

Dinamika Sebaran Ganoderma Pada Perkebunan Kelapa Sawit Terhadap Variabilitas Tanah

The Dynamics of Ganoderma Distribution in Oil Palm Plantations in the Context of Soil Variability

Cindy Diah Ayu Fitriana^{1*}, Herry Wiriatama¹, Yohana Theresia Maria Astuti¹, Sukarman², Septa Primananda²

(Centered & bold)

1 Institut Pertanian Stiper Yogyakarta, email: Chindy.daf@gmail.com, her.wirianata@gmail.com, astutimaria2000@gmail.com

2 Ecological Management Unit, Research and Development at Wilmar International plantation email: sukarman.ace@id.wilmar-intl.com, septa.primananda@id.wilmar-intl.com

* Penulis Korespondensi: E-mail: chindy.daf@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman kelapa sawit yang terinfeksi oleh Ganoderma spp. sulit terdeteksi pada tahap awal karena distribusi spora Ganoderma awalnya terjadi dalam jaringan tanaman, dan infeksi lebih lanjut mengakibatkan perubahan fisiologi pada tanaman. Penelitian ini menganalisis persebaran Ganoderma pada lima jenis tanah di perkebunan kelapa sawit Kalimantan Tengah pada interval waktu 2013-2022. Infeksi Ganoderma lebih tinggi pada tanah pasir dengan ordo Spodosols, Entisols, Ultisols, inceptisols dan histosols, sementara penurunan terjadi pada tanah ultisols dan histosols setelah 72-84 bulan infeksi. Tanah spodosols dengan lapisan spodik memberikan lingkungan ideal bagi Ganoderma, sedangkan entisols memiliki drainase buruk. Ultisols memiliki kandungan nutrisi baik, sementara pH tanah mempengaruhi perkembangan, dengan Spodosols lebih mendukung Ganoderma. persebaran Ganoderma yang massif direpresentasikan dengan nilai AUDPC urutan tertinggi ke terendah pada tanah spodosols, entisols, ultisols, inceptisols dan histosols. Dinamika perkembangan Ganoderma di berbagai jenis tanah tercermin dalam nilai Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), di mana AUDPC tertinggi terjadi pada tanah Spodosols dan Entisols, sementara Histosols memiliki nilai AUDPC terendah. Faktor-faktor lingkungan seperti pH tanah, ketersediaan nutrisi, dan drainase tanah mempengaruhi perkembangan Ganoderma di tanah berbeda, dengan tanah Spodosols dan Ultisols yang mineral mendukung pertumbuhan dan sebaran Ganoderma yang lebih tinggi, sementara tanah gambut memiliki perkembangan Ganoderma yang lebih rendah. Kompleksitas interaksi antara tanah, tanaman inang, dan Ganoderma juga memainkan peran dalam penyebaran penyakit Ganoderma di perkebunan kelapa sawit Kalimantan Tengah.

Kata kunci: Ganoderma, kelapa sawit, jenis tanah, AUDPC

ABSTRACT

Palm oil plants infected with Ganoderma spp. are challenging to detect in the early stages because the initial distribution of Ganoderma spores occurs within the plant tissues, and further infection leads to physiological changes in the plants. This study analyzed the spread of Ganoderma in five types of soils in Central Kalimantan's palm oil plantation during the interval between 2013 and 2022. Ganoderma infection was higher in sandy soils with Spodosols, Entisols, Ultisols, inceptisols, and histosols orders, while a decrease was observed in ultisols and histosols after 72-84 months of infection. Spodosols with spodic horizons provided an ideal environment for Ganoderma, while entisols had poor drainage. Ultisols had good nutrient content, and soil pH affected development, with Spodosols being more conducive to Ganoderma. The massive spread of Ganoderma is represented by the highest to lowest AUDPC values in Spodosols, entisols, ultisols, inceptisols, and histosols. The dynamics of Ganoderma development in different soils are reflected in the values of the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), with the highest AUDPC values occurring in Spodosols and Entisols, while Histosols have the lowest AUDPC values. Environmental factors such as soil pH, nutrient availability, and soil drainage influence the development of Ganoderma in different soils, with Spodosols and mineral Ultisols supporting higher growth and spread of Ganoderma,

while peat soils have lower Ganoderma development. The complexity of interactions between soil, host plants, and Ganoderma also plays a role in the spread of Ganoderma disease in Central Kalimantan's palm oil plantations.

Keywords: Ganoderma, Oil Palm, Soil Type, AUDPC

PENDAHULUAN

(Centered & bold)

Ganoderma spp merupakan kelompok jamur family Basidiomycota dan tergolong sebagai patogen tular tanah (Corley & Tinker, 2015). Tanaman kelapa sawit yang terserang Ganoderma spp, cenderung sulit terdeteksi apabila masih berada dalam gejala awal. Persebaran spora Ganoderma spp di awal infeksi berada dalam jaringan tanaman, serangan lebih lanjut akan menunjukkan perubahan fisiologi tanaman (Chong et al., 2017). Pada tahap awal serangan Ganoderma ditunjukkan perubahan fisiologi tanaman kelapa sawit dengan terbentuk lebih dari 3 daun tombak, pelepah sengkleh, dan serangan lebih lanjut akan membentuk badan buah di tanaman kelapa sawit (Pilotti, 2005). Terbentuknya badan buah di tanaman kelapa sawit berpotensi tinggi sebagai sumber inokulum yang aktif menyebarkan spora dengan bantuan angin di pagi dan sore hari, sehingga badan buah (basidia) dari Ganoderma akan mengeluarkan spora yang secara visual terlihat seperti kabut. Sebaran spora yang berasal dari Basidia yang terbentuk di batang tanaman kelapa sawit, berpotensi untuk mempercepat laju persebaran penyakit di tanaman kelapa sawit yang sehat (Hamzah et al., 2021). Apabila batang tanaman kelapa sawit sudah keropos maka tanaman sudah mencapai tingkat keparahan tinggi dan sulit untuk dipertahankan produktifitasnya.

Serangan jamur Ganoderma menunjukkan gejala internal berupa perubahan warna dari putih ke coklat pada jaringan korteks, sehingga jaringan korteks akan rapuh dan batang menjadi keropos (Susanto et al., 2013). Hifa Ganoderma menyebar di sekitar jaringan korteks, endodermis, perisel, Xilem dan floem, ketika pada kondisi ekstrim

Ganoderma dapat membentuk kladiospora sebagai salah satu bentuk pertahanan diri (Corley & Tinker, 2016). Terbentuknya basidiocarp atau badan buah dibatang kelapa sawit menjadi tanda kejadian penyakit busuk pangkal batang, kemunculan tersebut berfungsi untuk diagnosis penyakit tanaman akibat Ganoderma. Jamur Ganoderma memiliki kemampuan untuk memproduksi beberapa enzim yang mampu mendegradasi lignin di batang tanaman kelapa sawit. Menurut (Susanto, 1998) beberapa enzim yang mampu diproduksi oleh Ganoderma meliputi enzim amylase, ekstraseluler, oksidase, invertase, koagulase, protease, rennetase, pectinase dan selulase. Sedangkan komponen pembentuk dinding sel tanaman berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa, sehingga dengan kemampuan jamur memproduksi enzim tersebut maka dapat menghancurkan lignin di jaringan tanaman. Serangan pathogen Ganoderma di tanaman kelapa sawit.

Ada banyak faktor yang saling mempengaruhi terhadap kerentanan penyakit pada tanaman kelapa sawit yang disebabkan adanya korelasi antara jenis tanah, kedalaman tanah, dan nutrisi yang buruk (Pilotti et al., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan pengkategorian persebaran Ganoderma di berbagai jenis tanah yang berbeda sebagai bentuk dasar pengambilan keputusan saat melakukan serangkaian pengendalian Ganoderma di lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan eksperimen lapangan melalui kegiatan sensus selama 8 tahun di perkebunan kelapa sawit Kalimantan tengah di lima jenis tanah yang berbeda (spodosols, entisols, ultisols, inceptisols, histosols) dengan total luasan area yang diamati 82,504 Ha.

Pengumpulan data sensus di jenis tanah berbeda

Data populasi tanaman kelapa sawit terinfeksi Ganoderma di sensus setiap 2 bulan sekali oleh komite Pest and Disease (P&D). Kegiatan sensus dilakukan dengan memasuki blok perkebunan kelapa sawit setiap 10 baris sebanyak 20 titik. Hasil kegiatan sensus dimonitoring dan dianalisa tingkat perkembangan persebaran penyakit Ganoderma setiap tahun. Pengumpulan data ini tidak berdasarkan indeks skoring, namun jumlah populasi tanaman sakit pada suatu area yang memiliki tipe jenis tanah yang sama.

Analisa sebaran Ganoderma di berbagai jenis tanah

Data serangan Ganoderma di perkebunan kelapa sawit seluas 82,504 Ha diperoleh dari hasil deteksi dan sensus oleh PIC P&D dari 7 PT dan terbagi menjadi 18 Estate. Jumlah tanaman baru yang terserang Ganoderma diperoleh dari hasil kegiatan Early Warning System (EWS) yang terdiri dari deteksi dan sensus setiap 2 bulan sekali. Tanaman yang terserang Ganoderma dihitung berdasarkan jumlah tanaman baru yang terdeteksi per estate dan telah diambil titik koordinatnya. Nilai AUDPC (Area under a Disease Progress Curve) pada penelitian ini dihitung berdasarkan penambahan jumlah tanaman kelapa sawit yang terserang Ganoderma per satuan waktu. Kerugian hasil akibat Ganoderma diukur pada tahap pertumbuhan yang spesifik, dari penilaian penyakit berurutan pada beberapa tahap pertumbuhan tanaman, atau dengan menentukan luasan di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC), yaitu luas antara kurva perkembangan penyakit dan sumbu X pada grafik. Nilai AUDPC dihitung menggunakan rumus Shaner & Finney (1977) sebagai berikut:

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(y_i + \frac{y_{(i+1)}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan :

- T = Bulan pengamatan ke-i
- y = Jumlah pokok baru yang terserang ganoderma pada pengamatan ke t-i per tahun.
- y (i+1) = Jumlah pokok terinfeksi Ganoderma per tahun (untuk setiap pengamatan ke-i).
- ti+1 = Waktu pengukuran peningkatan jumlah serangan Ganoderma dilapang yang sesuai dengan pengukuran nilai y.

Nilai AUDPC berfungsi untuk mengetahui kemajuan serangan Ganoderma pada jenis tanah yang berbeda pada waktu awal kejadian penyakit hingga waktu akhir pengamatan. Area (jenis tanah tertentu dengan) dengan nilai AUDPC tinggi, menunjukkan tingkat keparahan penyakit Ganoderma yang signifikan. Sedangkan pada area dengan nilai AUDPC rendah, yang menunjukkan tingkat keparahan penyakit yang lebih rendah. Adapun tahapan pengukuran nilai AUDPC adalah sebagai berikut:

Mengukur keparahan penyakit pada suatu area dengan jenis waktu yang sama waktu tertentu menggunakan skala numerik atau visual. Pada pengamatan ini menggunakan jumlah pokok terinfeksi dalam satu area yang jenis tanahnya sama. Mengumpulkan data data keparahan penyakit selama periode waktu tertentu yang relevan. Ini dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan jumlah infeksi Ganoderma baru yang ditabulasi setiap tahun berdasarkan jenis tanahnya.

Setelah data penyakit telah ditabulasi, maka dilanjutkan dengan menggunakan rumus AUDPC. Rumus AUDPC dihitung dengan menggabungkan nilai keparahan penyakit disuatu area dan interval waktu antara pengamatan. Setiap interval waktu dihitung sebagai produk dari rata-rata nilai keparahan pada waktu i dan i+1, dikalikan

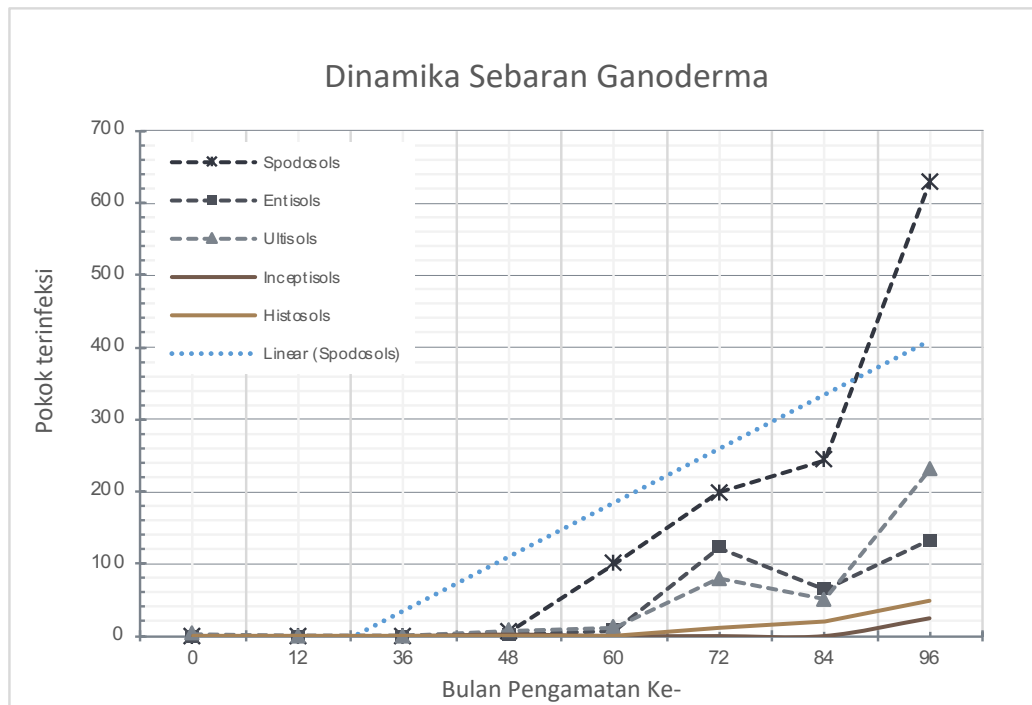
dengan selisih waktu antara pengamatan $i+1$ dan i . Total semua interval waktu memberikan nilai AUDPC yang mencerminkan progresi penyakit pada tanaman selama periode waktu yang diamati. Hasil AUDPC memberikan nilai numerik yang menggambarkan tingkat dan kecepatan perkembangan penyakit pada tanaman. Semakin tinggi nilai AUDPC, semakin parah dan cepat perkembangan penyakit pada tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinamika sebaran Ganoderma di tanah pasir dan mineral

Analisa persebaran Ganoderma pada 3 jenis tanah (Mineral, Pasiran, dan Gambut) dilakukan di perkebunan kelapa sawit Kalimantan tengah. Area persebaran Ganoderma di tanah mineral ordo ultisols, tanah pasiran ordo Spodosols, Entisols, dan Inceptisols, sedangkan di tanah gambut ordo Histosols diamati perkembangannya hingga 96 bulan setelah infeksi awal (bsia) atau 8 tahun (2013-2020) disajikan pada Gambar 1. Infeksi Ganoderma meningkat secara signifikan di 48-84 bsia di tanah pasiran ordo spodosols. Pada area Entisols dan ultisols mengalami peningkatan di 60-72 bsia (>200 pokok terinfeksi) dan terjadi penurunan infeksi Ganoderma di 72-84 bsia (> 240 pokok terinfeksi Ganoderma). Sedangkan pada jenis histosols, infeksi mulai meningkat di 72-84 bsia, dan 84-96 bsi di tanah inceptisols. Dinamika perkembangan jumlah pokok kelapa sawit terinfeksi menunjukkan penambahan populasi Ganoderma tertinggi setiap tahunnya (/12 bsia) terdapat pada area spodosols, dan perkembangan terendah pada inceptisols. Penambahan jumlah tanaman kelapa sawit terinfeksi di area tanah entisols dan ultisols menunjukkan pola yang sama, dan terdapat perbedaan di 84-96 bsia. Penambahan

jumlah pokok terinfeksi Ganoderma lebih tinggi pada tanah ultisols di 84-96 bsia dibandingkan dengan perkembangan penyakit di tanah entisols.



Gambar 1. Dinamika Sebaran Ganoderma

Ditinjau dari jumlah tanaman kelapa sawit terinfeksi Ganoderma pada 5 ordo jenis tanah yang diamati, menunjukkan bahwa populasi infeksi Ganoderma tertinggi terdapat pada jenis tanah spodosols (>600 pokok), Ultisols (>200 pokok), entisols (>100 Pokok), inceptisols dan histosols (< 100 pokok). Sehingga, infeksi tanaman kelapa sawit tertinggi terjadi di kelompok tanah berpasir (Spodosols dan entisols) dan mineral (ultisols). Pada tanah Gambut (Histosols), perkembangan infeksi dan jumlah tanaman terinfeksi Ganoderma menunjukkan nilai terendah. Tanah pasir memiliki tekstur yang lebih kasar dan drainase yang lebih baik dibandingkan dengan tanah lainnya (Doussan et al., 2002; Ernst, 1978; Nunes et al., 2015)

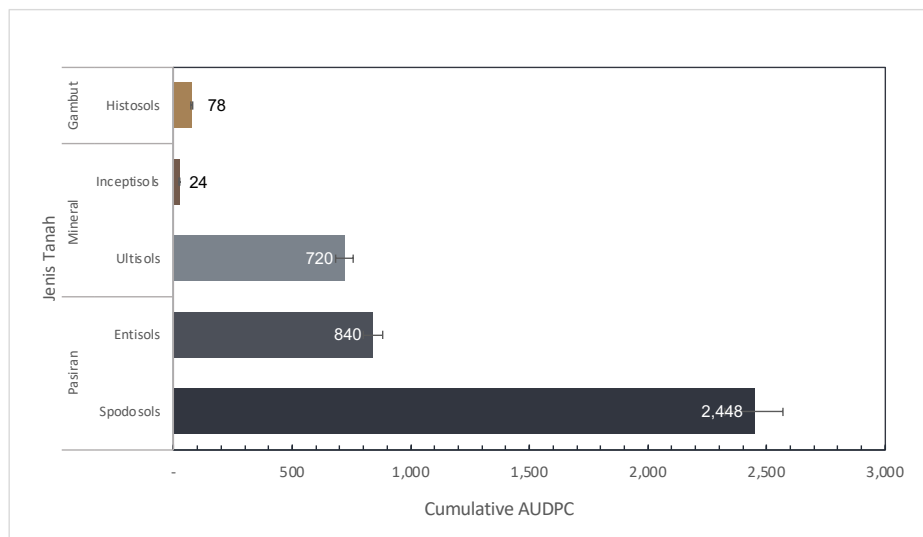
Tanah berpasir khususnya spodosols, memiliki lapisan khusus/ horizon spodik akibat podsolisasi dan akumulasi lempung adalah dua proses pedogenik yang dominan Tanah dengan drainase yang buruk dan genangan air selama musim hujan cenderung menguntungkan penyakit tersebut. Sehingga karakteristik tanah dengan drainase yang buruk serta terhambatnya pergerakan air (stagnan) pada satu horizon selama musim hujan menjadi lokasi terbaik untuk perkembangan penyakit (Kandan et al., 2010) . Didukung dengan karakteristik Ganoderma yang cenderung membutuhkan kelembaban yang cukup untuk tumbuh dan berkembang (Ismail et al., 2012; Rajendran et al., 2009). Lapisan spodik pada jenis tanah spodosols mempengaruhi jumlah bahan organik yang terbawa dengan laurutan tanah melalui pori-pori tanah di lapisan atas horizon ke horizon spodik, sehingga pada lapisan ini mengandung jumlah bahan organik yang cukup dan ditandai dengan butiran organik hitam dan gelap (Hu et al., 2006; Ismail et al., 2012).

Tanah mineral umumnya memiliki tekstur yang lebih kasar dan drainase yang lebih baik dibandingkan dengan tanah lainnya. Tanah ultisols memiliki volume pori yang luas dalam kisaran diameter pori setara antara 100 hingga 0,001 μm (Lu et al., 2014). Ukuran pori yang luas pada tanah mineral akan mendukung proses drainase yang cukup dan mengurangi resiko kelembapan tanah yang berlebih (Esteban & Robert, 2001). Hal ini dapat meminimalisir perkembangan Ganoderma dalam tanah. Oleh karena itu, dalam kondisi ini, sebaran Ganoderma mungkin lebih terbatas. Namun, kondisi tanah mineral yang kaya nutrisi dapat memungkinkan pertumbuhan dan sebaran Ganoderma. Sedangkan pada tanah gambut umumnya memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan keasaman yang tinggi (Rauf et al., 2019; Ywih et al., 2009). Kondisi ini dapat menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan Ganoderma. Tanah gambut yang lembap

dan asam seringkali menjadi habitat yang cocok bagi Ganoderma. Ketersediaan nutrisi organik yang tinggi dalam tanah gambut dapat mendukung pertumbuhan Ganoderma. Namun, karakteristik lingkungan yang spesifik, seperti sirkulasi udara, kelembaban, kandungan nutrisi dalam tanah juga berperan dalam sebaran Ganoderma di tanah gambut (Saputra et al., 2021). Namun, adanya jenis tanah gambut in land peat, menunjukkan respon yang berbeda terhadap perkembangan dan persebaran penyakit.

Nilai Area under the disease progress curve di 5 jenis tanah berbeda

Dinamika perkembangan penyakit Ganoderma pada berbagai jenis tanah, dianalisa berdasarkan nilai AUDPC. AUDPC atau (Area Under the Disease Progress Curve) pada penyakit tanaman penting untuk dilakukan agar dapat memberikan informasi yang sangat penting tentang perkembangan dan tingkat keparahan penyebaran penyakit selama periode tertentu. Hasil perhitungan nilai AUDPD Ganoderma pada 5 jenis tanah tersaji pada gambar 2.

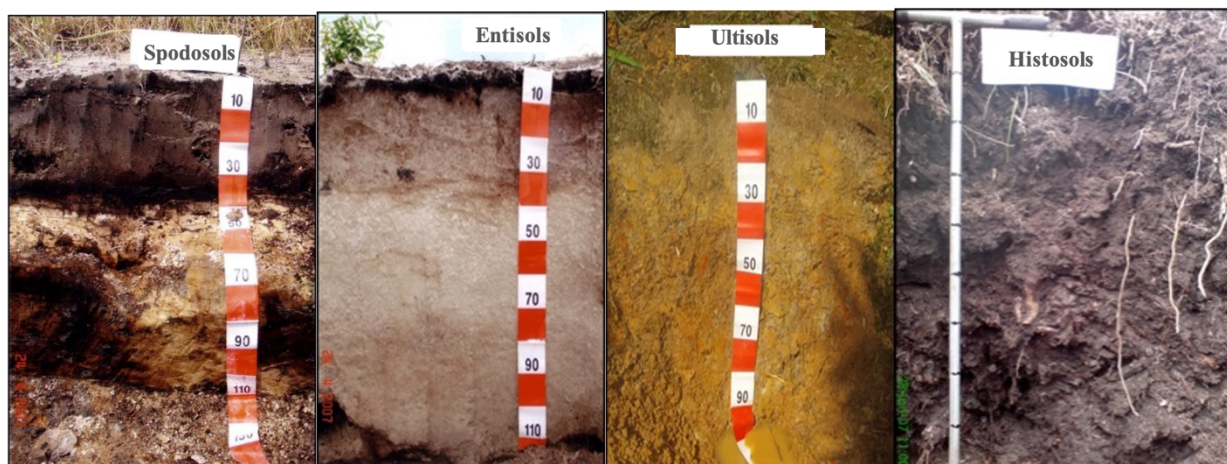


Gambar 2. Grafik AUDPC

Nilai AUDPC tertinggi sebesar 2.448 pada tanah spodosols dan 840 pada tanah entisols, semua ordo tanah tersebut merupakan kelompok dari tanah pasiran. Nilai AUDPC tertinggi ke-3 terdapat pada area di tanah Ultisols yang merupakan kelompok dari tanah Mineral. sedangkan nilai AUDPC terendah terdapat pada ordo tanah inceptisols dan histosols. AUDPC ini digunakan sebagai bentuk evaluasi tingkat keparahan penyakit pada suatu area dengan jenis tanah yang sama. AUDPC memberikan gambaran tentang tingkat keparahan penyakit selama siklus pertumbuhan tanaman (Jeger & Viljanen-Rollinson, 2001). Durasi pengamatan dilakukan selama 8 tahun atau 96 bsi awal, yang bertujuan untuk mengetahui tingkat perkembangan penyakit yang signifikan secara keseluruhan. AUDPC yang relatif rendah dapat mengindikasikan bahwa penyakit masih dalam tahap perkembangan dan penyebaran awal. Sedangkan semakin tinggi nilai AUDPC maka penyebaran dan perkembangan *Ganoderma* telah massif pada area tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, penyebaran *Ganoderma* telah sangat massif terjadi di area dengan jenis tanah spodosols. Pada ordo tanah entisols dan ultisols, persebarannya cukup massif apabila ditinjau dari nilai AUDPC > 500. Sedangkan pada tanah inceptisols dan histosols penyebarannya masih sangat rendah.

Penyebab penyebaran penyakit di tanah spodosols, entisols, dan ultisols dipengaruhi oleh beberapa factor seperti, lingkungan yang mendukung perkembangan penyakit, tanaman yang rentan, dan kesesuaian perkembangan pathogen. Tanah spodosols merupakan tanah berpasir yang memiliki karakteristik khusus berupa lapisan spodik yang memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan struktur lempung yang memperburuk drainase tanah. Bahan organik pada lapisan spodik merupakan hasil akumulasi dari proses hidrologi yang larut melalui pori tanah dari larutan atas ke horizon

spodik (Gambar 8), sehingga terdapat warna tanah pada lapisan ini cenderung gelap (Liu & Chen, 2004; Remaury et al., 2002; Spinola et al., 2022). Penelitian oleh (H. Zhang et al., 2012) menunjukkan bahwa ketersediaan bahan organik dalam tanah secara positif berkorelasi dengan populasi Ganoderma. Tanah Spodosols umumnya memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi dan ketersediaan nutrisi yang lebih rendah dibandingkan dengan Entisols (Remaury et al., 2002). Ganoderma membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga nutrisi di lapisan spodik di tanah Spodosols mengakibatkan pertumbuhan dan aktivitas penyakit yang lebih tinggi, yang terepresantasikan dalam nilai AUDPC yang lebih tinggi. Selain itu, tanah spodosols memiliki factor pembatas berupa system drainase yang buruk karena struktur tanah yang porous yang menyebabkan kemampuan tanah menahan air rendah, potensi hara untuk leaching semakin tinggi, dan tingkat keasaman yang tinggi (Muhdan et al., 2015; Syarovy et al., 1970).



Gambar 3. Penampang tanah spodosols, ultisols dan entisols, (Paramanathan, 2007)

Oleh karena itu, tanaman akan sulit untuk mendapatkan air yang cukup dengan struktur tanah yang porous pada tanah spodosols, sehingga peran air untuk tanaman dan

melarutkan hara di dalam tanah berkurang yang dampaknya akan menyebabkan tanaman kekurangan air dan hara. Tanaman yang kekurangan air dan hara akan menurunkan tingkat ketahanan terhadap infeksi pathogen, sehingga perkembangan pathogen di tanah spodosols sangat cepat dibandingkan entisols dan lainnya. Apabila dibandingkan dengan tanah entisols dengan karakteristik tanah yang porous atau pasir dalam, memiliki drainase yang buruk namun tidak memiliki lapisan spodik (Sukarman et al., 2021). Sehingga, proses leaching akan semakin cepat, dan tidak dapat menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi Ganoderma (tanah tidak lembab atau tidak tertahan pada lapisan spodik). Perbedaan dalam sifat kimia tanah antara Spodosols dan Entisols juga dapat mempengaruhi aktivitas Ganoderma dan nilai AUDPC. Spodosols cenderung memiliki pH yang lebih rendah atau lebih asam, sedangkan Entisols bisa memiliki pH yang bervariasi (Bockheim et al., 2020; Y. Zhang et al., 2021). pH tanah yang rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme, termasuk Ganoderma. Oleh karena itu, pH tanah Spodosols lebih cocok untuk pertumbuhan Ganoderma, sehingga dapat berkontribusi pada nilai AUDPC yang lebih tinggi. Sedangkan pada tanah ultisols umum memiliki kesuburan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Entisols dan kandungan nutrisi yang lebih baik dibandingkan tanah spodosols (Igwe, A Charles; Zarei, Mehdi; Stahr, 2013). Hal ini dikarenakan tanah spodosols seringkali memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan rendahnya ketersediaan nutrisi makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Perbedaan ini dalam ketersediaan nutrisi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan Ganoderma. Tanah Ultisols umumnya memiliki drainase yang baik, yang membantu mengurangi kelembaban berlebih yang mungkin memfasilitasi perkembangan Ganoderma (Azuka et al., 2015; Hseu et al., 2019). Dalam

kondisi tanah dengan drainase yang baik, seperti di Ultisols, tanah cenderung lebih kering dan mengurangi kemungkinan Ganoderma berkembang biak secara intensif, sehingga nilai AUDPC lebih rendah. Faktor-faktor lingkungan lainnya, seperti suhu, kelembaban udara, dan interaksi dengan mikroorganisme tanah, juga dapat mempengaruhi perkembangan Ganoderma dan nilai AUDPC. Setiap jenis tanah memiliki karakteristik uniknya, termasuk kondisi lingkungan yang berbeda. Faktor-faktor ini dapat berperan dalam pengaturan dan perkembangan Ganoderma. Misalnya, jika kondisi lingkungan di Ultisols kurang mendukung pertumbuhan dan perkembangan Ganoderma, maka nilai AUDPC yang lebih rendah dapat terjadi. Perbedaan nilai AUDPC perkembangan Ganoderma di tanah spodosols, entisols dan ultisols diduga dipengaruhi oleh kombinasi beberapa factor dan interaksi kompleks antara tanaman inang, tanah dan pathogen Ganoderma.

Sedangkan nilai AUDPC di tanah histosols atau gambut cenderung paling rendah dibandingkan jenis tanah lainnya. Tanah gambut umumnya memiliki tingkat keasaman yang tinggi dan kandungan bahan organik yang tinggi (Zimar et al., 2020). Meskipun tanah gambut dapat menyediakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan Ganoderma, namun pada sampel area penelitian di Kalimantan tengah tidak menunjukkan adanya peningkatan persebaran Ganoderma (AUDPC Rendah). Pada lokasi penelitian, jenis tanah histosols merupakan kategori gambut In-land peat. Gambut in-land peat terbentuk di daratan atau di daerah tanah air tawar (freshwater) seperti rawa-rawa, hutan basah, dan lahan lembap. Tanah gambut in-land peat terbentuk melalui akumulasi serasah dan bahan organik yang terurai secara lambat di lingkungan yang basah, tergenang air, dan kurang oksigen (Gosch et al., 2019; Mustofa et al., 2016; Reeve

et al., 1996). Proses ini biasanya terjadi di rawa-rawa atau daerah berair lainnya dengan aliran air yang lambat. Gambut in-land peat memiliki kandungan air yang tinggi dan dapat menopang pertumbuhan tumbuhan rawa dan jenis flora dan fauna yang terkait. Gambut in-land peat umumnya lebih asam, sementara gambut marine peat mungkin memiliki tingkat keasaman yang lebih rendah karena adanya endapan sedimen laut. Selain itu, flora dan fauna yang hidup di kedua jenis gambut tersebut juga dapat berbeda karena perbedaan lingkungan (Gallé et al., 2019; Wasis et al., 2019). In-land peat cenderung memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan marine peat (Jurasinski et al., 2018). Sehingga memungkinkan keanekaragaman dan populasi mikroba yang lebih kompleks, hal ini akan mempengaruhi ketahanan tanaman dan rendahnya tingkat kompetisi *Ganoderma* dalam menginfeksi tanaman kelapa sawit.

KESIMPULAN

Populasi tanaman kelapa sawit terinfeksi dan nilai AUDPC paling tinggi terdapat pada tanah spodosols, sehingga persebaran *ganoderma* di tanah tersebut sangat masif. Persebaran *ganoderma* di tanah entisols lebih masif dibandingkan tanah ultisols.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Wilmar plantation Indonesia Region Kalimantan tengah yang telah mensupport penuh atas kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Azuka, C. V, Igu eacute, A. M., Diekkru uuml ger, B., & Igwe, C. A. (2015). Soil survey and soil classification of the Koupendri catchment in Benin, West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 10(42). <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9904>

- Bockheim, J. G., Hartemink, A. E., & Huang, J. (2020). Distribution and properties of sandy soils in the conterminous USA – A conceptual thickness model, and taxonomic analysis. *Catena*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104746>
- Chong, K. P., Dayou, J., & Alexander, A. (2017). *Detection and Control of Ganoderma boninense in oil Palm Crop*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54969-9> ISSN
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2015). The Palm Oil. In *Syria Studies* (5th ed., Vol. 7, Issue 1). Wiley Blackwell. https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). The Oil Palm: Fifth Edition. In *John Wiley & Sons* (Fifth). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118953297>
- Doussan, C., Jouniaux, L., & Thony, J. L. (2002). Variations of self-potential and unsaturated water flow with time in sandy loam and clay loam soils. *Journal of Hydrology*, 267(3–4). [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00148-8)
- Ernst, L. F. (1978). Drainage of undulating sandy solis with high groundwater tables. I. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio. *Journal of Hydrology*, 39(1–2). [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(78\)90111-7](https://doi.org/10.1016/0022-1694(78)90111-7)
- Esteban, G. J., & Robert, B. J. (2001). The distribution of soil nutrients with depth: Global patterns and the imprint of plants. *Biogeochemistry*, 53(1).
- Gallé, R., Samu, F., Zsigmond, A. R., Gallé-Szpisjak, N., & Urák, I. (2019). Even the smallest habitat patch matters: on the fauna of peat bogs. *Journal of Insect Conservation*, 23(4). <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00164-8>
- Gosch, L., Townsend, H., Kreuzburg, M., Janssen, M., Rezanezhad, F., & Lennartz, B. (2019). Sulfate Mobility in Fen Peat and Its Impact on the Release of Solutes. *Frontiers in Environmental Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00189>
- Hamzah, A., Saputra, R., Puspita, F., Nasrul, B., Irfandri, & Depari, N. S. (2021). Ganoderma diversity from smallholder oil palm plantations in peatlands of kampar district, indonesia based on mycelia morphology and somatic incompatibility. *Biodiversitas*, 22(1), 16–22. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220103>

- Hseu, Z. Y., Wu, S. P., Jien, S. H., Huang, W. S., & Chen, Z. S. (2019). Morphology and pedogenesis of placic horizons in podzolic Ultisols with high clay content in humid subtropical forests. *Geoderma*, 353. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.07.015>
- Hu, J. Y., Li, Y. I., & Yeung, K. W. (2006). Air permeability. In *Clothing Biosensory Engineering*. <https://doi.org/10.1533/9781845691462.252>
- Igwe, A Charles; Zarei, Mehdi; Stahr, K. (2013). Soil hydraulic and physico-chemical properties of Ultisols and Inceptisols in. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(4), 491–504. <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.649475>
- Ismail, A., Mamat, M. N., Goh, K. J. K. J., Härdter, R., Hardter, R., Shafri, H. Z. M., Hamdan, N., Izzuddin Anuar, M., Nor, A. R., Wahid, B., Tarmizi, A. M., Basri, W., Afandi, A. M., Tarmizi, A. M., Haniff, M. H., Zulkifli, H., Noh, A., Hamdan, A. B., Khairuman, H., ... Whaley, E. (2012). The Optimal Age of Oil Palm Replanting Azman Ismail and. *Remote Sensing of Environment*, 2(1).
- Jurasinski, G., Janssen, M., Voss, M., Böttcher, M. E., Brede, M., Burchard, H., Forster, S., Gosch, L., Gräwe, U., Gründling-Pfaff, S., Haider, F., Ibenthal, M., Karow, N., Karsten, U., Kreuzburg, M., Lange, X., Leinweber, P., Massmann, G., Ptak, T., ... Lennartz, B. (2018). Understanding the coastal ecocline: Assessing sea-land interactions at non-tidal, low-lying coasts through interdisciplinary research. *Frontiers in Marine Science*, 5(SEP). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00342>
- Kandan, A., Bhaskaran, R., & Samiyappan, R. (2010). Ganoderma - a basal stem rot disease of coconut palm in south Asia and Asia pacific regions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(15). <https://doi.org/10.1080/03235400802536527>
- Liu, J. C., & Chen, Z. S. (2004). Soil characteristics and clay mineralogy of two subalpine forest Spodosols with clay accumulation in Taiwan. *Soil Science*, 169(1). <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000112013.97541.74>
- Lu, S. G., Malik, Z., Chen, D. P., & Wu, C. F. (2014). Porosity and pore size distribution of Ultisols and correlations to soil iron oxides. *CATENA*, 123, 79–87. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2014.07.010>
- Muhdan et al. (2015). *157521-ID-optimalisasi-pertumbuhan-tanaman-kelapa*. 2(3), 340–347.
- Mustofa, R., Dewi, N., & Yusri, J. (2016). Analisis Komparasi Usahatani Kelapa Sawit Swadaya Menurut Tipologi Lahan Di Kabupaten Indragiri Hilir. *Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE)*, 7(1).

- Nunes, M., Gonçalves, J. M., João de Lima, L. J. M., & Pereira, L. S. (2015). Modelling Water Flows in the Vadose Zone and Water Table Interactions at Field Scale in the Lower Mondego Valley, Portugal. *Agrociencia*, 19(3). <https://doi.org/10.31285/agro.19.281>
- Pilotti, C. A. (2005). *Stem rots of oil palm caused by Ganoderma boninense : Pathogen biology and epidemiology*. 129–137.
- Pilotti, C. A., Gorea, E. A., & Bonneau, E. A. (2018). Basidiospores as sources of inoculum in the spread of *Ganoderma boninense* in oil palm plantations in Papua New Guinea. *Plant Pathology Journal*, 67, 1841–1849.
- Rajendran, L., Kandan, A., Karthikeyan, G., Raguchander, T., & Samiyappan, R. (2009). Early detection of *Ganoderma* causing basal stem rot disease in coconut plantations. *Journal of Oil Palm Research*, 21(JUNE).
- Rauf, A., Harahap, F. S., & Rahmawaty. (2019). Evaluation of peat soil properties for oil palm plantation in nine years of plant at Kubu Raya District, West Kalimantan, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 374(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/374/1/012040>
- Reeve, A. S., Siegel, D. I., & Glaser, P. H. (1996). Geochemical controls on peatland pore water from the Hudson Bay Lowland: A multivariate statistical approach. *Journal of Hydrology*, 181(1–4). [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02900-1](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02900-1)
- Remaury, M., Oliva, P., Guillet, B., Martin, F., Toutain, F., Dagnac, J., Belet, J.-M., Dupré, B., & Gauquelin, T. (2002). Nature and genesis of spodic horizons characterized by inverted color and organic content in a subalpine podzolic soil (Pyrenees Mountains, France). *Bulletin de La Société Géologique de France*, 173(1). <https://doi.org/10.2113/173.1.77>
- Saputra, R., Hamzah, A., Puspita, F., Nasrul, B., & Irfandri. (2021). *Ganoderma* spp. Basidioma Variation from Infected Oil Palm on Smallholder Peatland Plantation in Kampar Regency, Riau, Indonesia . *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development (ISPLRSAD 2020)*, 13. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210609.009>
- Spinola, D., Portes, R., Fedenko, J., Lybrand, R., Dere, A., Biles, F., Trainor, T., Bowden, M. E., & D'Amore, D. (2022). Lithological controls on soil geochemistry and clay mineralogy across Spodosols in the coastal temperate rainforest of southeast Alaska. *Geoderma*, 428. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116211>

- Sukarman, Wirianata, H., Budiharjo, K., Primananda, S., & Purwantisari, S. (2021). Estimasi Produksi Tandan Kelapa Sawit Berdasarkan Analisis Ketersediaan Air dengan Teknik Oil Palm Dissection. *Jurnal Beta*, 9, 291–299.
- Susanto, A. (1998). *Sifat-sifat biokimiawi dan Fabrikasi Ganoderma Jamur Patogen Pohonan* (pp. 83–91).
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., & Wening, S. (2013). Laju Infeksi Ganoderma pada Empat Kelas Tekstur Tanah Infection Rate of Ganoderma at Four Soil Texture Classes. 9(51). <https://doi.org/10.14692/jfi.9.2.39>
- Syarovy, M., Ginting, E. N., Wiratmoko, D., & Santoso, H. (1970). Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit Di Tanah Spodosol. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(3), 340–347. <https://doi.org/10.32734/jpt.v2i3.2942>
- Wasis, B., Saharjo, B. H., & Putra, E. I. (2019). Impacts of peat fire on soil flora and fauna, soil properties and environmental damage in riau province, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(6). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200639>
- Ywih, C. H., Ahmed, O. H., Nik, N. M., & Jalloh, M. B. (2009). Effects of converting secondary forest on tropical peat soil to oil palm plantation on carbon storage. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(2). <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2009.123.130>
- Zhang, H., Li, W. J., Nie, S. P., Chen, Y., Wang, Y. X., & Xie, M. Y. (2012). Structural characterisation of a novel bioactive polysaccharide from *Ganoderma atrum*. *Carbohydrate Polymers*, 88(3). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.061>
- Zhang, Y., Hartemink, A. E., & Huang, J. (2021). Spectral signatures of soil horizons and soil orders – An exploratory study of 270 soil profiles. *Geoderma*, 389. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114961>
- Zimar, A. M. Z., Nasvi, M. C. M., & Jayakody, S. (2020). Geotechnical Characterization of Peats in Muthurajawela Region in the Western Coast of Sri Lanka. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(6). <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01462-8>

