^{*)}	Lempung Berlapis
Ph	5.4	4,2-4,6
Ketebalan Top Soil	Sangat tipis	5 – 15 cm
Kedalaman Air Tanah	-	40 – 50 cm

Sumber: Mawardi (2015)

1. <http://www.gunungmadu.co.id/>
2. https://www.academia.edu/8159734/KONDISI_DAN_GAMBARAN_UMUM_PT._GUNUNG_MADU_PLANTATIONS_GMP_Laporan_Praktik_Kerja_Lapang
3. <https://permatasariang17.wordpress.com/2016/10/03/perkebunan-nusantara-vii-distrik-cinta-manis/>

JAMUR *Xylaria cf. warburgii*

Peralihan fungsi lahan hutan dengan vegetasi beraga m ke tanaman perkebunan yang monokultur dikerjakan secara intensif secara terus menerus menyebabkan degradasi lahan, erosi tanah, menurunnya kesuburan tanah dan produktivitasnya. Hasil penelitian Susanto (1999) di PT. GMP Lampung, menunjukkan bahwa dari 9 lokasi yang diamati, hanya 2 lokasi yang memiliki tingkat erosi tanah di bawah ambang yang diijinkan (6750 kg/ha/tahun). Tingkat erosi di 7 lokasi berkisar antara 17.360 - 107.970 kg/ha/tahun. Kondisi di atas menyebabkan produksi tebu di PT. GMP cenderung menurun. Pada tahun 1985 produksi tebu sekitar 90 TCH (ton cane/ha) menurun menjadi 70 TCH pada tahun 2005 (Mawardi, 2015). Menurunnya produktivitas lahan bisa juga akibat menurunnya aktivitas mikrobial tanah dan dominasi suatu jenis mikroba tertentu, kemungkinan termasuk *X. warburgii*.

Osono *et al.* (2011b) menyatakan bahwa *Xylaria* termasuk jamur mesofil yang memiliki

pertumbuhan optimum pada suhu 25-30°C. Pada media buatan, *X. warburgii* tumbuh pada suhu 10 - 35°C dengan suhu optimal 20 - 30°C. Rentang toleransi pH antara 4 - 8, pada pH yang lebih rendah, permukaan koloni tampak lebih tebal, kasar serta bergelombang, sedangkan pada pH yang lebih tinggi koloni terlihat lebih tipis, halus, serta datar. Pada media PDA, miselia awalnya berwarna putih bersekat, bercabang banyak, dan berdiameter sekitar 2.57 μ m. Jika sudah tua, miselia memadat dan berubah warna kehitaman sampai hitam gelap ketika akan membentuk stroma. Konidiofora terdapat pada ujung-ujung stroma. Konidia terdiri dari satu sel, transparan, dan berbentuk lonjong berukuran sekitar 5.0 - 13.0 x 2.5 - 8.0 μ m (Sitepu, *unpublished*).

Di dalam tanah, sebelum melakukan penetrasi dan infeksi inter dan intra sel akar, *X. cf. warburgii* akan tumbuh memanjang paralel dengan akar, lalu membentuk bantalan infeksi (Fang and Lee, 1999). Infeksi *X. cf. warburgii* ke sistem perakaran menyebabkan jaringan rusak sehingga transportasi hara terhambat. Bagian atas tanaman (daun) akan terlihat kekuningan

dan layu yang nantinya akan mengering. Tanaman akhirnya merana dan mati. Pada kondisi ini tanaman mudah dicabut karena perakaran dan batang bawah sudah membusuk berwarna coklat muda kemerahan. Stroma jamur akan muncul dari tanah sekitar tanaman sakit atau dari tunggul tanaman yang telah mati. Gejala tersebut biasanya mulai terlihat pada tebu PC berumur 9 bulan atau lebih, namun pada tanaman ratoon gejala sudah terlihat pada tanaman yang berumur lebih muda. Hal ini disebabkan jamur sudah ada pada tunggul-tunggul tanaman yang sebelumnya (Sitepu *et al.*, 2010). Pada tanaman ratoon yang terinfeksi, biasanya pertumbuhan tanaman agak terhambat, kerdil, kurus, dan jumlah batang juga lebih sedikit. Di area yang endemik gejala terlihat lebih jelas ketika sudah fase lanjut, terlihat sebagai spot spot pertanaman yang kuning dan kering.

Jamur ini bertahan hidup sampai satu tahun dalam tunggul-tunggul bekas tanaman yang sakit. Walaupun *Xylaria* pada umumnya merupakan jamur yang memiliki keterbatasan inang (Gonzales and Lodge, 2017), *X. cf. warburgii* ternyata mampu menginfeksi tanaman selain dari keluarga tebu seperti rumput *Miscanthus sinensis*, jagung (*Zea mays*), dan sorgum (*Sorghum bicolor*). Fang dan Lee (2000) menyatakan bahwa gulma dari golongan rumput seperti rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), alang-alang (*Imperata cylindrica*), dan rumput teki (*Cyperus rotundus*) merupakan inang alternatif tempat jamur bertahan hidup ketika tunggul sudah tidak ada. Menurut Sitepu (*unpublished*), bila tidak menemukan inang baru, jamur yang bertahan dalam tunggul tebu yang terpendam dalam tanah dengan kedalaman 0 – 50 cm mampu bertahan hingga lebih dari 7 bulan sebagai saprofit dan akan kembali menginfeksi akar/pangkal batang tebu jika sudah tersedia dengan ascospora sebagai inokulum primer.

Penyakit lapuk akar dan pangkal batang tebu menunjukkan keparahannya pada tanah-tanah berpasir atau lempung berpasir (Fang & Lee, 2000). Menurut Herman (2007) dalam Mawardi (2015) tanah di GMP merupakan tanah Ultisol yang telah mengalami pelapukan lanjut dan didominasi fraksi pasir dan sedikit debu di permukaan dengan curah hujan yang tinggi

(2500-2700 mm/tahun). Kondisi tersebut sangat cocok untuk perkembangan *X. cf. warburgii*.

STRATEGI PENGENDALIAN

Pengendalian yang paling mudah dilakukan adalah dengan menggunakan fungisida atau penggunaan varietas tahan. Namun, aplikasi fungisida untuk mengendalikan *X. warburgii* dikhawatirkanakan menyebabkan makin rendahnya keragaman dan populasi mikroba tanah sehingga keseimbangan ekosistem semakin terganggu. Selain itu, membutuhkan biaya yang mahal dan efektivitasnya masih diragukan. Sitepu (*unpublished*) melakukan pengujian *in vitro* beberapa fungisida berbahan aktif benomil, karbendazim, mankozeb, propinop, dan maneb untuk mengendalikan *X. cf. warburgii*, hasilnya hanya benomil dan karbendazim yang mampu menghambat pertumbuhan jamur di media PDA. Namun, ketika diaplikasikan ke kondisi di lapangan dengan merendam bibit sebelum tanam ataupun pada tanaman tebu saat berumur 3, 5, dan 7 bulan dengan konsentrasi 2 g ba/L, benomil dan karbendazim tidak mampu mengendalikan *X. cf. warburgii*. PG Cintamanis juga menguji fungisida Heksakonazole untuk menekan pertumbuhan *X. cf. warburgii* pada media PDA. Heksakonazole 6 ml/l mampu menghambat pertumbuhan jamur sampai 64%, namun belum ada laporan hasil aplikasinya di perkebunan tebu (Winarno, 2015).

Sampai saat ini belum ada varietas yang benar-benar tahan terhadap serangan *X. cf. warburgii*. Sitepu (*unpublished*) melaporkan bahwa dari 30 varietas yang diuji, PSGM 88 – 5052, GM 21, Q 99, ROC 07, dan PSGM 88 – 185 merupakan varietas yang paling rentan. SS 68, GM 84 – 2388, PSGM 89 – 3160, GM 24, dan SP78 – 1038 merupakan varietas yang memiliki intensitas penyakit paling rendah. Pengujian yang dilakukan oleh Winarno (2016) terhadap 26 varietas yang dikembangkan di PG Cintamanis, menunjukkan bahwa ada 5 varietas tebu yang memiliki serangan rendah (12.5-18.6%), yaitu: PS 881, PS 864, PS 882, PSJT 941, PSJK 922. Varietas yang memiliki tingkat serangan tinggi (>80%) ada 7, yaitu NXI 13, KK, ROC 22, TLH 2, CM 0903, Kenthung, dan ROC 14 (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase batang yang terserang dan mati akibat serangan *X. cf. warburgii* pada 26 varietas yang dikembangkan di PG Cintamanis

No	Varietas	Batang Terserang (%)	Batang Mati (%)	No	Varietas	Batang Terserang (%)	Batang Mati (%)
1.	PS 881	12.5	12.5	14.	PS5051	59.1	50.0
2.	PS 864	17.6	17.6	15.	CW 1101	64.7	36.4
3.	PS 882	19.0	19.0	16.	CM 0902	65.0	65.0
4.	PSJT 941	25.0	20.8	17.	PS 901	65.0	30.0
5.	PSJK 922	28.6	28.6	18.	PSGM 5052	66.7	53.3
6.	CENING	36.4	36.4	19.	PS 851	71.4	61.9
7.	GM 19	36.8	31.6	20.	NXI 13	80.0	75.0
8.	PSBM 8845	43.8	37.5	21.	KK	81.3	75.0
9.	HWI-M	44.0	44.0	22.	ROC 22	81.8	81.8
10.	CW 06	46.2	15.4	23.	TLH 2	83.3	61.1
11.	CM 0901	52.2	52.2	24.	CM 0903	84.2	78.9
12.	BM 2104	52.4	38.1	25.	KENTHUNG	88.2	76.5
13.	PS 862	53.8	38.5	26.	ROC 14	88.2	82.4

Sumber: Winarno (2016).

Pengendalian *X. cf. warburgii* tidak cukup hanya dengan mengendalikan jamur patogennya saja atau dengan menggunakan salah satu komponen pengendalian saja. Aplikasi komponen pengendalian secara sendiri sendiri biasanya kurang efektif dan kurang memuaskan. PT. GMP melakukan sanitasi dan eradikasi pangkal batang dan tunggul sakit diikuti dengan *replanting* untuk lahan-lahan yang terinfeksi, namun hanya mampu bertahan 2-3 tahun. Pada tahun pertama kejadian penyakit hanya 4%, kepras pertama naik 10% dan kepras berikutnya sudah 18% (Sitepu, unpublished). *X. cf. warburgii* merupakan patogen yang dapat bertahan hidup di dalam tanah, aktivitasnya sangat dipengaruhi oleh kondisi kesuburan tanah dan cara budidaya yang berpengaruh terhadap fisik, tekstur, struktur, dan kelembapan tanah (Annes *et al.*, 2010). Jadi pengendalian *X. warburgii* harus ditangani secara menyeluruh dan terintegrasi. Integrasi beberapa komponen pengendalian untuk mengembalikan kesuburan lahan, meningkatkan keragaman dan aktivitas mikroba agar keseimbangan ekosistem mikro dalam tanah terjaga, akan mengendalikan *X. warburgii* secara berkelanjutan. Ada beberapa alternatif yang bisa ditempuh untuk mengendalikan *X. warburgii* secara terintegrasi dengan sistem pengelolaan tanah, yaitu dengan: perbaikan sistem budidaya melalui pengolahan

tanah minimum; penambahan pupuk Silikon; solarisasi; dan pemberian bahan organik, termasuk vermikompos, yang diperkaya dengan antagonis.

Pengolahan Tanah Minimum

Menurut definisi Bailey dan Lazarovit (2003), pengolahan tanah konvensional adalah pengolahan tanah yang dilakukan dua kali, sedangkan pengolahan tanah minimum hanya dilakukan sekali atau tidak sama sekali. Sistem pengolahan tanah minimum meningkatkan total N, bahan organik, dan proses denitrifikasi, namun proses mineralisasi dan nitrifikasi menurun. Sistem ini juga meningkatkan ketersediaan hara seperti P, K, Cu, Zn, Mn, Fe, dan B; menyediakan enzim dan menaikkan pH tanah di atas 6 pada permukaan lapisan atas (Robson and Taylor, 1987), meningkatkan populasi cacing sehingga porositas tanah lebih banyak, mengurangi erosi, mempertahankan kelembapan tanah, dan mengurangi biaya produksi. Braunack *et al.* (2012) melaporkan bahwa menanam varietas toleran di lahan yang terinfeksi *Pachymetra chaunorhiza* Croft dan Dick (penyebab busuk akar tebu) dengan pengolahan tanah minimum meningkatkan hasil 9-28%. Smith *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa pengolahan tanah minimum mampu menurunkan kejadian penyakit busuk rimpang

jahe yang disebabkan oleh *Pythiummyriotylum* dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiber*.

Kejadian penyakit semakin kecil jika pengolahan tanah minimum diikuti dengan penambahan bahan organik dan diberi tanaman penutup tanah. PT. GMP menanam kara benguk (*Mucus cochinsinensis*) sebagai penutup tanah sekaligus sumber bahan organik pada tanah-tanah yang terinfeksi berat, dan ada indikasi kejadian penyakit menurun (Sitepu, *un published*).

Penambahan Silikon

Silikon (Si) memiliki peran penting pada tanaman tebu, bahkan tebu termasuk kedalam tanaman pengumpul Si (Meyer and Keeping, 2000). Akibatnya, tanah-tanah yang ditanami tebu terus menerus dalam waktu yang lama tanpa mengembalikan residu tanaman akan cenderung kekurangan Si. Mengembalikan residu tanaman tebu ke dalam tanah, berarti mendaur ulang siklus Si dan meningkatkan ketersediaan Si di dalam tanah. Selain memperbaiki struktur tanaman, meningkatkan biomasa dan produktivitas, Si juga berfungsi meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres biotik dan abiotik (Meharg dan Meharg, 2015). Si juga berperan penting dalam lignifikasi sclerensima dan suberisasi eksodermis akar (Flecket *al*, 2011), sehingga tanaman sulit dipenetrasi patogen. Meyer and Keeping (2000) menyatakan bahwa Si berperan langsung dalam pertahanan tanaman dari serangan patogen melalui stimulasi produksi metabolit yang memiliki berat molekul rendah, seperti fitoaleksin flavanoid. de Camargo *et al*. (2013) melaporkan bahwa keparahan penyakit karat coklat pada tebu akibat serangan *Puccinia melanocephala* menurun 20-59% ketika tanaman tebu dipupuk dengan Si 185-555 kg/ha karena akumulasi Si dalam jaringan tanaman akan meningkatkan kekuatannya dari serangan jamur. Najihah *et al*. (2015) juga melaporkan bahwa pemberian SiO₂ pada konsentrasi 1200 mg/L menurunkan serangan *Ganoderma banonensis* pada akar tanaman kelapa sawit sampai 53% dan mencegah berkembangnya lesi pada batang.

Solarisasi

Solarisasi tanah merupakan salah satu alternatif pengendalian yang ramah lingkungan yang sering digunakan untuk eradikasi patogen-patogen tular tanah (Kanaan *et al.*, 2015). Solarisasi tanah adalah pemanasan tanah dengan radiasi matahari, biasanya dilakukan dengan menutup tanah dengan plastik tipis selama beberapa minggu di bawah terik sinar matahari sebelum tanam (Scopa *et al.*, 2009). Tamietti dan Valentino (2006) melaporkan bahwa populasi *Fusarium oxysporum* menurun tajam dengan semakin tingginya kenaikan suhu tanah akibat solarisasi (di atas 40°C) sehingga kejadian tanaman yang layu akibat serangan jamur tersebut juga menurun drastis. Tampaknya toleransi jamur patogen terhadap panas berbeda-beda, *Macrophomina phaseolina* baru tereradikasi pada suhu 54°C, sedangkan *Verticillium dahliae* tereradikasi pada suhu 48°C (Kanaan *et al.*, 2015). Gamliel dan Stapelton (1993) menyatakan bahwa penambahan bahan organik yang belum terdekomposisi pada tanah yang akan disolarisasi akan meningkatkan suhu tanah, sehingga memberi efek yang lebih baik. Namun, perlakuan solarisasi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang akan berpengaruh terhadap komposisi mikroba dan aktivitasnya (Scopa *et al.*, 2009), sehingga diperlukan penelitian yang lebih mendalam untuk solarisasi.

Penambahan Bahan Organik Yang Diperkaya Dengan Antagonis

Penambahan bahan organik untuk meningkatkan kesuburan lahan sekaligus aktivitas dan populasi mikroba tanah sudah lama digunakan untuk mengendalikan beberapa penyakit tular tanah (Manici dan Caputo, 2004). Bahan organik yang ditambahkan bisa dalam bentuk biochar, kompos atau vermikompos. Biochar adalah bahan organik yang mengalami degradasi anerobik melalui proses pemanasan (pirolisis). Lone *et al*. (2015) mengklaim bahwa *biochar*, memiliki pengaruh positif dalam mengendalikan patogen tular tanah, meningkatkan fiksasi nitrogen, memperbaiki fisik dan kimia tanah, menyerap racun, mengurangi nitrate (NO⁻³) tercucinya atau emisi (N₂O), memperbaiki tanah-tanah yang terkontaminasi

bahan organik maupun anorganik, namun pengaruh *biochar* terhadap *X. cf. warburgii* belum pernah diteliti.

Kompos adalah bahan organik hasil fermentasi aerobik yang sudah stabil dan masak (Pane *et al.*, 2013). Selain meningkatkan aktivitas mikroba, beberapa senyawa yang terbentuk selama proses pemasakan kompos merupakan biostimulan alami dan menghambat patogen (Loffredo and Senesi, 2009), misalnya Fenolik C dan Metolik C yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotinium minor* (Pane *et al.*, 2013).

Di perkebunan tebu, penambahan bahan organik yang berasal dari sisa tanaman/serasah, sisa tebu (bagas, abu ketel, dan blothong) sudah banyak dilakukan untuk meningkatkan kadar bahan organik tanah dan kesuburan lahan. Michael *et al.* (2007) juga menyatakan bahwa pemberian serasah di permukaan tanah lebih berfungsi melindungi permukaan tanah, mengurangi erosi, dan mempertahankan nutrisi tanah dibandingkan fungsinya dalam memperbaiki kesehatan tanah atau mencegah perkembangan patogen tular tanah penyebab penyakit pada tebu. Menurut Pankhurst *et al.* (2005) peningkatan aktivitas mikroba akibat pemberian bahan organik 10-20 ton karbon/ha belum mampu menekan patogen penyebab penyakit yang menurunkan hasil tebu. Dengan demikian, diperlukan seleksi mikroba yang berperan sebagai agensi pengendali hayati.

Agensia pengendali hayati telah lama dikenal dan beberapa sudah dijual secara komersial, namun jaminan keberhasilannya sering kali kurang memuaskan. Penggunaan agensia pengendali hayati yang berasal dari bakteri atau jamur saprofit penghuni tanah seringkali terkendala karena mereka terkadang kurang-mampuberadaptasi di lingkungan yang baru (Kurze *et al.*, 2001). Selain itu, pengetahuan tentang komposisi komunitas mikroba dalam rhizosfer tebu yang sehat juga berperan penting dalam pengendalian patogen. Untuk meningkatkan keberhasilan agensia hayati mengendalikan patogen tular tanah, beberapa peneliti mulai mencoba menggabungkan bahan organik yang diperkaya dengan beberapa agensia

hayati dan dilaporkan memberi hasil lebih baik (Veeken *et al.*, 2005).

Pemanfaatan Vermikompos

Bahan organik lain yang saat ini banyak menarik perhatian peneliti adalah vermikompos. Vermikompos merupakan pupuk organik dan kondisioner tanah yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh interaksi cacing tanah dan mikroba tanpa proses termofilik (Moradi *et al.*, 2014). Kelebihan vermikompos adalah menciptakan kondisi aerobik dengan porositas tanah yang lebih baik, kemampuan menahan air dan drainase yang baik, menghasilkan enzim dan senyawa yang bisa berfungsi sebagai perangsang tumbuh (Gopalakrishnan *et al.*, 2014; Moradi *et al.*, 2014) sehingga meningkatkan daya kecambah, pertumbuhan tanaman dan akar, serta meningkatkan hasil (Joshi *et al.* (2015).

Menurut Pramanik *et al.* (2007) limbah hasil proses tebu menjadi gula merupakan bahan yang sangat cocok untuk perkembangbiakan cacing. Hal ini dibuktikan oleh Pamungkas (2017) bahwa pemberian bagas 150 ton/ha meningkatkan populasi dan biomasa cacing tanah jenis Megascolicidae dan Glossoscolecidae. Proses pengomposan limbah tebu juga relatif lebih cepat jika menggunakan cacing tanah. Menurut Krishnan *et al.* (2011) proses dekomposisi daun tebu oleh cacing *Eudrillus eugeniae* (*African night crawler*) lebih cepat (5 minggu) dibandingkan dekomposisi bagas (6 minggu). Dekomposisi bagas, blothong, dan serasah oleh cacing *Drawida willsi* biasanya terjadi selama 40 hari. Proses ini menjadi lebih cepat (20 hari) jika sebelum proses dekomposisi bahan organik tersebut diberi jamur *Pleurotus sajorcaju*, *Trichoderma viridae*, *Aspergillus niger* dan bakteri *Pseudomonas striatum* (Kumar *et al.*, 2010). Bhat *et al.* (2015) juga menambahkan bahwa bagas yang didekomposisi cacing tanah *Eisenia fetida* menjadi bahan organik yang kaya nutrisi hara termasuk Si.

Pengaruh Vermikompos terhadap Penyakit

Menurut Pathma dan Sakthivel (2012), vermikompos meningkatkan populasi mikroba yang menguntungkan kondisi tanah maupun pertumbuhan tanaman dengan memproduksi hormon dan enzim pertumbuhan tanaman serta

mikroba yang berfungsi sebagai agen pengendali hayati patogen sehingga dapat dipakai sebagai pendukung usaha industri pertanian berkelanjutan. Sahni *et al.* (2008) menyatakan bahwa vermikompos selain meningkatkan fisik dan kimia tanah, juga meningkatkan kemampuan bakteri antagonis *Pseudomonas syringae* sehingga kematian kecambah akibat serangan *S. rolfsii* dapat diatasi. Yasir *et al.* (2009) juga menemukan bahwa vermikompos kaya akan bakteri chitinolitik dan bakteri yang bersifat anti jamur sehingga selain dapat digunakan sebagai penyubur tanah, juga digunakan sebagai *soil suppressant*. Gopalakrishnan *et al.* (2011) menyatakan bahwa vermikompos merupakan sumber mikroba antagonis, terutama yang berasal dari Actinomycetes. Mu *et al.* (2017) melaporkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* yang ada di dalam vermikompos menghasilkan 11 senyawa *volatile*, 5 di antaranya mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Botrytis cinerea* pada media PDA. Empat senyawa (1-butanol, acetic acid butyl ester, 1-heptylene-4-alcohol dan 3-methyl-3-hexanol) menghambat pertumbuhan secara total (100%) pada konsentrasi 50 µL per petri dish, sedangkan furan-tetrahydro-2,5-dimethyl pada konsentrasi 100 µL per petri dish. Senyawa-senyawa tersebut dalam konsentrasi yang lebih rendah juga mampu memicu abnormalitas morfologi jamur patogen.

Melihat potensi vermikompos sebagai kondisioner tanah sekaligus *soil suppressant*, maka perlu penelitian lebih detil untuk menggali potensi vermikompos sebagai salah satu cara mengendalikan *X. warburgii* sekaligus memperbaiki kesuburan lahan.

Namun demikian, satu komponen seringkali kurang efektif dan tidak bersifat berkelanjutan. Integrasi beberapa komponen menjadi suatu sistem pengendalian yang holistik akan memberi dampak yang lebih signifikan. Oleh karena itu pemberian vermikompos diikuti dengan solarisasi perlu diteliti lebih lanjut. Yao *et al.* (2016) membandingkan perlakuan solarisasi saja, solarisasi diikuti dengan perendaman, solarisasi diikuti dengan penambahan bahan organik dan perendaman untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum*. Integrasi ketiga faktor memberikan

hasil terbaik, terutama dengan bahan organik yang berasal dari tanaman mampu menekan perkembang biakan *F.oxysporum* dalam tanah.

KESIMPULAN

Jamur *X.warburgii* merupakan patogen tular tanah yang sulit dikendalikan dan menjadi masalah serius pada beberapa perkebunan tebu di Sumatera. Pengendalian secara parsial umumnya kurang memberikan hasil yang memuaskan sehingga diperlukan strategi pengendalian secara holistik dengan melakukan integrasi beberapa komponen pengendalian yaitu pengolahan tanah minimum, solarisasi dan penambahan bahan organik yang berasal dari sisa tanaman dan limbah tebu melalui proses fermentasi cacing (vermikompos) yang diperkaya dengan antagonis.

ARAH PENELITIAN KE DEPAN

Mengingat perkembangan penyakit lapuk akar dan pangkal batang yang disebabkan oleh *X. warburgii* semakin lama semakin meluas, maka perlu perhatian serius untuk strategi pengendaliannya. Rencana penelitian yang perlu dikerjakan untuk mengatasi *X. warburgii* adalah:

1. Seleksi bahan organik (terutama yang berasal dari limbah tebu seperti serasah, blotong, bagas, dll) untuk mengembalikan bahan organik dan Si beserta komposisi terbaik untuk membuat vermikompos.
2. Seleksi jenis cacing yang mampu mendegradasi bahan organik dalam waktu yang relatif cepat.
3. Isolasi dan seleksi agensia hayati antagonis yang berasal dari vermikompos.
4. Membuat formula vermikompos yang diperkaya dengan antagonis *X. warburgii*. Diharapkan formula ini mampu meningkatkan kesuburan lahan, memperbaiki pertumbuhan tebu dan meningkatkan hasilnya sekaligus mengendalikan penyakit lapuk pangkal batang.
5. Menguji lebih lanjut penggunaan mulsa plastik untuk solarisasi sekaligus mengkaji kelayakan ekonominya.
6. Mengintegrasikan pemanfaatan vermikompos dengan mulsa plastik dan

pengolahan tanah minimum untuk memperoleh hasil yang maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Bp. Ir. Remaja Sitepu yang banyak memberi informasi berharga dan meluangkan waktunya untuk berdiskusi terkait penyakit lapuk akar dan pangkal batang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambrosano E. J., R. Azcón, H. Cantarella, G. M. B. Ambrosano, E.A.Schammas, T. Muraoka, P.C.O. Trivelin, F. Rossi, N. Guirado, M.R.G. Ungaro, and J.R.S. Teramoto. 2010. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield *Scientia Agricola* 67(6).http://www.scielo.br/cielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000600011 [20 Juni 2017]
- Anees M., V. E. Hermann, and C. Steinberg. 2010. Build up of patches caused by *Rhizoctonia solani*. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(10):1661–1672
- Bailey, K.L. and G. Lazarovits, 2003, Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments *Soil and Tillage Research*, 72(2):169-180
- Bhat S. A., J. Singh, and A.P. Vig. 2015. Potential utilization of bagasse as feed material for earthworm *Eisenia fetida* and production of vermicompost *Springerplus* 4: 11. doi: 10.1186/s40064-014-0780-y, PMID: PMC4302158, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4302158/> [19 Juni 2017]
- Bonanomi, G., V. Antignani, C. Pane and F. Scala. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 89 (3): 311-324.
- Braunack M.V., A.L. Garside, and R.C. Magarey, 2012, Reduced tillage planting and the long-term effect on soil-borne disease and yield of sugarcane (*Saccharum inter-specific hybrid*) in Queensland, Australia, *Soil and Tillage Research*, 120:85-91.
- deCamargo M.S., L. Amorim, and A. R. Gomes Jr. 2013. Silicon fertilisation decreases brown rust incidence in sugarcane. *Crop Protection* 53: 72-79.
- Fang J.G. and C.S. Lee. 1994. Host Range of *Xylaria cf. warburgii*. *Sugar cane* 2: 6–11.
- Fang J.G. and C.S. Lee. 1999. Penetration and infection of sugarcane by *Xylaria cf. warburgii*. Report of the Taiwan Sugar Research Institute 164: 59-66.
- Fang J.G. and C.S. Lee. 2000, Root and Basal Stem Rot, in P. Rott, R.A. Bailey, J.C. Comstock, B.J. Croft, A.S. Saumtally (eds). *A Guide to Sugarcane Diseases* Cirad and ISSCT. pp. 170-173.
- Fleck A.T., T. Nye, C. Repenning, F. Stahl, M. Zahn, and M.K. Schenk. 2011. Silicon enhances suberization and lignification in roots of rice (*Oryza sativa*). *Journal of Experimental Botany*. 62:2001-2011.
- Gamliel A. and J.J. Stapleton. 1993. Effect of soil amendment with chicken compost or ammonium phosphate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms and lettuce growth. *Plant Disease* 77: 886-891.
- González G. and D.J. Lodge. 2017. Soil biology research across latitude, elevation and disturbance gradients: A review of forest studies from Puerto Rico during the past 25 Years. *Forests* 8: 178–192; doi:10.3390/f8060178.
- Gopalakrishnan S., S. Pande, M. Sharma, P. Humayun, B. K. Kiran, D. Sandeep, M.S. Vidya, K. Deepthi, and O. Rupela. 2011. Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of Fusarium wilt of chickpea. *Crop Protection* 30(8): 1070-1078.
- Gopalakrishnan S., S. Vadlamudi, P. Bandikinda, A. Sathya, R. Vijayabharathi, O. Rupela, H. Kudapa, K. Katta, and R.K. Varshney. 2014. Evaluation of *Streptomyces* strains isolated from herbal vermicompost for their plant growth-promotion traits in rice. *Microbiological Research* 169: 40–48.

- Hooker W.J. 1981. Potato disease. The American Phytopathological Society, St Paul Minnesota USA. 125 pp
- Joshi R., J. Singh, and A.P. Vig. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14:137–159.
- Kanaan, H., Sh. Medina, A. Krassnovsky, M. Raviv, 2015, Survival of *Macrophomina phaseolina* s.l. and *Verticillium dahlia* during solarization as affected by composts of various maturities, *Crop Protection* 76: 108-113.
- Krishnan S., F. S. Hamid, E.C. Uche, M. Hafiz, and M. Rasid. 2011. Waste to Value Added Product: Vermicomposting of Sugar Cane Bagasse and Leaves Using African Nightcrawlers (*Eudrillus Eugeniae*). In: Proc. International Solid Waste Association Congress 2011, 17 Oct 2011, Daegu, Korea pp. 573-581.
- Kumar R., D. Verma, B.L. Singh, U. Kumar, and Shweta. 2010. Composting of sugar-cane waste by-products through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting, *Bioresource Technology* 10(17): 6707–6711.
- Kurze, S., R. Dahl, H. Bahl, and G. Berg. 2001. Biological control of soil-borne pathogens in strawberry by *Serratia plymuthica* HRO-C48. *Plant Disease* 85:529–534.
- Loffredo, E. and N. Senesi. 2009. In vitro and in vivo assessment of the potential of compost and its humic acid fraction to protect ornamental plants from soil-borne pathogenic fungi. *Sci. Hort.* 122:432-439.
- Lone A. H., G.R. Najar, M. A. Ganie, J.A. Sofi, and T. Ali. 2015. Biochar for sustainable soil health: A review of prospects and concerns. *Pedosphere* 25(5): 639–653.
- Manici, L. M., and F. Caputo. 2004. Soil suppression of soilborne pathogens as an agricultural soil fertility parameter. In Proc. of the 8 th ESA Congress. pp 421-422.
- Maroon, J.L., M. Marler, J.N. Klironomos, and C.C. Cleveland. 2011. Soil fungal pathogens and the relationship between plant diversity and productivity. *Ecology Letters* 14(1):36–41.
- Mawardi R. 2015. Pengaruh cara aplikasi dan dosis kompos terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman tebu, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Inovasi Teknologi Pertanian hal. 311-321
- Meharg C, and A.A. Meharg. 2015. Silicon, the silver bullet for mitigating biotic and abiotic stress, and improving grain quality, in rice. *Environmental and Experimental Botany* 120: 8-17.
- Meyer J.H. and M.G. Keeping. 2000. Review of research into the role of silicon for sugarcane production. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 74: 29-40.
- Michael J. B., G.R. Stirling, C.E. Pankhurst. 2007. Management impacts on health of soils supporting Australian grain and sugarcane industries. *Soil and Tillage Research* 97(2):256-271.
- Moradi H., M. Fahramand, A. Sobhkhizi, M. Adibian, M. Noori, S. Abdollahi, and K. Rigi. 2014. Effect of vermicompost on plant growth and its relationship with soil properties. *International Journal of Farming and Allied* 3 (3): 333-338.
- Mu J, X. Li, J. Jiao, G. Ji, J. Wu, F. Hu, and H. Li, 2017, Biocontrol potential of vermicompost through antifungal volatiles produced by indigenous bacteria biocontrol. *Biocontrol* 111: in press.
- Najihah NI, M. M. Hanafi, A. S. Idris, and Md A. Hakim. 2015. Silicon treatment in oil palms confers resistance to basal stem rot disease caused by *Ganoderma boninense*. *Crop Protection* 67: 151-159
- Osono T. and H. Takeda. 2001. Effects of organic chemical quality and mineral nitrogen addition on lignin and holocellulose decomposition of beech leaf litter by *Xylaria* sp. *European Journal of Soil Biology* 37(1):17-23.
- Osono T., Y. Hagiwara, and H. Masuya. 2011b, Effects of temperature and litter type on fungal growth and decomposition of leaf litter, *MycoScience* 52:327–332.

- Osono T., C. To-Anun, Y. Hagiwara, and D. Hirose. 2011a. Decomposition of wood, petiole and leaf litter by *Xylaria* species from northern Thailand. *Fungal Ecology* 4(3): 210-218.
- Pamungkas, D.T. 2017, Pengaruh sistem olah tanah dan pemberian mulsa bagas terhadap populasi dan biomassa cacing tanah pada pertanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) PT. GMP tahun ke-6 ratoon ke-1. Skripsi Sarjana. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung 49 hal.
- Pane C., A. Piccolo, R. Spaccini, G. Celano, D. Vilecco, and M. Zaccardelli. 2013. Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Applied Soil Ecology* 65: 43-51.
- Pankhurst. C.E., R.C. Magarey, G.R. Stirling, and A.L. Garside. 2005. Effect of rotation breaks and organic matter amendments on the capacity of soils to develop biological suppression towards soil organisms associated with yield decline of sugarcane. *Applied Soil Ecology* 28(3): 271-282.
- Pathma J., and N. Sakthivel. 2012, Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential, *Springerplus* 1: 26. doi: 10.1186/2193-1801-1-26. PMID: PMC3725894. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3725894/>. [12 Januari 2017].
- Pointing S.B., A.L. Pelling, G.J.D. Smith, K.D. Hyde, and C.A. Reddy. 2005. Screening of basidiomycetes and xylariaceous fungi for lignin peroxidase and laccase gene-specific sequences. *Mycological Research* 109 :115–124
- Pramanik P., G.K. Ghosh, P.K. Ghosal, and P. Banik. 2007. Changes in Organic–C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresour. Technol* 98: 2485–2494.
- Robson, A.D., and A.C. Taylor. 1987. The effect of tillage on the chemical fertility of soil. In: P.S. Cornish and J.E. Pratley (Eds.). *Tillage—New Directions on Australian Agriculture*. Inkata Press, Melbourne, pp. 284–307.
- Sahni S., B.K. Sarma, D.P. Singh, H.B. Singh, and K.P. Singh. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*, *Crop Protection* 27(3-5): 369-376.
- Scopa, A., V. Candido, S. Dumontet, V. Pasquale and V. Miccolis. 2009. Repeated solarization and long-term effects on soil microbiological parameters and agronomic traits. *Crop Protection* 28(10): 818-824.
- Sitepu R. Sunaryo, K. Widyatmoko and H. Purwoko. 2010. Root and Basal Stem Rot Disease of Sugarcane in Lampung, Indonesia. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 27:1-7
- Smith, M.K., J.P. Smith, and G.R. Stirling. 2011. Integration of minimum tillage, crop rotation and organic amendments into a ginger farming system: Impacts on yield and soilborne diseases. *Soil and Tillage Research* 114(2):108-116.
- Stirling G.R., P.W. Moody, and A.M. Stirling. 2010. The impact of an improved sugarcane farming system on chemical, biochemical and biological properties associated with soil health. *Applied Soil Ecology* 46(3): 470-477.
- Susanto, A.H. 1999. Penetapan besarnya erosi di Perkebunan Tebu PT Gunung Madu Plantation, Lampung. Skripsi Sarjana Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 55 hal. <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/31641/2/F99ahsabstract.pdf>. [5 Juni 2017].
- Tamietti G., and D. Valentino. 2006. Soil solarization as an ecological method for the control of *Fusarium* wilt of melon in Italy. *Crop Protection* 25(4): 389-397.

- U'Ren J.M., J. Miadlikowska, N.B. Zimmerman, F. Lutzoni, J.E. Stajich, A.E. Arnold. 2016. Contributions of North American endophytes to the phylogeny, ecology, and taxonomy of Xylariaceae (Sordariomycetes, Ascomycota). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 98: 210-232.
- Veeken, A.H.M., W.J. Blok, F. Curci, G.C.M. Coenen, A.J. Termorshuizen, and H.V.M. Hamelars. 2005. Improving quality of composted biowaste to enhance disease suppressiveness of compost-amended, peat-based potting mixes. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 2131-2140.
- Winarno, 2015. Uji Laboratorium Pengaruh Pemberian Fungisida Heksakonazole terhadap Pertumbuhan Jamur *Xylaria* spp. dalam Media PDA. <http://gulatebucintamanis.blogspot.co.id/2015/03/uji-laboratorium-pengaruh-pemberian.html>. [20 Nopember 2016].
- Winarno, 2016. Uji Ketahanan Varietas terhadap Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang. <http://gulatebucintamanis.blogspot.co.id/2016/04/uji-ketahanan-varietas-terhadap.html>. [20 Nopember 2016].
- Yao Y A, Z. Xue, C. Hong, F. X. Zhu, X. Chen, W. Wang, Z. Cai, N. Huang, X. Yang. 2016. Efficiency of different solarization-based ecological soil treatments on the control of Fusarium wilt and their impacts on the soil microbial community. *Applied Soil Ecology* 108: 341-351
- Yasir M., Z. Aslam, S.W. Kim, S.W. Lee, C.O. Jeon, and Y.R. Chung. 2009. Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity. *Bioresour Technol.* 100(19):4396-403. doi: 10.1016/j.biortech.2009.04.015.