



**ISOLASI DAN UJI ANTAGONIS BAKTERI ASAL TANDAN KOSONG SAWIT
YANG DIAPLIKASIKAN PADA AREAL TANAMAN KARET
TERHADAP PENYAKIT JAMUR AKAR PUTIH**

**ISOLATION AND ANTAGONISTIC ASSAY OF BACTERIA
FROM THE OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES APPLIED IN RUBBER FIELD
ON THE WHITE ROOT DISEASE**

Priyo Adi Nugroho⁽¹⁾, Cici Indriani Dalimunthe⁽²⁾

^{1,2)} Pusat Penelitian Karet, Balai Penelitian Sungei Putih
PO BOX 1415 Medan 20001

*Corresponding Email: priyo.nugroho@puslitkaret.co.id

Abstrak

Kekhawatiran pemanfaatan TKKS di perkebunan karet yang dapat berpotensi sebagai inang jamur akar putih (*R. Microporus*) perlu dikaji secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa terdapat bakteri-bakteri di permukaan TKKS yang dapat menghambat perkembangan jamur *R. microporus*. Uji antagonis terhadap jamur *R. microporus* telah dilakukan pada delapan isolat bakteri di laboratorium proteksi Balai Penelitian Sungei Putih. Isolat-isolat tersebut diisolasi dari permukaan TKKS yang diaplikasikan di perkebunan karet. Media *nutrient agar* (NA) digunakan dalam isolasi dan pemurnian bakteri. Uji antagonis dilakukan secara *in vitro* dengan metode *Dual Culture* dan diamati pada 2,4,6, dan 8 hari setelah inokulasi (HSI). Hasil penelitian menunjukkan kemampuan penghambatan jamur *R. microporus* yang berbeda. Penghambatan oleh bakteri mulai terlihat pada 2 HSI terutama pada isolat B2, B3, B4, dan B7. Persentase penghambatan masing-masing isolat tersebut adalah 30%, 60%, 65% dan 69%. Hingga 8 HSI, isolat B2, B3, B4, B6, B7 dan B8 mampu menghambat perkembangan jamur *R. microporus* $\geq 80\%$. Isolat B3 dan B4 memiliki kemampuan antagonisme yang paling baik dengan persentase penghambatan $\geq 95\%$. Sedangkan isolat B1 dan B5 hanya menghambat perkembangan jamur *R. microporus* $\leq 50\%$. Eksistensi bakteri-bakteri antagonis inilah yang kemungkinan besar menyebabkan TKKS tidak menjadi inang penyakit jamur akar putih ketika diaplikasikan di lapangan.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, TKKS, jamur akar putih, bakteri

Abstract

The concern of oil palm empty fruit bunches (OPEFB) utilization in the rubber field that potential to be a host of white root disease needs to be deeply investigated. The objective of this study was to assess the bacteria on the surface of OPEFB that able to inhibit the growth of *R. microporus* fungi. The antagonistic assay of eight isolates of bacteria against *R. microporus* fungi was conducted in the Plant Protection Laboratory of Sungei Putih Research Centre. The isolates were isolated from the surface of OPEFB applied in the rubber field. Nutrient agar (NA) was employed in the isolation and purification of bacteria. The antagonistic assay was carried out *in vitro* using the dual culture method. The observation was performed on 2, 4, 6, and 8 days after incubation (DAI). The result indicated that the eight isolates have varied in inhibition ability of *R. Microporus* fungi. The initial inhibition was started since 2 DAI particularly in the isolates B2, B3, B4, and B7. The percentage of inhibition were 30%, 60%, 65% dan 69% respectively. Until 8 HSI, the isolates B2, B3, B4, B6, B7, and B8 were still inhibiting the growth of *R. microporus* fungi $> 80\%$. The isolates B3 and B4 showed the best performance in fungi inhibition with the percentage $> 95\%$. Whereas, the ability of inhibition of the isolates B1 and B5 were very low as $< 50\%$. The existence of such antagonistic bacteria perhaps led to OPEB was not role as the host of white root disease while applied in the rubber field.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, OPEFB, white root disease, bacteria

PENDAHULUAN

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), *palm oil mill sludge* dan *palm oil mill effluent* (POME) adalah jenis-jenis limbah segar yang sering diaplikasikan pada pertanaman kelapa sawit. Di beberapa perusahaan perkebunan, TKKS diaplikasikan dalam bentuk yang sudah dikomposkan sebagai pupuk organik yang dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik (Saputra & Stevanus, 2019; Wijaya, 2010). TKKS mengandung 51,1% C, 0,5% N, 0,19% P, 1,4% K, 0,17% Mg, 2% Ca (Abdul Rahman & Lim, 2000) dan unsur-unsur mikro diantaranya 10 ppm B, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn (Singh et al., 1990).

Aplikasi TKKS maupun komposnya masih terbatas pada areal tanaman kelapa sawit. Padahal dengan potensinya yang sangat besar sebagai amelioran, TKKS sangat berpeluang untuk diaplikasikan pada areal komoditas perkebunan lainnya. Apalagi jika dikaitkan dengan kesuburan tanah, tanaman perkebunan di Sumatera Utara umumnya dibudidayakan pada jenis tanah yang relatif rendah kandungan C-organik dan miskin hara (Syahputra et al., 2015; Nugroho & Wijaya, 2017; Farrasati et al., 2020).

Penelitian pemanfaatan TKKS di

areal perkebunan karet menghasilkan umur 7 tahun klon PB 260 telah dilakukan oleh Nugroho et al., (2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah aplikasi TKKS selama satu tahun terdapat kenaikan signifikan pada nilai Kapasitas Tukar kation (KTK), kandungan C-organik, hara N, P, K dan Mg pada top soil tanah Ultisol. Selain itu volume perakaran hara serta populasi mikrobial tanah meningkat secara signifikan. Nitrogen pada daun karet juga mengalami peningkatan secara signifikan setelah 5 bulan aplikasi TKKS (Simbolon et al., 2015).

Kekhawatiran TKKS menjadi inang bagi *Rigidoporus microporus* yang merupakan patogen penyakit jamur akar putih (JAP) menjadi alasan utama mengapa TKKS tidak diaplikasikan sebagai amelioran di perkebunan karet. Padahal hasil pengamatan secara visual tidak ditemukan miselium *R. microporus* pada TKKS yang diaplikasikan. Kami menduga terdapat mikrobial di permukaan TKKS yang berperan dalam menghambat perkembangan jamur *R. microporus*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pembuktian ilmiah bahwa terdapat bakteri-bakteri di permukaan TKKS yang bersifat antagonis terhadap jamur *R. microporus*. Informasi dari tulisan ini diharapkan dapat menjadi

pertimbangan bagi para pekebun dalam mengaplikasikan TKKS di perkebunan karet. Sehingga mitos TKKS sebagai sumber inokulum penyakit JAP dapat terpatahkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan dan Laboratorium Proteksi Tanaman Balai Penelitian Sungei Putih. Lokasi penelitian berada pada ketinggian \pm 50 m dpl dan secara geografis terletak pada 3°25'26" N dan 98° 52' 06" E. Jenis tanah di lokasi penelitian adalah Ultisol (USDA) dengan kandungan C-organik dan N total yang rendah (masing-masing 1,22% dan 0,13%). Penelitian ini terdiri dari tiga kegiatan yaitu:

1. Aplikasi TKKS di areal perkebunan karet klon PB 260.

Sebanyak empat TKKS diletakkan di atas permukaan tanah pada tiga titik di areal tanaman karet menghasilkan.

2. Isolasi mikrobial dari TKKS.

TKKS yang telah dibiarkan selama \pm 1 bulan di lapangan, diambil sebanyak 10 gram untuk selanjutnya diisolasi mikrobial yang tumbuh terutama dari golongan bakteri. Metode isolasi mikrobial mengacu kepada (Hastuti &

Ginting, 2007). Media yang digunakan dalam isolasi bakteri adalah *Nutrient Agar* (NA). Bakteri yang telah diisolasi selanjutnya dibiakkan secara tunggal dan diberi kode.

3. Pengujian aktivitas penghambatan terhadap jamur *R. microporus*.

Isolat biakan tunggal bakteri selanjutnya diuji kemampuannya dalam menghambat perkembangan jamur *R. microporus*. Uji penghambatan *R. microporus* oleh jamur secara in vitro menggunakan metode *Dual Culture* yaitu dengan menanam isolat bakteri dan jamur *R. microporus* dalam media PDA pada cawan petri. Isolat bakteri yang akan diuji pada *dual culture* dimodifikasi dengan menggunakan kertas saring yang direndam dalam larutan isolat bakteri yang akan diuji.

Pengamatan dilakukan pada masa 2, 4, 6, dan 8 hari setelah inokulasi (HSI). Perkembangan diameter jamur *R. microporus* pada setiap cawan petri diukur dan diberi tanda. Persentase penghambatan pertumbuhan (PORG) dihitung dengan menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Skidmore & Dickinson, (1976):

$$PORG = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

keterangan:

PORG = Persentase penghambatan pertumbuhan (%)

- R1 = Diameter pertumbuhan *R. microporus* pada kontrol (mm)
 R2 = Diameter *R. microporus* pada tiap jenis bakteri (mm)

Analisis statistik

Data hasil pengukuran selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan software IBM SPSS statistics for windows, version 25.0 (IBM Corp., 2017). ANOVA akan dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam menekan pertumbuhan jamur *R. microporus*. Dikarenakan setiap bakteri memiliki kemampuan penghambatan yang berbeda berimplikasi kepada rentang ukuran diameter yang cukup besar. Oleh karena itu standarisasi data (z-score) perlu dilakukan pada data 2,6 dan 8 HSI.

Uji asumsi (normalitas dan keragaman varian) dilakukan pada masing-masing hari pengamatan. Hasil uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov menunjukkan semua data berdistribusi normal. Hasil uji normalitas adalah sebagai berikut: 2 HSI (F(27)=0.17; p>0.05); 4 HSI (F(27)=0.10; p>0.05); 6 HSI (F(27)=0.12; p>0.05); 8 HSI (F(27)=0.09; p>0.05). Hasil uji keragaman varian akan menentukan metode uji lanjutan (*post hoc test*). Hasil analisis menunjukkan bahwa p-value data 2 HSI dan 4 HSI adalah 0.15 dan 0.07 (p>0.05) sehingga metode Tukeys digunakan dalam uji lanjutan. Sedangkan p-value pada data 6 HSI dan 8 HSI masing-

masing sebesar 0.043 (p<0.05) maka uji lanjutan menggunakan metode Games-Howell.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik bakteri

Beberapa isolat bakteri telah berhasil diisolasi dari TKKS yang diaplikasikan di areal tanaman karet menghasilkan. Beberapa diantaranya berasal dari jenis yang berbeda. Hal ini dicerminkan dari karakteristik atau penampakan morfologinya. Isolat bakteri beserta karakterisasi morfologinya disajikan pada Tabel 1. Kandungan C dan N yang cukup tinggi pada TKKS merupakan sumber nutrisi yang sangat diperlukan oleh mikroorganisme. Banyak penelitian yang telah mengisolasi dan mengkarakterisasi jenis-jenis mikroorganisme yang hidup pada TKKS. Diantaranya adalah pendegradasi lignin dan selulosa (Widiastuti et al., 2015). Sedikit sekali peneliti yang melaporkan potensi bakteri yang hidup di permukaan TKKS sebagai anatogonisme JAP. Penelitian ini diharapkan menjadi trigger untuk mengeksplorasi lebih dalam mengenai keragaman mikroorganisme permukaan TKKS.

Tabel 1. Karakteristik isolat bakteri dan jamur hasil isolasi dari TKKS

Kode	Bentuk	Ciri Pertumbuhan Koloni
------	--------	-------------------------

Isolat		Warna	Elevasi	Tepian
B1	Bulat	Kuning	Cembung	Rata
B2	Tidak Beraturan	Putih pucat	Bergelombang	Bergerigi
B3	Bulat	Putih krem	Datar	Rata
B4	Tidak Beraturan	Putih pucat	Bergelombang	Berliku ada zona bening
B5	Bulat	Putih	Datar	Rata ada zona bening
B6	Bulat	Hijau kehitaman	Cembung	Rata
B7	Bulat	Putih bening	Agak Bergelombang	Rata
B8	Tidak beraturan	Putih krem	Datar	Bergelombang

Kandungan C dan N yang cukup tinggi pada TKKS merupakan sumber nutrisi yang sangat diperlukan oleh mikroorganisme.

Jumlah isolat yang diperoleh dalam penelitian ini lebih sedikit dibandingkan dengan keragaman bakteri yang diisolasi dari rhizosfer tanaman karet (Hardiyanti et al., 2018; Widawati, 2015).

Aktivitas penghambatan terhadap jamur

R. microporus

Hasil pengamatan selama 8 hari menunjukkan bahwa setiap isolat bakteri memberikan respon yang bervariasi terhadap perkembangan jamur *R. microporus*. Perkembangan dan persentase penghambatan jamur *R. microporus* oleh kedelapan isolat bakteri disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Perkembangan diameter jamur *R. microporus* selama 8 hari pengamatan

Bakteri	Diameter jamur akar putih (mm)							
	2 HSI		4 HSI		6 HSI		8 HSI	
B1	2.58 ^a	(-291)	8.27 ^d	(-172)	11.81 ^b	(3)	22.34 ^{abc}	(12)
B2	0.42 ^a	(30)	1.06 ^{ab}	(60)	1.29 ^a	(88)	1.42 ^a	(94)
B3	0.25 ^a	(60)	0.63 ^a	(79)	0.95 ^a	(92)	0.95 ^{abc}	(96)
B4	0.23 ^a	(65)	0.90 ^{ab}	(76)	1.21 ^a	(91)	1.21 ^{abc}	(95)
B5	1.20 ^a	(-85)	4.55 ^c	(-57)	9.90 ^b	(10)	15.10 ^b	(37)
B6	0.79 ^a	(-27)	2.18 ^{abc}	(41)	2.18 ^{ab}	(83)	2.18 ^{abc}	(91)
B7	0.24 ^a	(69)	0.67 ^a	(87)	1.37 ^a	(90)	2.29 ^{abc}	(91)
B8	1.00 ^a	(-54)	4.79 ^c	(-62)	4.79 ^{ab}	(57)	4.79 ^{abc}	(80)
Kontrol	0.64 ^a	(0)	3.52 ^{bc}	(0)	12.14 ^b	(0)	24.09 ^c	(0)

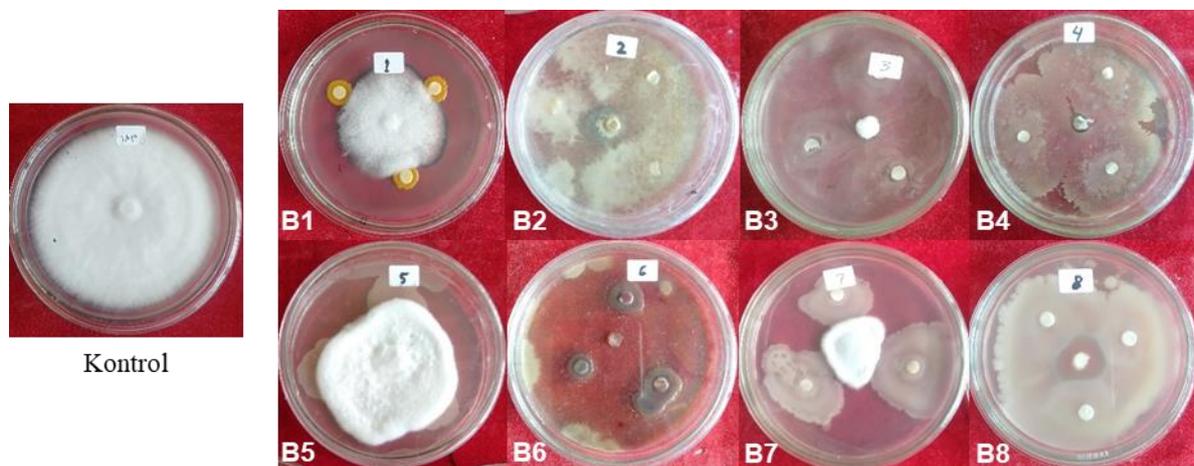
Keterangan: HSI = Hari Setelah Inokulasi; Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama pada kolom yang sama, berbeda nyata pada $P < 0.05$; Angka dalam kurung menunjukkan persentase penghambatan bakteri terhadap pertumbuhan *R. microporus*.

Diameter jamur *R. microporus* pada masa 2 hari setelah inokulasi mulai menunjukkan tanda-tanda terhambat oleh beberapa isolat bakteri namun secara statistik belum berbeda nyata. Pada isolat bakteri B1, B5, B6, dan B8 menunjukkan persentase penghambatan yang negatif yaitu

-291%, -85%, -27% dan -54%. Angka negatif menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur *R. microporus* di masing-masing cawan petri isolat tersebut lebih cepat dibandingkan pertumbuhan jamur *R. microporus* pada kontrol. Pada masa 4-8 hari setelah inokulasi, penghambatan

terhadap pertumbuhan diameter jamur *R. microporus* sangat jelas. Isolat bakteri B3 dan B7 secara signifikan mampu menekan pertumbuhan jamur *R. microporus* pada pengamatan 4 hari setelah inokulasi, dengan persentase penghambatan masing-masing sebesar 79% dan 87% dibandingkan kontrol. Persentase penghambatan isolat bakteri lainnya seperti B2, B4, dan B6 juga menunjukkan tren yang positif namun secara statistik tidak signifikan ($p > 0.05$).

Hal yang serupa juga terlihat pada 6 dan 8 hari setelah inokulasi, dimana semua isolat bakteri menunjukkan persentase penghambatan yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Namun pada 6 HSI, isolat bakteri B2, B3, B4, dan B7 menunjukkan hasil yang signifikan ($p < 0,05$). Sedangkan pada pengamatan 8 HSI, hanya isolat bakteri B2 dan B5 yang menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap kontrol.



Gambar 2. *Dual culture* isolat bakteri dan jamur *R. microporus* pada 8 hari setelah inokulasi

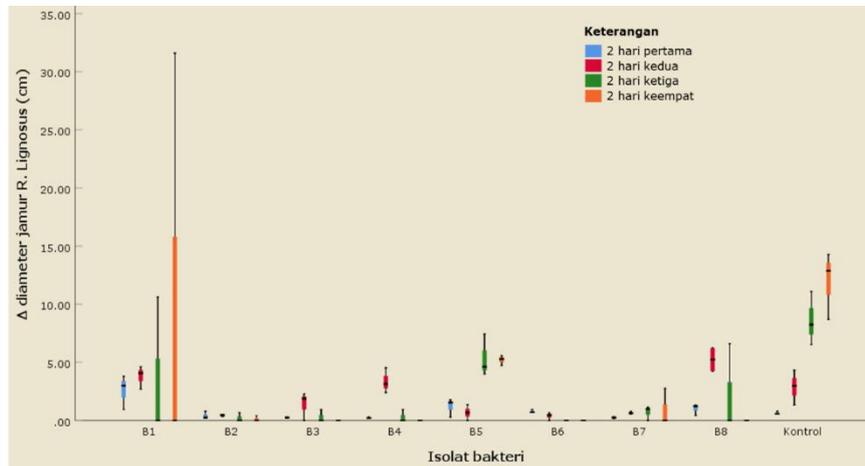
Beberapa fenomena terlihat pada isolat bakteri yang diamati diantaranya: (1) munculnya zona bening, (2) pertumbuhan bakteri yang mendominasi, (3) dan jamur *R. microporus* yang mengering/menghitam. Zona bening atau zona hambat merupakan salah satu tanda terbentuknya antibiotik yang dapat menekan pertumbuhan jamur *R. microporus*. Antibiotik merupakan senyawa yang tergolong metabolit sekunder. Senyawa ini sebetulnya tidak diperlukan dalam pertumbuhan dan perkembangan sel

(Haidar et al., 2016; Krasilnikov, 1960). Selain menghasilkan antibiotik yang menghambat pertumbuhan patogen, ciri lain dari mikroorganisme antagonis adalah pertumbuhan yang mendominasi pertumbuhan patogen (Shehata & El-Borollosy, 2008). Kondisi tersebut muncul pada isolat B2, B3, B4, dan B7, dimana pada 2 HSI daya hambatnya sudah melebihi 30%. Isolat jamur *R. microporus* yang menghitam diduga karena senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh isolat B2 dan B6. Kami juga

menduga bahwa selain dapat menghambat pertumbuhan jamur *R. microporus*, senyawa yang dihasilkan tersebut juga bersifat toksin yang dapat menyebabkan kematian jamur *R. microporus*.

Dinamika perkembangan jamur *R. microporus*

Dinamika perkembangan *R. microporus* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dinamika perkembangan jamur *R. microporus*

Pada Gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa dinamika perkembangan diameter jamur *R. microporus* menunjukkan suatu pola/tipe tertentu. Berdasarkan pola yang muncul tersebut kami mengelompokkannya ke dalam 4 tipe dinamika penghambatan perkembangan jamur *R. microporus* oleh isolat bakteri sebagai berikut:

Tipe 1

Isolat bakteri yang sejak awal hingga akhir masa inokulasi tidak dapat menghambat perkembangan jamur *R. microporus*. Pola seperti ini menyerupai pola yang terlihat pada kontrol. Besar kemungkinan bakteri tersebut tidak bersifat antagonis terhadap *R. microporus*. Pola ini terlihat pada isolat B1.

Tipe 2

Isolat bakteri pada awal inokulasi (2 hari pertama) sudah menunjukkan kemampuan untuk menghambat perkembangan jamur *R. microporus* sehingga tidak berkembang sama sekali. Tipe ini terlihat pada isolat B2 dan B6.

Tipe 3

Isolat bakteri yang tergolong ke dalam tipe ke 3 memiliki kemampuan penghambatan perkembangan jamur *R. Microporus* yang mirip dengan tipe 2. Namun pada tipe ini, jamur *R. microporus* masih memiliki kesempatan untuk berkembang walaupun sangat kecil (pada 2 hari ketiga) dan pada hari berikutnya mengalami stagnasi perkembangan karena terhambat. Isolat bakteri yang termasuk ke dalam ini adalah B3, B4, dan B7.

Tipe 4

Isolat bakteri B5 dan B8 yang termasuk kedalam tipe ini. Berbeda dengan ketiga pola sebelumnya, dalam tipe ini perkembangan jamur *R. microporus* tidak menunjukkan suatu pola yang beraturan.

KESIMPULAN

Terdapat beberapa isolat bakteri yang hidup di permukaan TKKS dan bersifat anatagonis terhadap jamur *R. microporus*, penyebab penyakit akar putih (JAP). Isolat bakteri B2, B3, B4, B6, dan B7 dapat menghambat pertumbuhan jamur *R. microporus*. Isolat B3 dan B4 memiliki kemampuan antagonisme yang paling baik. Keberadaan bakteri-bakteri ini membuktikan bahwa aplikasi TKKS sangat berpeluang untuk diterapkan pada skala luas di perkebunan karet. Tindakan preventif, seperti penyemprotan biofungisida berbasis bakteri dan jamur antagonis JAP pada TKKS yang diaplikasikan masih diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman, Z., & Lim, K. (2000). Oil palm empty fruit bunch as a source of nutrients and soil ameliorant in oil palm plantation. *Malaysian Journal of Soil Science*, 4(June), 51–66.
- Farrasati, R., Pradiko, I., Rahutomo, S., Sutarta, E. S., Santoso, H., & Hidayat, F. (2020). C-organik tanah di perkebunan kelapa sawit Sumatera Utara: status dan hubungan dengan beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 43(2), 157. <https://doi.org/10.21082/jti.v43n2.2019.157-165>.
- Haidar, R., Roudet, J., Bonnard, O., Dufour, M. C., Corio-Costet, M. F., Fert, M., Gautier, T., Deschamps, A., & Fermaud, M. (2016). Screening and modes of action of antagonistic bacteria to control the fungal pathogen *Phaeomoniella chlamydospora* involved in grapevine trunk diseases. *Microbiological Research*, 192, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.07.003>.
- Hardiyanti, S., Soekarno, B. P. W., & Yuliani, T. S. (2018). Kemampuan mikrob endofit dan rizosfer tanaman karet dalam mengendalikan *Rigidoporus microporus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(5), 153. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.5.153>.
- Hastuti, R. D., & Ginting, R. C. B. (2007). Enumerasi Bakteri, Cendawan, dan Aktinomisetes. In R. Saraswati, E. Husen, & R. D. M. Simanungkalit (Eds.), *Metode Analisis Biologi Tanah* (p. 271). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- IBM Corp. (2017). *IBM SPSS Statistics for Windows version 25.0*, Armonk, NY.
- Krasilnikov, N. A. (1960). The biological role of microbes-antagonists, producers of antibiotic substances. *Soil Science and Plant Nutrition*, 5(4), 184–193. <https://doi.org/10.1080/00380768.1960.10430915>.
- Nugroho, P. A., Istianto, & Munthe, H. (2012). Aplikasi tandan kosong sawit pada areal tanaman karet Menghasilkan dan pengaruhnya terhadap beberapa sifat tanah. *Agrosientiae*, 19(2), 87–93.
- Nugroho, P. A., & Wijaya, T. (2017). Leaf nutrient status of rubber tree in

- differrent ecology zone of north sumatra. In K. Jacob, A. bin Ibrahim, A. M. Kamarudin, E. Goheh, J. Mathew, L. Rodrigo, D. Kim, & C. K. See (Eds.), *Proceedings International Rubber Conference* (pp. 774–785). <http://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/proc/article/view/501>.
- Saputra, J., & Stevanus, C. T. (2019). Aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit pada tanaman karet menghasilkan. *Warta Perkebunan*, 38(1), 1–10. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v1i1.587>
- Shehata, S. F., & El-Borollosy, A. M. (2008). Induction of resistance against Zucchini Yellow Mosaic Potyvirus and growth enhancement of squash plants using some plant growth-promoting rhizobacteria. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2), 174–182.
- Simbolon, A., Hanum, C., & Lahay, R. (2015). Kandungan hara tanah dan tanaman karet menghasilkan terhadap pemberian tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan jumlah lubang biopori. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(3), 105229. <https://doi.org/10.32734/jaet.v3i3.10943>.
- Singh, G., Manharan, S., & Toh, T. S. (1990). United Plantation Approach to Oil Palm Mill by Product Management and Utilisation. In J. Sukaimi, G. Sigh, S. Manharan, & T. S. Toh. (Eds.), *Proceeding of International Palm Oil Development Conference* (pp. 225–234). Palm Oil Research Institute of Malaysia.
- Skidmore, A. M., & Dickinson, C. H. (1976). Colony interactions and hyphal interference between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. *Transactions of the British Mycological Society*. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(76\)80092-7](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(76)80092-7).
- Syahputra, E., Fauzi, & Razali. (2015). Karakteristik sifat kimia sub grup tanah ultisol di beberapa wilayah Sumatera Utara. *Agroekoteknologi*, 4(1), 1796–1803.
- Widawati, S. (2015). Isolasi dan aktivitas plant growth promoting rhizobacteria (rhizobium, azospirillum, azotobacter, pseudomonas) dari tanah perkebunan karet, Lampung. *Berita Biologi*, 14, 77–88.
- Widiastuti, H., Prakoso, H. T., Suharyanto, & Siswanto. (2015). Optimasi pengomposan tandan kosong kelapa sawit menggunakan dekomposer bakteri lignoselulolitik skala komersial. *Menara Perkebunan*, 83(2), 60–69.
- Wijaya, T. (2010). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk pupuk organik di PT Pinago Utama. In T. Wijaya, Kuswanhadi, S. Hendratno, R. Susanto, & M. Supriadi (Eds.), *Proceedings Seminar Nasional Teknologi Pemupukan 2010 Palembang, 27-28 Juli 2010: "Antisipasi Mengatasi Kelangkaan dan Kenaikan Harga Pupuk Menelisik Kesiapan dan Potensi Pupuk Organik"*. Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet.