

Perbanyak Nematoda Daun *Aphelenchoides fragariae* pada Biakan Cendawan

Mass Rearing of Foliar Nematode *Aphelenchoides fragariae* on Fungal Culture

Fitrianiingrum Kurniawati*, Supramana, Sri Hendrastuti Hidayat,
Efi Toding Tondok, Heriyanto Syafutra

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Kamper Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680.

(diterima Agustus 2023, disetujui Januari 2024)

ABSTRAK

Nematoda daun *Aphelenchoides fragariae* mempunyai inang yang luas dan dapat berperan sebagai parasit tumbuhan maupun pemakan cendawan. Belum ada informasi terkait teknik perbanyak *A. fragariae* di Indonesia. Penelitian untuk memperoleh jumlah nematoda *A. fragariae* yang murni perlu dilakukan untuk mendukung penelitian di masa mendatang. Penelitian ini bertujuan untuk memperbanyak *A. fragariae* menggunakan biakan cendawan pada tiga suhu yang berbeda dan menghitung jumlah nematoda. Biakan cendawan yang digunakan ialah, *Alternaria porri*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, *Pythium* sp., dan *Rhizopus* sp. Lima spesies cendawan tersebut diinkubasikan pada tiga suhu. Untuk memperoleh kondisi yang sesuai, biakan cendawan diinkubasi pada tiga suhu yang berbeda. Sebelum ditumbuhkan dalam biakan cendawan, nematoda dicelupkan ke dalam larutan streptomisin sulfat 0.1%, kemudian dicuci menggunakan air steril. Selanjutnya, 20 nematoda steril diinfestasikan pada biakan cendawan berumur 7 hari dan diinkubasi pada suhu 16, 28, dan 37 °C. Setelah 28 hari, nematoda dipanen dan dihitung jumlahnya. Di antara spesies cendawan yang diuji sebagai media pemeliharaan, biakan terbaik untuk reproduksi *A. fragariae* ialah *Alternaria porri* pada suhu 28 °C, dengan jumlah nematoda akhir rata-rata hingga 407.8 per cawan petri. Pada suhu 37 °C *A. fragariae* gagal bereproduksi di semua biakan cendawan yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa di antara ketiga suhu tersebut, yang paling mendukung pertumbuhan dan perkembangan nematoda ialah 16 dan 28 °C, yang paling tidak mendukung adalah 37 °C.

Kata kunci: jumlah nematoda, suhu, reproduksi

ABSTRACT

This research investigated the in vitro cultivation of the foliar nematode *Aphelenchoides fragariae*, which can feed on both plants and fungi. As there was no prior information available in Indonesia, this study aimed to establish an efficient method for mass rearing, thereby supporting future research. Five fungal cultures i.e. *Alternaria porri*, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Pythium* sp., and *Rhizopus* sp. grown in potato dextrose agar were evaluated as potential growing media at three different temperatures: 16, 28, and 37 °C. Nematodes were surface-sterilized with streptomycin sulfat 0.1%

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

before being introduced into the fungal cultures. Results showed that *A. porri* was the most favourable culture for *A. fragariae* reproduction, particularly at 28 °C. Under these conditions, the average final population reached 407.8 nematodes per petri dish. Notably, *A. fragariae* failed to thrive at 37 °C in all tested fungal media. This suggests that the optimal temperature for its reproduction ranges between 16 and 28 °C. This study provides valuable insights into the *in vitro* cultivation of *A. fragariae*, paving the way for further research utilizing this nematode species.

Keywords: fungus culture, population, reproductive, temperature

PENDAHULUAN

Nematoda merupakan mikrofauna yang penting dalam proses dekomposisi dan daur ulang nutrisi dalam tanah. Bergantung pada stratanya, nematoda memiliki berbagai makanan pilihan. Nematoda dapat hidup sebagai pemakan tumbuhan (herbivora), pemakan segala (omnivora), predator (penelan dan penusuk), pemakan bakteri (bakterivora), pemakan substrat, pemakan eukariota uniseluler, dan pemakan cendawan (fungivora) (Yeates *et al.* 1993). Pengetahuan tentang kebiasaan makan nematoda sangat penting untuk diketahui karena dapat membantu dalam memahami biologi dan peran nematoda dalam proses ekosistem. Nematoda pemakan cendawan hidup pada banyak spesies cendawan yang berbeda, termasuk cendawan saprob, patogen, dan mikoriza (Freckman dan Caswell 1985; Giannakis dan Sanders 1989).

Nematoda dari genus *Aphelenchoides* dapat memakan cendawan. Pembiakan massal nematoda *Aphelenchoides*, khususnya *Aphelenchoides fragariae*, pada biakan cendawan dapat menjadi metode yang efisien untuk mendapatkan jumlah nematoda yang tinggi dan murni. Pembiakan massal nematoda *A. besseyi* pada biakan cendawan telah dilakukan secara *in vitro*. *A. besseyi* dapat makan dan bereproduksi pada *Alternaria tenuis* (Todd dan Atkins 1958), *Fusarium solani* (Huang *et al.* 1973), *Aureobasidium pullulans* (Huang *et al.* 1979), dan *Alternaria alternata* (Rajan *et al.* 1989).

Rao (1985) mempelajari jumlah nematoda pucuk putih pada biakan monosenik dan menemukan bahwa medium agar-agar tepung

gandum merupakan medium yang sesuai untuk memperbanyak nematoda pada biakan cendawan *Fusarium moniliforme*, *Alternaria padwickii*, *Helminthosporium oryzae*, dan *Curvularia* sp., tetapi tidak untuk *Pyricularia oryzae*.

Biakan spesies cendawan dan suhu inkubasi berpengaruh pada fase kehidupan nematoda. Nematoda juvenil berkembang biak dengan baik pada biakan cendawan *A. padwickii* dengan suhu inkubasi 20 °C, sedangkan nematoda dewasa pada suhu inkubasi 25 °C (Imamah 2019). Cendawan *A. padwickii* dan *F. semitectum* merupakan cendawan yang dapat mendukung perkembangan nematoda pada suhu inkubasi 20–25 °C.

Penelitian pembiakan nematoda *A. besseyi*—nematoda pucuk putih padi—telah dilakukan pada biakan cendawan *A. padwickii*, *F. semitectum*, dan *B. cinerea* (Imamah *et al.* 2020). Pembiakan nematoda *Aphelenchoides*, khususnya *A. fragariae*, pada biakan cendawan dapat menjadi metode yang efisien untuk mendukung berbagai aspek penelitian (bioekologi, pengendalian, resistensi, dan lainnya).

Sambiloto (*Andrographis paniculata*) merupakan salah satu inang *A. fragariae* yang mempunyai gejala khas hawar pada daun. Jumlah nematoda *A. fragariae* dalam daun sambiloto sangat banyak dan mudah diekstraksi sehingga *A. fragariae* yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil ekstraksi dari tanaman sambiloto. Penelitian ini bertujuan memperbanyak nematoda *A. fragariae* dari daun sambiloto pada lima biakan cendawan pada tiga suhu inkubasi yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Nematoda *Aphelenchoides fragariae* dan Biakan Cendawan Uji

Nematoda (*Aphelenchoides fragariae*) dan cendawan uji merupakan koleksi Laboratorium Mikologi Tumbuhan dan Nematologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. *Aphelenchoides fragariae* yang digunakan berasal dari tanaman sambiloto bergejala hawar daun. Daun sambiloto dipotong-potong, direndam dalam akuades steril, lalu diinkubasi dalam lemari es pada suhu 4 °C selama 24 jam. Nematoda *A. fragariae* disaring menggunakan saringan 500 mesh, lalu direndam dalam streptomisin sulfat 0.1% selama 10 menit dan dibilas sebanyak tiga kali menggunakan akuades steril.

Lima spesies cendawan uji digunakan sebagai medium perbanyakan nematoda *A. fragariae*. Kelima cendawan uji merupakan cendawan patogen dari tanaman sakit: *Alternaria porri* dari bawang merah bergejala bercak ungu, *Botrytis cinerea* dari gejala busuk buah stroberi, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* dari bawang merah dengan gejala moler, *Pythium* sp. dari buah mentimun bergejala busuk basah, dan *Rhizopus* sp. dari buah nangka bergejala busuk lunak. Tidak ada alasan khusus dalam pemilihan cendawan yang digunakan sebagai medium pembiakan nematoda *A. fragariae*.

Biakan cendawan uji ditumbuhkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) (1 L akuades, 20 g dekstrosa, 20 g agar-agar, 200 g kentang) dan diinkubasi koloni memenuhi permukaan cawan petri penuh. Inkubasi cendawan tersebut memerlukan waktu yang berbeda-beda, untuk biakan cendawan *A. porri*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* fsp. *cepae* waktu inkubasi yang diperlukan adalah 7 hari, sedangkan *Pythium* sp. dan *Rhizopus* sp. selama 3 hari. Selanjutnya biakan cendawan disimpan pada suhu 28 °C sampai digunakan untuk pengujian.

Perbanyak Nematoda pada Biakan Cendawan Uji

Sebanyak 20 nematoda diinfestasikan masing-masing ke dalam cawan yang berisi koloni biakan cendawan uji. Setiap biakan disimpan dalam plastik hitam dan diinkubasi dalam keadaan gelap pada tiga suhu (16, 28, dan 37 °C) selama 28 hari.

Medium biakan cendawan uji dalam cawan dipotong-potong. Ekstraksi nematoda dilakukan dengan metode corong Baermann yang dimodifikasi (peralatannya menggunakan wadah es krim yang dilubangi dan diberi saringan dari kain kasa dan gelas plastik yang diisi air pada bagian bawahnya). Jumlah nematoda dihitung dari contoh pengenceran suspensi nematoda mengikuti Coyne (2007):

$$N = \frac{v}{V} \times n, \text{ dengan}$$

V, volume suspensi dalam botol; v, volume suspensi dalam cawan *syracuse*; dan n, jumlah rata-rata yang dihitung di mikroskop. Total jumlah nematoda juvenil dan dewasa adalah kepadatan jumlah nematoda akhir.

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap dengan dua faktor. Faktor pertama ialah biakan cendawan uji yang terdiri atas lima taraf (*A. porri*, *B. cinerea*, *F. oxysporum* f. sp. *cepae*, *Pythium* sp., dan *Rhizopus* sp.) dan faktor kedua ialah suhu inkubasi yang terdiri atas tiga taraf (16, 28, dan 37 °C). Dasar pemilihan suhu 16 °C ialah mewakili suhu rendah AC, 28 °C mewakili suhu ruang, dan 37 °C mewakili suhu di atas suhu optimum pertumbuhan nematoda *A. fragariae*. Kombinasi perlakuan yang diujikan ialah 15 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 5 kali.

Data dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) faktorial dalam rancangan acak lengkap menggunakan program R versi 4.2.1. Hasil pengujian yang menunjukkan beda nyata dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda menggunakan uji Tukey pada taraf 5%. Data jumlah nematoda ditransformasi menggunakan persamaan: $y' = \ln(y+1)$ dengan nilai y ialah jumlah nematoda.

HASIL

Biakan Cendawan

Pada tabel 1 disajikan tentang biakan cendawan yang digunakan untuk media perbanyakkan nematoda *A. fragariae* dan struktur mikroskopisnya. Koloni cendawan *A. porri* pada medium ADK tampak atas berwarna putih terang hingga abu-abu gelap dan tampak belakang berwarna hitam, struktur mikroskopisnya terdiri atas konidia yang memiliki sekat melintang dan membujur serta konidiofor berwarna gelap. Koloni cendawan *F. oxysporum* f. sp. *cepae* tampak atas berwarna putih dengan membentuk miselium aerial (udara) yang panjang dan padat menyerupai benang-benang halus seperti kapas dan tampak belakang berwarna ungu muda, terlihat seperti berair dan struktur mikroskopisnya terlihat adanya makrokonidia dan mikrokonidia.

Koloni cendawan *Pythium* sp. tampak atas berwarna putih seperti kapas dan tampak bawah berwarna putih, tidak beraturan, dan berair, struktur mikroskopis terdiri atas miselium berwarna hialin dan terdapat sporangium berbentuk *globose*. Koloni cendawan *B. cinerea* tampak atas berwarna putih berbentuk melingkar konsentris, memiliki miselium udara dengan tekstur lembut (*fluffy*), dan tampak atas berwarna putih dan berair, struktur mikroskopis terdiri atas konidia berbentuk oval (bulat telur) seperti bunga. Koloni cendawan *Rhizopus* sp. tampak atas berwarna keabu-abuan, tampak bawah berwarna cokelat keabu-abuan, struktur mikroskopisnya berupa sporangiofor berwarna kecokelatan dan sporangia berwarna hitam keabu-abuan, berbentuk bulat.

Morfologi *Aphelenchoides fragariae* Hasil Perbanyakkan Massal

Nematoda *A. fragariae* hasil perbanyakkan jantan memiliki tubuh ramping, panjang, dan ekor melengkung (Gambar 1a). Betina memiliki tubuh ramping dengan posisi istirahat lurus (Gambar 1b), stilet ramping, berbentuk seperti jarum, *median bulb* berukuran besar, dan berbentuk bulat hingga oval (Gambar 1c).

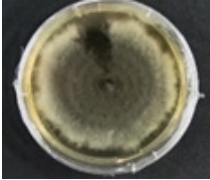
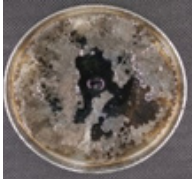

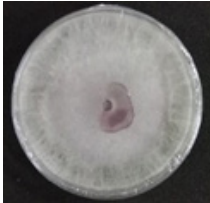
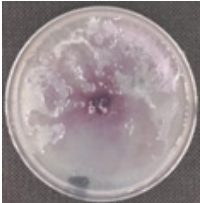
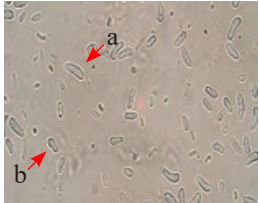


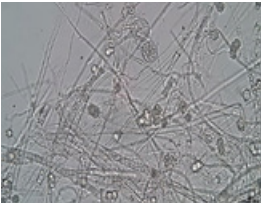
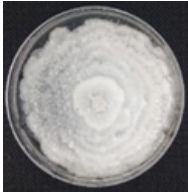
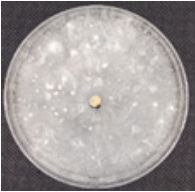
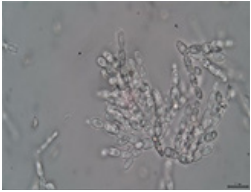
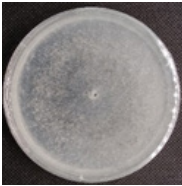
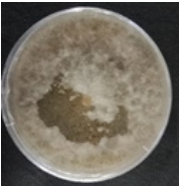
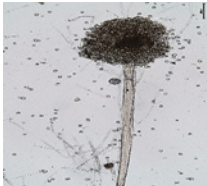
Ekor memanjang berbentuk *conoid* dan terdapat 1 mukro diujung ekor (Gambar 1d). Spikula pada nematoda jantan berbentuk seperti duri mawar, tidak terdapat bursa dan *gubernaculum* (Gambar 1e). Vulva pada nematoda betina berada di sekitar setengah dari lebar tubuh (Gambar 1f). Kantung *post-uterus* memanjang lebih dari setengah jarak vulva-anus (Gambar 1g).

Jumlah Nematoda *Aphelenchoides fragariae* pada Berbagai Suhu dan Biakan Cendawan

Jumlah nematoda *A. fragariae* hasil perbanyakkan pada kultur cendawan dengan berbagai suhu menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 2). Dari hasil analisis menggunakan ANOVA faktorial diperoleh hasil yang berpengaruh nyata, yaitu faktor suhu dan interaksi antara suhu dengan cendawan. Faktor suhu mempengaruhi jumlah nematoda. Pada kisaran suhu optimal nematoda akan berkembang dan bereproduksi sesuai kapasitas genetiknya. Pada suhu 37 °C rata-rata nematoda pada kultur cendawan tidak mampu tumbuh dan bereproduksi. Suhu lain perlu diteliti kembali agar didapatkan suhu yang benar-benar sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan nematoda *A. fragariae*.

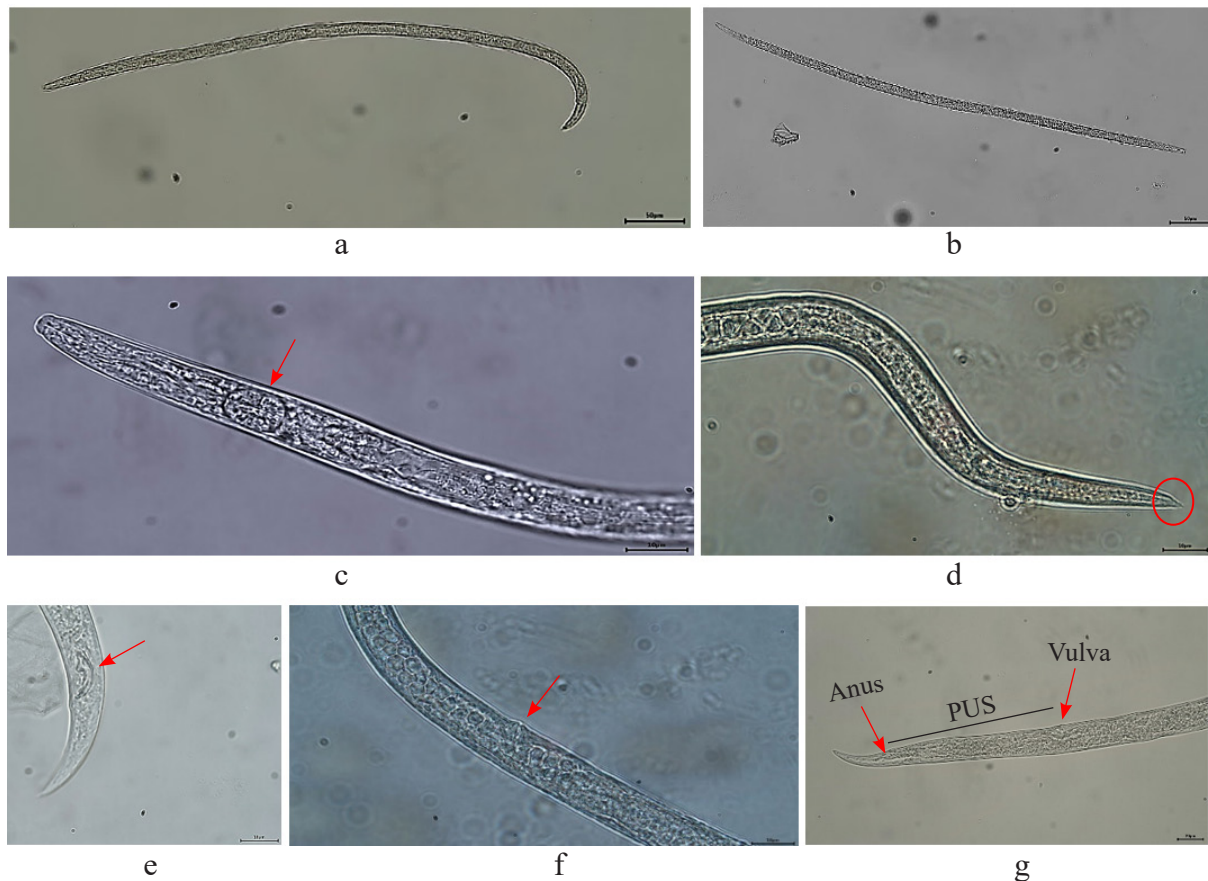
Hasil uji ANOVA faktorial menunjukkan bahwa P value suhu 6.4250E-14, cendawan 0.403661851 dan interaksi 6.22359E-05. Derajat bebas (DB) suhu 2, cendawan 4, dan interaksi 8. Fhitung suhu 52.576923, cendawan 1.0213675, dan interaksi 5.1762821. Dari hasil ini diketahui bahwa terdapat interaksi antara faktor suhu dan biakan cendawan. Berdasarkan analisis lanjut menggunakan uji tukey dapat disimpulkan bahwa faktor interaksi suhu dan biakan cendawan ini memengaruhi jumlah nematoda. Interaksi yang signifikan berarti pengaruh suhu bergantung pada biakan yang digunakan. Jika digunakan biakan *A. porri* dan *B. cinerea* maka di antara ketiga suhu yang paling baik adalah 28 °C. Jika digunakan biakan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, *Pythium* sp., dan *Rhizopus* sp. maka suhu yang paling baik ialah 16 °C. Pada penelitian ini diketahui bahwa

Tabel 1 Biakan cendawan yang digunakan untuk memperbanyak nematoda *Aphelenchoides fragariae*
 Table 1 Fungal cultures used to reproduce the nematode, *Aphelenchoides fragariae*

Cendawan (Fungi)	Makroskopis (Macroscopic)		Mikroskopis (Microscopic)
	Tampak atas (Observe side)	Tampak bawah (Reverse side)	
<i>Alternaria porri</i>			 Konidia dengan sekat membujur dan melintang. (Conidia with longitudinal and transverse septates).
<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. cepae</i>			 a, makrokonidia; dan b, mikrokonidia. (a, macroconidia; and b, microconidia).
<i>Pythium</i> sp			 miselium dan sporangium. (mycelium and sporangium).
<i>Botrytis cinerea</i>			 konidia seperti bunga (Flower-like conidia)
<i>Rhizopus</i> sp.			 sporangium dan sporangiofor (sporangium and sporangiophore)

Keterangan: Biakan dan struktur mikroskopis cendawan diamati dengan mikroskop *compound* pada perbesaran 10×40 .

(Note: Fungal cultures and its microscopic structures were observed using a compound microscope at a magnification of 10×40)



Gambar 1 Morfologi nematoda *Aphelenchoides fragariae* hasil perbanyakan pada biakan cendawan diamati dengan mikroskop *compound* perbesaran 10×20 . a, Nematoda jantan; b, Nematoda betina; c, Metakarpus; d, Mucro; e, Spikula pada nematoda jantan yang berbentuk seperti duri mawar; f, Vulva pada nematoda betina; g, *Postvulval uterine sac* (PUS) yang panjangnya lebih dari setengah jarak vulva ke anus.

(Figure 1 Morphology of *Aphelenchoides fragariae* nematodes propagated on fungal culture. Observation was conducted using compound microscope with a 10×20 magnification. a, Male nematodes; b, Female nematodes; c, Metacarpus; d, Mucro; e, Spicules on male nematodes having shaped like rose thorns; f, Vulva on female nematodes; g, *Postvulval uterine sac* (PUS) which length is more than half the distance from vulva to anus.)

Tabel 2 Populasi nematoda *Aphelenchoides fragariae* pada biakan cendawan dan suhu yang berbeda-beda

Table 2 Population of *Aphelenchoides fragariae* nematode in different fungal cultures and temperatures

Biakan cendawan (Fungal culture)	Suhu (Temperature) (°C) (mean ± se)		
	16	28	37
<i>Alternaria porri</i>	6.8 ± 8.34 cd	407.8 ± 524.29 a	0.0 ± 0.0 e
<i>Botrytis cinerea</i>	25.2 ± 23.46 ab	56.4 ± 8.34 ab	0.2 ± 0.55 e
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	27.2 ± 32.31 abc	11.2 ± 16.10 bcd	0.0 ± 0.0 b
<i>Pythium sp.</i>	62.6 ± 80.42 a	5.4 ± 4.44 cd	0.0 ± 0.0 b
<i>Rhizopus sp.</i>	55.8 ± 46.49 a	3.0 ± 3.62 d	0.2 ± 0.55 e

Keterangan: se: standard error. Data telah ditransformasi dengan persamaan ($y' = \ln n(y+1)$) dengan nilai y adalah jumlah nematoda. Angka pada kolom dan baris yang sama dan diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Tukey pada α 5%.

(Note: se: standard error. Data have been transformed with the equation ($y' = \ln n(y+1)$) with y is the number of nematodes. Values in the same column and row followed by different letter are significantly different based on Tukey's test at a 5%).

suhu 16 dan 28 °C adalah suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangan *A. fragariae*. Sedangkan pada suhu 37 °C rata-rata nematoda *A. fragariae* tidak mampu tumbuh dan bereproduksi.

PEMBAHASAN

Faktor interaksi antara suhu dan biakan cendawan dapat memengaruhi jumlah nematoda. Interaksi antara suhu dan biakan cendawan dikatakan signifikan jika pengaruh suhu bergantung pada biakan yang digunakan. Terdapat perbedaan jumlah nematoda antara biakan cendawan yang sama pada suhu yang berbeda. Makhluk hidup mempunyai suhu optimum untuk tumbuh dan berkembang.

Selain jenis cendawan dan suhu, faktor yang memengaruhi jumlah nematoda ialah medium perbanyakan cendawan (substrat). Pada percobaan ini hanya digunakan medium ADK saja sehingga pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pembiakan massal nematoda pada biakan cendawan dengan berbagai medium tumbuh. Hasil penelitian yang telah dilakukan terkait hal ini ialah perbanyakan nematoda *A. besseyi* pada kombinasi biakan cendawan dan jenis medium yang digunakan. Pada medium oat meal agar (OMA) dan ADK yang telah diinfeksi dengan biakan cendawan *A. alternata* dan *F. verticillioides* menunjukkan jumlah nematoda *A. besseyi* yang paling tinggi (Jamali *et al.* 2008).

Biakan cendawan yang dipilih sebaiknya merupakan cendawan yang menginfeksi tanaman inang dari nematoda *A. fragariae*. Pada penelitian ini cendawan yang dipilih ialah *A. porri*, *F. oxysporum* fsp. *cepae*, yang berasal dari tanaman bawang merah yang juga merupakan tanaman inang *A. fragariae* serta *Botrytis cinerea* pada tanaman stroberi. Jika cendawan dan nematoda berasal dari tanaman yang sama maka secara ekologi keduanya menghuni habitat yang sama sehingga faktor lingkungan terutama kisaran suhu optimum bagi cendawan dan nematoda kemungkinan relatif sama. Selain itu akan ada kemudahan dalam mendapatkan biakan cendawannya (lebih efisien waktu), biaya lebih murah

karena berasal dari tanaman inang yang sama, serta perawatannya lebih mudah.

Dalam percobaan ini kisaran suhu 16 dan 28 °C merupakan suhu yang paling sesuai untuk perkembangan dan peningkatan jumlah *A. fragariae* karena menurut penelitian Jagdale dan Grewal (2006) nematoda *A. fragariae* mampu menyelesaikan siklus hidupnya pada suhu 14–40 °C. Menurut Anindita *et al.* (2021) nematoda *A. fragariae* tumbuh baik pada suhu tanah 28–32 °C di Brebes dan Nganjuk. Suhu optimum untuk nematoda fungivora telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Pada perbanyakan nematoda *A. besseyi*, populasi final *A. besseyi* tertinggi, yaitu sebanyak 9115.3 nematoda dengan suhu inkubasi 25 °C pada cendawan *A. padwickii* dan sebanyak 6334.8 pada cendawan *F. semitectum* (Imamah 2019). Populasi nematoda *A. besseyi*, *A. saprophilus* dan *Aphelenchus avenae* tumbuh dengan baik pada suhu 15–25 °C pada biakan cendawan *Alternaria tenuis* (Shesteporov dan Migunova 2022). Implikasi dari penelitian ini adalah data ini bisa dijadikan acuan dalam pemilihan spesies cendawan dan suhu inkubasi yang sesuai untuk perbanyakan nematoda fungivora yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita DC, Supramana, Giyanto. 2021. Detection and identification of *Aphelenchoides fragariae* nematodes on shallot bulbs in Bogor, West Java, Brebes, Central Java, and Nganjuk, East Java. Di dalam: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 807(2):022102. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022102>.
- Coyne D. 2007. *Practical Plant Nematology: A Field and Laboratory Guide*: IITA.
- Freckman DW, Caswell EP. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. Annual review of Phytopathology. 23:275–296. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.001423>.
- Giannakis N, Sanders FE. 1989. Interactions between mycophagous nematodes, mycorrhizal and other soil

- fungi. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 29:163–167. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90270-N](https://doi.org/10.1016/0167-8809(90)90270-N).
- Huang CS, Huang SP, Lin LH. 1973. The effect of temperature on development and generation periods of *Aphelenchoides besseyi*. *Nematologica*. 18:432–438. DOI: <https://doi.org/10.1163/187529272X00025>.
- Huang C, Huang S, Chiang Y. 1979. Mode of reproduction and sex ratio of rice white-tip nematode, *Aphelenchoides besseyi*. *Nematologica*. 25:255–260. DOI: <https://doi.org/10.1163/187529279X00271>.
- Imamah AN. 2019. Pembiasaan massal dan ketahanan varietas padi terhadap nematoda *Aphelenchoides besseyi* Christie [tesis]. Bogor (ID): Insitut Pertanian Bogor.
- Imamah AN, Supramana, Damayanti TA. 2020. In vitro cultivation of *Aphelenchoides besseyi* Christie on fungal cultures. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 24(1): 43–47. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.42227>.
- Jagdale GB, Grewal PS. 2006. Infection behavior and overwintering survival of foliar nematodes, *Aphelenchoides fragariae*, on hosta. *Journal of Nematology*. 38(1):130–136.
- Jamali S, Pourjam E, Alizadeh A, Alinia F. 2008. Reproduction of the white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942) in different monoxenic cultures. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 10:165–171.
- Rajan AL, Mathur VK, Lal A. 1989. Improved culturing technique for *Aphelenchoides besseyi* by inducing anhydrobiosis. *Indian Journal of Nematology*. 19:10–13.
- Rao J. 1985. Population build-up of white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942) in different monoxenic cultures. *Oryzae*. 22:45–49.
- Shesteporov AA, Migunova DV. 2022. Growth and reproduction of *Aphelenchus avenae*, *Aphelenchoides saprophilus*, and *Aphelenchoides besseyi* in mono- and mixed cultures cultivated on the fungus *Alternaria tenuis*. *Russian Journal of Nematology*. 30(2):121–130.
- Todd E, Atkins J. 1958. White tip disease of rice. I. Symptoms, laboratory culture of nematodes, and pathogenicity tests. *Phytopathology*. 48(11):632–637.
- Yeates WG, Bongers T, De Goede MGR, Freckman WD, Georgieva SS. 1993. Feeding habits in soils nematode families and genera-an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*. 25(3):315–331.