

EFIKASI EKSUDAT TANAMAN KENCUR TERHADAP *Ganoderma boninense* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG KELAPA SAWIT

Dea Abbellia^{1*}, Suwandi Suwandi², Rahmad Fadli³

^{1,2,3}Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Palembang

*E-mail: suwandi@fp.unsri.ac.id

Info Artikel	Abstract
<p>Received: April 17, 2026 Revised: April 20, 2026 Accepted: April 29, 2026</p> <p>Keywords: Allelopathy, Antifungal, <i>Ganoderma boninense</i>, Kencur, Rhizome exudate.</p>	<p><i>Basal stem rot (BSR), caused by the fungus <i>Ganoderma boninense</i>, poses a significant threat to oil palm productivity. This study aims to measure the antifungal efficacy of galanga rhizome exudate (<i>Kaempferia galanga</i>) against <i>G. boninense</i> and to investigate the underlying mechanisms of growth inhibition. An in vitro inhibition test was conducted using two samples of kencur exudate, KCRk2 and KCRk3 at concentrations of 0% (control), 1.25%, 5%, and 20%, arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with five replications. Observation parameters included daily fungal colony diameter (mm), percentage of mycelium growth inhibition calculated, tannin color change, EC, and pH. The results showed significant antifungal activity; notably, at a concentration of 1.25%, KCRk2 and KCRk3 achieved inhibition rates of 30.9% and 35.18%, respectively. The inhibition process was marked by clear medium color changes and increased electrolyte leakage, providing evidence that the exudate disrupts the fungal plasma membrane integrity. These findings indicate that the rhizome exudate of kencur is a potent natural agent with promising applications for sustainable BSR management in oil palm plantations.</i></p>
	Abstrak
<p>Kata kunci: Alelopati, Antijamur, Eksudat rimpang, <i>Ganoderma boninense</i>, Kencur.</p>	<p>Busuk batang basal (BSR), yang disebabkan oleh jamur <i>Ganoderma boninense</i>, merupakan ancaman signifikan terhadap produktivitas kelapa sawit. Studi ini bertujuan untuk mengukur efikasi antijamur eksudat kencur (<i>Kaempferia galanga</i>) terhadap <i>G. boninense</i> dan menyelidiki mekanisme dasar penghambatan pertumbuhan. Uji inhibisi <i>in vitro</i> dilakukan menggunakan dua sampel eksudat kencur KCRk2 dan KCRk3 pada konsentrasi 0% (kontrol), 1,25%, 5%, dan 20%, yang diatur dalam Desain Acak Lengkap (RAL) dengan lima ulangan. Parameter observasi termasuk diameter koloni jamur harian (mm), persentase penghambatan pertumbuhan miselium yang dihitung, perubahan warna tanin, EC dan pH. Hasil menunjukkan aktivitas antijamur yang signifikan; terutama, pada konsentrasi 1,25%, KCRk2 dan KCRk3 mencapai tingkat penghambatan masing-masing sebesar 30,9% dan 35,18%. Proses penghambatan ditandai oleh perubahan warna medium yang jelas dan peningkatan kebocoran elektrolit, yang memberikan bukti bahwa eksudat mengganggu integritas membran plasma jamur. Temuan ini menunjukkan bahwa eksudat kencur adalah agen alami yang kuat dengan aplikasi menjanjikan untuk manajemen BSR yang berkelanjutan di perkebunan kelapa sawit.</p>

PENDAHULUAN

Kelapa sawit adalah tanaman industri yang paling penting secara ekonomi (Fadli et al. 2023). Perkebunan kelapa sawit di Indonesia memiliki luas lahan total 16.833.985 hektar dan produksi minyak sawit mencapai 48.125.004 ton pada tahun 2025 (Directorate General of Estate Crops 2025). Salah satu kendala utama adalah penyakit busuk pangkal batang (BPB) disebabkan oleh jamur perusak kayu *Ganoderma boninense* (Fernanda et al. 2021; Ayundra et al. 2022). Persentase tingkat penyakit BPB mencapai 39% di Sumatera Selatan pada tahun 2019 (Paterson 2019). Penyakit ini merusak komponen kayu kelapa sawit tumbang menyebabkan kerugian besar (Goh et al. 2016). Prevalensi meningkat seiring dengan peningkatan generasi penanaman ulang (Suwandi et al. 2022).

Infeksi BPB dapat terdeteksi pada batang yang terinfeksi (Nabilah et al. 2020). Inokulum *Ganoderma boninense* bertahan lama dalam sisa tanaman yang terinfestasi dapat menginfeksi tanaman generasi berikutnya (Suwandi et al. 2023). Sumber inokulum terakumulasi sehingga dapat menular ke tanaman lain (Yuniasih 2018). Karakter kisaran inang luas dan saprofit mengakibatkan sulitnya pengendalian (Syah et al. 2022). Patogen BPB pada kelapa sawit adalah patogen primer dengan tanda penyakit berupa tubuh buah pada tanaman yang masih hidup serta pada tanaman yang sudah menunjukkan gejala (Susanto et al. 2013).

Tindakan kultur teknis seperti sanitasi sumber inokulum (Hendarjanti and Sukorini 2022), penanaman *hole-in-hole* (Priwiratama et al. 2020), pembedahan, pembumbunan serta pembuatan parit isolasi pada pokok kelapa sawit menjadi upaya pengendalian BPB di lapangan (Priwiratama et al. 2014). Langkah-langkah pengendalian saat ini untuk pengelolaan BPB, termasuk praktik budaya (Sari et al. 2025), perlakuan mekanis dan kimia belum terbukti memuaskan (Khoo and Chong 2023). Salah satu alternatif untuk pengendalian BPB menggunakan alelopati. Alelopati adalah fenomena ekologis, di mana bahan kimia yang dihasilkan oleh tumbuhan dan mikroorganisme memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan kebugaran organisme lain (Aci et al. 2022). Interaksi alelopati dapat menjadi salah satu faktor yang *significant* mempengaruhi distribusi, kelimpahan spesies tanaman maupun mikroorganisme (Melda et al., 2016). Skala laboratorium secara *in vitro*, minyak atsiri rimpang kunyit (Karlina et al. 2024) dan kapulaga (Trimeiwardani et al. 2025), kedua rimpang tersebut memiliki senyawa aktif yang bekerja melalui mekanisme kerusakan membran, menyebabkan kebocoran elektrolit seluler hingga mengakibatkan lisis pada hifa *Ganoderma boninense*. Kencur dinilai sebagai obat berkat senyawa alaminya yang memiliki sifat antibakteri dan antijamur (Tran et al. 2024; Zhang et al. 2020). Mekanisme alelopati dalam eksudat kencur sebagai pembawa senyawa bioaktif kunci seperti flavonoid (Tran et al. 2024) memiliki mekanisme penghambatan jamur melalui gangguan permeabilitas membran sel hifa dan tanin (Nadhira and Fajrie 2023) bekerja dengan cara menginaktivasi enzim ekstraseluler dan mengganggu ketersediaan protein yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur. Pemanfaatan eksudat kencur menjadi krusial untuk dikaji, mengingat kemampuannya dalam menyediakan barisan pertahanan biokimia bersifat fungistatik maupun fungisida secara alami di area perakaran. Penelitian ini menyoroti potensi eksudat kencur bertujuan untuk mengamati pertumbuhan koloni sebagai indikator efikasi makroskopis, didukung dengan pengukuran *Electrical Conductivity* (EC) untuk mendeteksi kebocoran membran sel hifa. Parameter pH dipantau guna melihat perubahan kultur media akibat perlakuan, perubahan tanin diukur untuk menentukan intensitas penghambatan biokimia terhadap aktivitas enzimatik *Ganoderma boninense*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi, Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga Desember 2024.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ATK, *autoclave*, aerator, horiba LAQUAtwin EC 33, horiba compact LAQUAtwin pH 22, bunsen, bor gabus, botol selai, 90 mm cawan petri, erlenmeyer, filter PVDF 0.22 μ m, gelas ukur, inkubator, jangka sorong digital, 20 mL jarum suntik, *laminar air flow*, pipet pasteur, pisau *cutter*, spatula, timbangan digital.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: 2 gr agar powder, air, alkohol 96%, alumunium foil, antibiotik, *aquadest*, eksudat tanaman kencur; 1.25 ml, 5 ml, 20 ml, inokulum jamur *Ganoderma boninense* umur lima hari, karet gelang, label, 2 gr *malt extract agar* (MEA), plastik pp, *plastic wrap*, 0.5 g tanin, tissue.

Pembugaran Isolat Jamur *Ganoderma boninense*

Isolat jamur *Ganoderma boninense* diperoleh dari koleksi Laboratorium Fitopatologi, Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Pembugaran isolat jamur dilakukan pada media MEA + tanin yang dilaksanakan pada *laminar air flow*

Persiapan Eksudat Tanaman Kencur

Tanaman kencur diperoleh dari toko *online* di Jakarta dan Bangka. Tanaman kencur segar sebanyak 250 g dibersihkan dengan air mengalir. Setelah itu, tanaman kencur direndam ke dalam 500 ml *aquadest*, ekstraksi selama 12 jam dengan menggunakan aerator. Hasil air rendaman yang merupakan eksudat dilakukan penyaringan dengan saringan *aquarium*, kemudian menggunakan kertas saring *Whatman* No.1. Eksudat disimpan dalam suhu 4°C sampai digunakan.

Pembuatan Media Uji *in vitro*

Pembuatan media dari campuran MEA 2g, agar-agar 2g, tanin 0.5g, dengan eksudat kencur sesuai konsentrasi; 0, 1.25, 5, 20 mL. Siapkan botol selai diisi *aquadest* dan tambahan konsentrasi yang digunakan. Botol selai ditutup dengan menggunakan *alumunium foil*. Botol selai disterilkan dalam *autoclave* suhu 121°C tekanan 1 atm. Selesai disterilisasi, botol selai dikeluarkan dan dibawa ke *laminar air flow*. Pada penuangan media ditambahkan dengan eksudat kencur disaring dengan filter PVDF 0,22 μ m lalu dihomogenkan. Setiap perlakuan dituang sebanyak lima ulangan cawan petri.

Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) univariat yang terdiri dari tujuh perlakuan dan diulang sebanyak lima kali, sehingga diperoleh total 35 unit percobaan. Perlakuan yang diuji meliputi penggunaan dua jenis sampel eksudat kencur (KCRk2 dan KCRk3) dengan empat taraf konsentrasi sebagai berikut: 0% (control), 1.25%, 5%, 20%.

P0: Kontrol (0%)

P1: KCRk2 1.25%

P2: KCRk2 5%

P3: KCRk2 20%

P4: KCRk3 1.25%

P5: KCRk3 5%

P6: KCRk3 20%

Pengamatan

Pengamatan pada uji *in vitro* dilakukan setiap hari selama 5 hari. Pengamatan penghambatan koloni, perubahan warna tanin, pengukuran EC dan pH dilakukan selama 5 hari. Variabel yang akan diamati pada pengujian *in vitro* adalah sebagai berikut:

Diameter Koloni

Diameter koloni diukur dengan menggunakan jangka sorong digital dan dihitung dengan rumus oleh Ibrahim et al. 2014;

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan :

D : Diameter

d1 : Diameter vertikal jamur

d2 : Diameter horizontal jamur

Luas Perubahan Warna Tanin

Analisis perubahan warna tanin dilakukan secara kuantitatif melalui dokumentasi visual pada sisi basal (bawah) cawan petri. Transformasi warna dari coklat terang menjadi coklat tua diinterpretasikan sebagai indikator aktivitas oksidasi atau kompleksasi tanin di dalam media. Luas area dan intensitas perubahan warna tersebut diukur secara digital menggunakan perangkat lunak berbasis *web ImageJ.JS*. Metode ini memungkinkan konversi data visual menjadi satuan luas (cm²) dan tingkat densitas warna yang terukur secara objektif. Parameter utama yang diekstraksi melalui *ImageJ.JS* adalah area (luas persebaran warna) untuk merepresentasikan tingkat kepekatan warna.

Pengukuran Nilai EC dan pH

Pengukuran nilai *Electrical Conductivity* (EC) dan pH dilakukan menggunakan metode ekstraksi media. Kultur media agar dipotong secara aseptik menjadi empat bagian kecil, kemudian direndam dalam 10 mL akuades selama satu jam untuk mengekstraksi ion dan metabolit ke dalam pelarut. Sebelum pengukuran, instrumen pH meter dikalibrasi menggunakan larutan penyangga (*buffer solution*) pada pH 4,0 dan 7,0, sementara EC meter dikalibrasi menggunakan larutan standar kalium klorida (KCl) guna memastikan akurasi pembacaan. Pengukuran dilakukan dengan meneteskan filtrat hasil rendaman media ke sensor alat menggunakan pipet pasteur hingga nilai pada layar stabil.

Analisis Data

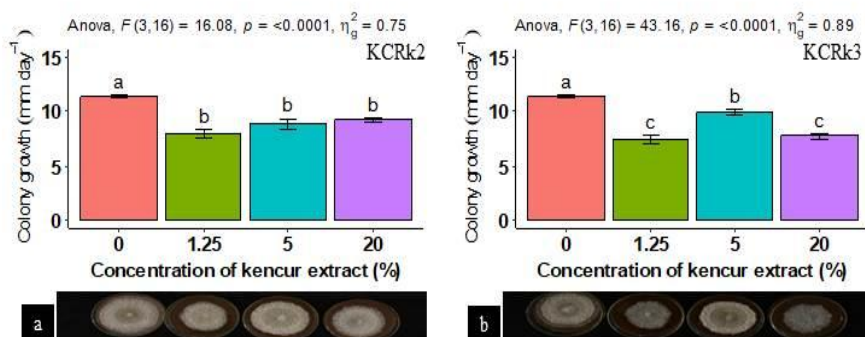
Data pengamatan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata, dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) untuk menentukan perbedaan antar perlakuan. Data hasil penelitian disajikan secara visual menggunakan grafik barplot dengan *error bar* untuk menunjukkan tingkat presisi dan sebaran data pada setiap perlakuan..

HASIL PEMBAHASAN

Eksudat kencur yang digunakan yaitu KCRk2 merupakan kencur kecil rimpang bertunas berasal dari Jakarta. KCRk3 merupakan kencur kecil rimpang bertunas berasal dari Bangka. Pengujian *in vitro* menggunakan dua sampel eksudat kencur pada media MEA + tanin menunjukkan bahwa pertumbuhan *Ganoderma boninense* menghambat oleh konsentrasi eksudat, perubahan warna tanin dan nilai perubahan EC dan pH.

Penghambatan Koloni Pertumbuhan

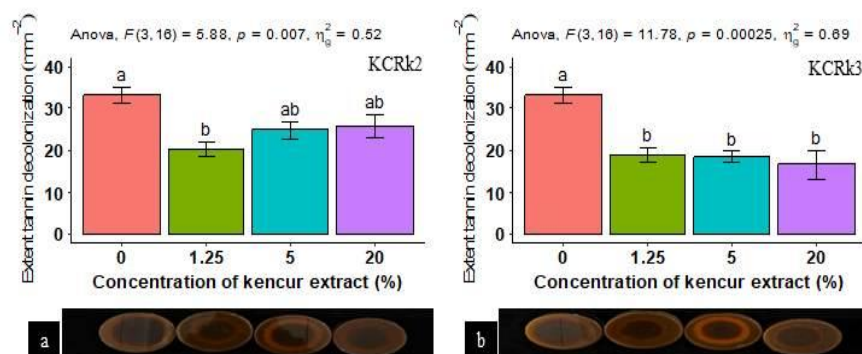
Diameter koloni diukur menggunakan jangka sorong (Shmuel et al. 2012). Eksudat kencur dari dua kultivar KCRk2 (P = 0,0001) dan KCRk3 (P = 0,0001) menghambat pertumbuhan koloni *Ganoderma boninense* pada konsentrasi 1.25-20%. Miselium udara yang tumbuh seragam dan menebal. Pola penghambatan bervariasi tergantung sampel dan konsentrasi. Penghambatan dominan terjadi pada KCRk2 konsentrasi 1,25% sebesar 30,9%, dan KCRk3 pada konsentrasi 1.25% sebesar 35,18%. Aktivitas antijamur dari sampel eksudat rimpang bervariasi antara sampel di dalam variasi yang sama.



Gambar 1. Pertumbuhan koloni *Ganoderma boninense* pada MEA + tanin ditambah dengan eksudat rimpang kencur pada konsentrasi 0% (kontrol), 1.25, 5, dan 20%; KCRk2 (a), KCRk3 (b)

Perubahan Warna Tanin

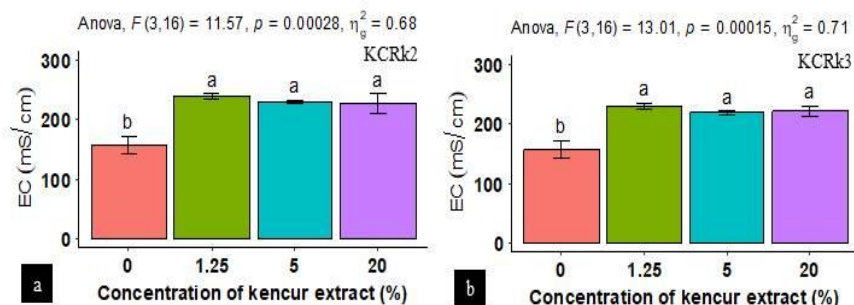
Koloni *Ganoderma boninense* pada media MEA + tanin yang diberi perlakuan eksudat kencur KCRk2 dan KCRk3 mengalami perubahan warna yang secara nyata ($P=0.007$ dan 0.00025) dipengaruhi oleh konsentrasi eksudat. Luas media KCRk2 yang mengalami perubahan warna lebih rendah pada konsentrasi 1.25%. KCRk3 semua perlakuan mengalami perubahan warna lebih rendah dibandingkan kontrol. Perubahan warna media diakibatkan oleh oksidasi. Oksidasi tanin diakibatkan oleh aktivitas enzim fenoloksidase dari patogen menjadi coklat-gelap (Siddiqui and Ganapathy 2024). Fenoloksidase terbukti mengoksidasi tanin menjadi kuinon dalam berbagai konteks biologis (Boeckx et al. 2015). Kuinon mengalami polimerisasi menyebabkan media berubah warna menjadi gelap (Karlina et al. 2024).



Gambar 2. Perubahan warna tanin koloni *Ganoderma boninense* pada MEA + tanin ditambah dengan eksudat rimpang kencur pada konsentrasi 0% (kontrol), 1.25, 5, dan 20%; KCRk2 (a), KCRk3 (b)

Electrical Conductivity dari Media

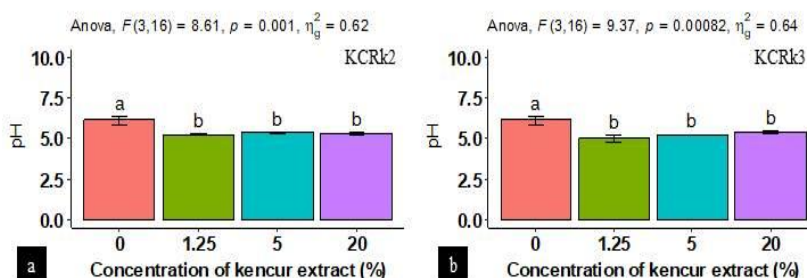
Peningkatan dalam EC menunjukkan konsentrasi ion yang meningkat disebabkan oleh kerusakan membran sel. Nilai EC meningkat dalam beberapa konsentrasi pada perlakuan. Contoh: KCRk2 ($P = 0.00028$) dan KCRk3 ($P = 0.00015$) secara signifikan menghambat pertumbuhan koloni *Ganoderma boninense*, nilai EC pada tiap konsentrasi eksudat lebih tinggi dibandingkan kontrol. Adanya penghambatan pertumbuhan koloni menurut penelitian sebelumnya disebabkan karena kebocoran membran sel (Maritza 2025), sehingga isi sel keluar dan terdifusi ke media dan meningkatkan nilai EC (Karlina et al. 2024).



Gambar 3. Electrical conductivity dari media *Ganoderma boninense* pada MEA+tanin ditambah dengan eksudat rimpang kencur pada konsentrasi 0% (kontrol), 1.25, 5, dan 20%; KCRk2 (a), KCRk3 (b)

Potential Hydrogen dari Media

Pengukuran nilai pH dalam kultur jamur untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaaan media, menunjukkan hubungan antara pH media dengan sekresi metabolit *Ganoderma boninense*. Contoh: KCRk2 ($P = 0.001$) dan KCRk3 ($P = 0.00082$) signifikan menurunkan nilai keasamaan media pH *Ganoderma boninense*. Media yang semakin asam dapat merangsang pembentukan pigmen coklat kehitaman pada *Ganoderma boninense*. Nilai pH media pada eksudat KCRk2 dan KCRk3 pH lebih rendah pada semua konsentrasi dibandingkan tanpa eksudat. Asam organik ini dapat berkontribusi langsung terhadap penurunan pH media karena sifat asamnya akan meningkatkan konsentrasi ion H^+ dalam larutan (Zhang 2023). Konsentrasi eksudat kencur yang ditambahkan rendah, seperti pada konsentrasi 1.25% dapat mengakibatkan pengaruh terhadap pH menjadi minim dibandingkan dengan konsentrasi 5% dan 20%.



Gambar 4. Potential hydrogen media *Ganoderma boninense* pada MEA+tanin ditambah dengan eksudat rimpang kencur pada konsentrasi 0% (kontrol), 1.25, 5, dan 20%; KCRk2 (a), KCRk3 (b)

KESIMPULAN

Eksudat kencur memiliki efek alelopati yang efektif menghambat pertumbuhan koloni *Ganoderma boninense* secara in vitro. Penghambatan itu ditandai perubahan warna pada media, Hasil penelitian juga menunjukkan adanya indikasi kebocoran membran plasma.

DAFTAR PUSTAKA

Aci, Meriem, M., Rossana S., Fabrizio, A., and Antonio, L. 2022. Emerging Trends in Allelopathy: A Genetic Perspective for Sustainable Agriculture. *Agronomy* 12(9).

- Ayundra, Shervinia, D., Suwandi S., Herlinda, S., Hamidson, H., Ruli, W., and Dwi, A. 2022. Soil Physicochemical Properties in Respect to Plant Health in *Ganoderma* - Infested Oil Palm Plantation. *Journal of Scientific Agriculture* 6:9–13.
- Boeckx, Tinne, Ana L. Winters, K. Judith Webb, and Alison H. Kingston-Smith. 2015. Polyphenol Oxidase in Leaves: Is There Any Significance to the Chloroplastic Localization? *Journal of Experimental Botany* 66(12):3571–79.
- Directorate General of Estate Crops. 2025. Statistical of National Leading Estate Crops 2023-2025. 1.
- Fadli, Rahmad, Suwandi, S., Damiri, N., Muslim, A., and Irsan, C. 2023. Effect of Mixed Cropping of Water Yam (*Dioscorea alata*) on *Ganoderma* Disease of Oil Palm. *Journal of Phytology* 15:7–11.
- Fernanda, Rozi, Yasmeen, S., Daarshini, G., and Khairulmazmi, A. 2021. Suppression of *Ganoderma boninense* Using Benzoic Acid: Impact on Cellular Ultrastructure and Anatomical Changes in Oil Palm Wood. *Forests* 21:1231.
- Goh, K. M, Dickinson, M., Alderson, P., Yap, L., and Supramaniam, C. V. 2016. Development of an in Planta Infection System for the Early Detection of *Ganoderma* spp. in Oil Palm. *Journal of Plant Pathology* 98(2):255–64.
- Hendarjanti, Henny, and Henik, S. 2022. Controlling Basal Stem Rot in Oil Palm Plantations by Applying Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Trichoderma* spp. *KnE Life Sciences* 2022:206–27. doi: 10.18502/cls.v7i3.11121.
- Karlina, L., Suwandi, S., Muslim, A., Damiri, N., Abdul, M. R., and Zaidan P. 2024. Antifungal Activity of Turmeric Rhizome Extract against *Ganoderma boninense*. *Journal of Scientific Agriculture* 8:88–91. doi: 10.25081/jsa.2024.v8.9292.
- Khoo, Y. W., and Chong, K. P. 2023. *Ganoderma boninense* : General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. *Frontiers* 1–17. doi: 10.3389/fpls.2023.1156869.
- Maritza, D. R. M., and Jenny, R. 2025. Essential Oils as an Antifungal Alternative to Control Several Species of Fungi Isolated from *Musa Paradisiaca* : Part III. *Microorganisms* 13:1663.
- Melda, Y., Indriyanto, dan Duryat. 2016. Pengaruh Zat Alelopati Dari Alang-Alang Terhadap Pertumbuhan Semai Tiga Speises Akasia. *Jurnal Sylva Lestari* 4(2):1–23.
- Nabilah, A., Noor, A., Bejo, S. K., and Mahirah, J. 2020. Early Detection of *Ganoderma boninense* in Oil Palm Seedlings Using Support Vector Machines. *Remote Sensing* 12:3920.
- Nadhira, R., and Al Fajrie. 2023. Antibacterial Effectiveness Test of Kencur Rhizome Ethanol Extract (*Kaempferia galanga* L.) against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of Medical Reviews* 3(4):453–57.
- Paterson, R., and Russell M. 2019. *Ganoderma boninense* Disease of Oil Palm to Significantly Reduce Production After 2050 in Sumatra If Projected Climate Change Occurs. *Microorganisms* 24(7):1–8..
- Priwiratama, H., Prasetyo, A. E., Susanto, A. 2020. Incidence of Basal Stem Rot Disease of Oil Palm in Converted Planting Areas and Control Treatments Incidence of Basal Stem Rot Disease of Oil Palm in Converted Planting Areas and Control Treatments. *IOP Publishing* 468.
- Priwiratama, H., Agus, E. P., and Agus, S. 2014. Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit Secara Kultur Teknis. *Jurnal Fitopatologi* 10(51):1–7. doi: 10.14692/jfi.10.1.1.
- Roy, I., Yetti, E., and Rahmi, D. 2014. Uji Biofungisida Pelet Berbahan Dasar Pelepah Kelapa Sawit yang Mengandung Isolat *Trichoderma* spp. terhadap Jamur *Ganoderma boninense* Pat. Secara In

Vitro. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau* 1(1):17–19.

- Suwandi, S., Rahmadhani, T. P., Suparman, S., Irsan, C., and Muslim, A. 2022. Allelopathic Potential of Root Exudates from Perennial Herbaceous Plants against *Ganoderma boninense*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 976:1–6.
- Sari, A., Robert, K., Zahratul, M. P., Krisman, H., and Dicky, B. T.. 2025. Intensitas *Ganoderma boninense* Pada Kelapa Sawit Fase TM Di Lahan Tadah Hujan Perkebunan Rakyat Sungai Dua Dusun XII. *Jurnal Agroplasma* 12(2):427–32.
- Sari, Dyah, W., Faqih, N. H., and Irawati, A. 2021. Efficiency of Land Use in Smallholder Palm Oil Plantations in Indonesia: A Stochastic Frontier Approach. *Forest and Society* 5(1):75–89..
- Shmuel, R., John, H.G., Ayelet, C., Benjamin L. de B., Isabella, G., and Eviatar, N. 2012. Growth and Asymmetry of Soil Microfungal Colonies from ‘Evolution Canyon,’ Lower Nahal Oren, Mount. *PLoS ONE* 7(4):2–7.
- Siddiqui, Y., and Daarshini, G. 2024. Altered Cytostructure and Lignolytic Enzymes of *Ganoderma boninense* in Response to Phenolic Compounds. *Microbiology Research* 15:550–66.
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., and Wening, S. 2013. Laju Infeksi *Ganoderma* Pada Empat Kelas Tekstur Tanah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 9(2):39–46. doi: 10.14692/jfi.9.2.39.
- Suwandi, S., Suparman, S., Munandar, R. P., Irsan, C., and Muslim, A. 2023. Mixed Planting with Rhizomatous Plants Interferes with *Ganoderma* Disease in Oil Palm. *Journal of Oil Palm Research* 35(2):354–64.
- Syah, Ryan, F., Agung, R., Hari, I. H., and Setya, P. 2022. Potensi Agensia Hayati Pengendali Patogen *Ganoderma boninense* Tanaman Kelapa Sawit. *Jurnal HPT* 2(1):180–83.
- Tran, T. M., Bui, H. T. T., Huynh, H. P., Lam, N. N., Nguyen. V. A. 2024. Potential Antibacterial and Antifungal Effect of Extracts From. *Chemical Engineering Transactions* 110:409–14.
- Trimeiwardani, . A. A., Suwandi, S., Irsan, C., Muslim, A., and Mulawarman, M. 2025. Antifungal Properties of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Root Exudate against *Ganoderma boninense*. *Current Botany* 16:226–31.
- Yuniasih, Betti. 2018. Tingkat Keparahan Serangan *Ganoderma* sp. Pada Berbagai Umur Tanaman Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Instiper Tahun 2018* 91–96.
- Zhang, Lanyue, Xiaoxin, L., Zhirong, O., Mao, Y., Yaohui, S., Yubin, C., Jiawei, Z., Danxia, Z., and Hongping, X. 2020. Screening of Chemical Composition, Anti-Arthritis, Antitumor and Antioxidant Capacities of Essential Oils from Four Zingiberaceae Herbs. *Industrial Crops & Products* 149:112342.
- Zhang, S. 2023. Recent Advances of Polyphenol Oxidases in Plants. *Molecules* 28(5):1–16.