

**PENGARUH DOSIS APLIKASI *Arthrobotrys dactyloides* DALAM PELLET
GUM-ARABIK TERHADAP PENETRASI *MELOIDOGYNE JAVANICA* PADA
AKAR, PERTUMBUHAN DAN HASIL TOMAT**

***EFFECTS OF APPLICATION RATES OF Arthrobotrys dactyloides IN GUM-ARABIC PELLETS
ON MELOIDOGYNE JAVANICA PENETRATION ON ROOT, GROWTH
AND YIELD OF TOMATO***

Sudirman

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efektifitas *Arthrobotrys dactyloides* dalam formulasi pellet gum-arabik untuk mengendalikan nematoda di dalam tanah. Pelet dengan kualitas yang baik diproduksi. Percobaan pot disiapkan untuk menguji pengaruh dosis aplikasi terhadap penetrasi *Meloidogyne javanica* pada akar, pertumbuhan, dan hasil tanaman tomat. Pellet diaplikasikan dengan empat dosis yang berbeda; 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% (b/b). Pot tanpa pellet disiapkan sebagai control. Percobaan dilaksanakan dengan menggunakan bibit tomat berumur 20 hari. Pengamatan dilakukan pada parameter jumlah puru, jumlah kantung telur, tinggi tanaman, panjang akar, berat basah tanaman, berat kering tanaman, jumlah buah dan berat buah. Percobaan dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap dengan lima ulangan tiap perlakuan. Data dianalisa dengan Analisis Keragaman. Bilamana rasio keragaman berbeda nyata, maka rata-rata perlakuan diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf nyata 5%. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kecuali dosis 0,2% (b/b), semua dosis pellet yang mengandung *A. dactyloides* secara nyata mengurangi jumlah puru dan jumlah kantung telur *M. javanica*, yang berakibat pada peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat.

Kata kunci: Nematoda, *M. javanica*, *Arthrobotrys dactyloides*, formulasi, gum arabik, aplikasi, dan pengendalian hayati.

ABSTRACT

This study aimed at determining the effectiveness of A. dactyloides formulated in gum arabic pellets in controlling nematodes in soil. Pellets with good characteristics were produced. Pot experiments were set to test effects of rate of application on M. javanica penetration on root, growth, and yield of tomato. Pellets were applied at four different rates of application; 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% (w/w). Pots with no pellets were prepared as controls. The experiment was conducted with 20-day tomato seedlings in pots. Observation was taken for number of galls, number of egg masses, plant height, root length, plant wet-weight, plant dry-weight, number of fruits, and fruit weight. The experiment was conducted with Completely Randomized Design with five replicates each. Data were analyzed with analysis of variance. When the variance ratio (F) was significant, means for each treatment in each experiment was separated using a least significant difference test at 5% significant level. Results of experiments showed that except treatment 0.2% (w/w), all dosage treatments of pellets containing A. dactyloides significantly reduced number of galls and number of egg masses of M. javanica, resulted in improvement of tomato growth and yield.

Key words: Nematodes, *M. javanica*, *Arthrobotrys dactyloides*, formulation, gum arabic, application, and biological control.

PENDAHULUAN

Beberapa jamur pemangsa nematoda memproduksi perangkap secara spontan pada media laboratorium, tetapi pembentukan perangkap biasanya terjadi hanya bila ada nematoda atau bahan-bahan yang mengandung protein (Duddington, 1962; Pramer and Kuyama, 1963; Nordbring-Hertz, 1973). Pentingnya nematoda dan faktor lainnya di dalam tanah, seperti mikroorganisme dan kandungan air tanah dalam kaitannya dengan pemangsaan nematoda oleh jamur tidak perlu dipertanyakan lagi.

Di dalam tanah, pengendalian hayati nematoda tidak hanya interaksi antara nematoda dengan musuh-musuh mereka. Begitu agen pengendali hayati nematoda diintroduksi ke dalam tanah, mereka harus beraksi dalam lingkungan yang sangat kompleks dan dinamis, di dalam satu lingkungan baik nematoda dan musuh-musuhnya dipengaruhi oleh faktor-faktor biotik dan abiotik. Adalah sangat memungkinkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi populasi nematoda bebas (seperti mikroorganisme yang sebagai bahan makanan mereka dan/atau air tanah dimana mereka bergerak) dapat mempunyai pengaruh langsung atau tidak langsung terhadap aktifitas antagonis. Dengan demikian, menjadi sangat penting untuk menempatkan agen pengendali hayati nematoda sedekat mungkin dengan nematoda target.

Meskipun semua nematoda parasit tumbuhan mempunyai satu fase hidup dalam tanah dalam siklus hidupnya, mereka umumnya berkumpul di sekitar akar dan secara langsung makan pada jaringan tanaman hidup. Dengan demikian, nematoda parasit tumbuhan akan selalu ditemukan berasosiasi dengan akar tanaman inang yang peka. Keberhasilan agen pengendali hayati seperti jamur perangkap nematoda akan terkait dengan kemampuannya untuk beraksi di dalam atau dekat dengan daerah perakaran dan melindungi akar tanaman dari penetrasi oleh nematoda stadium kedua (J2). Mankau (1980) melaporkan bahwa hubungan antara jamur perangkap nematoda dengan rizosfer tanaman menjadi penting dalam kaitannya dengan kemampuan pengendalian hayati mereka. Jika satu jamur perangkap nematoda diharapkan

efektif sebagai satu agen pengendali hayati, jamur harus ditempatkan sekitar akar pada saat J2 bergerak ke akar. Kebanyakan penelitian yang dilakukan berkaitan dengan efektifitas agen pengendali hayati nematoda, khususnya dalam menempatkan agen pengendali hayati sekitar akar, dilakukan pada skala laboratorium dan dengan dosis aplikasi yang sangat tinggi, yang secara ekonomi tidak fisibel.

A. dactyloides punya potensi sebagai agen pengendali hayati nematoda puru akar. Tetapi, karena jamur ini bukan pengkoloni rizosfer (Sudirman, 2002), sangatlah perlu untuk mendapatkan teknik yang tepat untuk menempatkan jamur sedekat mungkin dengan akar dan masih dengan dosis yang secara ekonomi menguntungkan. Untuk itu, maka tujuan penelitian yang telah dilakukan adalah untuk menentukan pengaruh dosis aplikasi *A. dactyloides* yang diformulasikan dalam pellet gum arabik terhadap penetrasi *M. javanica* pada akar, pertumbuhan dan hasil tanaman tomat.

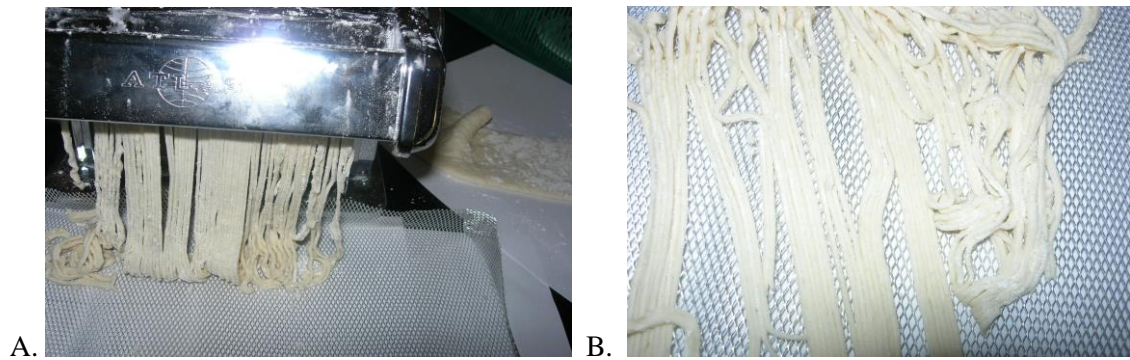
METODE PENELITIAN

Kultur *Meloidogyne javanica*

Kultur *Meloidogyne javanica* dilakukan pada tanaman tomat yang peka (cv. Tiny Tim) yang ditumbuhkan pada tanah pasiran di pot dalam rumah kaca. Telur *M. javanica* diekstraksi dengan metode sodium hypochlorite (Hussey and Barker, 1973). Juvenil stadium kedua (J2) dan steril permukaan J2 dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Koening and Barker (1985).

Persiapan Tanah

Tanah yang diambil dari lapangan dikering anginkan dengan menebar tanah pada tempat ternaung untuk beberapa hari. Tanah kering angin diayak dengan mata ayakan 2 mm dan disimpan dalam karung sampai dibutuhkan. Tanah bebas nematode disiapkan dengan menghamparkan tanah di tempat terbuka dan ditutup dengan plastik hitam selama 2 minggu di bawah terik matahari.



Gambar 1. Formulasi *A. dactyloides* dalam pellet gum-arabik. A. Pembuatan pellet, dan B. Proses pengeringan.

Perbanyak dan Penyimpanan Jamur *A. dactyloides*

Isolat *A. Dactyloides* diperbanyak dengan menumbuhkan jamur pada media CMA dalam cawan Petri. Setelah permukaan CMA dalam cawan Petri dipenuhi miselia, media dan miselia dipotong-potong dengan bentuk bujur sangkar dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Potongan media dan jamur ini dimasukkan dalam botol berisi akuades steril dan disimpan pada suhu kamar. Selanjutnya untuk keperluan penelitian, satu keping media tersebut dapat diambil dan ditumbuhkan pada CMA lagi.

Perbanyak massa *A. dactyloides* dengan Fermentasi Cair

Jamur *A. dactyloides* diproduksi secara massal dengan fermentasi cair. Perbanyak dilakukan dalam gelas Ehrlenmeyer 250 ml yang mengandung 100 ml Glukosa Pepton Yeast (GPY) (15 g glukosa, 2 g pepton, 5 g yeast, 1 g asparagin, 0,5 g K_2HPO_4 , 0,25 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,001 g thiamin HCl, 1 L H_2O). Gelas kemudian diinokulasi dengan 2 lempengan (diameter 5 mm) CMA dan jamur yang diambil dari koloni yang sedang tumbuh dengan aktif pada CMA. Gelas Ehrlenmeyer dengan isinya kemudian diinkubasi pada 27 °C pada pengaduk berputar (rotary shaker) dengan kecepatan 120 putaran per menit. Setelah media dalam gelas dipadati oleh miselia, kemudian dihomogenkan dengan mixer dan suspensi miselia siap untuk diformulasikan. Diperlukan 5 L untuk pengembangan formulasi.

Formulasi *A. dactyloides* dalam Pellet Gum Arabik

105 ml kultur jamur dalam GPY dicampur dengan campuran bahan formulasi (400 g tepung bahan organik dan 60 g gum arabik). Campuran yang membentuk pasta kental dan kenyal diproses dengan ekstruder manual untuk menghasilkan produk berbentuk silinder kecil memanjang. Produk tanpa jamur (suspensi jamur GPY diganti dengan air steril) juga diproduksi sebagai kontrol. Produk diinkubasi selama 3 hari di dalam kantung plastik yang kemudian dikeringkan sampai kadar air 2% pada laminar air flow.

Pengujian Kualitas Formulasi Pellet

Estimasi jumlah propagul dilakukan dengan cara merendam 0,1 g pellet dalam 9,9 ml larutan penyangga fosfat steril (11,8 g KH_2PO_4 dan 4,2 g Na_2HPO_4 dalam 1 l air dengan pH6,4). Setelah semalam, suspensi diencerkan secara berseri dan 0,1 ml suspensi di tumbuhkan pada CMA yang mengandung 50 mg/l streptomisin sulfat. Jumlah koloni dihitung setelah 5 hari inkubasi pada 27 °C.

Uji sterilitas, viabiliti dan vigor dilakukan dengan menumbuhkan 10 pellet pada agar dalam cawan Petri dan diinkubasi pada 27 °C. Setelah 5 hari inkubasi, tingkat kontaminasi pellet ditentukan, viabiliti ditentukan atas dasar banyaknya pellet yang menghasilkan miselia dan vigor ditentukan atas dasar tebalnya miselia yang tumbuh dari pellet.

Pengujian Dosis Aplikasi

Percobaan dilaksanakan pada pot ukuran 8 L yang diisi dengan 7 kg tanah yang telah dicampur merata dengan pellet. Dosis pellet yang diujikan adalah 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; dan 0,8% (b/b) dengan lima ulangan untuk tiap perlakuan.

Bibit tanaman tomat berumur 20 hari ditanam pada tiap pot dan 1 hari setelah penanaman 6000 telur *M. javanica* diinokulasikan pada tiap pot. Telur diinokulasikan pada 6 titik sekitar 2 cm dari batang tanaman. Berat kering tanaman dan jumlah nematoda di dalam akar ditentukan dengan membelah akar yang diwarnai oleh acid fuchsin (Daykin and Hussey, 1985). Pengamatan dilakukan pada umur 30 hari setelah tanam dan saat panen terakhir. Pada 30 hari, pengamatan difokuskan pada jumlah puru, jumlah kantung telur, tinggi tanaman, panjang akar, berat basah, dan berat kering tanaman. Disamping parameter tersebut, pada saat panen juga diamati jumlah buah dan berat buah.

Analisa Statistik

Semua percobaan dirancang menurut rancangan acak lengkap. Data hasil pengamatan dianalisa dengan analisa keragaman pada taraf nyata 5%. Bilamana rasio keragaman berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

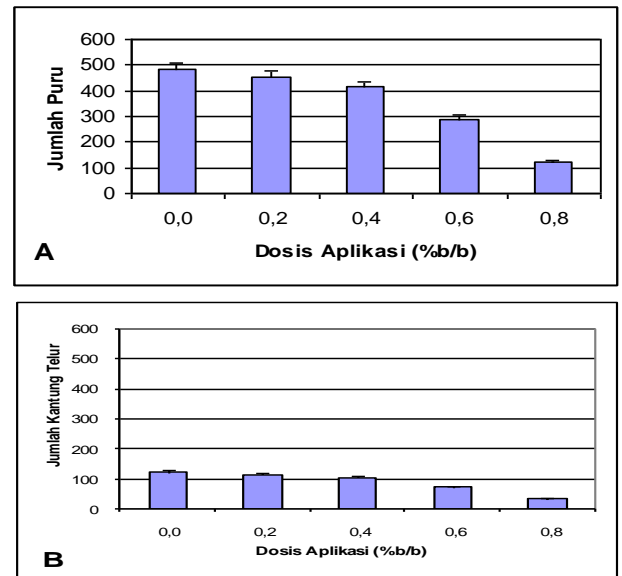
Kualitas Pellet

Pellet yang dihasilkan mengandung propagul $62,4 \times 10^5/g$ (Log_{10} CFU = 6,79) dengan viabilitas 100% dan vigor 3,6 (skala 4,0).

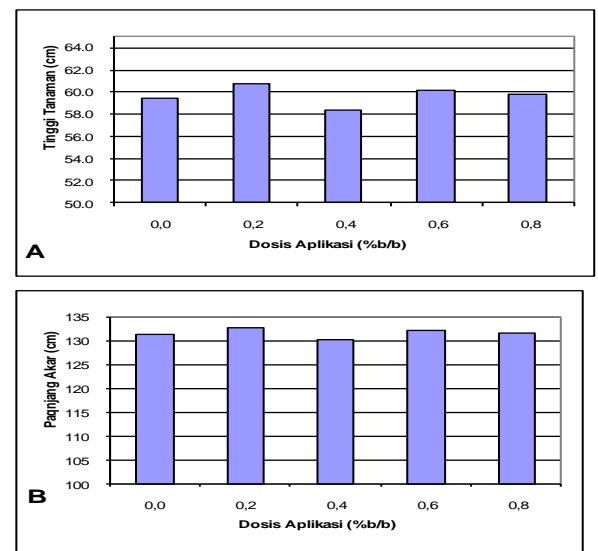
Pengaruh Dosis Aplikasi terhadap Infeksi *M. javanica*, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat

Hasil analisis menunjukkan bahwa dosis pellet secara nyata berpengaruh terhadap infektifitas nematoda maupun pertumbuhan dan

produksi tanaman tomat. Pada pengamatan 30 hari setelah inokulasi (hsi), jumlah puru dan jumlah kantung telur yang diamati secara nyata menurun seiring dengan peningkatan dosis pellet (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap jumlah puru (A) dan jumlah kantung telur (B) *M. javanica* pada tanaman tomat 30 hsi (bar adalah nilai BNT_{0,05}).

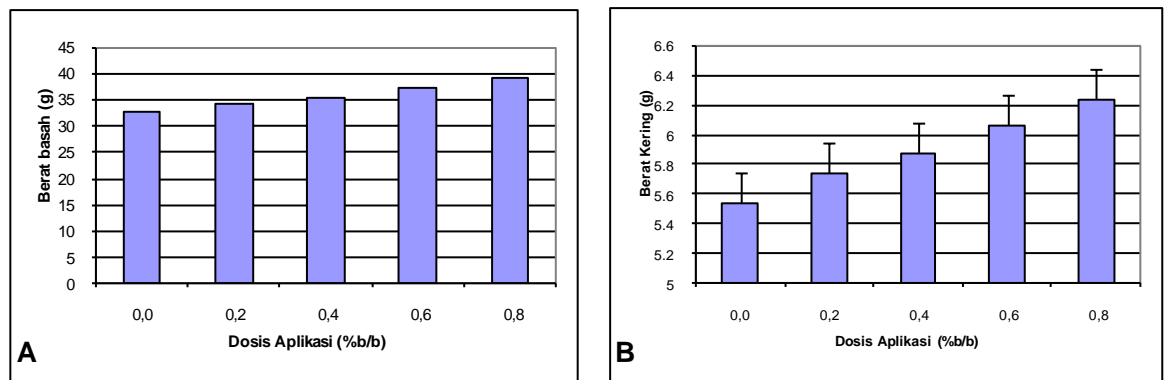


Gambar 3. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap tinggi tanaman (A) dan panjang akar (B) tanaman tomat 30 hsi.

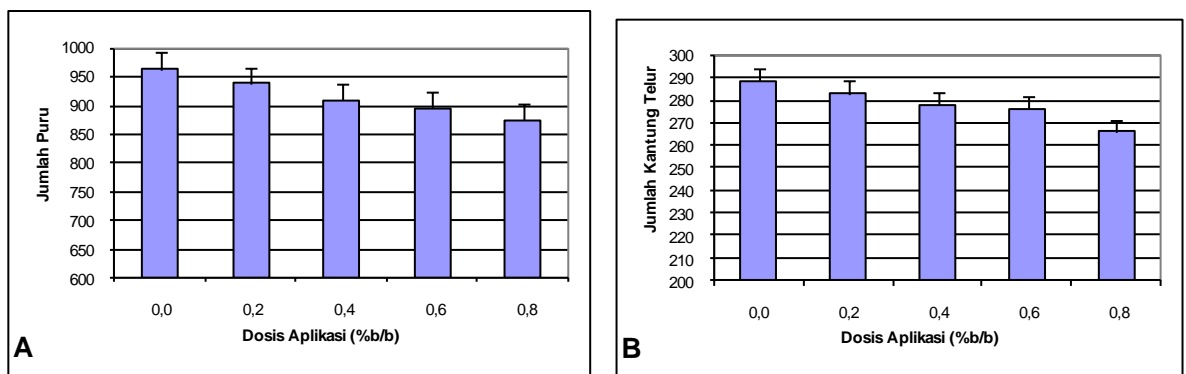
Peningkatan dosis aplikasi pellet tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman (Gambar 3A), panjang akar (Gambar 3B), dan berat basah tanaman (Gambar 4A), tetapi secara nyata berpengaruh terhadap berat kering tanaman (Gambar 4B). Berat kering tanaman semakin meningkat seiring dengan peningkatan dosis aplikasi pellet.

Meskipun tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman dan panjang akar, saat

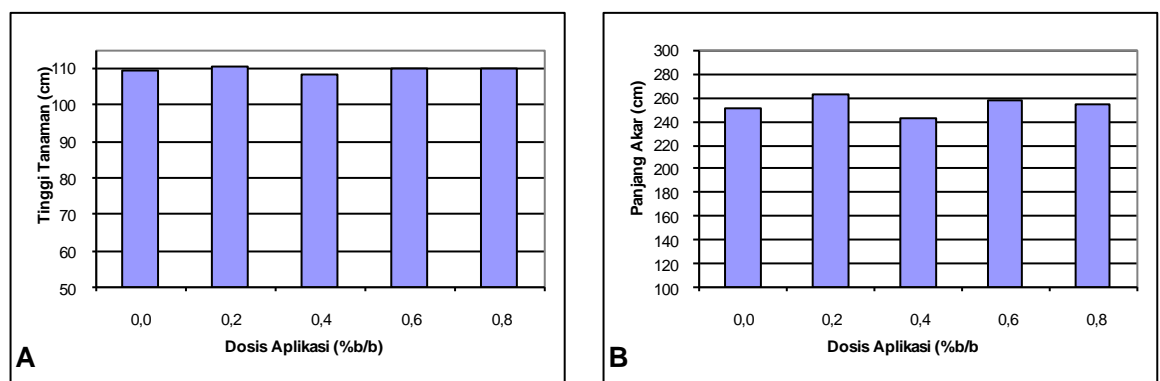
panen, dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* berpengaruh secara nyata terhadap jumlah puru, jumlah kantung telur, berat basah tanaman, berat kering tanaman, jumlah buah, dan berat buah. Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin tinggi dosis aplikasi pellet jumlah puru maupun jumlah kantung telur yang terbentuk pada akar tanaman tomat menurun secara nyata.



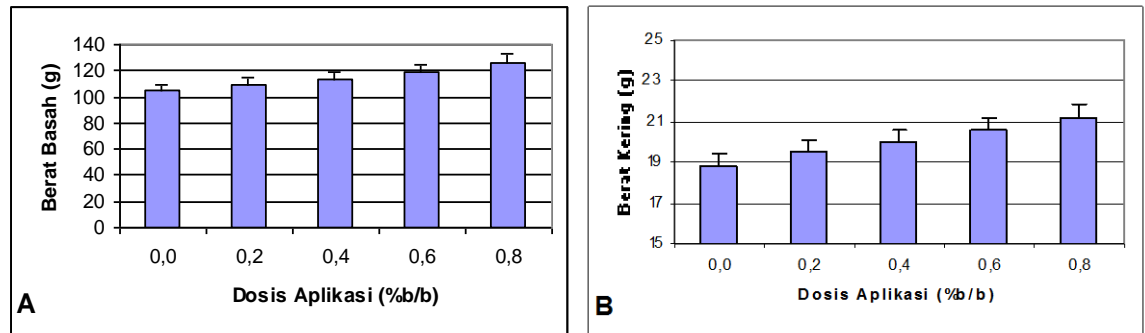
Gambar 4. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap berat basah (A) dan berat kering (B) tanaman tomat 30 hsi (bar adalah nilai BNT_{0,05}).



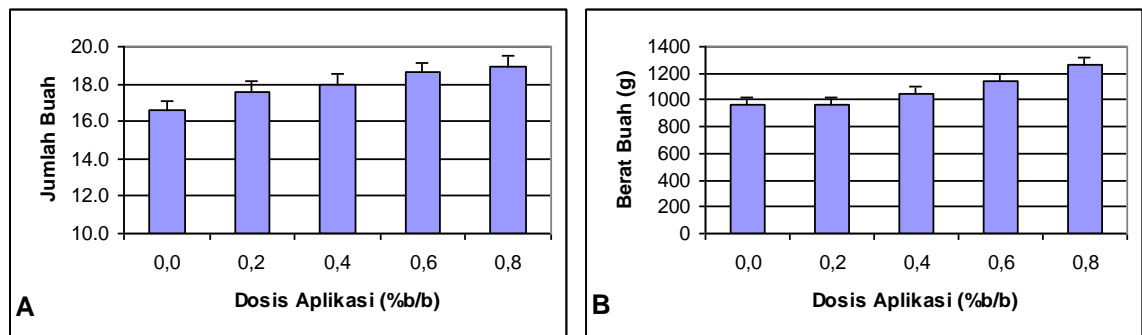
Gambar 5. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap jumlah puru (A) dan jumlah kantung telur (B) *M. javanica* pada tanaman tomat saat panen (bar adalah nilai LSD_{0,05}).



Gambar 6. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap tinggi tanaman (A) dan panjang akar (B) tanaman tomat saat panen.



Gambar 7. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap berat basah (A) dan berat kering (B) tanaman tomat saat panen (bar adalah nilai BNT_{0,05})



Gambar 8. Pengaruh dosis aplikasi pellet yang mengandung *A. dactyloides* terhadap jumlah buah (A) dan berat buah (B) tanaman tomat (bar adalah nilai BNT_{0,05})

Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis aplikasi pellet, berat basah, berat kering tanaman, jumlah buah, dan berat buah meningkat secara nyata.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman tentang potensi *A. dactyloides* sebagai agen pengendali hayati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *A. dactyloides* dapat diproduksi massa dengan fermentasi cair dalam media glukosa-pepton-yeast. Formulasi biomassa jamur ke dalam sere gum arabik yang dilanjutkan dengan pengeringan menghasilkan pellet yang mudah diaplikasikan ke dalam tanah (Gambar 1). Pellet yang dihasilkan dalam bentuk dan ukuran yang baik dan mengandung paling tidak 10^6 unit pembentuk koloni (colony forming units/CFU) per g pellet. Proses pengeringan tidak punya pengaruh negatif terhadap *Arthrobotrys dactyloides*, karena jumlah propagul yang hidup dari pellet dengan viabilitas 100% tidak berkurang secara berarti karena pengeringan.

Pada kebanyakan penelitian dengan jamur nematofagus, formulasi diaplikasikan dengan dosis 1% (b/v) (Stirling and Smith, 1998; Stirling et al., 1998) atau 1% (b/b) (Kerry, 1988).

Dengan demikian, hasil dari penelitian ini menjadi demikian menjanjikan, karena pada dosis aplikasi 0,4% (b/b) jamur *A. dactyloides* pada pellet mengurangi jumlah nematoda yang menginfeksi akar (Gambar 2 dan 5). Hasil ini adalah signifikan dan mempunyai implikasi bagi pihak yang tertarik dalam mengembangkan sistem yang praktis pengembangan lebih lanjut *A. dactyloides* sebagai satu agen pengendali hayati.

Percobaan pot dengan *A. dactyloides* dalam pellet gum arabik dengan jelas memperlihatkan bahwa jamur mengurangi jumlah nematoda yang menginfeksi akar tanaman tomat. Walaupun secara umum dianggap bahwa kompetensi rizosfer merupakan satu sifat yang penting agar agen pengendali hayati efektif mengendalikan patogen tular tanah (Suslow, 1982; Van Vuurde and Schippers, 1980), hasil penelitian ini mengisyaratkan bahwa pengendalian hayati nematoda puru akar yang efektif dicapai dengan satu organisme yang secara normal tidak mengkoloni akar. Metode aplikasi *A. dactyloides* harus menargetkan tanah sekitar tanaman daripada rizosfer. Tujuan mestinya untuk membentuk satu jejaring perangkap yang efektif sekitar akar tanaman, sehingga perangkap berfungsi sebagai suatu "penghalang biologis" yang melindungi akar dari nematoda yang bergerak dari kejauhan.

Schuster dan Sikora (1992) melaporkan bahwa gum arabik dengan konsentrasi yang tinggi per satuan unit tanah dapat menekan pertumbuhan tanaman dan perkembangan nematoda, tapi hal ini tidak nampak dalam penelitian ini. Pellet tanpa *A. dactyloides* tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman atau penetrasi akar oleh *M. javanica*. Sebaliknya, pellet yang mengandung *A. dactyloides* menekan penetrasi akar dan memacu pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Lackey et al. (1993) yang menunjukkan bahwa gum arabik tidak mempunyai pengaruh yang buruk terhadap pertumbuhan tanaman dan penetrasi nematoda.

Ketika pellet mengandung *A. dactylides* diaplikasikan dengan dosis yang berbeda, jumlah nematoda di dalam akar berkurang seiring dengan peningkatan dosis pellet (Gambar 2 dan 5). Semua dosis aplikasi, kecuali dosis 0,2% sangat efektif dengan adanya penurunan jumlah puru dan kantung telur yang sangat nyata. Dengan kondisi pellet yang dapat dihancurkan dalam bentuk yang kecil, maka perlakuan 0,4% (b/b) jika dicampur merata dengan tanah ada peluang untuk terdistribusi dengan merata, dan jaran antara pellet akan sangat dekat, dalam artian tidak lebih dari 10 mm. Dengan asumsi laju pertumbuhan 0,8 mm/hari (Sudirman, 2002), pada semua arah dari pellet, semestinya akan kurang dari 7 sampai 10 hari untuk membentuk satu jejaring miselium dan perangkap *A. dactyloides*. Tingkat pengendalian nematoda yang diperoleh dalam penelitian ini mengisaratkan bahwa hal ini dicapai paling tidak pada dosis aplikasi yang lebih tinggi.

Untuk aplikasi secara tebar, dosis aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini tidak akan pernah fisibel. Dosis aplikasi 0,4%, misalnya, setara dengan 8 ton/ha jika ditebar pada lahan dengan kedalaman 10 cm. Tetapi, jika pellet diaplikasikan hanya sekitar akar, akan menjadi mungkin untuk menggunakan dosis aplikasi tersebut. Stirling *et al.* (1998) menggambarkan bahwa ada sekitar 13 000 tanaman tomat/ha pada lahan tomat komersial dengan jarak tanam 150 cm x 50 cm. Satu produk pengendali hayati yang diaplikasikan dengan mencampur 4 g formulasi dengan 1 kg tanah pada setiap lubang tanam akan setara dengan dosis 52 kg/ha. Dosis aplikasi ini sangat praktis dan ekonomis untuk pengendalian hayati. Data dari penelitian ini mengisaratkan bahwa aplikasi dengan mencampur tanah hanya pada lubang tanam memberikan hasil yang jauh lebih baik untuk pengendalian nematoda maupun pertumbuhan tanaman.

Yang paling menarik dari hasil penelitian ini adalah bahwa penekanan infektifitas nematoda *M. javanica* pada tanaman tomat mengakibatkan peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Hussey (1985) menjelaskan bahwa serangan *Meloidogyne* merusak dan menekan pertumbuhan akar. Kerusakan akar berakibat pada terganggunya serapan unsur hara dan air. Terbatasnya hara dan air menyebabkan terbatasnya pembentukan enzim-enzim dan organel penting sel tanaman. Selanjutnya, terbatasnya air dan enzim menyebabkan proses fotosintesis tidak berjalan optimal meski dalam penyinaran penuh, sehingga karbohidrat yang terbentuk berkurang. Karbohidrat yang sudah sedikit tidak hanya untuk pertumbuhan tanaman dan akumulasi pada organ penumpukan (umbi, bunga, buah, dll) tapi juga digunakan nematoda sebagai makanannya. Akibatnya pertumbuhan tanaman terganggu dan produksi tanaman menjadi rendah.

KESIMPULAN

Kecuali dosis 0,2% (b/b), semua dosis pellet yang mengandung *A. dactyloides* secara nyata mengurangi jumlah puru dan jumlah kantung telur *M. javanica*, yang berakibat pada peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Jumlah puru dan kantung telur semakin berkurang dengan semakin tingginya dosis aplikasi pellet.

DAFTAR PUSTAKA

- Daykin, M.E. and R.S. Hussey. 1985. Staining and histopathological techniques in nematology. Pp. 39-48. In K.R. Barker, C.C. Carter and J.N. Sasser, eds. Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Volume II. Methodology. North Carolina State University. Raleigh, N.C., USA. 223 pp.
- Duddington, C.L. 1962. Predacious fungi and the control of eelworms. Pp. 151-200 In C.L. Duddington and J.D. Carthy, eds. Viewpoints in Biology. Volume 1. Butterworths, London.
- Hussey, R.S. 1985. Host-parasite relationships and associated physiological changes. Pp. 143-153 In J.N. Sasser and C.C. Carter, eds. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*, Vol. I. Biology and Control. North Carolina State University. Raleigh, NC., USA. 422 pp.
- Hussey, R.S. and K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter 57:1025-1028.

- Kerry, B.R. 1988. Two microorganisms for the biological control of plant parasitic nematodes. Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases. 603-607.
- Koenning, S.R. and K.R. Barker. 1985. Gnotobiotic techniques for plant-parasitic nematodes. Pp. 49-66. In K.R. Barker, C.C. Carter and J.N. Sasser, eds. Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Volume II. Methodology. North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA. 223 pp.
- Lackey, B.A., A.E. Muldoon and B.A. Jaffee. 1993. Alginate pellet formulation of *Hirsutella rhossiliensis* for biological control of plant parasitic nematodes. *Biological Control* 3: 155-160.
- Mankau, R. 1980. Biological control of nematode pests by natural enemies. *Annual Review of Phytopathology* 18: 415-440.
- Nordbring-Hertz, B. 1973. Nematode-induced morphogenesis in the predacious fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Physiologia Plantarum* 29:223-233.
- Pramer, D. and S. Kuyama. 1963. Symposium on biochemical bases of morphogenesis in fungi. II. Nemin and the nematode-trapping fungi. *Bacteriological Review* 27:282-292.
- Schuster, R.P. and R.A. Sikora. 1992. Influence of different formulations on fungal egg pathogens in alginate granules on biological control of *Globodera pallida*. *Fundamentals and Applied Nematology* 15:257-263
- Stirling, G.R. and L.J. Smith. 1998. Field tests of formulated products containing either *Verticillium chlamydosporium* or *Arthrobotrys dactyloides* for biological control of root-knot nematodes. *Biological Control* 8:17-24.
- Stirling, G.R., L.J. Smith, K.A. Licastro and L.M. Eden. 1998. Control of root-knot nematode with formulations of the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys dactyloides*. *Biological Control* 8:25-32.
- Sudirman, 2002. Rhizosphere competence of *Arthrobotrys dactyloides*. *Agrotekto* 2: 29-44.
- Suslow, T.V. 1982. Role of root-colonizing bacteria in plant growth. Pp. 187-223 In M.S. Mount and G.H. Lacy, eds. *Phytopathogenic Prokaryotes*. Vol. 1. Academic Press, London.
- Van Vuurde J.W.L. and B. Schippers. 1980. Bacterial colonization of seminal wheat roots. *Soil Biology and Biochemistry* 12:559-565.