

Direct Electric System untuk Mengeliminasi Nematoda Radopholus similis pada Medium Tanam Dracaena reflexa

Direct Electric System to Eliminate *Radopholus similis* Nematodes in Planting Medium for *Dracaena reflexa*

Rizkhi Indahsari¹, Supramana^{1*}, Abdul Munif¹, Heriyanto Syafutra²

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

(diterima Juli 2024, disetujui September 2024)

ABSTRAK

Tanaman *Song of India* (*Dracaena reflexa*) merupakan komoditas ekspor Indonesia dengan tujuan Jepang, Malaysia, Korea Selatan, Singapura dan Eropa. Ditemukannya nematoda pelubang akar *Radopholus similis* pada medium tanam kokopit menyebabkan dikeluarkannya *Notification of Non-Compliance* (NNC) oleh negara tujuan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi penggunaan teknik *Direct Electric System* (DES) untuk mengeliminasi nematoda pelubang akar *R. similis* yang ditemukan pada medium tanam kokopit. Percobaan laboratorium dilakukan untuk mengevaluasi efek menggunakan DES pada berbagai tegangan, jarak elektroda dan lama pemaparan pada medium tanah dan kokopit terhadap mortalitas *R. similis*. Percobaan rumah kaca dilakukan untuk mengetahui pengaruh DES terhadap mortalitas *R. similis* dan pertumbuhan tanaman *D. reflexa*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada medium tanah dan kokopit kematian nematoda berturut-turut sebesar 83.46% dan 86.17% tercapai dengan tegangan DES 1500 V, serta jarak elektroda 1 dan 2 cm selama 15 menit. Perlakuan DES pada tegangan 1500 V selama 15 menit pada medium kokopit tidak menurunkan pertumbuhan *D. reflexa* di rumah kaca.

Kata kunci: kokopit, komoditas ekspor, mortalitas, pertumbuhan tanaman

ABSTRACT

The Song of India plant (*Dracaena reflexa*) is an export commodity from Indonesia with destination to Japan, Malaysia, South Korea, Singapore, and Europe. The discovery of the root burrowing nematode *Radopholus similis* in the cocopeat planting medium leads to the issuance of a Notification of Non-Compliance (NNC) by the destination country. This research aimed to utilize the Direct Electric System (DES) technique to eliminate the *R. similis* nematode. The laboratory experiment was conducted to evaluate the effect of using DES at various voltages, electrode distances, and exposure times in soil and cocopeat medium on *R. similis* mortality. The greenhouse experiments determined the impact of DES on *R. similis* mortality and *D. reflexa* plant growth. The research showed that mortality of the nematode in soil and cocopeat reached 83.46% and 86.17%, respectively by applying voltage of 1500 V, and electrode distances of 1 and 2 cm for 15 minutes. DES treatment at a voltage of 1500 V for 15 minutes on cocopeat medium did not reduce the growth of *D. reflexa* in the greenhouse.

Keywords: cocopeat, export commodity, mortality, plant growth

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680.
TTel: +62 251 8629364, Faks: +62 251 8629364, Surel: supramana@apps.ipb.ac.id.

PENDAHULUAN

Tanaman *Dracaena* sp. khususnya *Song of India* (*D. reflexa*) memiliki pasar ekspor tujuan Jepang, Malaysia, Korea Selatan, Singapura, dan negara Eropa. Tanaman hias ini mudah dipelihara dan banyak digunakan dalam pembuatan rangkaian bunga dan penghias ruangan. Tanaman *D. reflexa* diekspor dalam bentuk bibit dan tanaman menggunakan kokopit untuk medium tanam sebagai pengganti tanah. Medium tanam kokopit dipersyaratkan oleh negara tujuan bebas dari organisme pengganggu tumbuhan (OPT) terutama nematoda *Radopholus similis*. Karantina tumbuhan DKI Jakarta pada tahun 2023 melaporkan terdapat 16 kali temuan nematoda dan *Aphelenchoides fragariae* pada tanaman *Dracaena* sp. dan medium tanam kokopit tujuan ekspor ke Korea Selatan, Jepang, dan Singapura, sehingga mengakibatkan gagal ekspor. Kokopit memiliki kemampuan mengikat air, serta memiliki pori-pori yang memudahkan pertukaran udara dan masuknya sinar matahari sehingga memudahkan pergerakan nematoda (Pratiwi *et al.* 2017).

Nematoda *R. similis* merupakan nematoda peluka akar tanaman yang memiliki penyebaran dan kisaran inang yang luas. Nematoda *R. similis* merupakan organisme pengganggu tumbuhan karantina (OPTK) di Tiongkok, Jepang, Korea, dan sebagian besar negara Eropa (EPPO 2008). Gejala yang diakibatkan oleh serangan *R. similis* ialah busuk pada akar yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi kerdil dan mudah rebah (Hulupi dan Mulyadi 2007). Serangan *R. similis* pada tanaman hias akan memengaruhi nilai estetika tanaman. Temuan *R. similis* pada medium tanam kokopit mengakibatkan terbitnya penolakan dalam bentuk *Notification of Non-Compliance* (NNC) oleh negara tujuan ekspor.

Pada tahun 2020-2022 Indonesia pernah menerima NNC dari Jepang dan Korea Selatan karena adanya temuan *R. similis* pada tanaman hias dan jahe yang diekspor ke negara tersebut (Badan Karantina Pertanian 2022). Upaya yang selama ini dilakukan untuk membebaskan tanaman hias dari infestasi nematoda parasit khususnya *R. similis* ialah penggunaan *hot*

water treatment (HWT) untuk keperluan karantina tumbuhan (Kementan 2013) dan nematisida. Namun, perlakuan menggunakan HWT masih terbatas dalam skala laboratorium dan belum mampu mengeliminasi nematoda secara keseluruhan pada jaringan tanaman dan medium tanam. Teknik eliminasi menggunakan nematisida dinilai tidak ramah lingkungan serta diduga dapat menimbulkan residu kimiawi. Teknologi *Direct Elect System* (DES) menggunakan sumber tegangan DC, merupakan salah satu cara pengendalian yang dinilai ramah lingkungan dengan cara memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan gelombang energi yang dialirkan langsung ke dalam tanah untuk memberikan perlakuan terhadap organisme target khususnya nematoda parasit tanaman. Teknik DES dilaporkan efektif menurunkan viabilitas cendawan *Phytophthora cinnamomi* dan *Verticillium dahlia* yang diinfestasikan ke tanah. Aplikasi DES sebelum atau sesudah tanam secara signifikan mengurangi kepadatan populasi *Meloidogyne hapla* dan *Globodera ellingtonae* pada tanaman tomat dengan medium tanam berupa campuran tanah kering yang dipasteurisasi (Riga *et al.* 2020). Penelitian ini bertujuan mengkaji keefektifan perlakuan teknologi DES untuk mengeliminasi *R. similis* pada medium tanam kokopit tanpa memengaruhi daya tumbuh tanaman hias *D. reflexa*.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Nematoda Uji *Radopholus similis*

Nematoda diekstrak dari akar tanaman pisang bergejala menggunakan metode pengkabutan (Hooper *et al.* 2005). Akar tanaman pisang diperoleh dari kebun percobaan IPB. Akar dicuci dengan air mengalir dan dipotong dengan ukuran ± 1 cm. Potongan akar diletakkan di atas corong dengan saringan modifikasi dan dilengkapi wadah penampung suspensi. Corong ditempatkan dalam ruang pengabutan selama 72 jam untuk proses ekstraksi. Suspensi nematoda kemudian disaring menggunakan saringan 400 *mesh* dan disimpan pada botol koleksi. Nematoda kemudian diidentifikasi secara morfologi

menggunakan buku identifikasi CIH (1973). Nematoda *R. similis* yang didapatkan dari hasil ekstraksi merupakan nematoda J2 hingga dewasa, hal ini dikarenakan sifatnya yang infeksius (CIH 1973).

Pengujian Laboratorium DES terhadap Mortalitas *Radopholus similis* pada Medium Tanah

Sebanyak 100 mL tanah tanpa sterilisasi diletakkan pada wadah dan diinfestasikan dengan suspensi ± 100 individu nematoda *R. similis*. Medium tanah berasal dari petani budi daya tanaman *D. reflexa* di Sukabumi, Jawa barat. Tanah yang telah terinfestasi nematoda didiamkan $\pm 4-6$ jam bertujuan memberikan waktu bagi nematoda menyebar merata. Sumber listrik DES dialirkan ke medium tanam menggunakan elektroda ($d = 1$ cm dan $t = 5$ cm). Perlakuan pengujian adalah variasi jarak elektroda (1 cm dan 2 cm), variasi tegangan (500, 750, 1000, 1250, dan 1500 V), serta variasi waktu paparan (5, 10, dan 15 menit). Variasi tegangan dan waktu perlakuan merupakan hasil optimalisasi dari penelitian pendahuluan yang telah dilakukan dan modifikasi teknologi DES yang telah dikembangkan dan dipatenkan oleh Global Inc dengan memanfaatkan listrik peluruh kapasitif dengan pin konduktor yang diatur untuk memberikan gradien tegangan yang diinginkan secara berulang dalam waktu tertentu hingga besaran tegangan yang diinginkan terkirim ke target (Riga *et al.* 2020). Sebagai kontrol digunakan fluopiram dengan konsentrasi 0.58 mL per 100 mL tanah (Kontrol (+)) dan tanpa perlakuan (Kontrol (-)). Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan.

Pengujian Laboratorium DES terhadap Mortalitas *Radopholus similis* pada Medium Kokopit

Medium tanam kokopit berasal dari Cianjur, Jawa Barat. Sebanyak 100 mL kokopit ditempatkan pada wadah plastik dan diinfestasikan dengan suspensi ± 100 individu *R. similis* kemudian didiamkan $\pm 4-6$ jam.

Perlakuan DES pada medium kokopit dilakukan seperti pada medium tanah. Rancangan percobaan menggunakan RAL dengan 3 ulangan.

Pengujian Rumah Kaca DES terhadap Daya Tumbuh *Dracaena reflexa*

Pengujian DES terhadap daya tumbuh *D. reflexa* di rumah kaca menggunakan medium tanam kokopit. Tanaman *D. reflexa* berumur 8 minggu ditanam dalam pot berdiameter 10 cm dengan medium tanam kokopit dan diinfestasikan dengan ± 100 ekor nematoda *R. similis*. Infestasi nematoda dilakukan pada pangkal batang tanaman *D. reflexa*. Tiga hari setelah infestasi, diberikan perlakuan DES berdasarkan hasil mortalitas terendah dan tertinggi pada uji laboratorium. Perlakuan DES pada pengujian ini dilakukan satu kali diawal dan berulang setiap minggu selama 3 minggu. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun setiap minggu. Pada akhir pengamatan diukur panjang akar, berat basah dan berat kering tanaman serta mortalitas. Mortalitas nematoda pada kokopit dengan metode sentrifugasi dan pada akar menggunakan metode pengabutan. Mortalitas nematoda pada akar dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Mortalitas (\%)} = 1 - \frac{\text{Jumlah nematoda mati}}{\text{Jumlah nematoda perlakuan}} \times 100\%$$

Kontrol yang digunakan berupa pemberian nematoda dan fluopiram (Velum Prime, Indonesia) dengan dosis 3.75 mL per pot diameter 10 cm (Kontrol (+1)), pemberian nematoda (Kontrol (+2)), dan tanpa perlakuan (Kontrol (-)). Percobaan dilakukan menggunakan RAL dengan 5 ulangan. Mortalitas dihitung menggunakan rumus (Hooper *et al.* 2005) sebagai berikut,

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah nematoda mati}}{\text{Jumlah nematoda perlakuan}} \times 100\%$$

Data ditabulasi pada Microsoft Excel dan dianalisis menggunakan ANOVA dan uji Tukey pada taraf 5%. Data mortalitas pada percobaan di laboratorium ditransformasi menggunakan arcsin.

HASIL

Morfologi Nematoda *Radopholus similis*

Nematoda diekstrak dari akar tanaman pisang yang bergejala serangan nematoda *R. similis*. Nematoda hasil ekstraksi memiliki ciri tubuh panjang dan silindris dengan bagian posterior memanjang berbentuk kerucut dan melengkung ke arah ventral. Median bulb berbentuk oval dan bibir *set off*. Posisi vulva berada di bagian tengah tubuh dengan sistem reproduksi *didelphic*. Ujung ekor berbentuk conoid. Tubuh jantan area mulut berbentuk *rounded* dan terlihat *offset*, pada bagian anterior terdapat bursa yang panjangnya mencapai lebih dari dua pertiga panjang ekor dan memiliki spikula (Gambar 1).

Mortalitas *Radopholus similis* pada Perlakuan DES

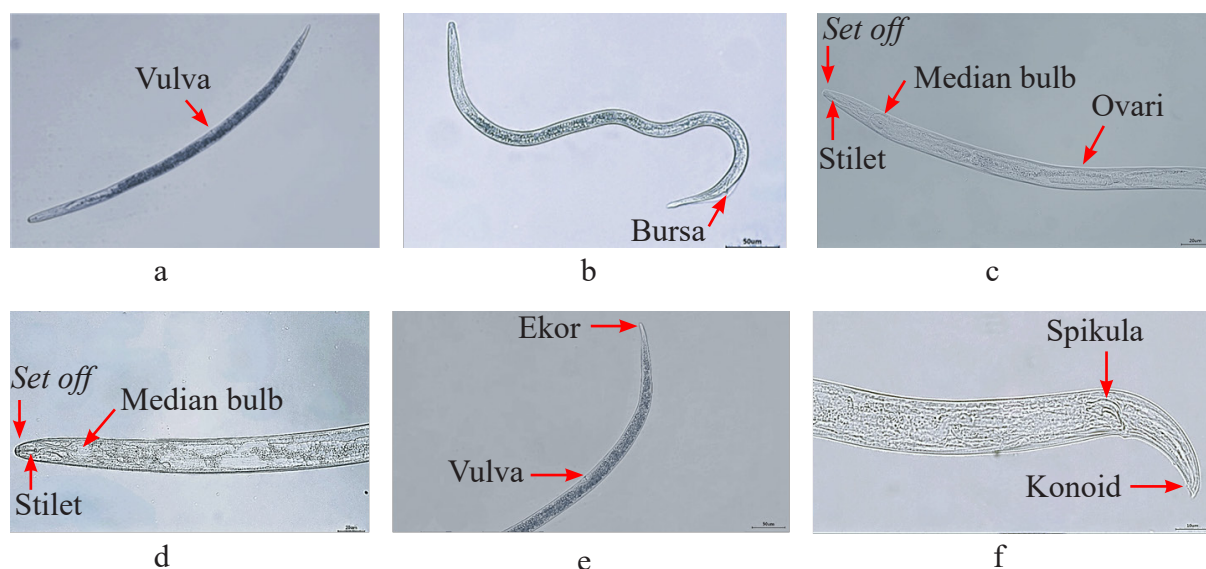
Mortalitas *R. similis* pada medium tanah dengan perlakuan DES pada variasi jarak, tegangan, dan waktu yang berbeda mencapai 59% hingga 83%. Peningkatan mortalitas nematoda tidak dipengaruhi oleh variasi jarak elektroda. Persentase mortalitas nematoda lebih tinggi pada waktu paparan 5–10 menit

dibandingkan aplikasi fluopiram. Namun, waktu paparan 15 menit menghasilkan persentase mortalitas yang sama pada semua perlakuan (Tabel 1).

Perlakuan DES pada medium kokopit dengan variasi jarak elektroda, tegangan, dan waktu paparan yang berbeda menghasilkan mortalitas *R. similis* sebesar 58.29% sampai 86.17%. Mortalitas nematoda meningkat dengan peningkatan tegangan dan waktu paparan. Jarak elektroda tidak secara signifikan memengaruhi persentase mortalitas nematoda pada medium kokopit. Mortalitas nematoda *R. similis* setelah perlakuan DES lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif dan fluopiram (Tabel 2).

Pertumbuhan *Dracaena reflexa* pada Perlakuan DES di Rumah Kaca

Karakteristik agronomis tanaman *D. reflexa* setelah perlakuan DES tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif (+) dan negatif (-) serta perlakuan fluopiram. Pertumbuhan tinggi tanaman pada berbagai tegangan dan perlakuan berulang setiap minggu dan tanpa pengulangan tidak menunjukkan perbedaan



Gambar 1 Karakter morfologi nematoda *Radopholus similis*. a, tubuh nematoda betina; b, tubuh nematoda jantan; c, anterior nematoda betina; d, anterior nematoda jantan; e, posterior nematoda betina; dan f, posterior nematoda jantan.

(Figure 1 Morphological characteristics of the nematode *Radopholus similis*. a, female nematode body; b, male nematode body; c, anterior of female nematode; d, anterior of male nematode; e, posterior female nematode; and f, posterior of male nematode.

Tabel 1 Mortalitas *Radopholus similis* pada perlakuan *Direct Electric System* dengan variasi jarak elektroda, voltase, dan waktu pemaparan pada medium tanah di laboratorium
(*Table 1 Mortality of Radopholus similis on Direct Electric System (DES) treatment with a variation of electrode distances, voltages, and times exposure in soil medium in the laboratory*)

Jarak (Distance) (cm)	Tegangan (Voltage) (V)	Mortalitas* (Mortality) (%)		
		5 menit (Minute)	10 menit (Minute)	15 menit (Minute)
1	500	78.06 ± 1.15 abc	76.27 ± 1.15 abcdef	74.09 ± 6.80 abcdefg
	750	73.95 ± 1.15 abcdefg	74.67 ± 4.16 abcdefg	74.74 ± 1.73 abcdefg
	1000	73.12 ± 3.78 abcdefg	74.86 ± 2.64 abcdef	76.66 ± 0.57 abcde
	1250	79.14 ± 1.52 ab	80.27 ± 1.73 ab	79.60 ± 1.15 ab
	1500	77.72 ± 2.08 abcd	79.51 ± 0.57 ab	83.46 ± 0.57 a
2	500	59.13 ± 1.15 h	62.51 ± 2.08 gh	64.31 ± 5.29 fgh
	750	64.22 ± 3.46 fgh	64.93 ± 2.64 efgh	69.23 ± 2.88 bcdefgh
	1000	69.27 ± 6.55 bcdefgh	62.55 ± 3.78 gh	65.95 ± 11.78 cdefgh
	1250	66.56 ± 4.58 cdefgh	66.75 ± 3.05 cdefgh	71.86 ± 4.58 abcdefg
	1500	65.65 ± 6.50 defgh	64.93 ± 2.64 efgh	68.24 ± 5.00 bcdefgh
-	Kontrol ¹ (Control)	00.00 ± 00.00 j	00.00 ± 00.00 j	00.00 ± 00.00 j
-	Fluopiram	37.57 ± 9.01 i	42.43 ± 14.04 i	74.40 ± 4.16 abcdefg

*Angka selajur yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada uji Tukey α 0.05, data ditransformasi menggunakan arcsin (*Value followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Tukey's test at α 0.05, data has been transformed with arcsin transformation*).

¹Kontrol, tanpa perlakuan DES (*Control, without DES treatment*).

yang nyata. Perlakuan DES tidak memengaruhi jumlah daun tanaman, bobot basah dan kering tanaman, serta panjang akar. Seluruh perlakuan DES, kontrol (+) dan aplikasi fluopiram menunjukkan hasil yang sebanding dengan kontrol (-) (Tabel 3).

Mortalitas *Radopholus similis* di Rumah Kaca pada Tanaman *Dracaena reflexa*

Data menunjukkan bahwa perlakuan dengan tegangan 1500 V dengan perlakuan berulang maupun tidak berulang menghasilkan persentase mortalitas lebih tinggi $\pm 30\%$ dibandingkan dengan pemakaian fluopiram. Persentase mortalitas pada perlakuan DES secara berulang mencapai 52.2%. Persentase mortalitas pada perlakuan DES tidak berulang dengan tegangan 1500 V mencapai 62.8% (Tabel 4). Pemberian tegangan tinggi dengan satu kali perlakuan dapat menyebabkan mortalitas 10% lebih tinggi apabila dibandingkan dengan pemberian perlakuan DES secara berulang.

PEMBAHASAN

Nematoda *R. similis* berhasil diekstrak dari akar tanaman pisang bergejala dan diidentifikasi berdasarkan karakter morfologinya. Nematoda hasil identifikasi sesuai dengan deskripsi menurut Mgonja *et al.* (2020) yang menyatakan bagian posterior nematoda memanjang berbentuk kerucut, melengkung ke arah ventral, dan vulva berada pada posisi 54%–55% dari panjang tubuh. Anterior nematoda *R. similis* memiliki ciri morfologi berupa kepala berbentuk gada, terdapat stilet yang berkembang dengan baik serta memiliki basal knob besar dan kelenjar esofagus *overlap* ke arah dorsal (Xu *et al.* 2014).

Perlakuan DES pada medium yang berbeda dipengaruhi oleh besar medan listrik yang terbentuk yang bergantung pada permitivitas medium tersebut. Medium dengan permitivitas tinggi akan menghasilkan medan listrik yang lebih kecil dibandingkan dengan medium permitivitas rendah. Tanah memiliki

Tabel 2 Mortalitas *Radopholus similis* pada perlakuan *Direct Electric System* dengan variasi jarak elektroda, voltase dan waktu pemaparan pada medium kokopit di laboratorium
(Table 2 Mortality of *Radopholus similis* on *Direct Electric System (DES)* treatment with a variation of electrode distances, voltages, and times exposure in cocopeat medium in the laboratory)

Jarak (Distance) (cm)	Tegangan (Voltage) (V)	Mortalitas* (Mortality) (%)		
		5 menit (Minute)	10 menit (Minute)	15 menit (Minute)
1	500	58.29 ± 3.05 gh	63.54 ± 4.58 fgh	66.23 ± 3.05 defg
	750	61.60 ± 2.88 fgh	61.37 ± 2.64 fgh	64.20 ± 3.00 efgh
	1000	72.61 ± 2.00 abcdefg	75.85 ± 4.04 abcdef	79.24 ± 2.08 abcd
	1250	72.75 ± 3.60 abcdefg	79.65 ± 3.05 abcd	83.97 ± 1.52 ab
	1500	84.24 ± 2.08 ab	78.82 ± 5.50 abcde	86.17 ± 0.57 a
2	500	71.55 ± .00 abcdefg	64.28 ± 8.50 efgh	67.38 ± 4.58 defg
	750	64.07 ± 5.00 efgh	68.67 ± 3.05 cdefg	68.11 ± 6.50 cdefg
	1000	61.57 ± 8.00 fgh	67.85 ± 3.51 defg	70.06 ± 5.56 bcdefg
	1250	72.99 ± 2.30 abcdefg	84.76 ± 1.52 ab	82.98 ± 2.51 abc
	1500	84.76 ± 1.52 ab	79.93 ± 2.08 abcd	83.78 ± 2.64 ab
-	Kontrol ¹ (Control)	00.00 ± 00.00 j	00.00 ± 00.00 j	00.00 ± 00.00 j
-	Fluoripam	36.25 ± 12.22 i	37.73 ± 10.40 i	49.87 ± 9.23 hi

*Angka selajur yang diikuti huruf yang menunjukkan tidak ada perbedaan tidak nyata pada uji Tukey α 0.05, data ditransformasi menggunakan arcsin (Value followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Tukey's test at a 0.05, data has been transformed with arcsin transformation).

¹Kontrol, tanpa perlakuan DES (Control, without DES treatment).

Tabel 3 Pertumbuhan *Dracaena reflexa* pada minggu ke 3 setelah perlakuan *Direct Electric system* (DES)

(Table 3 *Dracaena reflexa* growth on third weeks after *Direct Electric system* treatment)

Perlakuan (Treatment)	Tegangan (Voltage) (V)	Tinggi tanaman (Plant height) (cm)	Jumlah daun (Number of leaves)	Bobot basah (Wet weight) (g)	Bobot kering (Dry weight) (g)	Panjang akar (Root length) (cm)
Berulang (Repeated)	500	26.00 ± 4.52 ab*	21.40 ± 7.73 bc	27.74 ± 7.56 ab	4.79 ± 1.69 c	18.72 ± 11.05 ab
	1500	27.80 ± 2.46 a	24.20 ± 8.10 abc	26.37 ± 5.63 c	5.46 ± 0.95 abc	13.42 ± 8.85 b
Tidak berulang (Not repeated)	500	27.00 ± 3.10 ab	30.60 ± 4.21 a	38.75 ± 5.94 a	6.94 ± 1.10 a	29.30 ± 3.81 a
	1500	21.20 ± 4.19 c	17.60 ± 7.50 c	28.37 ± 11.29 bc	5.35 ± 1.60 abc	16.82 ± 9.02 b
Fluoripam	-	28.70 ± 3.34 a	28.20 ± 6.34 ab	36.89 ± 8.36 ab	6.64 ± 0.50 ab	17.30 ± 9.16 b
Kontrol ¹ (Control) (+)	-	27.40 ± 1.98 a	22.40 ± 3.91 abc	27.90 ± 3.11 bc	5.06 ± 0.69 bc	16.40 ± 5.11 b
Kontrol ² (Control) (-)	-	22.40 ± 4.08 bc	20.60 ± 1.67 bc	26.35 ± 1.99 c	4.91 ± 1.19 c	19.40 ± 7.05 ab

*Angka selajur yang diikuti huruf yang menunjukkan tidak ada perbedaan tidak nyata pada uji Tukey α 0.05 (Value followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Tukey's test at α 0.05).

¹Kontrol, tanpa perlakuan DES + nematoda (Control, without DES treatment + nematode).

²Kontrol, tanpa perlakuan DES dan infestasi nematoda (Control, without DES treatment and nematode infestation).

Tabel 4 Mortalitas *Radopholus similis* terhadap perlakuan *Direct Electric System* pada medium kokopit di rumah kaca(Table 4 Mortality of *Radopholus similis* on *Direct Electric System* treatment on cocopeat medium in the greenhouse)

Perlakuan (Treatment)	Tegangan (Voltage) (V)	Mortalitas* (Mortality) (%)
Berulang (Repeated)	500	39.00 ± 3.08 abc
	1500	52.20 ± 10.66 ab
Tidak berulang (Not repeated)	500	24.20 ± 4.96 cd
	1500	62.80 ± 16.48 a
Fluoripam	-	21.60 ± 9.07 cd
Kontrol ¹ (Control) (+)	-	12.80 ± 3.63 d
Kontrol ² (Control) (-)	-	5.80 ± 4.08 d

*Angka selanjur yang diikuti huruf yang menunjukkan tidak ada perbedaan tidak nyata pada uji Tukey α 0. (Value followed by the same letter in the same column are not significantly different based on Tukey's test at α 0.05).

¹Kontrol, tanpa perlakuan DES + nematoda (control, without DES treatment + nematode).

²Kontrol, tanpa perlakuan DES dan infestasi nematoda (control, without DES treatment and nematode infestation).

permitivitas yang relatif tinggi dibandingkan dengan medium kokopit (Fahmi *et al.* 2016). Mortalitas nematoda pada tanah relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kokopit pada perlakuan DES dengan jarak elektroda yang pendek. Variasi jarak elektroda memengaruhi tingkat mortalitas pada perlakuan DES karena interaksi elektroda dengan bahan dielektrik yang berbeda menghasilkan besaran medan listrik yang berbeda (Wahyudi 2024).

Paparan medan listrik dari alat DES yang dikembangkan menyebabkan ion-ion dalam tubuh nematoda bergerak cepat, yang mengakibatkan pecahnya membran sel dan lisis. Medan listrik ini mengganggu permeabilitas dinding sel, memicu penggelembungan, dan kerapuhan membran sel sehingga terjadi lisis (Irwan 2016). Menurut Tashpulatov dan Zakhidov (2021), tubuh nematoda terdiri dari struktur berisi cairan dan mengandung banyak unsur mikro serta ion, yang mempercepat proses lisis saat terkena medan listrik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan DES tidak memengaruhi biomassa tanaman, dengan tetap adanya peningkatan tinggi tanaman, panjang akar, serta bobot segar dan kering tanaman. Ketika akar yang lebih tua terinfeksi dan membusuk, tanaman menghasilkan akar baru dan tanaman terus tumbuh dengan baik. Namun, perlakuan

DES yang berulang mengakibatkan daun gugur lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Castillo *et al.* (2022) serangan *R. similis* pada akar tanaman berlangsung relatif lambat tetapi dapat menurunkan tingkat fotosintesis pada daun sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menimbulkan gejala klorosis pada daun. Pemberian medan listrik dengan arus DC pada tegangan 2500 V per menit dapat meningkatkan perkecambahan biji, menambah berat dan panjang tanaman lobak daikon (*Raphanis sativus longipinnatus*) sebanyak 99.62% karena terjadinya penyerapan nutrisi yang lebih baik pada biji (Jahrudin dan Kumala 2024).

Mortalitas nematoda dipengaruhi oleh persebaran nematoda dan jangkauan medan listrik di dalam medium tanam. Pada perlakuan DES digunakan pot berukuran kecil ($d = 10$ cm, $h = 9$ cm) sebagai perlakuan statis, dimana pin elektroda dimasukkan di satu lokasi (10% dari total medium tanam) dan tidak dipindahkan. Perbedaan mortalitas nematoda pada setiap perlakuan diduga disebabkan oleh bagian kokopit dalam pot yang tidak menerima medan listrik yang cukup besar untuk mematikan nematoda dan penyebaran nematoda dalam pot. Riga *et al.* (2020) menyatakan bahwa perlakuan

statis menunjukkan perbedaan kepadatan energi. Orientasi pin elektroda pada DES memiliki hasil yang berbeda tergantung pada penempatan, ukuran dan geometri pin yang berbeda dalam perlakuan di pot atau formasi lapisan di lapangan. Karakteristik listrik dari akar tanaman dan rizosfer memusatkan energi perlakuan di tempat nematoda ditemukan membuat teknologi ini lebih efektif terutama terhadap nematoda endoparasit seperti *M. hapla* karena perbedaan konduktivitas tanah di rizosfer.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Karantina Pertanian. 2022. Laporan tahunan 2021. Kementerian Pertanian. Jakarta. hlm 311. Tersedia online <https://karantina.pertanian.go.id/>. Diakses tanggal 12 Januari 2023.
- Castillo A, Astúa R, Jiménez W, Delgado J, Salas E, Araya M. 2022. Reduction of banana (*Musa* AAA cv Grande Naine) leaf photosynthesis by *Radopholus similis*. *Journal of Applied Biosciences*. 169:17617–17635. DOI: <https://doi.org/10.35759/jabs.169.7>.
- [CIH] Commonwealth Institute of Helminthology. 1973. Descriptions of Plant-Parasitic Nematodes. Willmott SM, Gooch PS, Siddiqi MR, Franklin MT, editor. London (GB): William Clowe & Sons Ltd.
- [EPPO] European-Mediterranean Plant Protection Organization. 2008. *Radopholus similis* synonyms. EPPO Bulletin. 38(3): 374–378. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2008.01248.x>.
- Fahmi D, Novario LA, Negara IMY, Wahyudi R. 2016. Comparative analysis of electric field distribution on glass and ceramic insulator using finite element method. Di dalam: *International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*. IEEE; 2016 Jul 28-30; Lombok (ID). hlm 515–520. DOI: <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2016.7828713>.
- Hooper DJ, Hallmann J, Subbotin SA. 2005. Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. 2:53–86. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851997278.0053>.
- Hulupi R, Mulyadi. 2007. Sebaran populasi nematoda *Radopholus similis* dan *Pratylenchus coffeae* pada lahan perkebunan kopi. *Pelita Perkebunan*. 23(3):176–182. DOI: <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v23i3.41>.
- Irwan F, Afdal A. 2016. Analisis hubungan konduktivitas listrik dengan total dissolved solid (TDS) dan temperatur pada beberapa jenis air. *Jurnal Fisika Unand*. 5(1):85–93.
- Jahrudin A, Kumala SA. 2024. Studi literatur sistem elektrokultur dalam mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*. 4(2):55–64. DOI: <https://doi.org/10.33019/jrfi.v4i2.5338>.
- [Karantina Tumbuhan] Laporan temuan target uji tentang nematoda target pada *Dracaena* sp. dan media tanam cocopeat tahun 2023.
- [Kementan]. Kementerian Pertanian. 2013. Standar Teknis Perlakuan Air Panas (Hot Water Treatment: HWT) Edisi 1. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Mgonja DM, Temu GE, Ndunguru JC, Mziray MF, Lyantagaye SL, Luambano ND. 2020. Molecular approach to confirm traditional identification of *Radopholus similis* sampled in Tanzania. *Journal of Nematology*. 52(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-020>.
- Pratiwi NE, Simanjuntak BH, Banjarahor D. 2017. Pengaruh campuran medium tanam terhadap pertumbuhan tanaman stroberi (*Fragaria vesca* L.) sebagai tanaman hias taman vertikal. *AGRIC Jurnal Ilmu pengetahuan*. 29(1):11–20. DOI: <https://doi.org/10.24246/agric.2017.v29.i1.p11-20>.
- Riga E, Crisp JD, Mcomb GJ, Weiland JE, Zasada IA. 2020. Directed energy system technology for the control of soilborne fungal pathogens and plant-parasitic nematodes. *Pest Management Science*. 76:2072–2078. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5745>.

- Sumariyah, Kusminanto, Hermanto A, Nuswantoro P. 2018. The Study of EHD Flow: Velocity and electrical power. MATEC Web of Conferences. 156:02016. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815602016>
- Tashpulatov NT, Zakhidov RA. 2021. Study on electric pulse destruction of diseased nematodes. Paper. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 939:012013. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012013>.
- Vega MH, Pothakamury UR, Chang FJ, Barbosa-Canovas GV, Swanson BG. 1996. Inactivation of *Escherichia coli* by combining PH, ionic strength and pulsed electric fields hurdles. Journal Food Research International. 29(2):117–121. DOI: [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(96\)00015-4](https://doi.org/10.1016/0963-9969(96)00015-4).
- Wahyudi D. 2024. Karakteristik Sielektrik Minyak Sereh Wangi. Jurnal Riset Agroteknologi Berkelanjutan. 1(1):36–42.
- Xu CL, Li Y, Xie H, Huang X, Wu WJ, Yu L, Wang DW. 2014. Morphological and karyotypic differences within and among populations of *Radopholus similis*. Zookeys. 444:69–93. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.444.8186>.
- Yi JY, Choi JW, Jeon BY, Jung IL Park DH. 2012. Effects of a low-voltage electric pulse charged to culture soil on plant growth and variations of bacterial community. Agriculture Sciences. 3(3):343–348. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/as.2012.33038>.