

Penekanan Sumber Inokulum *Rigidoporus microporus* dengan Solarisasi Tanah dan Penambahan Bahan Organik

Suppression of *Rigidoporus microporus* Inoculum Sources with Soil Solarization and Organic Matter Amendmend

Lisa Bela Fitriani dan Widodo*
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Cendawan akar putih (*Rigidoporus microporus*) merupakan salah satu patogen penting yang dapat menyebabkan kerusakan di pertanaman karet. Kemampuan hidup yang tinggi sebagai saprob pada tunggul tanaman dan sisa-sisa akar yang mati menjadikan bagian ini sebagai sumber inokulum penting, baik untuk tanaman karet yang sehat di sebelahnya maupun pada saat melakukan penanaman ulang. Oleh karena itu, pengurangan sumber inokulum ini menjadi kunci penting untuk mencegah penyebaran lebih lanjut. Solarisasi tanah merupakan salah satu metode disinfeksi tanah sebelum tanam dalam pengendalian beberapa hama penyakit tertentu dan dapat mengurangi penggunaan senyawa sintetik di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan menentukan solarisasi tanah dan penambahan bahan organik terhadap kelangsungan hidup *R. microporus*. Solarisasi tanah secara nyata menekan kelangsungan hidup *R. microporus* pada kedalaman lokasi patogen, yaitu 5 dan 15 cm dari permukaan tanah. Sementara itu perlakuan bahan organik tidak berpengaruh nyata dalam menekan perkembangan *R. microporus*. Semakin lama waktu solarisasi, kemampuan penekanan terhadap daya hidup inokulum semakin tinggi. Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa solarisasi tanah memicu aktivitas bakteri kelompok fluoresens yang diduga dapat menekan inokulum patogen penyebab busuk akar tersebut.

Kata kunci: mikrob tanah, pengendalian hayati, penyakit tular tanah, tanaman karet

ABSTRACT

White root rot fungus (*Rigidoporus microporus*) is one of the devastating plant pathogens on hevea rubber plantation. Its high ability to live as saprophytes on plant stumps and dead roots debris makes this part as an important source of inoculum, both for neighboring healthy trees and at the time of replanting. Therefore, reducing this source of inoculum is an important key to preventing further pathogen dispersal. Soil solarization is a one of the methods of soil disinfection before planting for controlling certain pests and diseases and for reducing the use of synthetic compound in the soil. This study aims to determine the effect of soil solarization and organic matter amendment on the survival of *R. microporus*. Soil solarization significantly suppressed the survival of *R. microporus* at both soil depths, 5 and 15 cm from soil surface. Meanwhile, organic matter treatment had no significant effect in suppressing the development of *R. microporus*. The suppression of the inoculum was higher with longer period of soil solarization. Our results indicate that soil solarization stimulates fluorescent bacteria that may in turn suppress the white root rot fungus.

Keywords: biological control, hevea rubber, soil borne diseases, soil microbes

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680. Tel: (0251) 8629364, Surel: widodo@apps.ipb.ac.id.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara produsen dan eksportir karet di dunia. Bagi Indonesia, karet menjadi salah satu komoditas yang cukup penting sebagai penyumbang devisa negara selain gas dan minyak. Sejak tahun 2000 sampai dengan 2021 produksi karet per tahun cenderung mengalami kenaikan dan mencapai puncaknya, 3 680 400 ton pada tahun 2017. Namun demikian, produktivitasnya cenderung menurun mulai tahun 2017 sampai dengan tahun 2021, yaitu dari 1.2 menjadi 0.9 ton per hektar (BPS 2022). Penurunan produktivitas ini terjadi selain adanya penanaman baru, juga karena permasalahan hama dan penyakit.

Penyakit busuk akar putih pada tanaman karet yang disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* (sinonim *R. lignosus*) merupakan salah satu penyakit yang paling penting di antara penyakit perakaran karet di seluruh negara penghasil karet di Asia (Jayasuriya dan Thennakoon 2007) dan Afrika (Nandris *et al.* 1988; Ogbebor *et al.* 2013). Kematian tanaman di lapangan yang disebabkan oleh patogen ini dapat mencapai hingga 50% (Nandris *et al.* 1987). Sebagai patogen tular tanah, salah satu yang menyebabkan sulitnya pengendalian ialah kemampuan hidupnya sebagai saprob (Oghenekaro *et al.* 2015).

Pengelolaan penyakit busuk akar putih dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan. Jika tanaman sudah menunjukkan kematian maka pembersihan sisa-sisa tanaman secara menyeluruh menjadi kunci penting untuk mengurangi sumber inokulum ketika akan melakukan penanaman kembali karena kemampuannya hidup sebagai saprob (Oghenekaro *et al.* 2015). Potensi beberapa klon karet yang memiliki ketahanan juga telah diketahui, namun tingkat insidensi penyakit semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya umur tanaman (Akpaja dan Ogbebor 2020). Meskipun masih dalam taraf pengujian di laboratorium, beberapa cendawan dan bakteri antagonis diketahui berpotensi dalam pengendalian patogen busuk akar putih (Jayasuriya dan

Thennakoon 2007; Ubogu 2013; Kusdiana *et al.* 2015). Selain itu, fungisida berbahan aktif biopolimer oligokitosan dapat menghambat perkembangan *R. lignosus* secara *in vitro* (Widiantini *et al.* 2016). Beberapa fungisida berbahan aktif siprokonazol, piraklostrobin, dan fenpropimorfe dapat menekan dengan baik pertumbuhan koloni *R. microporus* secara *in vitro*, namun efikasinya di pertanaman sangat bergantung pada tingkat keparahan penyakit ketika diaplikasikan (Nam *et al.* 2017). Penggunaan pestisida, misalnya metil bromida telah banyak digunakan di beberapa negara, misal di Amerika Serikat untuk mengendalikan hama dan penyakit yang berada di dalam tanah. Setelah diketahui dampak negatif yang terjadi, yaitu merusak lapisan ozon di atmosfer (Ristaino dan Thomas 1997) maka penggunaan metil bromida dilarang (Backstrom 2002). Salah satu alternatif untuk menggantikan penggunaan metil bromida ialah dengan solarisasi tanah.

Solarisasi tanah merupakan salah satu metode untuk disinfeksi tanah sebelum maupun sesudah tanam dalam mengendalikan beberapa hama dan penyakit tular tanah tertentu dan dapat mengurangi penggunaan senyawa sintetik (Stapleton dan Devay 1986). Penghambatan terhadap penyakit tular tanah akibat solarisasi dapat terjadi karena pengaruh faktor fisik berupa panas dan faktor biotik berupa aktivitas mikrob antagonis (Widodo dan Budiarti 2009). Sklerotium, sebagai sumber inokulum awal yang dibentuk oleh *Sclerotium rolfsii*, akan menurun patogenitasnya setelah tanah tempat bertahan hidupnya diberi perlakuan solarisasi selama 3 dan 4 minggu (Kartini dan Widodo 2000). Perlakuan tanah pembibitan dengan solarisasi, pupuk kandang ayam, maupun kombinasi keduanya dapat menurunkan indeks penyakit akar gada pada tanaman kubis di lapangan dan dapat meningkatkan populasi mikrob rizosfer bibit kubis terutama aktinomiset dan cendawan (Cicu 2005). Demikian juga keefektifan solarisasi tanah untuk mengendalikan patogen busuk akar telah banyak dilakukan, di antaranya *Rhizoctonia solani* (Pinkerton *et al.* 2002; Yücel *et al.* 2017; Baysal-Gurel *et*

al. 2019), *Phytophthora fragariae*, *Pythium*, *Cylindrocarpon* (Pinkerton *et al.* 2002), *Fusarium solani* dan *F. oxysporum* (Yücel *et al.* 2017). Sedangkan solarisasi tanah terhadap cendawan penyebab busuk akar *R. microporus* belum dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian efektivitas solarisasi tanah terhadap cendawan *R. lignosus* perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan menentukan solarisasi tanah dan penambahan bahan organik untuk menekan sumber inokulum *R. microporus*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dirancang dalam rancangan acak kelompok faktorial menggunakan medium tanah dengan dua faktor uji, yaitu solarisasi dan bahan organik. Solarisasi tanah dilakukan dengan 3 taraf, yaitu 0, 3, dan 4 minggu, sedangkan bahan organik dengan 2 taraf, yaitu tanpa dan diberi bahan organik pupuk kandang sapi. Jadi, ada 6 perlakuan medium tanam: S0B0, tanpa solarisasi dan tanpa penambahan bahan organik; S0B1, tanpa solarisasi dan dengan penambahan bahan organik; S3B0, solarisasi 3 minggu dan tanpa penambahan bahan organik; S3B1, solarisasi 3 minggu dan dengan penambahan bahan organik; S4B0, solarisasi 4 minggu dan tanpa penambahan bahan organik; dan S4B1, solarisasi 4 minggu dan dengan penambahan bahan organik. Masing-masing perlakuan diulang empat kali sehingga terdapat 24 kombinasi perlakuan.

Potongan ranting karet yang telah dikoloni *R. microporus* RmNS1 diinokulasikan ke dalam medium tanam. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan miselium *R. microporus* pada masing-masing potongan ranting karet dan mikrob dalam medium tanam pada kombinasi perlakuan solarisasi dan bahan organik. Daya hidup *R. microporus* RmNS1 pada potongan ranting karet diperiksa setelah empat minggu masa inkubasi.

Medium Tanam

Medium tanam menggunakan tanah latosol dari pertanaman karet di Kebun Percobaan IPB-Dramaga. Bahan organik pupuk kandang

sapi digunakan sebagai tambahan pada medium tanam dengan perbandingan antara tanah dan pupuk kandang sapi ialah 4:1 (v/v). Medium tanam perlakuan dimasukkan ke dalam pot plastik berukuran 20 × 20 × 22 cm.

Inokulum *Rigidoporus microporus* RmNS1

Biakan *R. microporus* RmNS1 merupakan koleksi klinik Tanaman-IPB (Wiyono *et al.* 2020). Inokulum *R. microporus* RmNS1 diperbanyak mengikuti metode Oghenekaro *et al.* (2015) yang dimodifikasi. Potongan batang karet dimodifikasi dengan potongan ranting karet. Ranting karet mengandung selulosa dan lebih tersedia di lapangan. Sebanyak 480 potongan ranting karet—panjang 3 cm dan diameter 1 cm—disusun di dalam gelas selai yang masing-masing berisi 30 potongan untuk setiap gelasnya. Selanjutnya, gelas diisi dengan medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) yang masih cair setinggi 2 cm dari dasar gelas. Sterilisasi potongan ranting karet dan ADK di dalam gelas dilakukan dalam autoklaf. Setiap gelas yang berisi potongan karet steril dan medium ADK padat diinokulasi dengan empat potongan koloni biakan *R. microporus* RmNS1 berumur 15 hari yang dibiakkan pada medium ADK. Setiap potongan ranting yang telah dikoloni *R. microporus* RmNS1 merupakan satu unit inokulum sebagai bahan uji.

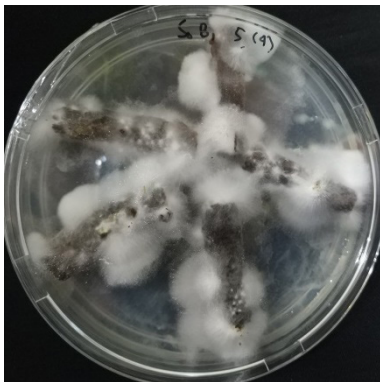
Solarisasi

Solarisasi medium tanam dilakukan selama 3 dan 4 minggu (Kartini dan Widodo 2000). Sebanyak 10 ranting karet yang telah ditumbuhi miselium *R. microporus* RmNS1 dibungkus di dalam kantong kain kasa, diletakkan pada kedalaman 5 cm dan 15 cm dari permukaan atas medium tanam di dalam pot-pot perlakuan. Selanjutnya medium tanam disiram air hingga permukaannya basah. Semua pot tersebut diletakkan di lapangan yang terpapar sinar matahari langsung. Pot perlakuan S0B0 dan S0B1 tidak ditutup dengan plastik dan digunakan sebagai perlakuan kontrol medium tanam tanpa solarisasi. Pot dengan perlakuan solarisasi 4 minggu (S4B0 dan S4B1) ditutup dengan

plastik polietilen bening tebal 0.05 mm, sedangkan pot perlakuan solarisasi 3 minggu (B0S3 dan B1S3) baru satu minggu kemudian ditutup plastik. Jika diperlukan, pot tanpa solarisasi (kontrol) disiram untuk menjaga tingkat kelembapan tanahnya. Suhu medium tanam diukur setiap hari pada pagi hari (07.00–07.30), siang hari (12.00–12.30), dan sore hari (pukul 16.00–16.30) selama proses perlakuan pada kedalaman 5 dan 15 cm dari permukaan tanah yang berada di dalam pot.

Uji Daya Tahan Hidup *Rigidoporus microporus* RmNS1

Uji daya tahan *R. microporus* dilakukan dengan mengamati pertumbuhan miseliumnya pada masing-masing ranting yang telah diberi perlakuan. Ranting dalam kantong kasa diambil setelah empat minggu diinkubasi di dalam pot. Sebanyak lima ranting pada masing-masing kedalaman diinkubasi di dalam cawan petri yang berisi medium ADK (Gambar 1) Kemampuan bertahan hidup *R. microporus* diamati dari miselium cendawan yang tumbuh pada ranting yang diinkubasi pada medium ADK. Pertumbuhan miselium pada masing-masing potongan ranting diamati pada hari ke-7 sampai hari ke-12 setelah inkubasi. Setiap potongan ranting yang dijadikan sumber inokulum *R. microporus* tersebut dianggap sebagai satu unit pembentuk koloni (*colony forming unit*) sehingga peubah yang diamati untuk melihat pengaruh perlakuan ialah ada dan tidaknya pertumbuhan koloni *R. microporus* pada setiap potongan ranting.



Gambar 1 Metode peletakan lima unit inokulum ranting karet.

Isolasi Mikrob Tanah

Isolasi mikrob tanah dilakukan untuk menentukan rata-rata jumlah mikrob sebelum dan setelah perlakuan solarisasi. Isolasi dilakukan pada dua sampel tanah sebelum solarisasi (B0 dan B1) dan 6 sampel tanah setelah solarisasi (S0B0, S3B0), S4B0, S0B1, S3B1, dan S4B1) tanpa pengulangan.

Setiap sampel tanah dibuat suspensi pada pengenceran 10^{-2} hingga 10^{-7} sesuai target mikrob yang diisolasi pada medium *martin agar* (MA) untuk cendawan umum, King's B untuk bakteri kelompok fluoresens, dan *trytic soy agar* (TSA) untuk bakteri tahan panas. Pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} ; 10^{-6} dan 10^{-7} ; 10^{-4} dan 10^{-5} , masing-masing digunakan untuk mengisolasi cendawan, bakteri kelompok fluoresen, dan bakteri tahan panas. Khusus untuk mengisolasi bakteri tahan panas, pada tingkat pengenceran yang digunakan suspensi dipanaskan dalam penangas air pada suhu 80°C selama 30 menit, kemudian disebar pada medium. Setelah 3 sampai 7 hari diinkubasi pada suhu ruang, jumlah koloni yang tumbuh dihitung. Khusus untuk *Pseudomonas* kelompok fluoresens, keberadaan populasinya didasarkan pada koloni yang tumbuh dan memendarkan warna hijau atau hijau kekuningan menggunakan lampu ultra violet.

Analisis Data

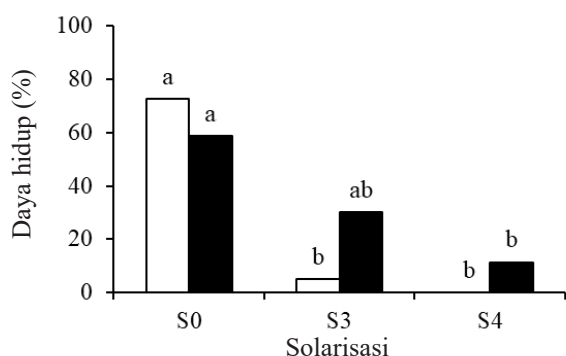
Data yang diperoleh ditabulasi dengan *Microsoft Office Excel* 2010 dan dianalisis menggunakan program *Statistical Analysis System* versi 9.0 dengan uji lanjutan Tukey pada taraf nyata 5%.

HASIL

Perlakuan tanpa solarisasi, baik dengan penambahan bahan organik (S0B1) maupun tanpa bahan organik (S0B0) tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap daya hidup inokulum. Solarisasi tanah mampu menekan pertumbuhan inokulum *R. microporus* RmNS1, berupa ranting karet yang diletakkan pada kedalaman 5 cm maupun 15 cm dari permukaan medium tanam, secara nyata (Gambar 2).

Penambahan bahan organik tidak berpengaruh nyata terhadap penekanan daya hidup inokulum *R. lignosus* RmNS1, baik pada kedalaman 5 cm maupun 15 cm. Perlakuan kombinasi antara solarisasi tanah dan penambahan bahan organik mampu menekan secara nyata pertumbuhan inokulum yang diletakkan pada kedalaman 5 cm dari permukaan tanah (Gambar 3).

Suhu tanah pada kedalaman 5 cm lebih tinggi dibandingkan dengan pada kedalaman 15 cm. Rerata tertinggi suhu tanah pada siang hari pada perlakuan solarisasi mencapai 41.6 °C pada kedalaman 5 cm dari permukaan tanah.



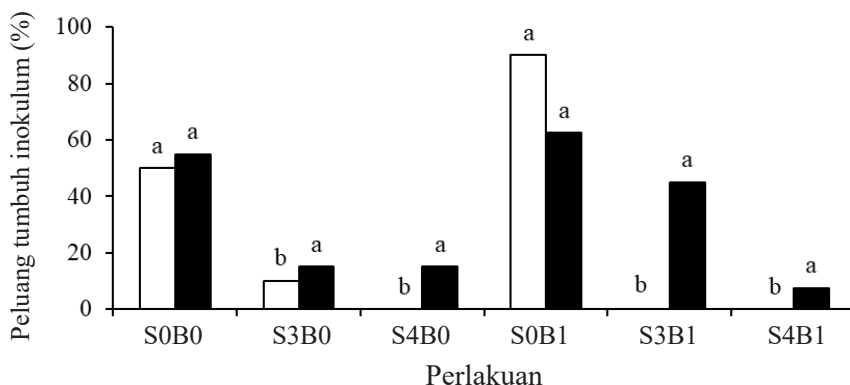
Gambar 2 Daya hidup inokulum *Rigidoporus microporus* RmNS1 pada perlakuan solarisasi tanah yang terletak pada kedalaman 5 cm (□) dan 15 cm (■) dari permukaan tanah. S0, Tanpa solarisasi; S3, Solarisasi 3 minggu; S4, Solarisasi 4 minggu. Gambar kolom yang diikuti huruf yang sama pada setiap kedalaman menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Sementara itu pada kedalaman 15 cm suhu tanah hanya mencapai 33.1 °C (Gambar 4).

PEMBAHASAN

Perlakuan solarisasi tanah selama 3 atau 4 minggu secara nyata dapat menurunkan daya hidup inokulum, baik pada tanah yang tidak ditambah bahan organik (S3B0 dan S4B0) maupun yang ditambah bahan organik (S3B1 dan S4B1). Rata-rata persentase pertumbuhan inokulum pada ranting karet akibat perlakuan solarisasi pada setiap kedalaman berbanding terbalik dengan lamanya waktu solarisasi. Semakin lama waktu perlakuan solarisasi maka daya hidup inokulum semakin kecil atau efek penekanannya semakin tinggi. Daya hidup inokulum pada kedalaman 5 cm selalu lebih rendah daripada 15 cm pada setiap jangka waktu perlakuan solarisasi. Hal ini disebabkan oleh adanya perubahan suhu tanah akibat dari perlakuan solarisasi.

Perubahan suhu tanah yang terjadi karena solarisasi merupakan salah satu penyebab penting berkurangnya daya tahan hidup patogen akibat perlakuan solarisasi tanah. Menurut Katan dan DeVay (1991) cendawan mesofilik akan mati jika terpapar panas pada suhu 37 °C selama 2 sampai 4 minggu dan hanya memerlukan waktu 1 sampai 6 jam pada suhu 47 °C. Oleh karena itu, keberhasilan solarisasi tanah akan dipengaruhi oleh faktor



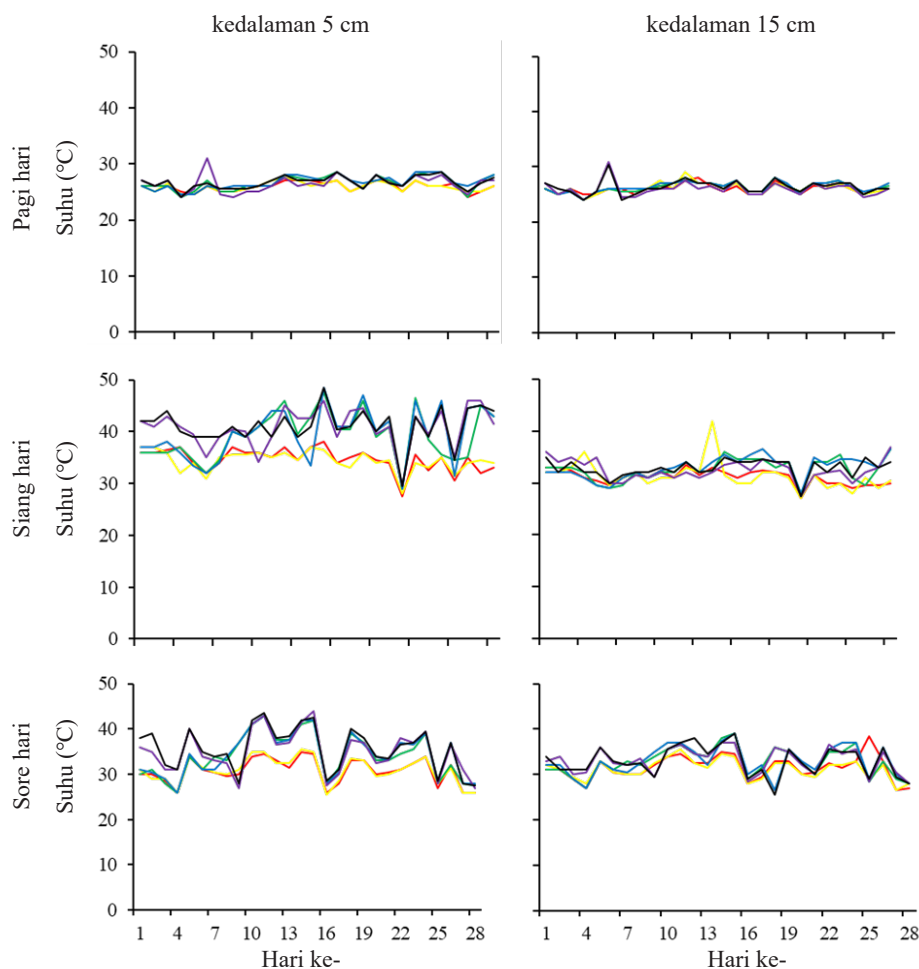
Gambar 3 Daya hidup inokulum *Rigidoporus lignosus* RmNS1 pada perlakuan solarisasi tanah dan bahan organik. S0, tanpa solarisasi; S3, solarisasi 3 minggu; S4, solarisasi 4 minggu. B0, tanpa penambahan bahan organik; B1, dengan penambahan bahan organik. □, kedalaman 5 cm; dan ■, kedalaman 15 cm. Gambar kolom yang diikuti huruf yang sama pada setiap kedalaman menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

iklim dan cuaca setempat yang meliputi suhu udara, penyinaran matahari, dan curah hujan (Stapleton 2000).

Dalam penelitian ini, pengaruh tunggal penambahan bahan organik tidak mampu menekan secara nyata pertumbuhan inokulum *R. microporus* RmNS1. Hal ini dikarenakan *R. microporus* merupakan patogen lemah dan bersifat parasit fakultatif yang mampu memanfaatkan bahan organik sebagai substrat untuk berkembang biak (Mohammed *et al.* 2014; Oghenekaro *et al.* 2015). Namun demikian, ketika perlakuan solarisasi tanah dikombinasikan dengan bahan organik, inokulum *R. microporus* RmNS1 yang terletak pada kedalaman 5 cm dari atas permukaan tanah mampu ditekan secara nyata pertumbuhannya.

Selain perubahan sifat fisik berupa peningkatan suhu tanah yang merupakan efek utama dari solarisasi tanah, perubahan mikrob tanah, kandungan senyawa kimia, struktur

fisik, dan komposisi gas juga menjadi faktor yang dapat menekan perkembangan patogen tular tanah (Katan 1981). Meskipun setelah perlakuan solarisasi tanah semua kelompok mikrob yang diamati dalam penelitian ini mengalami penurunan, namun salah satu kelompok mikrob yang berpotensi sebagai agens pengendali hayati patogen, yaitu bakteri kelompok fluoresens menunjukkan populasi yang lebih tinggi pada tanah yang disolarisasi selama empat minggu dibandingkan dengan tanpa perlakuan (Tabel 1). Solarisasi tanah akan efektif dilakukan pada lahan terbuka dalam kurun waktu yang cukup lama (Katan 1981). Selain mematikan langsung patogen, solarisasi tanah diketahui mampu mengaktifkan beberapa mikrob bermanfaat yang dapat berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan tanaman, mengurangi perkembangan patogen, memperlambat reinfeksi patogen, dan meningkatkan ketersediaan mineral



Gambar 4 Suhu tanah harian selama solarisasi di dua kedalaman. —, S0B0; —, S0B1; —, S3B0; —, S3B1; —, S4B0; —, S4B1.

Tabel 1 Perubahan populasi beberapa kelompok mikroba tanah sesudah perlakuan solarisasi

Bahan Organik	Solarisasi	Populasi (log cfu g ⁻¹)					
		Bakteri Tahan Panas		Bakteri Kelompok Fluoresen		Cendawan	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Tanpa Bahan Organik (B0)	S0	8.06	7.81	9.88	8.40	6.41	6.29
	S3	8.06	7.60	9.88	8.40	6.41	6.20
	S4	8.06	7.40	9.88	9.15	6.41	6.19
Dengan Penambahan Bahan Organik (B1)	S0	8.78	8.04	10.00	8.54	6.23	6.59
	S3	8.78	7.74	10.00	9.27	6.23	5.65
	S4	8.78	8.02	10.00	9.71	6.23	5.30

sehingga dapat mengurangi kebutuhan pupuk (Alabouvette 1998). Solarisasi tanah dapat dilakukan sebelum maupun setelah tanam, yang aman dan efektif dalam mengendalikan hama dan penyakit dalam rangka mengurangi penggunaan pestisida sintetik di dalam tanah (Stapleton dan Devay 1986).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu cara dalam pengelolaan penyakit busuk akar pada karet yang disebabkan oleh *R. microporus*, terutama pada saat melakukan penanaman ulang. Selain itu, hasil penelitian kami juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu pilihan pengganti beberapa fungisida yang telah diuji dalam pengendalian *R. microporus* pada tanaman karet namun menunjukkan keberhasilan yang variatif, seperti fungisida berbahan aktif tridemorf, triadimenol, siprokonazol (Gohet *et al.* 1991).

Solarisasi tanah dapat menekan daya tumbuh inokulum *R. microporus* RmNS1 yang berada di dalam tanah pada kedalaman 5 cm maupun 15 cm. Sementara itu, perlakuan dengan penambahan bahan organik dalam penelitian belum mampu menekan pertumbuhan inokulum patogen yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpaja EO, Ogbemor NO. 2020. Field evaluation of *Hevea brasiliensis* clones for the incidence of white root disease in Nigeria. *Journal of Plantation Crops*. 49(1):1–6. DOI: <https://doi.org/10.25081/jpc.2021.v49.i1.7054>.
- Alabouvette C. 1998. Management of diseases induced by soil-borne pathogens, solarization and biological control. *Journal of Agricultural and Marine Sciences*. 3(1):65–76. DOI: <https://doi.org/10.24200/jams.vol3iss1pp65-76>.
- Backstrom MJ. 2002. Methyl bromide: the problem, the phase out, and the alternatives. *Drake Journal of Agricultural Law*. 7:213–239.
- Baysal-Gurel F, Kabir MN, Liyanapathiranege. 2019. Effect of organic inputs and solarization for the suppression of *Rhizoctonia solani* in woody ornamental plant production. *Plants*. 8(5):1–13. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8050138>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2022. Produksi perkebunan rakyat menurut jenis tanaman. 2000-2021. <https://www.bps.go.id/subject/54/perkebunan.html#subjekViewTab3> [diakses 30 Juni 2022].
- Cicu. 2005. Penekanan penyakit akar gada pada tanaman kubis melalui perlakuan tanah pembibitan. *Jurnal Hortikultura* 5(1): 58–66.
- Gohet E, Can TV, Louanchi M, Despreaux D. 1991. New developments in chemical control of white root disease of *Hevea brasiliensis* in Africa. *Crop Protection* 10:234–238. DOI: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(91\)90049-W](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90049-W).
- Jayasuriya KE, Thennakoon BI. 2007. Biological control of *Rigidoporus microporus*, cause of white root disease in rubber. *Ceylon Journal of Science*. 36(1):9–16.
- Kartini, Widodo. 2000. Pengaruh solarisasi tanah terhadap pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* SACC. dan patogenisitasnya pada kacang tanah. *Buletin Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 12(2):53–59.

- Katan J. 1981. Solar heating so control of soil borne pests. *Annual Review of Phytopathology*. 19:211–236. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.19.090181.001235>.
- Katan J, DeVay JE. 1991. *Soil Solarization*. London (UK): CRC press.
- Kusdiana APJ, Munir M, Suryaningtyas H. 2015. Pengujian biofungisida berbasis mikroorganisme antagonis untuk pengendalian penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet*. 33(2):143–156. DOI: <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i2.179>.
- Mohammed CL, Rimbawanto A, Page DE. 2014. Management of basidiomycete root and stem rot disease in oil palm, rubber and tropical hardwood plantation crops. *Forest Pathology*. 44:428–446. DOI: <https://doi.org/10.1111/efp.12140>.
- Nam MG, Wawa NS, Ejolle EE, Nkengafac NJ. 2017. Management of white root rot disease (fomes) in *Hevea brasiliensis* plantations in Cameroon. *American Journal of Plant Sciences*. 8:1646–1658. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.87114>.
- Nandris D, Nicole J, Geiger JP. 1987. Root diseases of rubber trees. *Plant Disease*. 71(4):298–306. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-71-0298>.
- Nandris D, Nicole M, Geiger JP. 1988. Root-rot disease of the rubber tree in Ivory Coast. 1. Severity, dynamics, and characterization of epidemics. *Canadian Journal of Forest Research*. 18(10):1248–1254. DOI: <https://doi.org/10.1139/x88-192>.
- Ogbemor NO, Adekunle AT, Eghafona NO, Ogboghodo AI. 2013. Incidence of *Rigidoporus microporus* (Klotzsch) Imaz of para rubber in Nigeria. *Researcher*. 5(12):181–184.
- Oghenekaro AO, Daniel G, Asiegbu FO. 2015. The saprotrophic wood-degrading abilities of *Rigidoporus microporus*. *Silva Fennica*. 49(4):1–10. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.1320>.
- Pinkerton JN, Ivors KL, Reeser PW, Bristoww PR, Windom GE. 2002. The use of soil solarization for management of soilborne plant pathogens in strawberry and red raspberry production. *Plant Disease*. 86(6):645–651. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.6.645>.
- Ristaino JB, Thomas W. 1997. Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole. *Plant Disease*. 81(9):964–977. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.9.964>.
- Stapleton JJ. 2000. Soil solarization in various agricultural production systems. *Crop Protection*. 19(8–10):837–841. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00111-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00111-3).
- Stapleton JJ, Devay JE. 1986. Soil solarization: a non- chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*. 5(3):190–198. DOI: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(86\)90101-8](https://doi.org/10.1016/0261-2194(86)90101-8).
- Ubogu M. 2013. Assessment of root zone mycoflora of three *Hevea brasiliensis* (Rubber) clones at Akwete plantations and their in vitro growth inhibition of *Rigidoporus lignosus*. *European Journal of Experimental Biology*. 3(2):618–623.
- Widiantini F, Purnama A, Yulia E, Formanda D. 2016. Keefektifan oligochitosan dalam menekan pertumbuhan jamur patogen *Rigidoporus lignosus* [(Klotzsch) Imazeki] penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman cengkeh secara *in vitro*. *Jurnal Agrikultura*. 27(1):59–64. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v27i1.8477>.
- Widodo, Budiarti T. 2009. Suppression of Fusarium root rot and southern blight on peanut by soil solarization. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*. 15(1):118–125.
- Wiyono S, Widodo, Natsuaki KT. 2020. Detection of white root fungus (*Rigidoporus microporus* (Fr.) Overeem) in soil using cassava root baits. *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*. 26(1):93–99.
- Yücel S, Özarıslan A, Can C. 2017. Effect of soil solarization combined with reduced doses of the fumigant metam sodium on management of some soil borne pathogens and root-knot nematode on pepper grown in greenhouse. *Net Journal of Agricultural Science*. 5(2):31–37. DOI: <https://doi.org/10.30918/NJAS.52.17.029>.