

Hubungan Karakteristik Biologis Gambut dengan Penyakit Busuk Batang yang Disebabkan *Ganoderma* pada Kelapa Sawit

Supriyanto^{1,3,4}, Purwanto², S H Poromarto² and Supyani²

¹Program Studi S3 Ilmu Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah, 57126 Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A Ketingan Surakarta, Jawa Tengah, 57126 Indonesia

³Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

⁴Email: supriyantountan2013@gmail.com

Abstract

The relationship of biological properties of peat with oil palm basal stem rot (BSR) caused by *Ganoderma*. Indonesia as the largest palm oil producer in the world, has the large percentage of oil palm on peatland. The serious problems of cultivating oil palm on peatland is the presence of BSR disease caused by *Ganoderma*. There are no effective methods to control the spread of this disease. Biological control is an environmentally friendly alternative method focus, but on peatland, the development of this method is constrained by lack of information about the effect of biological environmental factors. This study aims to determine the effect of the biological properties of peat on the intensity of *Ganoderma* attacks on oil palm. The relationship between the intensity of *Ganoderma* attacks and biological properties of peat was carried out by correlation test. The correlation analysis showed that the biological properties of peat has not correlated with the *Ganoderma* attacks, except Summed Dominant Ratio of vegetation which tends to positively correlate to the number of *Ganoderma* antagonists. These results indicate that peatland vegetation management by maintaining the diversity of vegetation around oil palm can help reduce *Ganoderma* attacks.

Keywords: Antagonist, biological properties, *Ganoderma*, oil palm, peat lands

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar dunia (USDA, 2018; BPS, 2018). Sebagian lahan kelapa sawit Indonesia merupakan lahan gambut. Sampai tahun 2015, telah tercatat sekitar 2,05 juta ha kebun kelapa sawit Indonesia berada di lahan gambut (Miettinen et al., 2016). Beberapa karakteristik tanaman kelapa sawit di lahan gambut adalah banyaknya tanaman condong akibat proses subsidensi (Othman et al., 2011), banyak mengalami defisiensi unsur hara mikro terutama Cu dan B yang diduga menjadi salah satu faktor predisposisi munculnya penyakit BPB yang disebabkan oleh *Ganoderma* (Huan dan Wahidin, 2010; Rakib et al., 2017). *Ganoderma* merupakan patogen paling merusak pertanaman kelapa sawit (Purba, 2009) karena menyebabkan kematian tanaman (Susanto dan Huan, 2010). Serangan *Ganoderma* menjadi lebih serius di lahan

gambut karena intensitasnya meningkat (Ariffin et al., 2000) dan muncul lebih awal (Susanto dan Huan, 2010). Belum ada cara efektif mengendalikan penyakit BPB di lahan gambut.

Pengendalian hayati merupakan alternatif cara pengendalian yang menjadi fokus pengembangan saat ini (Muniroh et al., 2019), namun di lahan gambut, pengembangannya terkendala karakteristik lahan gambut yang berbeda dari tanah mineral. Penelitian pengendalian hayati penyakit BPB selama ini dilakukan bukan di lahan gambut. Salah satu kendala pengembangan pengendalian hayati *Ganoderma* di lahan gambut adalah masih sangat terbatasnya informasi dan pengetahuan tentang pengaruh faktor lingkungan dan interaksinya, terutama lingkungan fisik dan biologi gambut terhadap pengendalian hayati. Beberapa faktor yang diketahui berpengaruh terhadap pengendalian hayati adalah pH tanah, kelembapan tanah, atmosfer tanah, dan benaman bahan organik dalam tanah (Burpee, 1990). Keterkaitan antara faktor-faktor tersebut dalam memengaruhi perkembangan penyakit karena *Ganoderma* pada kelapa sawit di lahan gambut belum banyak dilaporkan. Dengan demikian, penelitian tentang keterkaitan karakteristik fisik dan biologi gambut dengan intensitas serangan *Ganoderma* ini memiliki nilai strategis dalam pengembangan metode pengendalian hayati *Ganoderma* pada kelapa sawit di lahan gambut. Penelitian ini dilakukan dengan dua tujuan. Pertama untuk mengetahui pengaruh faktor abiotik gambut berupa permukaan air tanah gambut, pH gambut, dan jenis gambut terhadap intensitas serangan *Ganoderma* di lahan gambut. Kedua mengetahui pengaruh faktor biotik gambut berupa indeks dominansi jamur dan bakteri antagonis indigenus, total jamur dan bakteri, dan keberadaan vegetasi di atas lahan gambut terhadap intensitas serangan *Ganoderma* pada kelapa sawit di lahan gambut. Informasi-informasi tersebut sangat diperlukan karena akan menjadi informasi dasar dalam menyusun strategi pengendalian berbasis antagonis indigenus terhadap penyakit BPB yang disebabkan oleh *Ganoderma* di lahan gambut.

2. Bahan dan Metode

Penelitian telah dilakukan di Perkebunan Kelapa sawit di lahan gambut Kabupaten Kuburaya, yaitu di kebun PT. Bumi Pratama Khatulistiwa. Penelitian dilakukan selama 12 bulan, mulai bulan Mei 2017 sampai bulan Mei 2018. Sebagai pembanding telah dilakukan pengamatan pada perkebunan di lahan bukan gambut, yaitu pada kebun kelapa sawit PTPN XII Gunung Meliau di Kabupaten Sanggau. Karakteristik lahan gambut yang diamati meliputi karakteristik fisik, kimia, dan biologis gambut. Serangan *Ganoderma* yang diamati meliputi intensitas serangan dan tipe serangan. Sebaran blok sampel pengamatan ditentukan berdasar dugaan intensitas serangan *Ganoderma* di lapangan, yaitu kategori berat, sedang dan ringan dengan bantuan citra satelit Google Earth dan pengamatan visual di lapangan. Masing-masing kategori diambil 3 blok sampel dan masing-masing blok sampel diambil tiga titik lokasi pengambilan sampel tanah. Sampel tanah diambil pada dua lapisan kedalaman gambut, yaitu 0-15 cm dan 50-60 cm. Kedalaman 0-15 cm dianggap mewakili lapisan gambut yang selalu terganggu saat perawatan tanaman, dan kedalaman 50-60 cm dianggap mewakili lapisan yang jarang terganggu saat perawatan tanaman. Sebagai pembanding, diamati dan diambil satu buah sampel blok kebun kelapa sawit di lahan mineral. Sebagai data pendukung juga dikumpulkan data budidaya dan data iklim setempat.

Pengamatan vegetasi dominan

Vegetasi dominan ditentukan dengan menghitung *summed dominance ratio* (SDR) mengikuti metode Janiya dan Moody (1989) dengan rumus sebagai berikut:

$$SDR = \frac{\text{kepadatan relatif} + \text{berat kering relatif}}{2}$$

Dimana :

$$\text{Kepadatan relatif} = \frac{\text{kepadatan suatu spesies}}{\text{kepadatan total}} \times 100$$

$$\text{Berat kering relatif} = \frac{\text{berat kering suatu spesies}}{\text{berat kering total}} \times 100$$

Pengamatan persentase jamur dan bakteri antagonis

Persentase jamur antagonis diketahui dengan membandingkan antara jumlah jamur yang bersifat antagonis terhadap *Ganoderma* dengan jumlah semua jamur yang berhasil diisolasi dari lahan gambut pada blok sampel. Cara yang sama digunakan untuk mengetahui persentase bakteri antagonis. Isolasi dilakukan dengan cara pengenceran. Setiap jamur dan bakteri yang berhasil diisolasi diuji antagonismenya terhadap *Ganoderma* secara dual culture (Idris et al., 2008). Jamur dan bakteri dikategorikan sebagai antagonis jika daya hambatnya $\leq 60\%$. Indeks dominansi jenis jamur dan bakteri dihitung mengikuti rumus Odum (1988).

$$C = \sum_{i=1}^n p_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_1}{N}\right)^2$$

Di mana:

C = indeks dominansi, n_1 = jumlah individu ke 1, dan N = jumlah total individu

Pengamatan cara budidaya

Pengumpulan data cara budidaya dilakukan dengan wawancara terhadap pengelola kebun meliputi cara, waktu dan jenis pemupukan, intensitas penggunaan bahan kimia dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman, varietas dan umur tanaman.

Pengamatan kejadian penyakit busuk pangkal batang.

Pengamatan dengan metode observasi, dilakukan sensus pokok pada petak sampel populasi tanaman. Sampel populasi distratifikasi berdasar dugaan awal tingkat intensitas serangan *Ganoderma*, yaitu ringan (kurang dari 15%), sedang (>15%; <50%) dan berat ($\geq 50\%$). Masing-masing dugaan tingkat intensitas serangan diambil 3 blok pengamatan. Intensitas serangan ditentukan berdasar jumlah tanaman yang menunjukkan gejala dibanding total tanaman pada setiap blok sampel. Tanaman sakit ditentukan berdasar gejala eksternal tanaman pada daun dan kemunculan basidiokarp pada batang sebagaimana dilakukan oleh Kamu et al. (2015).

Pengamatan pH dan tinggi muka air tanah gambut

Pengamatan pH dan tinggi muka air tanah dilakukan mengikuti metode Notohadiprawiro (1985). Nilai pH gambut diukur dengan mencampurkan 2,5 ml gambut

segar lapangan dengan 4 ml larutan CaCl_2 0,01 M sampai merata dan didiamkan selama 1 jam, dan diukur pH-nya. Tinggi muka air tanah diketahui dengan mengukur permukaan air tanah menggunakan metode *simple standpipe piezometer*.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik biologi gambut

Pengamatan terhadap vegetasi di sekitar tanaman kelapa sawit menunjukkan bahwa, spesies vegetasi yang dominan adalah *Nephrolepis biserrata*. Walaupun pada blok-blok tertentu ada spesies lain yang lebih dominan, namun nilai SDR *N. biserrata* merupakan salah satu spesies dengan nilai SDR tertinggi ke dua atau ke tiga. Hasil isolasi jamur dan bakteri dari 10 blok kebun kelapa sawit di lahan gambut yang menjadi lokasi penelitian menunjukkan bahwa total populasi jamur pada kedalaman 0 -15 cm berkisar dari $1,1 \times 10^4$ sampai dengan $9,1 \times 10^4$ dan populasi bakteri berkisar $3,1 \times 10^4$ sampai $9,7 \times 10^4$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa populasi mikroorganisme di lahan tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan dengan populasi mikroorganisme pada tanah yang tidak terganggu yang umumnya berkisar dari 10^5 sampai 10^6 untuk jamur (Mohapatra, 2008) dan 10^5 sampai 10^8 untuk bakteri (Karam *et al.*, 2012). Hal ini normal karena pada umumnya, komposisi mikrobiologis pada lahan yang mendapat gangguan secara terus-menerus akan lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang tidak terganggu. Pada lahan yang dibatasi oleh kondisi lingkungan ekstrim seperti pH rendah juga akan memiliki komposisi mikrobiologis yang berbeda jika dibanding pada tanah mineral yang memiliki lingkungan lebih sesuai (Karam *et al.*, 2012). Hasil yang sama juga pernah dilaporkan oleh Alexander dan Phin (2014), di mana pada lahan kelapa sawit di Malaysia populasi mikroorganismenya juga lebih rendah. Karakteristik biologi gambut ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 1. Karakteristik biologi gambut pada 10 blok pengamatan di kebun kelapa sawit PT. Bumi Pratama Khatulistiwa, Kabupaten Kuburaya.

Blok	% serangan <i>Ganoderma</i>	SDR vegetasi		Indeks dominansi jamur antagonis		Indeks dominansi bakteri antagonis	
		Nilai SDR	Spesies dominan	Kedalaman 0-15 cm	Kedalaman 50-60 cm	Kedalaman 0-15 cm	Kedalaman 50-60 cm
12A	69,81	42,63	<i>N. biserrata</i>	0,014	0,0019	0,0029	0,0
13A	50,17	39,38	<i>N. biserrata</i>	0,03	0,00076	0,0	0,0
13E	49,75	34,55	<i>N. biserrata</i>	0,00001	0,022	0,012	0,0006
F1 Pls I	53,02	26,73	<i>Asystasia intrusa</i>	0,0022	0,00012	0,12	0,0083
B3 Pls III	27,40	23,51	<i>N. biserrata</i>	0,014	0,00098	0,00005	0,0
C5 Pls III	29,54	24,25	<i>Coleus aromaticus</i>	0,29	0,046	0,064	0,13
B4 Pls I	20,50	43,8	<i>N. biserrata</i>	0,0048	0,083	0,076	0,00039
A1 Pls I	24,74	44,71	<i>N. biserrata</i>	0,0	0,0	0,00023	0,00011
E2Pls III	4,62	61,16	<i>Asplenium sp.</i>	0,0	0,00001	0,0037	0,061
E4 Pls III	10,74	31,05	<i>N. biserrata</i>	0,00045	0,035	0,0032	0,0032

Hubungan karakteristik biologi gambut dengan tingkat serangan *Ganoderma*

Berdasarkan analisis korelasi Pearson, tidak ada korelasi antara karakteristik biologi gambut yang diamati dengan intensitas serangan *Ganoderma* terhadap kelapa sawit (Tabel 5). Vegetasi dominan dan indeks dominansi jamur dan bakteri antagonis tidak berkorelasi secara kuat terhadap tinggi rendahnya serangan *Ganoderma*, baik pada kedalaman 0 – 15 cm maupun pada kedalaman 50 – 60 cm. Tidak ada korelasi antara jenis isolat yang dominan dan kemampuan antagonismenya terhadap *Ganoderma* dengan intensitas serangan *Ganoderma* pada setiap blok yang diamati. Demikian juga dengan total populasi jamur dan bakteri yang ada pada setiap blok, baik pada kedalaman 0 – 15 maupun 50 – 60 cm, cenderung tidak berkorelasi dengan intensitas serangan *Ganoderma*. Hasil ini relatif sama dengan hasil penelitian Widiastuti *et al.*, (2018) di mana korelasi antara total bakteri dengan *Ganoderma* sp. paling umum meskipun sangat rendah. Hasil ini juga relatif sama dengan penelitian Supriyanto *et al.*, (2020) di mana faktor biologis gambut secara umum tidak memengaruhi serangan *Ganoderma* pada kelapa sawit.

Kecenderungan korelasi yang sangat rendah tersebut diduga terjadi terutama karena faktor lingkungan gambut yang ekstrem, yaitu terutama karena faktor pH lingkungan yang sangat rendah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai pH pada kedalaman 0 – 15 cm berkisar dari 2,4 sampai 3,4, merupakan lingkungan yang tidak disukai oleh sebagian besar mikroorganisme. Hal tersebut sesuai dengan hasil total populasi mikroorganisme yang berhasil diisolasi dari tanah gambut yang lebih rendah dibanding dengan lingkungan tanah pada umumnya. Kondisi pH yang rendah salah satunya akan menyebabkan pengendalian hayati tidak dapat berlangsung (Ahlem *et al.*, 2012), dan berbagai aktivitas agens hayati lainnya dalam tanah tidak berlangsung sebagaimana mestinya (Burpee, 1990; Hingsinger *et al.*, 2009). Di bawah lingkungan yang ber-pH rendah, faktor-faktor lingkungan lainnya juga akan terpengaruh, misalnya ketersediaan unsur-unsur besi yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme. Kajian tentang aktivitas mikroorganisme dalam lingkungan masam, terutama di bawah lingkungan lahan gambut yang berkaitan dengan pengendalian hayati hingga saat ini memang masih terbatas, sehingga untuk menjawabnya memerlukan studi lebih lanjut.

Hubungan antara tinggi muka air tanah dan pH gambut dengan karakteristik biologis gambut

Nilai pH gambut pada kedalaman 0 -15 cm dan kedalaman 50 – 60 cm tidak berkorelasi dengan total populasi jamur dan bakteri di tempat penelitian, tetapi memiliki kecenderungan relasi positif, artinya kenaikan pH gambut akan cenderung diikuti kenaikan populasi jamur dan bakteri dengan koefisien korelasi berkisar dari 0,337 sampai 0,464 yang artinya tingkat hubungannya rendah atau lemah. Hal tersebut diduga karena perbedaan pH gambut antar unit penelitian yang sangat sempit, yaitu dari 2,4 sampai dengan 3,4 sehingga pengaruhnya terhadap aktivitas jamur dan bakteri yang tercermin dalam total populasi belum dapat teramati. Bakteri mampu bertahan dalam pH rendah dengan cara memberikan tanggapan berupa misalnya menghasilkan enzim dekarboksilase asam amino yang bertindak untuk menjaga pH sitoplasma di atas tingkat yang berbahaya (Hingorani dan Gierasch, 2013). Jamur memiliki tanggapan yang berbeda-beda terhadap kondisi pH rendah

dan asam-asam organik, misalnya *Fusarium* lebih rentan dibandingkan dengan *Aspergillus* dan *Penicillium* (Higgins dan Blunkhaus, 1999), sehingga hal tersebut juga akan memengaruhi kelimpahannya dalam suatu lingkungan yang memiliki pH rendah.

Naiknya muka air tanah diikuti naiknya populasi jamur pada kedalaman 0 – 15 cm, tetapi menurunkan populasi jamur pada kedalaman 50 – 60 cm, walaupun pengaruhnya sangat lemah karena koefisien korelasinya hanya 0,125 dan -0,134. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada populasi bakteri walaupun pengaruhnya sangat lemah (dengan koefisien korelasi 0,052 dan -0,032). Meski demikian, koefisien korelasi yang mendekati 0, dapat juga diartikan tidak ada korelasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa populasi jamur dan bakteri di lahan gambut pada kedalaman 50 – 60 cm lebih kecil terpengaruh oleh fluktuasi air tanah. Hal ini dapat dipahami mengingat kondisi pada kedalaman tersebut relatif tidak banyak mengalami perubahan, terutama kadar lengasnya walaupun muka air tanah mengalami perubahan.

Tabel 2. Hasil analisis korelasi karakteristik mikroorganisme gambut dengan muka air tanah dan pH gambut

Karakteristik lingkungan gambut	pH Gambut		Muka air tanah
	0 – 15 cm	50 – 60 cm	
Korelasi Pearson; p value			
Total jamur pada kedalaman 0-15 cm	0,415; 0,233	0,429; 0,216	0,125; 0,723
Total jamur pada kedalaman 50-60 cm	0,434; 0,210	0,475; 0,166	-0,134; 0,713
Total bakteri pada kedalaman 0,15cm	0,370; 0,293	0,238; 0,507	0,052; 0,886
Total bakteri pada kedalaman 50-60 cm	0,226; 0,530	0,623; 0,054	-0,032; 0,930
Total jamur	0,437; 0,207	0,464; 0,177	0,004; 0,991
Total bakteri	0,337; 0,340	0,421; 0,226	0,020; 0,956
Total jamur dan bakteri	0,365; 0,229	0,447; 0,195	0,020; 0,957

Hal tersebut didukung oleh hasil analisis korelasi yang menunjukkan bahwa total populasi jamur pada kedalaman 0 - 15 cm berkorelasi positif terhadap total jamur pada kedalaman 50 - 60 cm dengan koefisien 0,884. Artinya, jika populasi jamur pada kedalaman 0 – 15 cm meningkat, maka hampir dapat dipastikan populasi di bawahnya juga meningkat. Hasil yang sama juga dijumpai pada kelompok bakteri. Total bakteri pada kedalaman 0 – 15 cm berkorelasi positif terhadap total populasi bakteri pada kedalaman 50 – 60 cm dengan koefisien korelasi 0,709. Nilai perbandingan antara populasi jamur pada kedalaman 0 – 15 cm dengan populasi jamur pada kedalaman 50 – 60 cm berkorelasi negatif terhadap total bakteri pada kedalaman 0 – 15 cm (koefisien korelasi -0,803) dan total populasi bakteri pada kedalaman 50 – 60 cm (koefisien korelasi 0,831). Artinya, setiap kenaikan populasi jamur pada kedalaman 0 – 15 cm, akan diikuti penurunan populasi bakteri pada baik pada kedalaman 0 – 15 cm maupun pada kedalaman 50 – 60 cm. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan adanya kompetisi ruang dan nutrisi dalam lingkungan gambut. Jika populasi jamur dapat berkembang, maka akan menekan pertumbuhan populasi bakteri di lingkungan tersebut.

Nilai SDR vegetasi tidak berkorelasi dengan total populasi jamur dan bakteri dalam tanah gambut, tetapi hubungannya negatif. Artinya, meskipun sangat lemah, peningkatan

SDR diikuti dengan kecenderungan penurunan total populasi jamur dan bakteri (koefisien berkisar -0,007 sampai -0,104). Hasil yang menarik dijumpai pada adanya korelasi negatif antara SDR vegetasi (koefisien korelasi -0,641) dengan persen jenis antagonis jamur *Ganoderma* pada kedalaman 0 – 15 cm (Tabel 7). Nilai SDR vegetasi menunjukkan tingkat keragaman vegetasi pada suatu lokasi. Semakin tinggi nilai SDR vegetasi mengindikasikan semakin seragam vegetasi (Janiya dan Moody, 1989). Vegetasi memengaruhi mikroorganisme dalam tanah diduga melalui mekanisme pengaturan pencahayaan, temperatur dan kelembaban lahan (Prochazka *et al.*, 2011). Selain itu, di lahan gambut, diduga terdapat hubungan spesifik antara jenis jamur antagonis tertentu dengan jenis vegetasi tertentu sebagaimana pernah dilaporkan oleh Supriyanto *et al.*, (2009). Hasil ini mengindikasikan bahwa tingkat keragaman populasi vegetasi di atas lahan gambut juga memengaruhi jumlah jenis jamur antagonis *Ganoderma* pada lahan kelapa sawit. Hasil ini memberi gambaran bahwa menjaga keragaman populasi vegetasi di sekitar tanaman kelapa sawit dapat meningkatkan keragaman jamur antagonis bagi *Ganoderma*.

Tabel 3. Hasil analisis korelasi karakteristik mikroorganisme gambut dengan SDR vegetasi di atasnya

Karakteristik lingkungan gambut	SDR vegetasi
	Korelasi Pearson; <i>p value</i>
Total jamur pada kedalaman 0-15 cm	-0,082; 0,821
Total jamur pada kedalaman 50-60 cm	0,079; 0,828
Total bakteri pada kedalaman 0,15cm	-0,187; 0,605
Total bakteri pada kedalaman 50-60 cm	0,043; 0,907
Total jamur	-,0007; 0,985
Total bakteri	-0,104; 0,776
Total jamur dan bakteri	-,099; 0,786
% jenis jamur antagonis	-0,641*; 0,046
% jenis bakteri antagonis	-0,261; 0,466

*. Korelasi signifikan pada taraf 0.05 %.

4. Simpulan

Karakteristik biologis gambut yang berupa indeks dominansi antagonis *Ganoderma* dari kelompok jamur dan bakteri, total populasi jamur dan bakteri, maupun nilai SDR vegetasi di atas lahan gambut di sekitar tanaman kelapa sawit cenderung tidak memengaruhi intensitas serangan *Ganoderma* pada kelapa sawit di lahan gambut tempat penelitian.

Penelitian-penelitian lanjutan sangat diperlukan untuk menjawab pertanyaan mengapa faktor biologi tidak berkorelasi dengan intensitas serangan *Ganoderma* serta mengapa tinggi muka air tanah dan pH gambut tidak berkorelasi terhadap faktor biologis gambut. Perlu dikaji tentang kemungkinan adanya faktor lingkungan lainnya yang memengaruhi intensitas serangan *Ganoderma*.

5. Daftar Pustaka

- Ahlem H, Mohammed E, Badoc A & Ahmed L. 2012. Effect of pH, temperature and water activity on the inhibition of *Botrytis cinerea* by *Bacillus amyloliquefaciens* isolates. *Afr. J. Biotechnol.* 11(9): 2210-2217.
- Alexander A & Phin CK. 2014. The Impact of Biological Control Agents on Soil Microbial Communities in Oil Palm Plantation Soils. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 8(7): 8-14
- Ariffin D, Idris AS & Singh G, 2000. *Status of Ganoderma in oil palm*. hlm. 49-68. dalam Flood J, Bridge PD & Holderness M (Edt). *Ganoderma diseases of perennial crops*. CABI Publishing, New York.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Luas Tanaman Perkebunan Menurut Propinsi dan Jenis Tanaman, Indonesia (000 Ha), 2011-2017*.
- Burpee LL. 1990. The influence of abiotic factors on biological control of soilborne plant pathogenic fungi. *Can J Plant Pathol* 12: 308-317.
- Huan LK & Wahidin U. 2010. Management of *Ganoderma* in peat soil in Indonesia. hlm. 10-21. dalam *Proceeding of The Second International Seminar Oil Palm Diseases: Advances in Ganoderma Research and Management*. Yogyakarta. Indonesia.
- Higgins C & Blunkhaus F. 1999. Efficacy Of Several Organic Acids Against Mold. *J. Applied Poultry Res.* 8: 480 – 487.
- Hingorani KS & Gierasch LM. 2013. How bacteria survive an acid trip. *PNAS* 110(14); 5279–5280.
- Hinsinger P, Bengough AG, Vetterlein D & Young IM. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant Soil* 321: 117 – 152
- Idris AS, Noorhaida S & Shamala S. 2008. In vitro Methods For Evaluation Of Antagonistic Fungi Against Pathogenic *Ganoderma*. *MPOB Information Series* 53: 450.
- Janiya JD & Moody K. 1989. Weed populations in transplanted and wet-seeded rice as affected by weed control method. *Trop Pest Manage* 35:1, 8-11.
- Kamu A, Phin CK, Idris AS & Mun HC. 2015. Distribution of infected oil palms with *Ganoderma* basal stems root disease. *Journal of scientific research and Development*, 2(10): 49 -55.
- Karam DS, Arifin A, Radziah O, Shamshuddin J, Majid NM, Hazandy AH, Zahari I, Nor Halizah AH & Rui TX. 2012. Impact of Long-Term Forest Enrichment Planting on the Biological Status of Soil in a Deforested Dipterocarp Forest in Perak, Malaysia. *The Scientific World Journal* 2012: 1 – 8.
- Miettinen J, Shi C & Liew SC. 2016. Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation* 6: 67–78
- Mohapatra PK. 2008. *Microbial diversity of surface soil. The text book of Environmental Microbiology*. I.K. International Pvt. Ltd. New Delhi.

- Muniroh MS, Nusaibah SA, Vadamalai G & Siddique Y. 2019. Proficiency of biocontrol agents as plant growth promoters and hydrolytic enzyme producers in *Ganoderma boninense* infected oil palm seedlings. *Curr Plant Biol* 20: 100116. DOI: 10.1016/j.cpb.2019.100116.
- Notohadiprawiro RMT. 1985. *Selidik cepat ciri tanah di lapangan*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Odum WE. 1988. Comparative Ecology Of Tidal Freshwater And Salt Marshes. *Ann. Rev. Ecol. Syst* 19:147-176
- Othman H, Mohammed AT, Darus FM, Harun MH & Zambri MP. 2011. Best Management Practices for Oil Palm Cultivation Planting on Peat: Groundwater-Table Maintenance in Relation to Peat subsidence and Estimation of CO₂ Emissions at Sessang, Sarawak. *J Oil Palm Res* 23: 1078 – 1086.
- Prochazka J, Brom J, Stastny J & Pecharova E. 2011. The impact of vegetation cover on temperature and humidity properties in the reclaimed area of a brown coal dump. *Int J Min Reclam Env* 25(4): 350–366.
- Purba RY. 2009. *Penyakit-penyakit kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq) di Indonesia*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Rakib RM, Bong CJ, Khairulmazmi A, Idris AS, Jalloh MB & Ahmed OH. 2017. Association of copper and zinc levels in oil palm (*Elaeis guineensis*) to the spatial distribution of *Ganoderma* species in the plantations on peat. *J Phytopathol* 165: 276-282.
- Supriyanto, Priyatmojo A & Arwiyanto T., 2009. Penapisan PGPF untuk Pengendalian Penyakit Busuk Lunak Lidah Buaya (*Aloe vera*) di Tanah Gambut. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 15(2): 71 – 82
- Supriyanto, Purwanto, Poromarto SH, Supyani. 2020. The relationship of some characteristics of peat with oil palm basal stem rot (BSR) caused by *Ganoderma* in peatlands. In: Proceeding The 4th International Conference on Climate Change: "Climate Change: The Risk to Sustainable and Environmental Issue". Yogyakarta, Indonesia, 18-19 November 2019.
- Susanto A & Huan LK. 2010. *Management of Ganoderma in mineral and peat soil in Indonesia*. hlm. 95-122. dalam *Proceeding of the second international seminar oil palm diseases, advances in Ganoderma research and management*. Yogyakarta.
- USDA, 2018. *Oilseeds: World Market and Trade*, Foreign Agricultural Service.
- Widiastuti H, Taniwiryono D, Hendarjanti H, Harjotedjo S & Sugeng MH. 2018. Chemical and biological characteristics of selected wet soil in oil palm plantation attack with *Ganoderma* sp. dalam prosiding International Biotechnology Conference On Estate Crops 2017. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 183 (2018) 012019. doi :10.1088/1755-1315/183/1/012019