

KEEFEKTIFAN LIMBAH TANAMAN *BRASSICACEAE* UNTUK PENGENDALI NEMATODA PURU AKAR (*MELOIDOGYNE* SPP.) PADA MIKROPLOT DI LAPANGAN

Muhammad Jabal Nur¹, Supramana², & Abdul Munif²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Ichsan Gorontalo
Jl. Raden Saleh No 17, Gorontalo

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680
E-mail: muhjabalnur_ji@yahoo.com

ABSTRACT

Effectiveness of Brassicaceae plant wastes to control the root knot nematodes (Meloidogyne spp.) at a field microplot scale. *Meloidogyne* spp. is a soil borne pathogen that infects plant roots and causes root galls. Root knot nematodes can reduce crop production by 15 to 95%, so that the control measures are needed. One of the control methods is using plants as biofumigant. Plants of the family Brassicaceae were reported contain glucosinolate (GSL). During decomposition, GSL is hydrolyzed to isothiocyanates (ITS) which is a highly toxic compound to soil organisms, including nematodes. The research objective was to determine the effectiveness of five Brassicaceous plant wastes, namely cabbage (*B. oleracea* var *capitata*), radish (*Raphanus sativus*), broccoli (*B. oleracea* var *italica*), chinese cabbage (*B. chinensis*) and pakcoy (*B. rapa* var *parachinensis*) to suppress root knot nematodes (RKN). The experiment was conducted on microplot scale in the field. The experimental design used was a 4x5 factorial CRD. The first factors are waste of Brassica and the second factors are the amount of Brassica wastes per microplot. The experiments were made in 6 replications. Application of 5 Brassica plant wastes at all doses tested effectively reduced the number of root knot by 45.65% to 94.43% and increased the average number of tomato fruits. Tomato plants grew better at microplots when treated with chinese cabbage and pakcoy wastes.

Key words: biofumigant, glucosinolates, isothiocyanates, tomatoes

ABSTRAK

Keefektifan tanaman limbah Brassicaceae sebagai pengendali nematoda puru akar (Meloidogyne spp.) pada skala mikroplot di lapangan. *Meloidogyne* spp. merupakan salah satu patogen tular tanah yang menyerang bagian akar dengan menimbulkan gejala puru. Nematoda puru akar dapat menurunkan produksi 15 sampai 95 % sehingga diperlukan upaya pengendalian. Salah satu upaya pengendalian adalah dengan menggunakan tanaman sebagai biofumigan. Tanaman dari famili Brassicaceae dilaporkan dapat digunakan sebagai biofumigan karena mengandung glukosinolat (GSL). Hidrolisis glukosinolat menghasilkan senyawa isothiosianat (ITS) yang sangat toksik terhadap organisme tanah termasuk nematoda. Tujuan penelitian ialah mengetahui keefektifan lima jenis limbah Brassica, yaitu kubis (*B. oleracea* var *capitata*), lobak (*Raphanus sativus*), brokoli (*B. oleracea* var *italica*), sawi putih (*B. chinensis*) dan pakcoy (*B. rapa* var *parachinensis*) dalam menekan nematoda puru akar (NPA) pada skala mikroplot di lapangan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah RAL faktorial. Faktor pertama adalah lima jenis limbah Brassica (brokoli, kubis, pakcoy, lobak, dan sawi putih) dan faktor kedua adalah dosis limbah Brassica per mikroplot, mulsa dan tanpa mulsa. Percobaan dibuat dalam 6 ulangan. Aplikasi 5 jenis limbah Brassica pada semua dosis yang diuji, efektif menurunkan jumlah puru akar 45,65 - 94,43 % dan meningkatkan jumlah buah tomat. Pertumbuhan tinggi tanaman lebih baik pada mikroplot dengan perlakuan limbah pakcoy dan sawi putih.

Kata kunci: biofumigan, glukosinolat, isotiosianat, tomat

PENDAHULUAN

Nematoda parasit tumbuhan merupakan patogen tular tanah yang menyerang jaringan akar dan sebagian besar siklus hidupnya berada di dalam tanah. Monfort *et al.* (2007) melaporkan bahwa spesies-spesies nematoda yang menyerang tanaman sayuran, antara lain

Meloidogyne spp., *Rotylenchulus reniformis*, *Pratylenchus thornei*, *Belonolaimus longicaudatus*, dan *Paratrichodorus*. *Meloidogyne* spp. yang dikenal dengan nematoda puru akar (NPA) menimbulkan gejala puru akar pada tanaman dan bersifat sebagai endoparasit menetap. Tanaman yang terinfeksi berat oleh NPA dapat menyebabkan sistem perakaran mengalami disfungsi

secara total. Pembentukan akar baru hampir tidak terjadi dan fungsi perakaran terhambat dalam menyerap dan menyalurkan air dan unsur hara ke seluruh bagian tanaman (Davis *et al.*, 2005).

Kerugian yang disebabkan oleh nematoda puru akar di seluruh dunia pada 21 jenis tanaman penting bernilai lebih dari 77 miliar dolar AS setiap tahun (Mulyadi, 2009). Kehilangan hasil akibat serangan NPA di Indonesia belum dapat dilaporkan, karena data kerusakan masih bersifat parsial yaitu hanya berdasarkan hasil penelitian di rumah kaca dan lapangan dalam luasan yang terbatas. Kurniawan (2010) melaporkan bahwa kehilangan hasil akibat infeksi NPA pada wortel di Cipanas mencapai 15 sampai 95%, dan bahkan bisa menyebabkan gagal panen.

Serangan NPA perlu diantisipasi sebelum mengakibatkan kerugian yang lebih besar. Pengendalian nematoda ini dapat dilakukan dengan fumigasi menggunakan metil bromida. Namun penggunaan fumigan ini memberikan dampak negatif yang lebih besar khususnya dalam bidang pertanian. Metil bromida termasuk salah satu senyawa perusak ozon, sehingga dilarang penggunaannya di dunia berdasarkan kesepakatan Montreal Protocol tahun 2000, dan metil bromida harus dimusnahkan di seluruh dunia pada tahun 2015 (Sarma & Bankobeza 2000). Di Indonesia, pemerintah melalui Peraturan Menteri Perdagangan No. 24/M-Dag/PER/6/2006 memutuskan bahwa mulai tanggal 1 Januari 2008, penggunaan metil bromida dilarang, kecuali untuk tujuan karantina dan prapengapalan. Sampai saat ini belum ada senyawa yang dapat menggantikan metil bromida sebagai fumigan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) dalam tanah. Salah satu tindakan pengendalian alternatif yang dapat diterapkan adalah dengan biofumigasi yang ramah lingkungan dari limbah *Brassica*. Menurut Rosya (2015) biofumigan asal limbah *Brassica* efektif menekan NPA tanaman tomat 90-100% pada percobaan di rumah kaca.

Tanaman *Brassica* dapat berfungsi sebagai biofumigan karena mengandung glukosinolat (GSL). Glukosinolat mengandung nitrogen (N) dan belerang/sulfur (S) hasil dari metabolisme sekunder tanaman. Proses hidrolisis glukosinolat terjadi jika senyawa ini kontak dengan enzim myrosinase dan tersedia air yang cukup. Kontak antara glukosinolat dengan myrosinase terjadi jika jaringan tanaman robek. Hidrolisis glukosinolat menghasilkan senyawa isothiosianat (ITS) yang merupakan senyawa sangat toksik sehingga dapat digunakan sebagai biofumigan (Rosita & Hartati, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan limbah *Brassica* sebagai biofumigasi untuk

mengendalikan *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat pada skala mikroplot di lapangan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Nematologi Tumbuhan Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, dan Kebun Percobaan IPB Pasir Sarongge di Desa Ciputri Kecamatan Pacet Kabupaten Cianjur, bulan Februari sampai Agustus 2015.

Penyiapan Mikroplot. Mikroplot dibuat dengan ukuran 1 x 1 m dengan tinggi 20 cm, dan jarak antar mikroplot 50 cm. Pengolahan dilakukan dengan pembalikan tanah menggunakan cangkul dan membersihkan sisa tanaman sehingga tidak menghalangi penyebaran gas isothiosianat (ITS) dalam tanah. Untuk menentukan bobot tanah dalam satu mikroplot, tanah dimasukkan ke dalam karung kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan gantung.

Penyiapan Limbah *Brassica* dan Tanaman Indikator. Limbah *Brassica* (kubis, lobak, brokoli, sawi putih, dan pakcoy) diperoleh dari sisa panen pada lahan petani. Limbah *Brassica* dicacah dengan ukuran \pm 1 cm dan siap untuk diaplikasikan ke tanah yang telah terinfestasi nematoda. Tanaman indikator yang digunakan adalah tanaman tomat varietas Permata.

Rancangan Percobaan. Perancangan percobaan yang digunakan adalah perancangan faktorial 5x4 dalam rancangan acak lengkap. Faktor pertama yaitu lima jenis limbah *Brassica* terdiri dari kubis, lobak, brokoli, sawi putih, dan pakcoy. Faktor kedua yaitu dosis limbah *Brassica* terdiri dari 4 taraf yaitu 0,5 kg, 1 kg limbah tiap 5 kg tanah, tanpa limbah ditutup mulsa plastik (0+m), dan kontrol tanpa limbah tidak ditutup mulsa plastik (0). Dengan demikian terdapat 20 kombinasi perlakuan dengan 6 ulangan sehingga terdapat 120 unit percobaan.

Uji Biofumigasi terhadap Nematoda Puru Akar (NPA). Limbah *Brassica* dicampurkan dengan tanah yang sudah diolah pada mikroplot. Pencampuran dilakukan dengan meletakkan limbah *Brassica* yang telah dicacah di atas tanah, kemudian limbah ditutup dengan tanah sambil diaduk menggunakan cangkul. Setelah itu, mikroplot dibiarkan terbuka selama 1 hari agar terkena air hujan, selanjutnya ditutup menggunakan mulsa plastik selama 2 minggu supaya proses biofumigasi berlangsung di dalam tanah.

Keefektifan Biofumigasi. Sampel tanah diambil dari setiap mikroplot sebanyak 400 ml pada 25 titik dengan menggunakan ring sampel berdiameter 16 mm. Ring sampel ditancapkan kedalam tanah dengan kedalaman 18-25 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara yang sama baik sebelum dan sesudah biofumigasi. Sampel tanah diambil setelah diberikan perlakuan limbah *Brassica* pada hari ke sepuluh. Sampel tanah yang telah diambil dicampur merata dan dibagi 2, 100 ml untuk ekstraksi nematoda dengan metode flotasi-sentrifugasi dan 300 ml dimasukkan dalam polibag dan ditanami tomat varietas Permata berumur 4 minggu sebagai tanaman perangkap. Setelah berumur 2 minggu setelah tanam, tanaman tomat dicabut untuk dihitung jumlah puru yang terbentuk. Mikroplot setelah biofumigasi ditanami tomat varietas Permata berumur 4 minggu. Jumlah tanaman dalam setiap mikroplot sebanyak 4 tanaman tomat dengan varietas yang sama. Keefektifan biofumigasi ditentukan dengan cara penghitungan nematoda parasit tumbuhan (NPT) dan jumlah puru akar tomat dari tanah sebelum (P_0) dan setelah (P_t) perlakuan berdasarkan rumus Abbott (1925).

$$\text{Keefektifan} = \frac{\sum P_0 - \sum P_t}{\sum P_0} \times 100\%$$

Keterangan:

P_0 = jumlah NPT atau jumlah puru sebelum perlakuan
 P_t = jumlah NPT atau jumlah puru setelah perlakuan

Ekstraksi Nematoda. Ekstraksi nematoda dari sampel tanah dilakukan dengan metode flotasi-sentrifugasi. Sampel tanah sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam ember dan ditambahkan 800 ml air, kemudian diaduk sampai larut dan dibiarkan selama 20-30 detik agar tanah mengendap dan nematoda melayang di atas permukaan air. Setelah itu suspensi dituang ke dalam saringan dengan ukuran 50 mesh dan 400 mesh di bagian bawah yang disusun dengan posisi miring 30 derajat. Partikel tanah dan nematoda yang tertampung pada saringan terakhir dimasukkan ke dalam tabung sentrifus dengan menyemprot air dari belakang saringan secara perlahan, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1700 rpm selama 5 menit. Supernatan dalam tabung dibuang sedangkan endapan dari partikel tanah dan nematoda disuspensikan dalam larutan gula 40% dan disentrifugasi kembali selama 1 menit dengan kecepatan 1700 rpm. Supernatan dituang pada saringan 400 mesh dan endapan tanah dibuang. Nematoda yang tertahan dalam saringan dipindahkan ke dalam cawan sirakus untuk dilakukan perhitungan nematoda dengan bantuan mikroskop cahaya.

Identifikasi Pola Perineal (*Perineal Pattern*). Identifikasi dilakukan untuk mengetahui spesies-spesies *Meloidogyne* spp. pada akar tanaman. Akar yang terserang dicuci, kemudian dibedah dengan jarum bedah dibawah mikroskop cahaya untuk memperoleh nematoda betina dewasa. Bagian anterior dan posterior nematoda betina dewasa dipotong dengan pisau bedah (skalpel). Bagian posterior dibersihkan dengan asam laktat 45% kemudian dipindahkan ke objek *glass* yang telah ditetesi laktofenol dan menutupnya dengan *cover glass*. Pinggiran *cover glass* direkatkan dengan cat kuku, kemudian diamati di bawah mikroskop *compound* perbesaran 400 kali.

Pengaruh Limbah *Brassica* terhadap Tinggi Tanaman. Pengukuran tinggi tanaman tomat dilakukan setelah aplikasi limbah *Brassica* pada minggu ke-3, 4, dan 5 setelah tanam. Tinggi tanaman yang diukur mulai dari pangkal batang sampai ujung daun.

Pengaruh Limbah terhadap Hasil Tanaman Tomat. Perhitungan jumlah buah tanaman tomat yang telah dipanen pada setiap mikroplot. Pemanenan dilakukan pada minggu ke-12 setelah tanam selama 3 minggu.

Analisis data. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) dengan program SAS 9.1. Selanjutnya dilakukan uji lanjut selang berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test*) dengan $\alpha=0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keefektifan Limbah *Brassica* pada NPA dan NPT. Aplikasi lima jenis limbah *Brassica* yang diuji efektif menekan populasi nematoda puru akar dan nematoda parasit tumbuhan (Tabel 1 dan Tabel 2). Perlakuan limbah *Brassica* dan dosis efektif menekan nematoda puru akar sebesar 45,65- 94,43 % sedangkan perlakuan mulsa 23,47- 50,80 % dan tanpa mulsa 14,03- 50,80 %. Lima jenis limbah *Brassica* yang terdiri dari brokoli, kubis, lobak, pakcoy, dan sawi putih lebih efektif menekan nematoda puru akar pada masing-masing dosis 0,5 kg dan 1 kg dibandingkan dengan kontrol (0) dan tanpa limbah dengan ditutup mulsa (0+m). Perlakuan interaksi lima jenis limbah *Brassica* pada dosis 0,5 kg dan 1 kg tidak ada perbedaan yang nyata, kecuali pada limbah kubis pada dosis 0,5 kg berbeda dengan limbah lobak dan brokoli begitupun pada dosis 1 kg.

Limbah *Brassica* dalam menekan nematoda parasit tumbuhan (NPT) yaitu pada sawi putih dengan dosis 0,5 kg (75,11%) dan 1 kg (80,27%) tidak berbeda

Tabel 1. Keefektifan 5 jenis limbah *Brassica* sebagai biofumigan terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne* sp.) pada tanaman tomat pada skala mikroplot di lapangan

Dosis <i>Brassica</i> (kg/ 5 kg tanah)	Brokoli	Kubis	Lobak	Pakcoy	Sawi putih
0	53,45a	43,72ab	55,77a	39,30b	21,68b
0+mulsa	49,46a	33,98b	47,85a	50,23ab	46,57ab
0,5 kg+mulsa	75,41a	69,07a	60,83a	43,14a	75,11a
1 kg+mulsa	47,12a	63,33a	56,40a	69,49a	80,27a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Tabel 2. Keefektifan 5 jenis limbah *Brassica* sebagai biofumigan terhadap nematoda parasit tumbuhan tanaman tomat pada skala mikroplot di lapangan

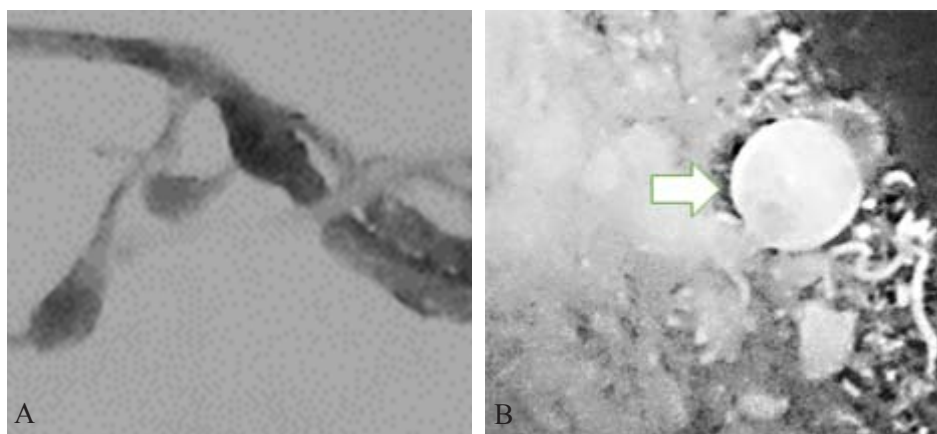
Dosis <i>Brassica</i> (kg/ 5 kg tanah)	Keefektifan (%) / jenis <i>Brassica</i>				
	Brokoli	Kubis	Lobak	Pakcoy	Sawi putih
0	53,45a	43,72ab	55,77a	39,30b	21,68b
0+mulsa	49,46a	33,98b	47,85a	50,23ab	46,57ab
0,5 kg+mulsa	75,41a	69,07a	60,83a	43,14a	75,11a
1 kg+mulsa	47,12a	63,33a	56,40a	69,49a	80,27a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

nyata dengan 0+m (46,57%) sedangkan kontrol (21,68%) berbeda nyata, pada pakcoy dosis 0,5 kg (43,14%) dan 1 kg (69,49%) tidak berbeda nyata dengan 0+m (50,23%) sedangkan kontrol (39,30%) berbeda nyata, pada kubis dengan dosis 0,5 kg (69,07%), 1 kg (63,33) berbeda nyata dengan 0+m (50,23%), sedangkan kontrol (39,30%) tidak berbeda nyata. Ini memperlihatkan bahwa perlakuan dosis limbah sawi putih dan pakcoy lebih baik dibandingkan dengan kontrol sedangkan 0+m tidak lebih baik dalam menurunkan populasi NPT. Perlakuan limbah kubis lebih baik dalam menurunkan NPT dibandingkan dengan 0+m sedangkan pada kontrol tidak lebih baik pada dosis 0,5 dan 1 kg. Keefektifan menurunkan populasi nematoda yang berbeda karena dipengaruhi oleh kandungan GSL dalam tanaman *Brassica*, iklim, kecepatan rusaknya jaringan tanaman dan air. Terbentuknya puru akar menandakan adanya infeksi oleh NPA (*Meloidogyne* sp.), bentuk puru dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil ekstraksi dan identifikasi nematoda parasit tumbuhan dari tanah adalah *Meloidogyne* spp., *Rotylenchus*, *Pratylenchus*, *Belonolaimus* sp., *Criconemoides* sp., dan *Helicotylenchus* sp.

Menurunnya puru akar disebabkan adanya efek biofumigasi dari perlakuan limbah *Brassica*. Menurut Yulianti (2009), tanaman *Brassica* menghasilkan metabolit sekunder berupa senyawa glukosinolat. Hidrolisis senyawa glukosinolat oleh enzim mirosinase menghasilkan senyawa isotiosianat yang berperan sebagai biofumigan yang dapat mematikan nematoda. Hidrolisis glukosinolat terjadi ketika senyawa tersebut kontak dengan enzim mirosinase hingga menyebabkan rusaknya dinding sel tanaman selama maserasi dan tersedianya air. Enzim mirosinase dihasilkan oleh sel-sel mirosin yang letaknya terpisah dari vakuola yang mengandung GSL (Bones & Iversen, 1985). Hasil hidrolisis senyawa GSL adalah senyawa-senyawa yang bersifat volatil maupun tidak. Senyawa-senyawa yang dihasilkan bergantung pada suhu, pH, dan kadar air tanah (Yulianti, 2009). Menurut Das *et al.* (2000) konsentrasi glukosinolat dalam tanaman tergantung faktor kondisi lahan, iklim, dan praktek agronomi.

Ketersediaan air menjaga senyawa isotiosianat agar tidak menguap sehingga tertahan dalam tanah. Oleh karena itu, penyiraman sangat penting pada proses



Gambar 1. (A) Gejala puru akar *Meloidogyne* sp. (B) Juvenil II betina dewasa

hidrolisis glukosinolat. Menurut Matthiessen (2002) salah satu faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis glukosinolat agar berlangsung optimum adalah ketersediaan air dan kecepatan rusaknya jaringan tanaman (Kirkegaard *et al.*, 2001). Berdasarkan uji biofumigasi, senyawa isotiosianat dapat mematikan nematoda dalam tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan jumlah puru akar pada perlakuan limbah *Brassica*.

Hidrolisis GSL terjadi pada saat penanaman sisa-sisa tanaman Brassicaceae untuk menghasilkan ITS. Kandungan GSL yang tinggi dalam jaringan tanaman belum menjamin tingginya kadar ITS yang dihasilkan selama proses hidrolisis dalam tanah. Brown & Morra (2005) menyatakan bahwa tingkat kelarutan ITS dalam air berpengaruh terhadap tingkat toksisitasnya meskipun tidak mutlak. Tsao *et al.* (2000) juga melaporkan bahwa senyawa ITS yang terbentuk cenderung lebih stabil pada air yang berada pada permukaan tanah agak dalam.

Nematoda bersifat aerobik aquatik dan hidup di lapisan air dalam pori-pori tanah. Menurut Swibawa & Oktarino (2010) aktivitas nematoda sangat dipengaruhi oleh kadar air, oksigen, dan pori-pori tanah. Senyawa isotiosianat larut dalam lapisan air dan mengganggu nematoda dalam memperoleh oksigen. Nematoda memperoleh oksigen secara difusi di permukaan tubuh sehingga pada saat pertukaran gas, ITS akan masuk ke dalam tubuh melalui kulit nematoda. ITS akan mengganggu organ tubuh nematoda sehingga mengalami kematian. Menurut Gimsing & Kirkegaard (2006) senyawa ITS menghasilkan senyawa alelokimia yang bersifat toksik. Selain itu, ITS menyebabkan aktivasi prokarsinogen terhambat dengan menginduksi enzim-enzim kuinon reduktase atau glutathion S-transfer yang secara spesifik mendetoksifikasi metabolit-metabolit

ektrofilik yang mampu mengubah struktur asam-asam nukleat (Wahyuni, 2014).

Populasi NPA dan nematoda parasit tumbuhan lain di tanah jumlahnya menurun setelah aplikasi limbah *Brassica*. Turunnya populasi nematoda disebabkan adanya kandungan ITS yang terdapat pada limbah *Brassica* yang digunakan. Banyaknya kandungan ITS dalam *Brassica* tergantung dari umur tanaman *Brassica*, iklim, dan nutrisi yang ada dalam tanah. Menurut Yulianti (2009), ITS terdapat pada seluruh bagian tanaman, mulai dari akar, batang, daun, bunga sampai biji. Satu jenis tanaman *Brassica* biasanya mengandung lebih dari satu macam GSL. Kandungan GSL dalam tanaman bergantung pada jenis jaringan tanaman, umur tanaman, kesehatan tanaman, dan tingkat nutrisi tanaman.

Salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya isotiosianat sebagai biofumigan adalah suhu. Peningkatan suhu setelah perlakuan limbah *Brassica* menghasilkan senyawa isotiosianat lebih stabil di dalam tanah. Menurut Rask *et al.* (2000) peningkatan suhu ketika dilakukan penutupan tanah berpengaruh terhadap stabilitas senyawa isotiosianat. Kelompok alifatik dan aromatik yang dihasilkan isotiosianat, bergantung pada suhu, pH dan kadar air tanah. Menurut Perez *et al.* (2005), dibutuhkan suhu tanah dan waktu tertentu untuk mencapai pengendalian yang optimum. Suhu yang meningkat setelah perlakuan limbah *Brassica*, akan mempengaruhi aktivitas nematoda dan menstabilkan senyawa isotiosianat. Menurut Rosya (2015), perlakuan limbah *Brassica* dapat menaikkan suhu pada pot 4-6 °C.

Keefektifan limbah *Brassica* sangat dipengaruhi oleh lamanya isotiosianat tersimpan dalam tanah. Menurut Gimsing & Kirkegaard (2006), isotiosianat masih bisa dideteksi 8-12 hari setelah perlakuan dengan

efisiensi pelepasan 26-56 %. Pada saat konsentrasi ITS di dalam tanah sangat rendah atau tidak bisa dideteksi lagi, sisa-sisa tanaman menyediakan nutrisi bagi mikroorganisme dekomposer yang juga bisa berperan sebagai antagonis (Yulianti, 2005). Tingkat penekanan pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh konsentrasinya dan jenis ITS yang dihasilkan.

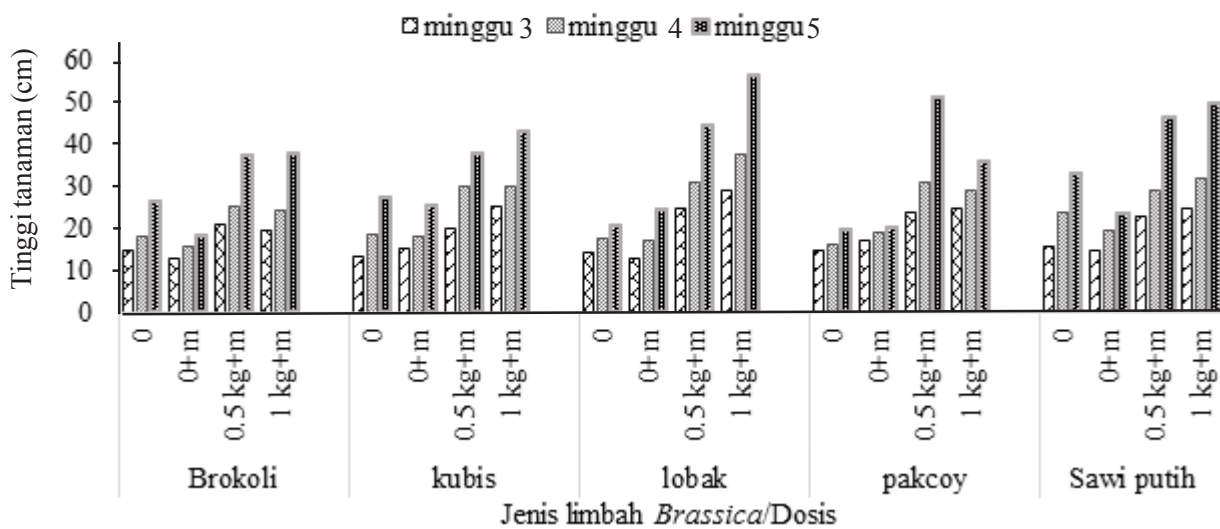
Pengaruh limbah Brassica terhadap Tinggi Tanaman.

Tanaman tomat yang diberikan perlakuan limbah lobak memperlihatkan pertumbuhan lebih baik dibandingkan dengan limbah Brassica yang lainnya (Gambar 2). Pertumbuhan tinggi tanaman lebih baik pada penggunaan limbah Brassica dibandingkan dengan dengan kontrol (0) dan kontrol dengan mulsa (0+m).

Limbah Brassica efektif menekan nematoda dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. Limbah Brassica yang terurai akan menghasilkan nitrogen untuk pertumbuhan tanaman dan ITS yang bersifat sebagai toksin terhadap nematoda. ITS menurunkan populasi nematoda parasit tumbuhan di dalam tanah. Pada kondisi populasi nematoda yang rendah pertumbuhan tanaman akan lebih baik, karena nematoda ini bersifat mengganggu dan merusak akar tanaman yang berfungsi mengambil unsur hara dan air dari dalam tanah. Selain itu, limbah Brassica akan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan unsur hara (N, P, K), dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat. Penambahan limbah Brassica pada pembuatan pupuk cair dapat meningkatkan kandungan N, P, K, dan S (Rinaldi *et al.*, 2015).

Pemberian limbah Brassica pada tanaman tomat yang mengandung nitrogen akan mempercepat sintesis asam amino dan protein sehingga mempercepat pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahmah *et al.* (2014) yang mengatakan bahwa limbah Brassica mengandung unsur nitrogen yang berperan penting dalam setiap proses metabolisme tanaman, yaitu dalam sintesis asam amino dan protein dari ion-ion ammonium serta berperan dalam memelihara tekanan turgor dengan baik. Senyawa-senyawa hasil fotosintesis disimpan dalam bentuk senyawa organik yang kemudian dibebaskan dalam bentuk ATP untuk pertumbuhan tanaman. Asam humat, asam fulfat serta zat pengatur tumbuh yang terkandung dalam pupuk organik cair akan mendukung dan mempercepat pertumbuhan tanaman.

Produksi Tanaman Tomat. Lima jenis limbah Brassica yang digunakan memberikan pengaruh terhadap hasil produksi buah tomat (Tabel 3). Pada perlakuan limbah Brassica dengan dosis 0,5 kg dan 1 kg meningkatkan hasil produksi tomat yaitu 48 - 64 buah / mikroplot dibandingkan perlakuan dengan menggunakan mulsa tanpa limbah dan kontrol dengan produksi yaitu 27 - 46 buah/ mikroplot. Peningkatan produksi buah tanaman tomat ini karena aplikasi bahan organik yang menandung ITS menurunkan populasi nematoda parasit tumbuhan dan meningkatkan unsur hara bagi tanaman. Bahan organik ini akan memacu pembelahan dan perpanjangan sel, memacu metabolisme dan menyediakan hormon pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang terkandung dalam bahan organik akan meningkatkan aktivitas



Gambar 2. Pengaruh tingkat dosis 5 jenis limbah Brassica terhadap tinggi tanaman tomat pada pengamatan 3, 4, 5 minggu setelah tanam

Tabel 3. Jumlah buah tomat per mikroplot pada perlakuan biofumigan 5 jenis limbah tanaman *Brassica* pada beberapa tingkat dosis

Dosis <i>Brassica</i> (kg/ 5 kg tanah)	Jenis <i>Brassica</i>				
	Brokoli	Kubis	Lobak	Pakcoy	Sawi putih
0	42,17b	33,83b	27,33b	29,33b	29,33b
0+mulsa	36,50b	31,50b	45,50b	29,83b	32,50b
0,5 kg+mulsa	58,67a	52,50a	55,50a	61,17a	54,50a
1 kg+mulsa	61,83a	63,83a	63,83a	47,83a	54,83a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 5%.

Gambar 3. Pola perineal *Meloidogyne incognita* (mikroskop cahaya perbesaran 400x)

fotosintesis sehingga meningkatkan karbohidrat sebagai cadangan makanan. Kandungan bahan organik dari limbah *Brassica* akan mempengaruhi ZPT seperti auksin, giberelin, asam salisilat, untuk merangsang pembungaan pada tanaman tomat sehingga bisa mempercepat pemuahan.

Nematoda puru akar yang menyerang tanaman tomat adalah *Meloidogyne incognita*. *M. incognita* berhasil diidentifikasi berdasarkan morfologi pola perineal seperti pada Gambar 3. Pola perineal *M. incognita* sangat khas berupa lengkungan dorsal yang tinggi dan menyempit, sedangkan pada bagian luarnya sedikit melebar dan agak mendatar, pola striasinya terlihat kasar, bergelombang, tidak memiliki garis lateral.

SIMPULAN

Biofumigasi menggunakan sisa tanaman kubis, lobak, brokoli, sawi putih dan pakcoy pada dosis 0,5 kg dan 1 kg per 5 kg tanah efektif menurunkan jumlah puru akar (*Meloidogyne incognita*) pada skala mikroplot di lapangan. Aplikasi sisa tanaman

Brassicaceae tersebut meningkatkan pertumbuhan tanaman dan jumlah buah tomat per mikroplot.

SANWACANA

Penelitian ini sebagian menggunakan biaya penelitian yang diberikan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Indonesia (DIKTI) melalui program beasiswa pendidikan pascasarjana dalam negeri (BPPDN).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott WS. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18(2): 265–267.
- Bones A & Iversen TH. 1985. Myrosin cells and myrosinase. *Israel J. Bot.* 34(2-4): 351–376.
- Brown J & Morra MJ. 2005. *Glucosinolate Containing Seed Meal as a Soil Amendment to Control Plant Pest*. National Renewable Energy Laboratory, University of Idaho. Moscow. Idaho (RU).

- Das S, Tyagi AK, & Kaur H. 2000. Cencer modulation by glucosinolates: A review. *Carrent Sci.* 79 (12): 1665–1671.
- Davis M, Sorensen E, & Nunez J. 2005. Crop Profile for Carrots in the United States. http://pestdata.ncsu.edu/cropprofiles/Details.CFM?FactSheets_RecordID=167. Diakses tanggal 18 April 2016.
- Gimsing AL & Kirkegard JA. 2006. Glucosinolate and isothiocyanate concentration in soil following incorporation of *Brassica* biofumigants. *Soil Biol. & Biochem.* 38(8): 2255–2264.
- Kirkegaard JA, Wong PT, & Desmarchelier JM. 2001. *In vitro* supression of fungal root pathogens of cereals by *Brassica* tissues. *Plant Pathol.* 45: 593–603.
- Kurniawan W. 2010. Identifikasi penyakit umbi bercabang pada wortel, *Daucus carota* (L.) di Indonesia [tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Matthiessen J. 2002. Plant maceration and moisture hold the key to biofumigation success. CSIRO Bulletin: Biofumigation update: *Horticulture* 15: 1–2.
- Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Monfort WS, Csinos AS, Desaeager J, Seebold K, Webster TM, & Perez JC. 2007. Evaluating Brassica species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plastic culture. *Crop Prot.* 26: 1359–1368.
- Lopez-Perez JA, Roubtsova T, & Ploeg A. 2005. Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *J. Nematol.* 37(4): 489–494.
- Rask L, Andreasson E, Ekbom B, Eriksson S, Pontoppidan B, & Meijer J. 2000. Myrosinase gene family evolution and herbivore defense in *Brassicaceae*. *Plant Mol. Biol.* 42(1): 93–113.
- Rahmah A, Izzati M, & Parman S. 2014. Pengaruh pupuk organik cair berbahan dasar limbah sawi putih (*Brassica chinensis* L.) terhadap pertumbuhan tanaman jagung manis (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Buletin Anatomi dan Fisiologi.* 22(1): 65–71.
- Rinaldi SH, Kurnani BA, & Sudiarti B, 2015. The Influence of Comparative Treatment between Dairy Cattle Farm Waste and Cabbage (*Brassica oleracea*) Waste in Making Liquid Organic on the N, P and K [Tesis]. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Rosya A. 2015. The Effectiveness *Brassicaceae* Remnants as Biofumigan in Control Root Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) [Tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rosita SM & Hartati SY. 2012. Sawi Tanah sebagai Biofumigan Jahe. *Jurnal Warta Puslitbang Perkebunan* 18(3): 11–12.
- Sarma KM & Bankobeza GM. 2000. *Montreal Protocol that Deplete the Ozon Layer*. United Nations Environment Programme. UNON Press, Nairobi, Kenya.
- Swibawa IG & Oktarino H. 2010. Pengaruh Kadar air Tanah Terkontrol terhadap Kelimpahan Nematoda Parasit Tumbuhan. Dalam: P. S. Teknologi-III (Ed.). *Prosiding ilmiah Peran Strategis Sains dan Teknologi dalam Mencapai Kemandirian Bangsa*. pp. 213–219 Bandar Lampung, Lembaga Penelitian Universitas Lampung. 18-19 Oktober 2010.
- Tsao R, Yu Q, Friesen I, Potter J, & Chiba M. 2000. Factors affecting the dissolution and degradation of oriental mustard derived sinigrin and allyl isothiocyanate in aqueous media. *J. Agric. Food Chem.* 48(5): 1898–1902.
- Wahyuni SL. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kubis (*Brassica oleracea* Var. *Capitata* L. terhadap Bakteri *Escherichia coli*. Ciputat. UIN Syarif Hidayatullah.
- Yulianti T. 2005. Persistensi isotiosianat, bahan aktif pestisida nabati dari tanaman Brassicaceae dalam tanah. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Pestisida Nabati III*. Malang. pp. 204–211. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan serat. Malang.
- Yulianti T. 2009. Biofumigan untuk pengendalian patogen tular tanah penyebab penyakit tanaman yang ramah lingkungan. *Jurnal Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 3(2): 154–170.