

Uji Keefektifan Serbuk Kulit Buah Kopi Robusta dalam Mengendalikan Nematoda Bengkak Akar (*Meloidogyne* spp.) dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat

Tarkus Suganda^{1*}, Sisca Noor Kholifah², dan Yusup Hidayat¹

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

²Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jl. Ir Sukarno KM 21 Jatinangor Jawa Barat 45363

*Alamat korespondensi: tarkus.suganda@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 16-07-2025 Direvisi: 07-08-2025 Dipublikasi: 14-08-2025	Test of the effectiveness of fruit husk powder of robusta coffee in controlling root knot nematodes (<i>Meloidogyne</i> spp.) and its effect on tomato plant growth
Keywords: Botanical nematicide, Plant height, Root galls, Root-knot disease	Root-knot disease in tomato plants caused by <i>Meloidogyne</i> spp. is one of the major diseases causing significant losses worldwide. Infected tomato plants exhibit stunted growth, low yields, chlorosis, and are prone to wilting and other pathogens. Its control heavily relies on synthetic nematicides, which, although effective, cause various problems. The search for plant-based nematicides has become a widely researched alternative. One plant material containing active nematicidal compounds is coffee husks. Testing the effectiveness of coffee husks as a botanical nematicide has not been widely conducted, especially for Robusta coffee husks, the most common grown coffee variety in Indonesia, which generates the most coffee husk waste as it is not yet widely utilized. In this study, four doses of Robusta coffee husk powder (50 g, 100 g, 150 g, and 200 g) were mixed with 2 kg of pasteurized soil as planting medium in polybags. The tomato variety used was var. Ratna. The recommended dose of 2 g of the nematicide carbofuran was used as a comparison, and a control treatment without any application was included. The experimental treatments in the greenhouse were arranged in a Randomized Block Design with 6 replications. Each polybag was inoculated with 2000 second-stage juveniles (J2). Tomato planting was done twice; the second planting was done after the first planting's tomato plants were removed at 35 days after planting (DAP). In Observation I, the number of root galls and plant height were observed, while in Observation II, the number of galls, the number of larvae in 100 ml of soil, and plant height were observed. The test results showed that Robusta coffee husk powder was effective as a nematicide in suppressing the number of root galls, the number of larvae in 100 ml of soil, and increasing plant height. No toxic symptoms were observed in the plants due to the tested doses of Robusta coffee husk powder.
Kata Kunci: <i>Gall</i> akar, Nematoida botani, Penyakit bengkak akar, Tinggi tanaman	Penyakit bengkak akar pada tanaman tomat oleh infeksi nematode <i>Meloidogyne</i> spp. merupakan salah satu penyakit utama yang sangat merugikan di seluruh dunia. Tanaman tomat yang terinfeksi, pertumbuhannya kerdil, produksinya rendah, klorosis, mudah layu dan rentan terhadap infeksi oleh patogen lain. Pengendalian penyakit ini sangat mengandalkan nematisida sintetik, yang walaupun efektif tetapi banyak menimbulkan berbagai masalah. Pencarian nematisida berbahan nabati menjadi alternatif yang banyak diteliti. Salah satu bahan nabati yang memiliki kandungan bahan aktif bersifat nematisidal adalah kulit buah kopi. Pengujian keefektifan kulit buah kopi

sebagai nematisida nabati belum banyak dilakukan, terutama kulit buah kopi Robusta, jenis kopi yang paling banyak ditanam, paling banyak menghasilkan limbah kulit kopi karena belum banyak dimanfaatkan. Dalam penelitian ini empat dosis serbuk kulit buah kopi Robusta (50 g; 100 g; 150 g, dan 200 g dicampurkan dengan 2 kg tanah terpasteurisasi sebagai media tanam di dalam *polybag*. Varietas tomat yang digunakan adalah var. Ratna. Nematisida karbofuran dosis anjuran 2 g digunakan sebagai pembanding dan perlakuan kontrol sebagai tanpa perlakuan. Perlakuan percobaan di rumah kaca ditata dalam Rancangan Acak Kelompok dengan 6 ulangan. Setiap *polybag* diinokulasi dengan 2000 juvenil II. Penanaman tanaman tomat dilakukan dua kali, penanaman II dilakukan setelah tanaman tomat penanaman I dicabut pada 35 HST. Pada Pengamatan I diamati jumlah *gall* akar dan tinggi tanaman, sedangkan pada Pengamatan II diamati jumlah *gall*, jumlah larva dalam 100 ml tanah, dan tinggi tanaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa serbuk kulit buah kopi Robusta efektif sebagai nematisida dalam menekan jumlah *gall* akar, jumlah larva pada 100 ml tanah, dan meningkatkan tinggi tanaman. Tidak terlihat ada gejala toksik pada tanaman oleh dosis serbuk kulit buah kopi Robusta yang diuji.

PENDAHULUAN

Meloidogyne spp. (nematoda bengkak akar - NBA) merupakan penyebab salah satu penyakit yang sangat menurunkan produksi tanaman tomat di seluruh dunia (Pontes *et al.*, 2024). Infeksinya menyebabkan terganggunya penyerapan air dan unsur hara oleh akar, serta hilangnya hasil fotosintat karena digunakan sebagai sumber nutrisinya. Akibatnya, tanaman yang terinfeksi, pertumbuhannya menjadi kerdil, akarnya berbintil, klorosis, mudah layu pada siang hari, dan produksinya rendah (Philbrick *et al.*, 2020; Rawal, 2020). Nematoda ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan hasil antara 26,5%-73,3% atau setara dengan US\$ 125 juta per tahun (Rawal, 2020; Ahmad *et al.*, 2021; Walia & Khan, 2023; Pontes *et al.*, 2024;).

Pengendalian penyakit bengkak akar oleh *Meloidogyne* spp. selama ini sangat mengandalkan nematisida sintetis. Namun nematisida sintetis, karena diaplikasikan langsung ke tanah, sangat berbahaya, karena selain dapat mencemari lingkungan termasuk air tanah, juga menyebabkan matinya mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu di luar negeri, penggunaan beberapa nematisida sintetis, seperti metil bromida (Desaeger *et al.*, 2020), aldicarb dan fenamifos (Sasanelli *et al.*, 2021) telah dilarang karena toksisitasnya yang tinggi dan menjadi ancaman bagi kesehatan lingkungan dan manusia.

Cara pengendalian dengan menggunakan varietas resisten belum tersedia, terutama di

Indonesia (Irmawatie dkk., 2019). Keberadaan nematoda di dalam tanah membuatnya terlindung oleh partikel tanah juga menyulitkan pengendalian. Rotasi tanaman juga tidak efektif karena nematoda ini memiliki kisaran inang yang sangat luas, mencapai 3000 spesies tumbuhan (Philbrick *et al.*, 2020). Oleh karena itu, pendekatan yang dapat dilakukan adalah mencari nematisida berbahan nabati yang menyerupai cara pengaplikasian nematisida sintetis yaitu dengan cara diaplikasikan ke dalam tanah untuk menurunkan populasinya. Penggunaan nematisida nabati ini diharapkan selain efektif juga ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu bahan nabati yang memiliki efek nematisidal adalah kulit buah kopi. Kulit buah kopi dilaporkan oleh Castaldo *et al.* (2018), Merhi *et al.* (2022) dan Silva *et al.* (2020) memiliki senyawa metabolit sekunder berupa kafein, asam klorogenat, tanin, dan senyawa fenolik lainnya dan telah diuji mampu menekan populasi *Meloidogyne* spp. (Thligene *et al.*, 2019).

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) merupakan salah satu jenis kopi yang paling banyak ditanam di Indonesia. Persentase luas perkebunannya mencapai 74% atau seluas 933 hektar dari total luas seluruh perkebunan kopi yang ada di Indonesia (BPS, 2021). Menurut Afrizon (2016) selama tahun 2020 dari proses pengolahan kopi Robusta, sebesar 51,2% merupakan limbah yang setara dengan 292 ribu ton. Sejauh ini kulit buah kopi belum banyak dimanfaatkan, kecuali sebagai kompos, pakan ternak, atau berakhir hanya sebagai limbah. Padahal, kulit buah kopi Robusta memiliki kandungan

senyawa fenol, flavonoid, dan berbagai antioksidan, bahkan kandungannya lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kopi lainnya (Tan *et al.*, 2016). Selain itu, dalam kulit buah kopi Robusta terdapat kandungan tanin dan saponin yang dapat berperan sebagai *phytoalexins*, *phytoanticipins*, dan nematisidal yang bersifat toksik terhadap patogen tular tanah seperti *Meloidogyne* spp. (Mandal *et al.*, 2010; Winahyu *et al.*, 2021). Tulisan ini merupakan hasil penelitian yang ditujukan untuk menguji keefektifan kulit buah kopi Robusta sebagai nematisida botani dalam mengendalikan NBA pada tanaman tomat, serta dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman tomat, selain juga untuk mengurangi dampak kulit buah kopi sebagai limbah.

BAHAN DAN METODE

Tempat, Waktu dan Rancangan Percobaan

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi Divisi Laboratorium Nematologi Tumbuhan, Laboratorium Entomologi, Laboratorium Pestisida, dan rumah naungan Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor dari bulan Juni hingga Desember 2024. Percobaan dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 6 perlakuan dengan 6 kali ulangan. Semua polybag diisi dengan tanah pasteurisasi 2 kg dan diinokulasi dengan 2000 larva JII *Meloidogyne* spp. Perlakuan yang diuji adalah:

1. Kontrol, tanpa pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta
2. Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta 50 g
3. Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta 100 g
4. Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta 150 g
5. Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta 200 g
6. Pengaplikasian karbofuran sebagai pembanding dengan dosis 2 g

Persiapan Media Semai dan Pembibitan

Media tanam penyemaian *ready mix* komersial dipasteurisasi menggunakan drum besi kukusan selama 1 jam, lalu ditiriskan hingga tanah tidak terasa panas, kemudian dimasukkan ke dalam *seed tray*. Selanjutnya, benih tomat varietas Ratna ditanam ke dalam *seed tray* dan dipelihara selama 30 hari.

Persiapan Serbuk Kulit Buah Kopi Robusta

Kulit buah kopi Robusta didapatkan dari petani lokal asal Kabupaten Situbondo Jawa Timur dengan spesifikasi kulit buah kopi Robusta tersebut telah dikeringanginkan selama 3 x 24 jam. Kulit buah kopi Robusta kemudian dihaluskan menggunakan mesin *huller* sehingga dihasilkan serbuk kasar kulit buah kopi Robusta dengan kisaran ukuran 2-10 mm. Kulit kopi buah Robusta kemudian disimpan dalam keadaan kering untuk menghindari pembusukan dan timbulnya jamur, dengan cara menyimpan serbuk di tempat kering dan mengalasi bagian bawah agar tidak langsung menyentuh tanah untuk mengurangi kelembaban.

Persiapan Media Tanam

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah Andosol berasal dari Lembang Kabupaten Bandung Barat. Tanah dipasteurisasi sebelum digunakan. Pasteurisasi dilakukan dengan cara membungkus tanah tersebut menggunakan plastik tahan panas berukuran 25 x 20 cm, lalu dimasukkan ke dalam drum dan dipanaskan dengan air mendidih (dikukus) selama 8 jam. Tanah yang telah dipasteurisasi ditiriskan terlebih dahulu selama 24 jam untuk menurunkan suhu tanah. Selanjutnya, sebanyak 2 kg tanah dimasukkan ke dalam masing-masing *polybag* untuk siap diberi inokulum *Meloidogyne* spp. dan perlakuan uji.

Persiapan Inokulum *Meloidogyne* spp.

Inokulum *Meloidogyne* spp. diperoleh dari perakaran tanaman tomat yang terinfeksi di lahan tomat milik Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Sayuran yang berlokasi di Cikole, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Akar tanaman tomat diekstraksi menggunakan metode NaOCl, yaitu dengan membersihkan tanaman tomat bergejala dari sisa kotoran tanah menggunakan air lalu dipotong sepanjang 0,5-1,0 cm, kemudian akar direndam dalam *Beaker glass* yang telah terisi larutan sodium hipoklorit (NaOCl) 0,5% sebanyak 500 ml, lalu diaduk selama 5 menit. Selanjutnya, larutan disaring menggunakan saringan bertingkat 750 µm, 50 µm, dan 35 µm.

Endapan yang diperoleh pada saringan 50 dan 35 µm kemudian dibilas menggunakan air dan hasil saringannya dimasukkan ke dalam *Beaker glass* (Vinodhini *et al.*, 2019). Setelah itu, jumlah juvenil II dalam suspensi nematoda distandarisasi dengan mengambil sebanyak 10 µl suspensi nematoda dan diamati di bawah mikroskop binokuler. Selanjutnya,

jumlah juvenil II dihitung dengan bantuan *hand counter* dan diulang sebanyak 5 kali untuk mendapatkan rata-rata konsentrasi nematoda, lalu dikonversikan ke dalam 1 ml.

Aplikasi Serbuk Kulit Buah Kopi

Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta dilakukan 10 hari sebelum dilakukan pindah tanam pada dua kali penanaman tanaman tomat tetapi aplikasi serbuk kulit buah kopi hanya dilakukan sekali, yaitu pada Penanaman I. Penanaman II dilakukan setelah tanaman percobaan dicabut dan dihitung jumlah *gall*-nya. Penanaman II dimaksudkan untuk mengetahui apakah efek nematisida dari serbuk kulit buah kopi masih ada atau tidak. Aplikasi dilakukan dengan mencampurkan serbuk kulit buah kopi pada masing-masing *polybag* sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan. Besaran volume kulit buah kopi Robusta pada *polybag* berukuran 35 x 35 cm disesuaikan dengan masing-masing perlakuan. Sementara itu, karbofuran sebagai pembanding diaplikasikan sebanyak 2 g/2 kg tanah (Sunarto dkk., 2022). Baik pada Penanaman I maupun Penanaman II, tanaman percobaan tidak diberi perlakuan pemupukan karena menurut Sunarto dkk. (2022) pemupukan dapat memengaruhi aktivitas *Meloidogyne* spp. pada perakaran tanaman.

Inokulasi *Meloidogyne* spp. pada Tanaman Tomat

Inokulasi *Meloidogyne* spp. dilakukan bersamaan dengan pengaplikasian serbuk kulit buah kopi. Inokulasi menggunakan modifikasi metode Giraldeci *et al.* (2017) dengan membuat lima lubang sedalam 3 cm di bagian tengah *polybag* yang telah diisi campuran media tanam tanah dan masing-masing perlakuan, selanjutnya suspensi nematoda yang berisi 400 juvenil II *Meloidogyne* spp. dituangkan ke dalam lubang-lubang tersebut sehingga didapatkan setiap *polybag* mengandung 2.000 juvenil II *Meloidogyne* spp.

Uji Keefektifan Serbuk Kulit Buah Kopi Robusta

Bibit tanaman tomat var. Ratna yang telah ditumbuhkan pada media penyemaian dipindahkan ke dalam *polybag* pada 10 hari setelah pengaplikasian serbuk kulit kopi Robusta dan inokulasi *Meloidogyne* spp. Selanjutnya tanaman tomat dipelihara dengan menyiramnya secukupnya hingga tanaman berumur 35 hari setelah pindah tanam. Setelah 35 HST, tanaman tomat dicabut secara hati-hati dari *polybag* untuk dilakukan pengamatan, sementara tanahnya digunakan untuk Pertanaman II.

Penanaman II dimaksudkan untuk mengetahui durasi efek nematisidal dari perlakuan serbuk kulit buah kopi Robusta. *Polybag* bekas Penanaman I ditanami kembali dengan bibit tomat var. Ratna (perlakuan diulang tetapi tanpa dilakukan lagi pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta maupun penginokulasian nematoda).

Pengamatan dan Analisis Statistik

Di akhir Penanaman I (35 hari setelah inokulasi), tanaman tomat dipisahkan dari tanah dengan hati-hati, kemudian jumlah *gall* pada akarnya dihitung. Sementara pada akhir Penanaman II, selain penghitungan jumlah *gall*, juga dilakukan pengamatan terhadap jumlah juvenile II di dalam 100 ml tanah, yang diekstraksi menggunakan corong Baermann, dan tinggi tanaman tomat dari masing-masing perlakuan. Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan Uji F (Anova) dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada tingkat kepercayaan 95% menggunakan software SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah *Gall* pada Akar Tanaman Tomat

Dari hasil uji statistik (Tabel 1) diperoleh data bahwa pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta mampu secara nyata menekan jumlah *gall* pada akar tanaman tomat var. Ratna, baik pada Penanaman I maupun Penanaman II. Semua dosis yang diaplikasikan menghasilkan jumlah *gall* yang lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Semakin tinggi dosis serbuk kulit buah kopi Robusta yang diaplikasikan, semakin sedikit jumlah *gall* yang dihasilkan. Semua perlakuan memberikan penekanan terhadap jumlah *gall* yang setara dengan perlakuan nematisida sintetik karbofuran.

Pada Penanaman I, penekanan terhadap jumlah *gall* oleh serbuk kulit buah kopi Robusta masih belum stabil. Hal ini diduga disebabkan oleh karena senyawa kimia yang dilepaskan oleh serbuk kulit buah kopi Robusta melalui proses dekomposisi, belum optimal berbeda dengan pada Penanaman II, persentase penekanan dari serbuk kulit buah kopi Robusta terhadap jumlah *gall* sudah sesuai dengan dosis perlakuan. Semakin tinggi dosis serbuk kulit buah kopi Robusta yang diaplikasikan, semakin rendah jumlah *gall* pada akar tomat, dan semakin besar persentase penekanannya terhadap jumlah *gall*.

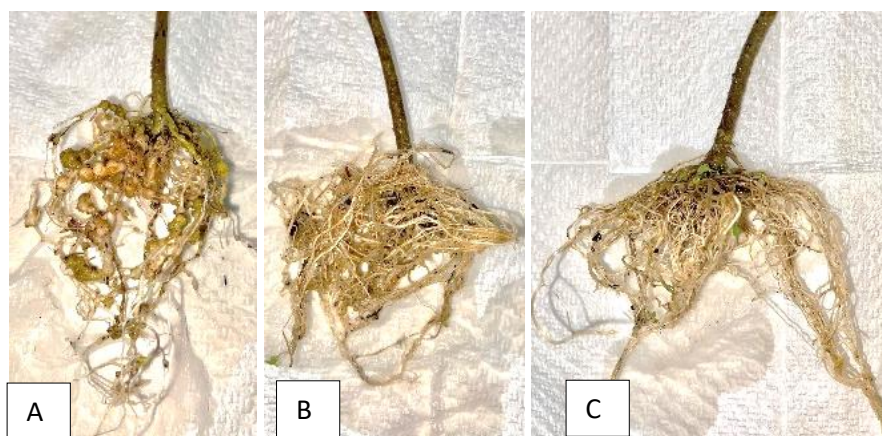
Tabel 1. Rata-rata jumlah *gall* oleh *Meloidogyne* spp. pada perakaran tanaman tomat var. Ratna pada akhir Pertanaman I dan Pertanaman II yang diberi perlakuan percobaan

Perlakuan	Rata-rata jumlah <i>gall</i> pada akar tanaman tomat pada akhir pengamatan dan persen penekanan terhadap kontrol			
	Penanaman I		Penanaman II	
	Jumlah <i>gall</i>	% penekanan	Jumlah <i>gall</i>	% penekanan
Kontrol	10,83 ± 13,04 b	-	39,83 ± 50,92 b	-
Serbuk kulit buah kopi 50 g/2 kg tanah	8,00 ± 3,39 ab	26,1	8,00 ± 3,39 a	79,9
Serbuk kulit buah kopi 100 g/2 kg tanah	4,33 ± 4,45 ab	60,0	4,50 ± 3,94 a	88,7
Serbuk kulit buah kopi 150 g/2 kg tanah	5,67 ± 6,59 ab	47,6	1,50 ± 2,07 a	96,2
Serbuk kulit buah kopi 200 g/2 kg tanah	1,83 ± 2,23 a	83,1	1,60 ± 1,14 a	96,0
Karbofuran 2 g/2 kg tanah	1,16 ± 6,96 a	88,3	0,40 ± 0,89 a	99,0

Keterangan: Nilai rata-rata dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata secara statistik menurut Uji Jarak Berganda Duncan tingkat kepercayaan 95%.

Data pada Tabel 1 (Penanaman II) di atas juga menunjukkan bahwa efek nematisidal dari serbuk kulit buah kopi Robusta setelah dua siklus hidup *Meloidogyne* (70 hari setelah inokulasi), masih mampu menekan infeksi oleh *Meloidogyne* spp., sementara pada perlakuan kontrol, jumlah *gall* pada akhir Penanaman II meningkat hampir 400% akibat tidak adanya penekanan terhadap larva *Meloidogyne* (Tabel 1; Gambar 1). Jumlah *gall* antar perlakuan serbuk kulit buah kopi Robusta pada Penanaman II juga menunjukkan pola penekanan yang sama dengan hasil pengamatan jumlah *gall* pada Penanaman I. Hal ini menunjukkan bahwa efek nematisidal dari serbuk kulit buah kopi Robusta masih dapat bertahan selama

70 hari (35 hari pada Penanaman I ditambah 35 hari pada Penanaman II). Data ini juga menunjukkan bahwa walaupun *gall* di akhir Penanaman I diambil, juvenil II di dalam tanah masih cukup untuk menginfeksi tanaman tomat pada Penanaman II. Keberadaan serbuk kulit buah kopi Robusta di dalam tanah masih tetap menyebabkan penekanan terhadap *Meloidogyne*, bahkan persentase penekanannya lebih tinggi dibandingkan dengan pada Penanaman I, diduga bahwa efek nematisidal dari serbuk kulit buah kopi Robusta masih bertahan atau senyawa bahan aktif yang dilepaskan dari serbuk kulit buah kopi Robusta telah mencapai efek nematisidal yang optimum.



Gambar 1. Gejala *gall* yang teramati di akar tanaman tomat varietas Ratna pada 35 HST, (A) perlakuan kontrol, (B) perlakuan serbuk kulit buah kopi Robusta 200 g/2 kg tanah, (C) karbofuran.

Efek nematisidal dari pemberian serbuk kulit buah kopi Robusta ke dalam tanah dihasilkan dari proses dekomposisi serbuk kulit buah kopi Robusta

yang menjadikan berbagai kandungan senyawa bioaktif metabolit sekunder terurai di dalam tanah. Berbagai senyawa bioaktif yang dikandungnya,

antara lain tanin, bersifat *nematistatic*, yang menghambat pertumbuhan nematoda dengan membatasi sistem pencernaan dan pergerakan respon otot nematoda terhadap asetilkolin sehingga mengurangi kemampuan nematoda dalam menginfeksi akar dan akhirnya nematoda menjadi lumpuh, gagal berkembang menjadi larva dewasa, dan mati akibat kehilangan sumber energi dan kemampuan bergerak (Lopez *et al.*, 2005; Glazer *et al.*, 2015; Desmedt *et al.*, 2020).

Senyawa lain yang terkandung dalam kulit buah kopi Robusta adalah flavonoid, dan saponin. Flavonoid berperan sebagai *repellent* yang memperlambat pergerakan *Meloidogyne* spp. sehingga dapat menghindarkan perakaran tanaman tomat dari infeksi nematoda (Chin *et al.*, 2018). Sementara itu, menurut Ibrahim dan Srouf (2014), saponin mampu mengurangi level kolesterol dalam telur dan larva *M. incognita*. Kolesterol dalam nematoda berperan sebagai komponen struktural membran sel dan prekursor bagi hormon yang mendukung proses *molting* (pergantian kulit) menyebabkan nematoda terhambat dalam melanjutkan siklus hidupnya. Senyawa lain yang terkandung dalam serbuk kulit buah kopi adalah senyawa fenolik. Menurut Dilberger *et al.* (2019); Ohri & Pannu, (2010); dan Mahajan *et al.*, (1985), senyawa fenolik bekerja dengan cara merusak proses seluler dan metabolik nematoda, antara lain dengan mengganggu fungsi mitokondria atau sistem stres oksidatif yang menyebabkan kematian atau menurunnya kemampuan menginfeksi dari larva nematoda. Baru-baru ini, asam fenolik ini bahkan dianjurkan untuk digunakan sebagai pelapis benih (*seed coating*) atau langsung sebagai perlakuan tanah untuk mengurangi populasi nematoda dan meningkatkan kesehatan tanaman (Yates *et al.*, 2024). Aplikasi serbuk kulit buah kopi Robusta juga dapat memperbaiki aerasi tanah dan mengurangi

kelembaban di dalam tanah sehingga mengurangi kemampuan juvenil II *Meloidogyne* spp. dalam melacak keberadaan perakaran tanaman inang sehingga mencegah terjadinya infeksi dan terbentuknya *gall* pada perakaran (Habteweld *et al.*, 2024).

Jumlah Juvenil II *Meloidogyne* spp. dalam 100 ml Tanah

Serbuk kulit buah kopi Robusta berpengaruh sangat nyata dalam menurunkan jumlah juvenil II *Meloidogyne* spp. pada 100 ml tanah tanaman tomat pada Penanaman II. Berdasarkan analisis statistik (Tabel 2), aplikasi serbuk kulit buah kopi Robusta 200 g/2 kg tanah memberikan penekanan terbaik terhadap jumlah juvenil II (2,17 ekor) dengan persentase penekanan tertinggi (80,60%). Nilai tersebut setara dengan penekanan juvenil II oleh perlakuan nematisida sintetik karbofuran 2 g/2 kg tanah (79,10%) sehingga dapat dinyatakan bahwa aplikasi serbuk kulit buah kopi Robusta mampu memberikan efek nematisidal yang sangat baik terhadap larva juvenil II. Keefektifan penekanan juvenil II *Meloidogyne* spp. di dalam tanah sejalan dengan jumlah dosis serbuk kulit buah kopi Robusta yang diaplikasikan. Semakin tinggi dosis yang diaplikasikan, semakin sedikit jumlah juvenil II yang teramati. Artinya semakin tinggi penekanan oleh serbuk kulit buah kopi Robusta. Hal ini berkaitan dengan semakin banyaknya jumlah kandungan bahan aktif yang dikeluarkan oleh serbuk kulit buah kopi Robusta yang berperan dalam menghambat dan membatasi pertumbuhan nematoda sehingga nematoda yang bertahan di tanah juga semakin berkurang (Desmedt *et al.*, 2020). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Naz *et al.* (2013) yang melaporkan bahwa kandungan flavonoid dan saponin memiliki efek nematisidal yang sangat kuat terhadap telur dan juvenil II *M. incognita*.

Tabel 2. Jumlah juvenil II *Meloidogyne* spp. dalam 100 ml tanah tanaman tomat varietas Ratna pada 35 HST Penanaman II yang diberi perlakuan percobaan

Perlakuan	Juvenil II dalam 100 ml tanah (ekor)	Penekanan (%) terhadap Kontrol
Kontrol	11,17 ± 3,06 d	—
Serbuk kulit buah kopi 50 g/2 kg tanah	7,83 ± 1,72 c	29,85
Serbuk kulit buah kopi 100 g/2 kg tanah	5,17 ± 1,94 b	53,73
Serbuk kulit buah kopi 150 g/2 kg tanah	3,33 ± 1,03 ab	70,15
Serbuk kulit buah kopi 200 g/2 kg tanah	2,17 ± 0,75 a	80,60
Karbofuran 2 g/2 kg tanah	2,33 ± 1,36 a	79,10

Keterangan: Nilai rata-rata dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata secara statistik menurut Uji Jarak Berganda Duncan tingkat kepercayaan 95%.

Menurut Lopez *et al.* (2005) dan Thligene *et al.* (2019) senyawa flavonoid, tanin, dan saponin dalam kulit buah kopi Robusta juga memiliki sifat *lipophilic* yang mampu mengganggu struktur enzim protein pada nematoda dengan mengendapkan dan melarutkan membran sitoplasmik dari sel nematoda. Protein tersebut berperan dalam pergantian kulit, produksi telur, serta penyusun kutikula, otot, dan jaringan lain pada nematoda. Selain itu, kandungan senyawa tanin dalam kulit buah kopi Robusta mampu meleburkan protein dalam kulit telur nematoda sehingga pembentukan embrio dan penetasan telur *Meloidogyne* spp. menjadi terhambat dan menyebabkan juvenil II gagal terbentuk.

Tinggi Tanaman Tomat

Berdasarkan hasil analisis statistik (Tabel 3), perlakuan serbuk kulit buah kopi Robusta juga secara nyata meningkatkan rata-rata tinggi tanaman tomat var. Ratna. Pada Penanaman I, perlakuan terbaik ditunjukkan oleh pengaplikasian dosis serbuk kulit buah kopi Robusta 200 g/2 kg tanah dengan rata-rata tinggi 15,07 cm. Nilai tersebut melampaui rata-rata tinggi tanaman tomat pada perlakuan nematisida sintetik karbofuran.

Tinggi tanaman tomat pada akhir Penanaman I sangat rendah jika dibandingkan dengan tinggi tanaman tomat pada akhir Pengamatan II. Hal ini menunjukkan bahwa pada siklus 35 hari pertama, penekanan oleh serbuk kulit buah kopi Robusta

belum maksimal karena proses dekomposisi baru mulai. Pada akhir Penanaman II, tanaman tumbuh lebih tinggi. Hal ini diduga disebabkan oleh karena inokulum nematodanya lebih sedikit akibat *gall*-nya diambil dan larvanya terdampak oleh serbuk kulit buah kopi Robusta, sehingga tingkat infeksiya rendah. Selain itu, proses dekomposisi serbuk kulit buah kopi Robusta sudah lebih lama berlangsung. Pada perlakuan pemberian serbuk kulit buah kopi, kulit buah kopi Robusta diduga berperan dalam memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah, melalui peningkatan oksigen dalam tanah, aktivitas enzim dalam tanah, serta penyerapan nutrisi oleh akar tanaman sehingga tanaman mampu menyerap nutrisi yang baik dari perakaran hingga bagian atas tanaman (Qian *et al.*, 2022). Menurut Prasetyo dkk. (2024) dan Roseadi dkk. (2023), kulit buah kopi Robusta memiliki berbagai kandungan senyawa organik yang menunjang pertumbuhan tanaman.

Pada akhir Penanaman II, dengan durasi pertumbuhan yang sama (35 hari) semua perlakuan menghasilkan tanaman yang rata-rata lebih tinggi dibandingkan pada Penanaman I. Rendahnya inokulum awal *Meloidogyne* pada Penanaman II diduga menjadi penyebabnya karena pola sebaran tinggi tanamannya masih sebagaimana tinggi tanaman pada Penanaman I. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan dengan karbofuran yang populasi larva *Meloidogyne*-nya paling rendah pada awal Penanaman II.

Tabel 3. Rata-rata tinggi tanaman tomat varietas Ratna 35 HST pada Penanaman I dan Penanaman II yang diberi perlakuan percobaan

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman tomat (cm) pada akhir	
	Penanaman I	Penanaman II
Kontrol	8,72 ± 1,89 a	32,60 ± 17,93 a
Serbuk kulit buah kopi 50 g/2 kg tanah	14,33 ± 5,14 c	43,75 ± 13,48 ab
Serbuk kulit buah kopi 100 g/2 kg tanah	12,46 ± 3,11 abc	38,93 ± 16,29 a
Serbuk kulit buah kopi 150 g/2 kg tanah	13,62 ± 2,99 bc	36,02 ± 13,66 a
Serbuk kulit buah kopi 200 g/2 kg tanah	15,07 ± 4,77 c	56,52 ± 23,72 ab
Karbofuran 2 g/2 kg tanah	9,23 ± 1,66 ab	65,70 ± 20,97 b

Keterangan: Nilai rata-rata dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata secara statistik menurut Uji Jarak Berganda Duncan tingkat kepercayaan 95%.

Lebih tingginya tanaman tomat pada perlakuan pemberian serbuk kulit buah kopi Robusta diduga bahwa serbuk kulit buah kopi Robusta menjadi bahan organik yang mendukung pertumbuhan tanaman tomat, yang pada pengujian ini tidak diberikan pemupukan. Menurut Asfaw *et al.* (2019) kulit buah kopi memang kaya dengan kandungan NPK, unsur esensial untuk pertumbuhan

dan perkembangan tanaman. Selain itu, pemberian serbuk kulit buah kopi memberikan efek sinergi dari berbagai mekanisme yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tomat, termasuk memperbaiki sifat fisik tanah, dan menstimulasi diversitas dan aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Jiang *et al.*, 2023).

Selain berperan sebagai nematisida, serbuk kulit buah kopi Robusta juga berperan sebagai tambahan bahan organik yang dapat memperbaiki aerasi tanah, penetrasi akar, penyerapan akar, hingga mengurangi pergerakan permukaan tanah (Kamsurya & Botanri, 2022). Aerasi yang baik memungkinkan adanya rongga udara dan meningkatkan infiltrasi tanah, serta mengoptimalkan dekomposisi bahan organik sehingga kandungan-kandungan yang bersifat toksik terhadap nematoda menjadi tersedia dan dapat secara efektif membatasi pertumbuhan dan pergerakan *Meloidogyne* spp. Selain itu, perbaikan aerasi akibat aplikasi serbuk kulit buah kopi Robusta juga dapat menghindarkan media tanah dari kelembaban yang berlebih sehingga dapat menunda penetasan telur dan membatasi aktivitas juvenil II *Meloidogyne* spp. yang hendak melacak keberadaan perakaran tanaman inang (Habteweld *et al.*, 2024). Hal inilah yang diduga menjadi penyebab tinggi tanaman tomat pada Penanaman II lebih tinggi dibandingkan dengan pada Penanaman I.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa semua dosis serbuk kulit buah kopi Robusta yang diuji tidak menimbulkan efek toksisitas pada tanaman tomat var. Ratna yang digunakan. Dengan demikian, pada kisaran dosis yang digunakan, serbuk kulit buah kopi Robusta aman untuk digunakan pada tanaman tomat.

Mekanisme kerja dari kulit buah kopi Robusta sebagai nematisida diduga terdiri atas berbagai mekanisme, yaitu melalui pelepasan senyawa bioaktif yang berefek langsung terhadap nematoda maupun tak langsung melalui perbaikan sifat fisik tanah dan penyediaan nutrisi bagi tanaman tomat. Efek nematisidal dari kulit buah kopi Robusta meningkat seiring waktu karena membutuhkan waktu untuk terjadinya dekomposisi sehingga senyawa bioaktifnya dapat dilepaskan. Pengaplikasian serbuk kulit buah kopi Robusta juga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman tomat karena selain memperbaiki sifat fisik tanah juga menyediakan unsur hara sebagai hasil dari proses dekomposisi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kulit buah kopi Robusta pada dosis 200 g/2 kg tanah efektif sebagai nematisida botani dalam menekan infeksi nematoda *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat karena persentase penekanannya (79,9-96,2%) setara dengan nematisida sintetik karbofuran

(99,0%). Persentase penekanannya terhadap jumlah Juvenil II oleh dosis 200 g/2 kg tanah (80,60%) setara dengan perlakuan nematisida karbofuran (79,10%).

Saran

Selain Robusta, terdapat jenis kopi yang lain, yaitu Arabika, Liberika, dan Exelsa. Perlu dilakukan pengujian serupa untuk mengetahui efek nematisida dari jenis-jenis kopi lain selain Robusta, baik di skala rumah kaca maupun lapangan. Mempertimbangkan potensinya sebagai nematisida botani, perlu dikaji aspek pengembangan bisnisnya dari pemanfaatan kulit buah kopi Robusta sebagai nematisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizon. 2016. Potensi kulit kopi sebagai bahan baku pupuk kompos di Propinsi Bengkulu. AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian. 2(2): 21–32. DOI: 10.37676/agritepa.v2i2.179.
- Ahmad, G, Y Nishat, MS Ansari, A Khan, M Haris, dan AA Khan. 2021. Eco-friendly approaches for the alleviation of root-knot nematodes. In: Mohamed, HI, HEDS El-Beltagi, KA Abd-Elsalam. (eds) Plant Growth-Promoting Microbes for Sustainable Biotic and Abiotic Stress Management. Springer. Cham.
- Asfaw, E, A Nebiyu, E Bekele, M Ahmed, and T Astatkie. 2019. Coffee-husk biochar application increased AMF root colonization, P accumulation, N₂ fixation, and yield of soybean grown in a tropical Nitisol, southwest Ethiopia. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 182(3): 419–428. DOI: 10.1002/jpln.201800151.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Statistik Kopi Indonesia 2020.
- Castaldo, L, G Graziani, A Gaspari, L Izzo, C Luz, J Mañes, M Rubino, G Meca, and A Ritieni. 2018. Study of the chemical components, bioactivity and antifungal properties of the coffee husk. Journal of Food Research. 7(4): 43–54. DOI: 10.5539/jfr.v7n4p43.
- Chin, S, CA Behm, and U Mathesius. 2018. Functions of flavonoids in plant–nematode interactions. Plants. 7(4): 0085. DOI: 10.3390/plants7040085.
- Desaeger, J, C Wram, and I Zasada. 2020. New reduced-risk agricultural nematicides - rationale and review. Journal of Nematology.

- 52: e2020-91. DOI: 10.21307/jofnem-2020-091.
- Desmedt, W, S Mangelinckx, T Kyndt, and B Vanholme. 2020. A phytochemical perspective on plant defense against nematodes. *Frontiers in Plant Science*. 11: 602079. DOI: 10.3389/fpls.2020.602079.
- Dilberger, B, M Passon, H Asseburg, CV Silaidos, F Schmitt, T Schmiedl, A Schieber, and GP Eckert. 2019. Polyphenols and metabolites enhance survival in rodents and nematodes—impact of mitochondria. *Nutrients*. 11(8): 1886. DOI: 10.3390/nu11081886.
- Fatmawati, U, DP Sari, M Indrowati, S Santosa, SM Wiraswati, and H Harlita. 2022. Utilization of coffee pulp waste composted with cellulolytic actinomycetes to enhance chili plant growth. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 7(2): 69274. DOI: 10.22146/jtbb.69274.
- Glazer, I, L Salame, L Dvash, H Muklada, H Azaizeh, R Mreny, A Markovics, and S Landau. 2015. Effects of tannin-rich host plants on the infection and establishment of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 128: 31–36. DOI: 10.1016/j.jip.2015.02.002.
- Habteweld, A, M Kantor, C Kantor, and Z Handoo. 2024. Understanding the dynamic interactions of root-knot nematodes and their host: role of plant growth promoting bacteria and abiotic factors. *Frontiers in Plant Science*. 15: 1377453. DOI: 10.3389/fpls.2024.1377453.
- Ibrahim, MAR, and HAM Srour. 2014. Saponins suppress nematode cholesterol biosynthesis and inhibit root knot nematode development in tomato seedlings. *Natural Products Chemistry & Research*. 2(1): 123. DOI: 10.4172/2329-6836.1000123.
- Irmawatie, L, RR Robana, and N Nuraidah. 2019. Ketahanan tujuh varietas tomat terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). *Agrotechnology Research Journal*. 3(2): 61–68. DOI: 10.20961/agrotechresj.v3i2.30392.
- Jiang, Z, Y Lou, X Liu, W Sun, H Wang, J Liang, J Guo, N Li, and Q Yang. 2023. Combined application of coffee husk compost and inorganic fertilizer to improve the soil ecological environment and photosynthetic characteristics of arabica coffee. *Agronomy*. 13(5): 1212. DOI: 10.3390/agronomy13051212.
- Kamsurya, MY, and S Botanri. 2022. Peran bahan organik dalam mempertahankan dan perbaikan kesuburan tanah pertanian. *Jurnal Agrohut*. 13(1): 25–34. DOI: 10.51135/agh.v13i1.121.
- Kim, M-J, C-K Shim, Y-K Kim, S-J Hong, J-H Park, E-J Han, C-S Huh, Y-H Ryu, H-J Jee, and SC Kim. 2016. control effect of coffee ground compost and velvet bean against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* in pumpkin. *The Korean Journal of Pesticide Science*. 20(1): 47–55. DOI: 10.7585/kjps.2016.20.1.47.
- López-Rodríguez, G, A Zaragoza-Bastida, DE Reyes-Guerrero, A Olmedo-Juárez, B Valladares-Carranza, LF Vega-Castillo, and N Rivero-Perez. 2023. Coffee pulp: a natural alternative for control of resistant nematodes in small ruminants. *Pathogens*. 12(1): 124. DOI: 10.3390/pathogens12010124.
- Lopez, J, OF Ibarra, GJ Canto, CG Vasquez, ZI Tejada, and A Shimada. 2005. In vitro effect of condensed tannins from tropical fodder crops against eggs and larvae of the nematode *Haemonchus contortus*. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 3(2): 191–194.
- Machado, M, L Espírito Santo, S Machado, JC Lobo, ASG Costa, MBPP Oliveira, H Ferreira, and RC Alves. 2023. Bioactive potential and chemical composition of coffee by-products: from pulp to silverskin. *Foods*. 12(12): 2354. DOI: 10.3390/foods12122354.
- Mahajan, R, P Singh, and KL Bajaj. 1985. Nematicidal activity of some phenolic compounds against *Meloidogyne incognita*. *Revue Nématol*. 8 (2): 161–164.
- Mandal, SM, D Chakraborty, and S Dey. 2010. Phenolic acids act as signaling molecules in plant-microbe symbioses. *Plant Signaling & Behavior*. 5(4): 359–368. DOI: 10.4161/psb.5.4.10871.
- Merhi, A, R Kordahi, and HF Hassan. 2022. A review on the pesticides in coffee: Usage, health effects, detection, and mitigation. *Frontiers in Public Health*. 10: 1004570. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1004570.
- Naz, I, JE Palomares-Rius, Saifullah, V Blok, MR Khan, S Ali, and S Ali. 2013. In vitro and in planta nematicidal activity of *Fumaria parviflora* (Fumariaceae) against the southern

- root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. Plant Pathology. 62(4): 943–952. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2012.02682.x.
- Ohri, P, and SK Pannu. 2010. Effect of phenolic compounds on nematodes - A review. Journal of Applied and Natural Science. 2(2): 344–350.
- Philbrick, AN, TB Adhikari, FJ Louws, and AM Gorny. 2020. *Meloidogyne enterolobii*, a major threat to tomato production: Current status and future prospects for its management. Frontiers in Plant Science. 11: 606395. DOI: 10.3389/fpls.2020.606395.
- Pontes, KB, ACZ Machado, AF Nogueira, DVF Fagundes, RB de Lima Filho, M Mosela, S Mian, DC Santiago, and LSA Gonçalves. 2024. Efficacy of microbiological nematicides in controlling root-knot nematodes in tomato. Frontiers in Agronomy. 6:1462323. DOI: 10.3389/fagro.2024.1462323.
- Rawal, S. 2020. A review on root-knot nematode infestation and its management practices through different approaches in tomato. Tropical Agroecosystems (TAEC). 1(2): 92–96.
- Sasanelli, N, A Konrat, V Migunova, I Toderas, S Rusu, A Bivol, C Andoni, and P Veronico. 2021. Review on control methods against plant parasitic nematodes applied in Southern Member States (C Zone) of the European Union. Agriculture. 11(7): 602. DOI: 10.3390/agriculture11070602.
- Senthilkumar, P, K Nageswari, S Prabhu, and M Deivamani. 2016. Effect of decomposed coffee pulp waste for the management of citrus nematode, *Tylenchulus semipenetrans*, *Meloidogyne incognita* and *Ricinus communis* in Mandarin Orange at Shevaroy Region, Tamil Nadu. Indian Journal of Nematology. 46(2): 178–181.
- Shoenberger, E, and B Dube. 2018. Effect of coffee grounds on the soil nematode population of *Meloidogyne hapla* under greenhouse conditions. ECHO Community. Available online at <https://www.echocommunity.org/en/resources/e7e789bf-1de3-4ca5-a5a7-a8a7124721bd> (accessed 3 September 2024)
- Silva, MO, JNB Honfoga, LL Medeiros, MS Madruga, and TKA Bezerra. 2020. Obtaining bioactive compounds from the coffee husk (*Coffea arabica* L.) using different extraction methods. Molecules (Basel, Switzerland). 26(1): 46. DOI: 10.3390/molecules26010046.
- Sunarto, T, IN Bari, and AP Rachman. 2022. Pengaruh serbuk *Tagetes patula* L. terhadap serangan nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) pada tanaman tomat. Jurnal Agrikultura: 33(1): 48–55. DOI: 10.24198/agrikultura.v33i1.36770.
- Tan, S, SP Kusumocahyo, and DI Widiputri. 2016. Pulverization of coffee silverskin extract as a source of antioxidant. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 162(1): 012027. DOI: 10.1088/1757-899X/162/1/012027.
- Thlignene, N, GN Mezzapesa, D Mondelli, A Trani, P Veronico, MT Melillo, S Dumontet, T Miano, and N Sasanelli. 2019. Effect of coffee silver skin and brewers' spent grain in the control of root-knot nematodes. Helminthologia (Poland). 56(1): 30–41. DOI: 10.2478/helm-2018-0038.
- Vinodhini, SM, T Monisha, PP Arunachalam, S Rajshree, P Vignesh, EG Ebenezer, and N Seenivasan. 2019. Effect of plant extracts on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 8(06): 373–378. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.806.042.
- Walia, RK, and MR Khan. 2023. Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). In: Ahmad, F, Blázquez, GN (eds) Root-Galling Disease of Vegetable Plants. Springer. Singapore.
- Winahyu, DA, S Marcellia, and MI Diatri. 2021. Uji aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A.Foehner) dalam sediaan krim. Jurnal Farmasi Malahayati. 4(1): 82–92. DOI: 10.33024/jfm.v4i1.4470.
- Yates, P, J Janiol, C Li, and H Song. 2024. Nematocidal potential of phenolic acids: a phytochemical seed-coating approach to soybean cyst nematode management. Plants. 13(2): 319. DOI: 10.3390/plants13020319.