



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: d616e94a-d4f9-4c42-984a-404bcd995f5a

laporan akhir Penelitian: tahun ke-3 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Karakterisasi mekanisme alelopati tumbuhan terna tahunan terhadap inokulum dan patogenesitas Ganoderma penyebab penyakit busuk pangkal batang tanaman kelapa sawit

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Pangan	-	Keanekaragaman spesies flora dan fauna di ekosistem alami dan buatan yang dimanfaatkan untuk kelestarian lingkungan, obat-obatan, pertanian dan industri	Ilmu Hama dan Penyakit Tanaman

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi			SBK Riset Dasar	3	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
SUWANDI -	Universitas	Ilmu		53785	6

Ketua Pengusul	Sriwijaya	Tanaman			
CHANDRA IRSAN - Anggota Pengusul	Universitas Sriwijaya	Ilmu Tanaman	Melaksanakan seleksi tumbuhan terna tahunan yang bersifat alelopatik terhadap Ganoderma di lapangan	5985293	5
A MUSLIM - Anggota Pengusul	Universitas Sriwijaya	Proteksi Tanaman	Melaksanakan karakterisasi pengaruh alelopatik terhadap patogenesis penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit	6076473	8

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Accepted	Applied Ecology and Environmental Research
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Published	Applied Ecology and Environmental Research
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Published	Plant Protection Science
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	Plant Protection Science
3	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di	Sedang direview	Plant Pathology Journal

	Pengindeks Bereputasi		
3	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	Plant Pathology Journal
3	Video Kegiatan		

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Published	Asian Conference on Plant Pathology, Tsukuba, Jepang, 15-18 September 2020
1	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi		IOP Conference series
2	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Published	IOP Conference series
2	Artikel pada Conference/ Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Submitted	IOP Conference series
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Published	Mycobiology
3	Book Chapter	Belum terbit	IntechOpen

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 3 Tahun Rp. 0

Tahun 1 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 2 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

6. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Output penelitian tahun ke-1 telah melampaui target, yaitu 1 jurnal terindeks Scopus Q2, WoS, JCR yaitu Journal of Oil Palm Research dengan judul "Mixed planting with rhizomatous plants interferes with Ganoderma disease in oil palm. <https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0043>"; 1 prosiding terindeks Scopus berjudul "Allelopathic potential of root exudates from perennial herbaceous plants against Ganoderma boninense. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/976/1/012053>"; dan jurnal nasional Sinta 3 yaitu berjudul "Pengaruh tumpangsari dengan tanaman rimpang terhadap infeksi awal Ganoderma boninense pada bibit kelapa sawit. <http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5738>" dan "Aktivitas pelapukan kayu inokulum Ganoderma boninense pada tumpangsari bibit kelapa sawit dan talas- talasan. [Http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5738](http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5738)".

Penelitian tahun ke-2 terdiri dari 2 pengujian yaitu: 1) Uji Aktivitas Alelopatik Terna terhadap infeksi strain (individu somatik) tunggal dan strain (individu somatik) ganda Ganoderma boninense, 2) Interferensi pelapukan kayu, pertumbuhan, dan infeksi Ganoderma boninense oleh jamur ligninolitik endofit tanaman terna. Pengujian ke-1 menghasilkan 1 paper berjudul "Effect of mixed cropping with water yam (*Dioscorea alata*) on Ganoderma disease on oil palm" yang dipublikasi pada Journal of Phytology Scopus Q4 <https://doi.org/10.25081/jp.2023.v15.7641> dan 1 paper published pada jurnal nasional Sinta 3 berjudul "Co-infection of two Ganoderma boninense strains on oil palm seedlings <https://doi.org/10.31849/jip.v19i3.10497>". Pengujian ke-2 menghasilkan 1 paper publikasi prosiding terindeks Scopus <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337307008> berjudul "Interference of wood decay, growth, and infection of Ganoderma boninense by ligninolytic fungi from herbaceous plants".

Pada tahun ketiga (tahun terakhir) dikaji mekanisme alelopati yang mempengaruhi aktivitas patogenesis infeksi dan metabolisme Ganoderma boninense. Sebanyak 2 pengujian utama yang akan dilakukan, yaitu: 1) Uji antifungi in vitro dan penghambat infeksi in planta ekstrak rimpang (jahe, temulawak dan kunyit) terhadap Ganoderma, 2) Aktivitas alelopati eksudat akar (jahe, temulawak, kunyit, talas Bogor, Talas Belitung dan Talas Jepang). Hasil penelitian berjudul "Ganoderma boninense infection interference on oil palm under mixed planting with taro plants" telah disubmit dan status revisi ke-3 pada jurnal internasional bereputasi yaitu Biodiversitas (Scopus Q3). Sebagai tambahan, 2 makalah telah dipresentasikan di Seminar Ilmiah dan Kongres XXVII PFI tanggal 27-28 Juli 2023 di Lampung, yaitu "Tumpangsari dengan Tanaman Herba Alelopati Menekan Penyakit dan Potensi Inokulum Ganoderma pada Bibit Kelapa Sawit" dan "Efikasi Ekstrak Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) terhadap Ganoderma boninense dan Penyakit

Busuk Pangkal Batang pada Kelapa Sawit”. Satu book chapter pada Emerging Issues in Environment, Geography and Earth Science terbitan B P International berjudul “Arresting oil palm Ganoderma infection through mixed planting with allelopathic perennial herbaceous plants” sedang dipersiapkan untuk mencapai luaran tambahan tahun 2023. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa kajian interferensi infeksi menggunakan tanaman alelopati herba tahunan telah mencapai TKT-3 sesuai yang direncanakan.

B. KATA KUNCI

Ganoderma boninense; alelopati; interferensi infeksi; tanaman rimpangan; talas-talasan

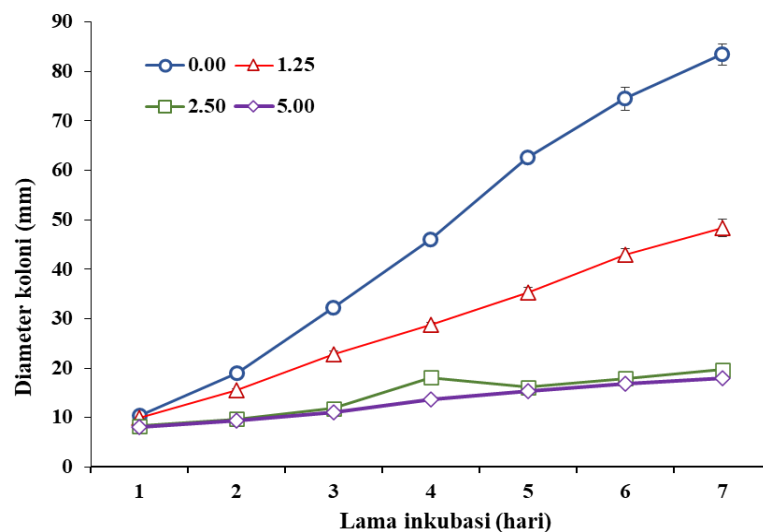
Pelaksanaan penelitian pada tahun 2023 mencakup 2 kegiatan utama yaitu: 1) kajian aktivitas antifungi ekstrak tanaman alelopati dan 2) kajian aktivitas alelopati eksudat akar tanaman rimpangan dan talas-talasan.

1. Aktivitas antifungi ekstrak tanaman alelopati

Mekanisme tanaman alelopati terhadap *Ganoderma* pada penelitian tahun kedua yaitu kunyit, temulawak dan jahe ditelaah melalui uji antifungi ekstrak tanaman tersebut secara *in vitro* dan dilanjutkan secara *in planta*. Ekstrak tanaman yang digunakan adalah ekstrak etanol yang diekstraksi dengan metode maserasi dan simplisia dipekatkan dengan rotary evaporator serta dikeringkan sehingga menjadi serbuk ekstrak. Konsentrasi ekstrak yang diuji adalah 0; 1,25; 2,5; dan 5%. Sebagai pembanding digunakan fungisida heksakonazol 0,1%. Pengujian menggunakan metode makanan beracun yaitu dengan mencampur ekstrak sesuai konsentrasi pada media 2% MEA. Pengujian dilakukan 2 kali dan masing-masing dengan 5 cawan Petri sebagai ulangan. Peubah yang diamati adalah hambatan kecepatan pertumbuhan, morfologi koloni dan miselium, nilai EC dan pH media.

1.1. Aktivitas antifungi ekstrak kunyit secara *in vitro*

Ekstrak kunyit bersifat antifungi dengan menghambat pertumbuhan koloni *Ganoderma* mulai konsentrasi 2,5% (Gambar 1.1).



Gambar 1.1. Pengaruh konsentrasi ekstrak kunyit terhadap pertumbuhan diameter koloni *Ganoderma boninense*

Hasil analisis kecepatan tumbuh *G. boninense* yang diperoleh dari kemiringan garis regresi linear antara panjang jari-jari koloni dan hari pengamatan, menunjukkan bahwa semua konsentrasi yang diuji secara nyata menghambat pertumbuhan miselia. Hambatan tertinggi dicapai pada konsentrasi 2,5% dan 5%. Pada konsentrasi 1,25% hambatan mendekati nilai 50% hambatan pertumbuhan atau MIC50 (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. Nilai kecepatan tumbuh dan nilai penghambatan pertumbuhan jamur *G. boninense* pada perlakuan ekstrak kunyit murni dengan 4 konsentrasi yang berbeda

Konsentrasi (%)	Kecepatan tumbuh (mm/hari)*	Nilai hambatan (%)
0,00	12,9±0,2 a	-
1,25	6,5±0,2 b	49,4
2,50	2,0±0,0 c	84,8
5,00	1,8±0,1 c	86,3

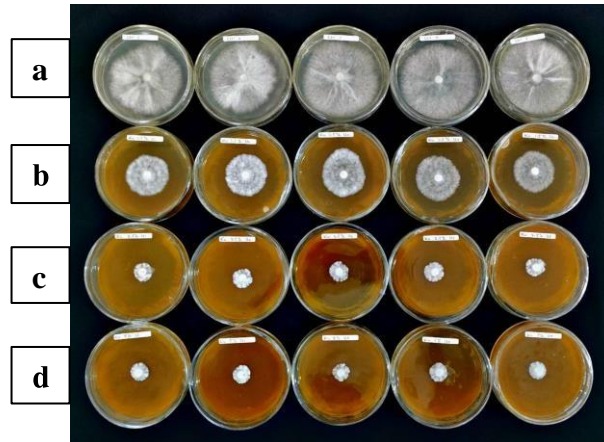
* Kecepatan tumbuh disajikan sebagai rata-rata ± galat baku yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Hasil analisis pH dan EC dari biakan dengan *G. boninense* (pH+Gb dan EC+Gb) dan tanpa *G. boninense* (pH-Gb dan EC-Gb) pada tiap perlakuan, menunjukkan bahwa pH dan nilai EC tanpa Ganoderma lebih tinggi daripada pH dan EC dengan Ganoderma. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka pH semakin rendah, sedangkan semakin tinggi konsentrasi yang digunakan nilai EC semakin tinggi. Nilai EC pada konsentrasi 5% menyebabkan bertambahnya nilai menjadi 1,6 kali lipat. Pertambahan nilai EC juga terjadi pada perlakuan tanpa *G. boninense*, tetapi hanya 1,2 kali lipat pada konsentrasi 5% (Tabel 1.2).

Tabel 1.2. Nilai pH dan nilai EC jamur *G. boninense* pada perlakuan ekstrak kunyit murni dengan 4 konsentrasi yang berbeda

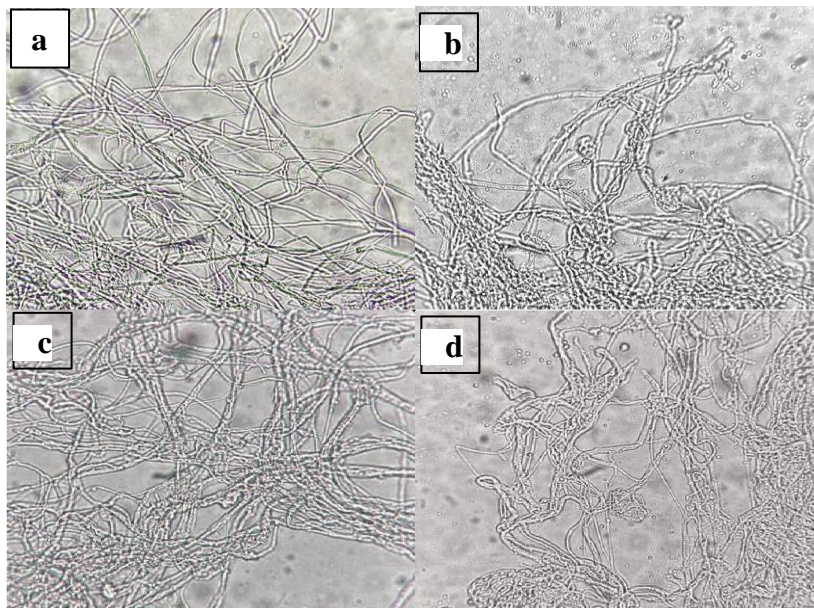
Konsentrasi (%)	pH -Gb	pH +Gb	EC -Gb	EC +Gb
0,00	6,5	6,9	294	172
1,25	6,3	5,7	357	213
2,50	6,4	5,7	318	285
5,00	6,0	5,7	369	285

Perlakuan ekstrak kunyit selain menyebabkan hambatan pertumbuhan koloni juga menyebabkan perubahan morfologi koloni. Ketebalan koloni pada konsentrasi 1,25%, 2,5% dan 5% berbeda dengan kontrol. Hifa udara pada perlakuan ekstrak mengalami penumpukan pada sisi koloni dibandingkan miselium pada kontrol yang sisinya tipis dan cepat berkembang (Gambar 1.5).



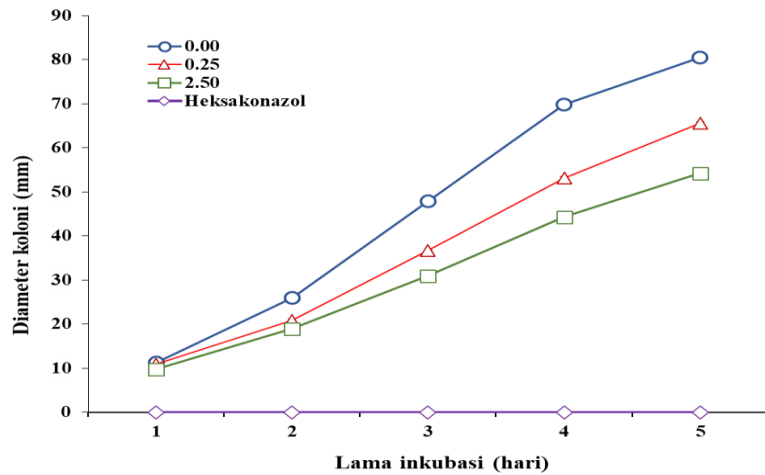
Gambar 1.2. Morfologi koloni jamur *G. boninense* konsentrasi ekstrak kunyit a) 0%, b) 1,25%, c) 2,5% dan d) 5% inkubasi hari ke-7

Hasil morfologi mikroskopis perbesaran 400 kali menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pada miselia jamur *G. boninense* yang diberi perlakuan ekstrak murni dengan berbagai konsentrasi (Gambar 1.3).



Gambar 1.3. Morfologi mikroskopis jamur *G. boninense* pada perlakuan konsentrasi a) kontrol, b) 1,25%, c) 2,5%, dan d) 5%

Uji *in vitro* formulasi ekstrak kunyit yang mengandung tanin dengan konsentrasi berbeda, menunjukkan bahwa konsentrasi 0,25% dan 2,5% lebih menghambat pertumbuhan koloni dibandingkan kontrol. Heksakonazol 0,1% mematikan koloni *G. boninense* (Gambar 1.4).



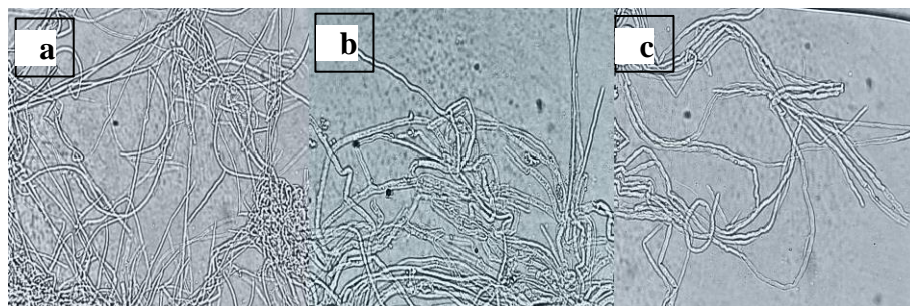
Gambar 1.4. Pengaruh konsentrasi formulasi ekstrak kunyit terhadap pertumbuhan diameter koloni *G. boninense*

Perlakuan ekstrak kunyit pada konsentrasi 2,5% (setara konsentrasi ekstrak murni 0,75%) lebih menghambat pertumbuhan koloni dibandingkan dengan kontrol. Hifa udara perlakuan ekstrak 2,5% mengalami penumpukan pada sisi koloni dibandingkan miselium kontrol yang sisinya tipis dan cepat berkembang. Fungisida heksakonazol 0,1% mematikan koloni (Gambar 1.5.).



Gambar 1.5. Morfologi koloni jamur *G. boninense* konsentrasi formulasi ekstrak kunyit a) 0%, b) 0,25%, c) 2,5% dan d) fungisida heksakonazol 0,1% inkubasi hari ke-7

Hasil morfologi mikroskopis menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pada miselia jamur *G. boninense* yang diberi perlakuan formulasi ekstrak dengan berbagai konsentrasi (Gambar 1.6.).



Gambar 1.6. Morfologi mikroskopis jamur *G. boninense* pada perlakuan konsentrasi a) kontrol, b) 0,25 % dan c) 2,5%

Kecepatan tumbuh *G. boninense* pada semua konsentrasi terhambat secara nyata, dengan nilai hambatan pertumbuhan yang berbeda. Pada konsentrasi formulasi 2,5% terjadi hambatan sebesar 37,3% (Tabel 1.3.).

Tabel 1.3. Nilai kecepatan tumbuh dan nilai penghambatan pertumbuhan jamur *G. boninense* pada perlakuan formulasi ekstrak kunyit dengan 4 konsentrasi yang berbeda

Konsentrasi (%)	Kecepatan tumbuh (mm/hari)*	Nilai hambatan (%)
0,00	18,2±0,1 a	-
0,25	14,1±0,2 b	22,3
2,50	11,4±0,1 c	37,3
Heksakonazol	0,0±0,0 d	100,0

Hasil analisis pH dan EC dari biakan dengan *G. boninense* (pH+Gb dan EC+Gb) dan tanpa *G. boninense* (pH-Gb dan EC-Gb) pada tiap perlakuan, menunjukkan bahwa pH dan nilai EC tanpa *G. boninense* lebih tinggi daripada pH dan EC dengan *G. boninense*. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka pH semakin rendah dan nilai EC semakin tinggi. Nilai EC pada konsentrasi 2,5% menyebabkan bertambahnya nilai menjadi 1,4 kali lipat. Pertambahan nilai EC juga terjadi pada perlakuan tanpa *G. boninense*, tetapi hanya 1 kali lipat pada konsentrasi 2,5% (Tabel 1.4).

Tabel 1.4. Nilai pH dan nilai EC biakan *Ganoderma boninense* pada perlakuan formulasi ekstrak kunyit

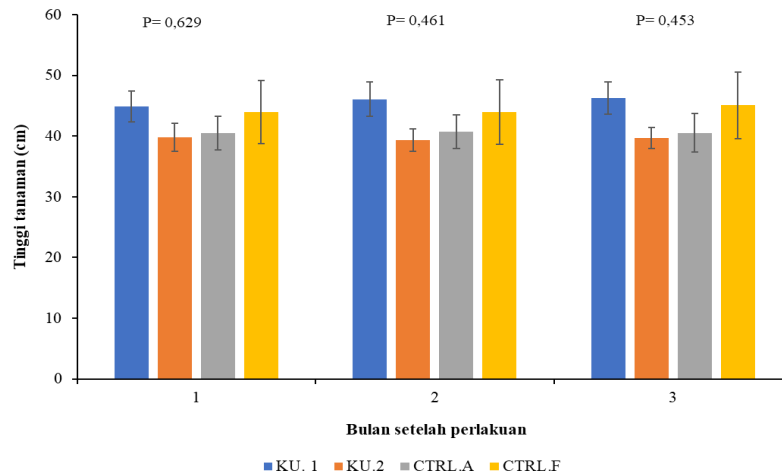
Konsentrasi (%)	Ph -Gb	Ph +Gb	EC -Gb	EC +Gb
0,00	6,7	6,4	301	119
0,25	6,5	6,8	289	144
2,50	6,4	6,0	296	176
Heksakonazol	6,5	6,3	321	282

1.2. Aktivitas ekstrak kunyit terhadap infeksi *Ganoderma* dan pertumbuhan kelapa sawit

1.2.1. Percobaan *in planta* infeksi awal

a) Tinggi tanaman (cm)

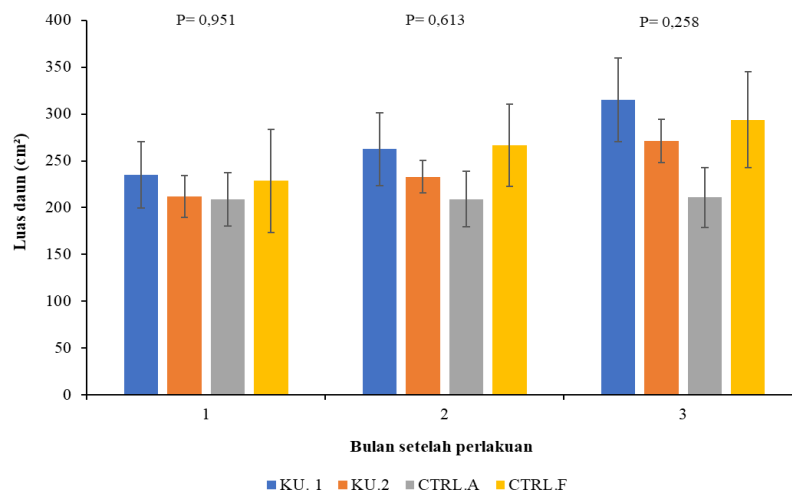
Tinggi tanaman tidak secara nyata dipengaruhi oleh konsentrasi. Walaupun tidak berpengaruh nyata, tetapi terdapat kecenderungan bahwa konsentrasi perlakuan 2,5% menunjukkan hasil lebih baik daripada kontrol terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Fungisida heksakonazol 0,1% mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 1.7).



Gambar 1.7. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap tinggi tanaman kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*, KU.1 (2,5%), KU.2 (0,25%), CTRL.A (kontrol air), CTRL.F (fungisida heksakonazol 0,1%)

2) Luas daun (cm²)

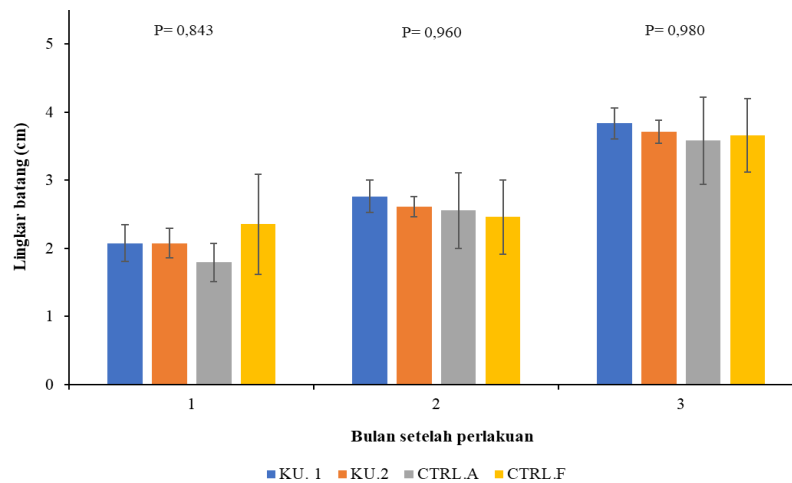
Konsentrasi perlakuan tidak mempengaruhi secara nyata luas daun pada bibit kelapa sawit. Walaupun demikian, perlakuan dengan konsentrasi 0,25% dan 2,5% menunjukkan hasil lebih baik daripada kontrol terhadap panjang dan lebar daun. Fungisida heksakonazol 0,1% berpengaruh secara nyata (Gambar 1.8).



Gambar 1.8. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap luas daun kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*, KU.1 (2,5%), KU.2 (0,25%), CTRL.A (kontrol air), CTRL.F (fungisida heksakonazol 0,1%)

3) Lingkar batang (cm)

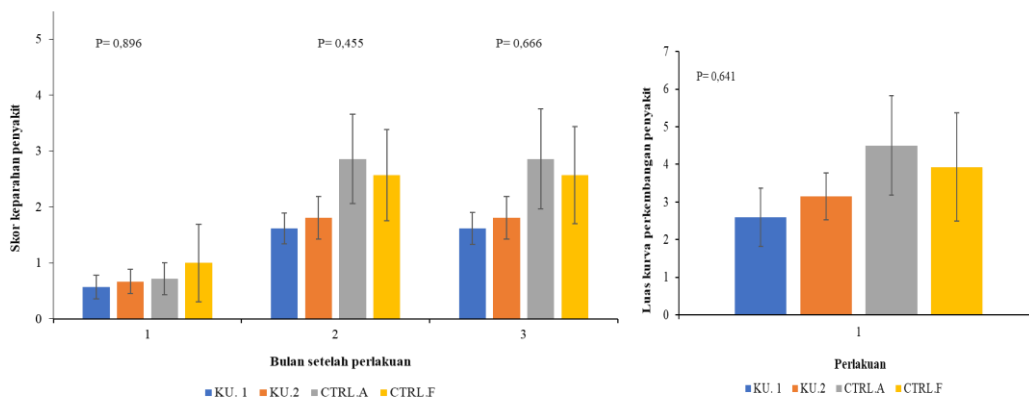
Lingkar batang bibit kelapa sawit tidak dipengaruhi secara nyata oleh konsentrasi. Walaupun tidak berpengaruh nyata, tetapi konsentrasi perlakuan 0,25% dan 2,5% menunjukkan hasil lebih baik daripada kontrol. Fungisida heksakonazol 0,1% tidak mempengaruhi lingkar batang (Gambar 1.9).



Gambar 1.9. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap lingkar batang kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*, KU.1 (2,5%), KU.2 (0,25%), CTRL.A (kontrol air), CTRL.F (fungisida heksakonazol 0,1%

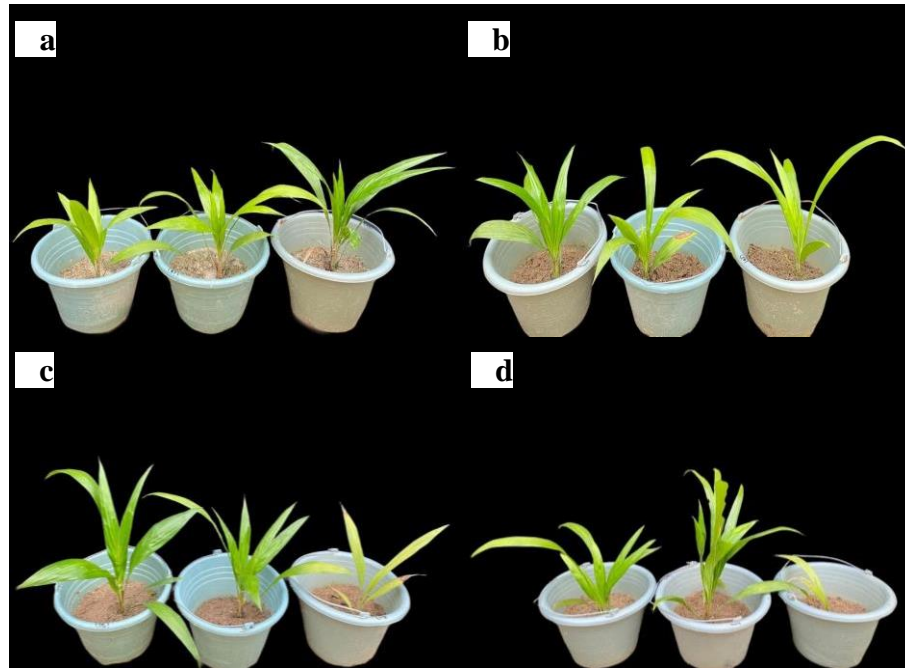
4) Keparahan penyakit

Hasil analisis skor keparahan penyakit dan luas kurva perkembangan penyakit (LKPP) 3 bulan setelah aplikasi, menunjukkan bahwa konsentrasi tidak mempengaruhi secara nyata keparahan penyakit yang terjadi pada bibit kelapa sawit. Walaupun tidak berpengaruh secara nyata, namun konsentrasi 0,25 % dan 2,5% mampu menurunkan keparahan penyakit lebih baik daripada kontrol. Fungisida heksakonazol 0,1% tidak dapat menekan penyakit sampai 3 bulan setelah inokulasi (Gambar 1.10). Formula dengan konsentrasi 0,25% dan 2,5% yang diaplikasikan pada bibit kelapa sawit mampu menurunkan intensitas serangan penyakit sebesar 30-42%.



Gambar 1.10. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap skor keparahan penyakit dan luas kurva perkembangan penyakit pada bibit kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*, KU.1 (2,5%), KU.2 (0,25%), CTRL.A (kontrol air), CTRL.F (fungisida heksakonazol 0,1%)

Tanaman pada konsentrasi 2,5% dan 0,25% menunjukkan hasil pertumbuhan yang lebih baik daripada kontrol dan fungisida heksakonazol 0,1% (Gambar 1.11).

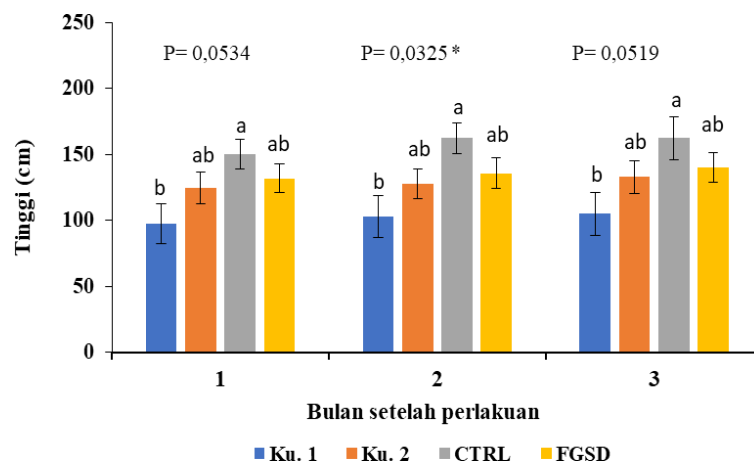


Gambar 1.11. Sampel skor penyakit pada bibit kelapa sawit 3 bulan setelah aplikasi a) 2,5%, b) 0,25%, c) kontrol dan d) fungisida heksakonazol 0,1%

1.2.2. Percobaan *in planta* infeksi lanjut

a) Tinggi tanaman (cm)

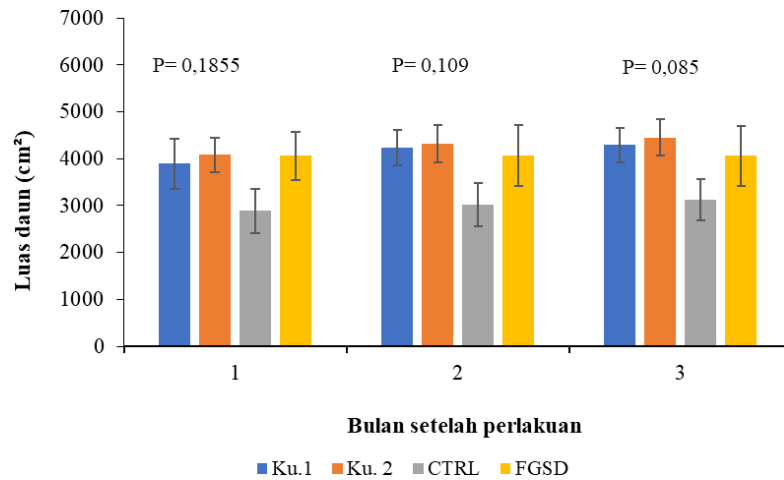
Tinggi tanaman tidak secara nyata dipengaruhi oleh konsentrasi perlakuan. Tinggi tanaman pada kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan. Fungisida heksakonazol 0,1% memberikan pengaruh setelah 3 bulan aplikasi terhadap tinggi tanaman (Gambar 1.12).



Gambar 1.12. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap tinggi tanaman

b) Luas daun (cm²)

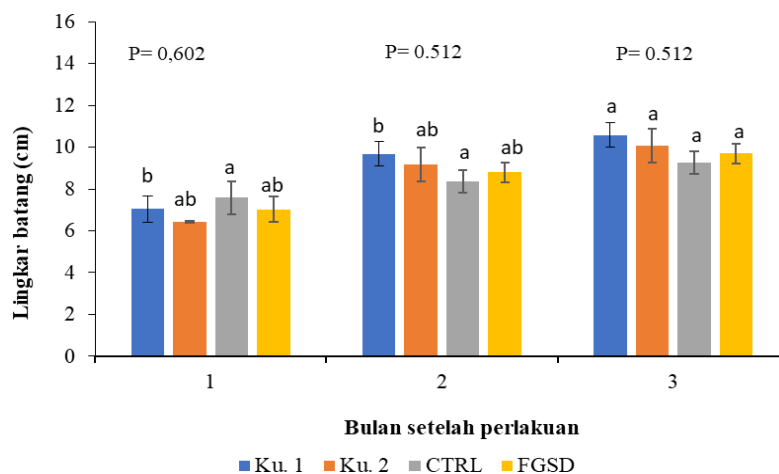
Luas daun tidak dipengaruhi secara nyata oleh konsentrasi. Walaupun demikian, konsentrasi 0,25% dan 2,5% pada tiap bulan aplikasi memberikan pengaruh lebih baik terhadap panjang dan lebar daun dibandingkan dengan kontrol. Fungisida heksakonazol 0,1% tidak mempengaruhi panjang dan lebar daun (Gambar 1.13).



Gambar 1.13. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap luas daun

c) Lingkar batang (cm)

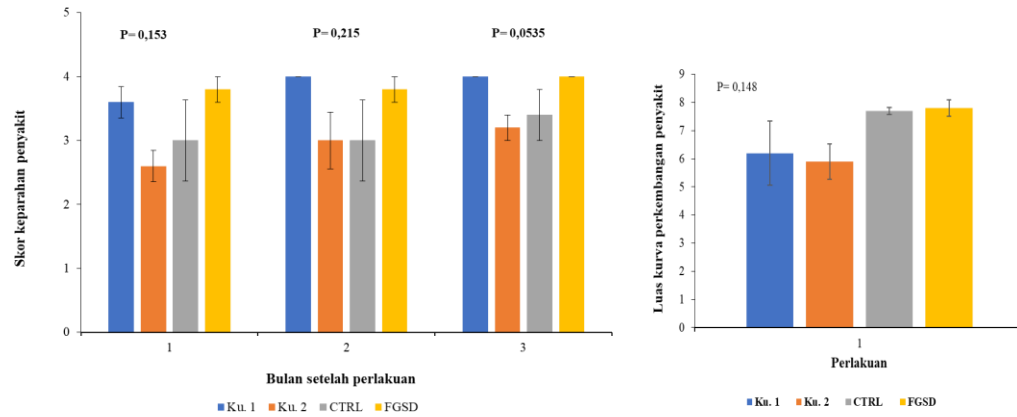
Perlakuan formulasi ekstrak kunyit pada masing-masing konsentrasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap lingkar batang, namun perlakuan dengan konsentrasi 0,25% dan 2,5% memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol. Fungisida heksakonazol 0,1% tidak memberikan pengaruh nyata terhadap lingkar batang (Gambar 1.14).



Gambar 1.14. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap lingkar batang

d) Keparahan penyakit

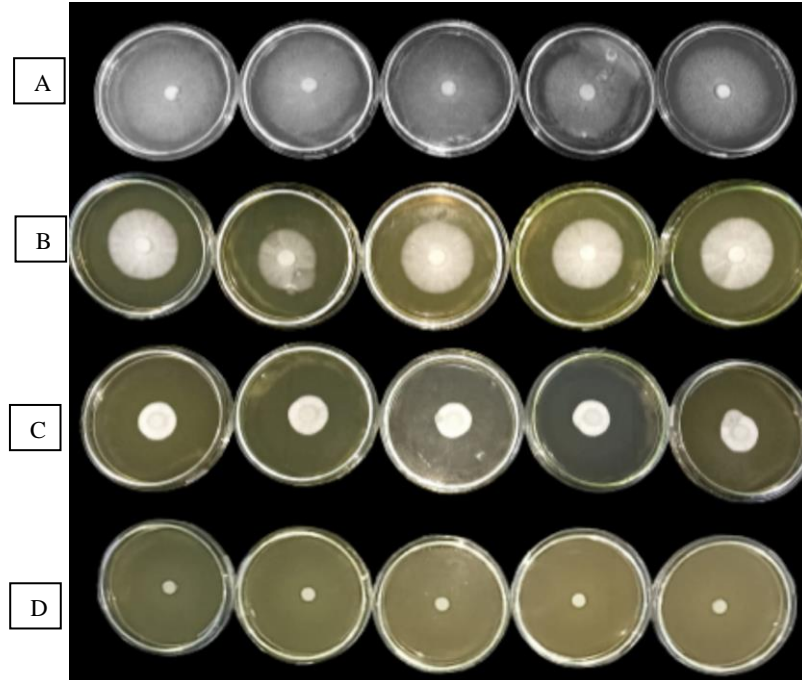
Hasil analisis perkembangan penyakit dan luas kurva perkembangan penyakit 3 bulan setelah aplikasi pada bibit kelapa sawit infeksi lanjut, menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan ekstrak kunyit berpengaruh secara nyata terhadap keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit. Konsentrasi 0,25% dan 2,5% memberikan pengaruh lebih baik daripada kontrol dalam menurunkan intensitas serangan penyakit sebesar 21,42%. Fungisida heksakonazol 0,1% tidak dapat menekan penyakit selama 3 bulan aplikasi (Gambar 1.15).



Gambar 1.15. Pengaruh konsentrasi selama 3 bulan perlakuan terhadap perkembangan penyakit dan luas kurva perkembangan penyakit pada bibit kelapa sawit

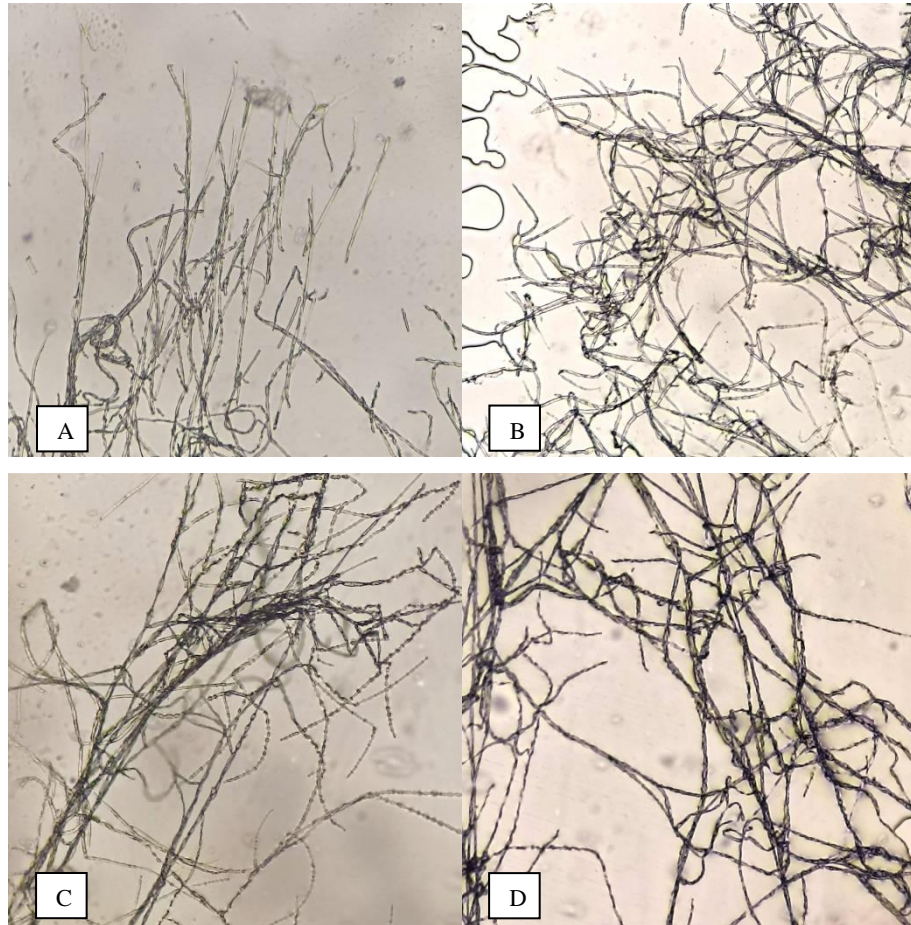
2.1. Aktivitas antifungi ekstrak temulawak secara *in vitro*

Koloni *G. boninense* yang dibiakkan pada MEA yang diberi perlakuan ekstrak murni temulawak mengalami perubahan morfologi. Koloni pada MEA tanpa ekstrak tumbuh cepat dengan miselium udara yang tipis. Koloni pada media yang diberikan ekstrak tumbuh lambat dengan miselium udara yang kompak dengan sisi koloni yang menebal (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Morfologi makroskopis *Ganoderma boninense* menggunakan perlakuan ekstrak temulawak konsentrasi 0.00% atau kontrol (A), 1.25% (B), 2.5% (C), dan 5.00% (D)

Morfologi mikroskopis hifa *G. boninense* tanpa perlakuan ekstrak murni temulawak morfologi hifanya normal. Sedangkan hifa pada media yang diberikan perlakuan ekstrak murni temulawak mengalami perubahan morfologi (abnormal). Hifa jamur yang tumbuh pada media yang diberikan perlakuan ekstrak murni temulawak menjadi bengkak dan bergelembung (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Bentuk hifa *Ganoderma boninense* normal perlakuan kontrol 0.00% (A), bentuk hifa *Ganoderma boninense* abnormal perlakuan 1.25% (B), 2.5% (C), dan 5.00% (D)

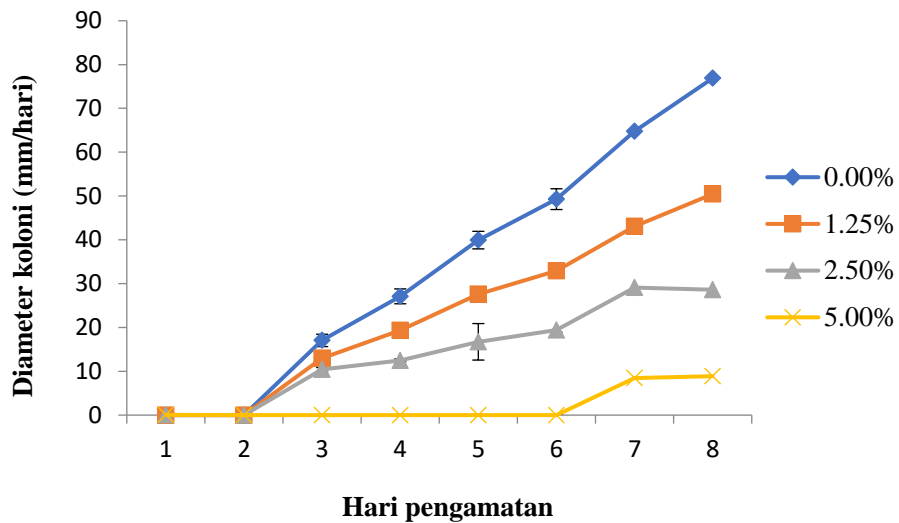
Nilai pH dan EC dengan *G. boninense* (pH+Gb) tanpa *G. boninense* (pH-Gb), menunjukkan bahwa dengan adanya biakan *G. boninense* pH media yang diberikan ekstrak murni temulawak mengalami penurunan, sedangkan nilai EC menjadi lebih tinggi, akan tetapi pada konsentrasi 5.00% nilai EC mengalami penurunan (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Nilai pH dan nilai EC biakan jamur *Ganoderma boninense* pada perlakuan ekstrak temulawak dengan empat konsentrasi yang berbeda

Konsentrasi (%)	pH +Gb	pH -Gb	EC +Gb	EC -Gb
0.00	2.9 ± 0.11	6.59 ± 0.1	372.8 ± 108.5	254.6 ± 8.9
1.25	3.7 ± 0.28	6.43 ± 0.1	402.4 ± 44.4	283.6 ± 4.2
2.50	3.7 ± 0.39	4.99 ± 0.3	357.0 ± 68.3	341.2 ± 14.1
5.00	3.4 ± 0.21	4.87 ± 0.2	252.8 ± 39.1	449.2 ± 17.2

Pertumbuhan koloni *G. boninense* mengalami hambatan pertumbuhan pada media MEA yang ditambahkan ekstrak murni temulawak. Hambatan terjadi setelah 3 hari inkubasi. Pada konsentrasi 5%, jamur baru tumbuh pada hari ke-5. Hambatan pertumbuhan semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak murni temulawak (Gambar 2.3). Kecepatan tumbuh koloni yang dihitung dari

kemiring regresi linier ini berbeda nyata antar konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi kecepatan tumbuh semakin rendah. Nilai penekanan kecepatan tumbuh tertinggi yaitu 87.47 % pada konsentrasi 5% (Tabel 2.2).

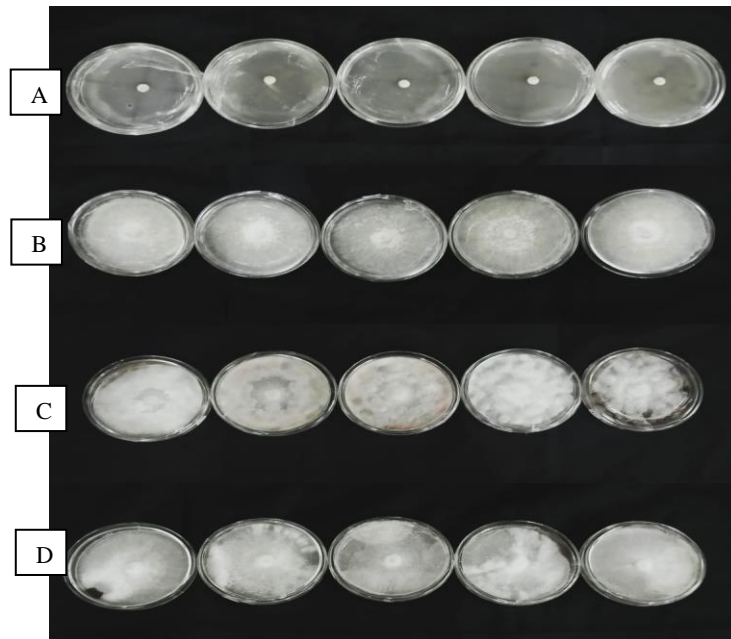


Gambar 2.3. Pertumbuhan koloni *Ganoderma boninense* yang diberikan perlakuan ekstrak temulawak konsentrasi 0.00%, 1.25%, 2.50% dan 5.00%

Tabel 2.2. Penghambatan koloni *Ganoderma boninense* dengan perlakuan ekstrak temulawak pada empat konsentrasi yang berbeda

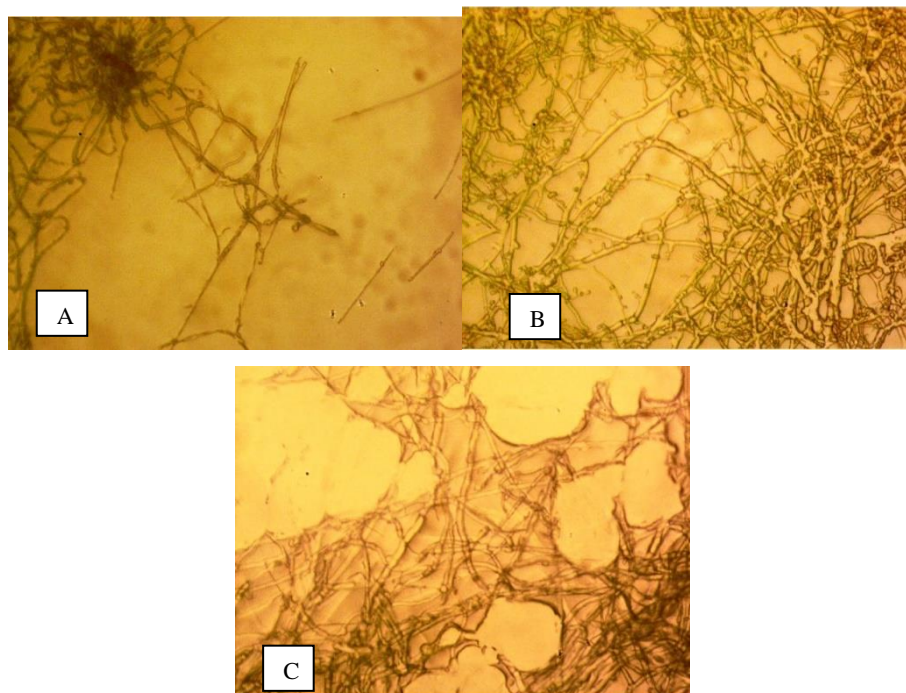
Konsentrasi (%)	Kecepatan tumbuh (mm/hari)	Nilai penekanan (%)
0.00	12.44 a	-
1.25	8.04 b	35.38
2.50	4.65 c	62.63
5.00	1.56 d	87.47

Koloni *G. boninense* yang dibiakkan pada MEA yang diberi perlakuan formulasi ekstrak temulawak juga mengalami perubahan morfologi. Koloni pada MEA tanpa formulasi ekstrak tumbuh cepat dengan miselium udara yang tipis. Koloni pada media yang diberikan formulasi ekstrak tumbuh lambat dengan miselium udara yang kompak dengan sisi koloni yang menebal. Pada perlakuan fungisida heksakonazol terlihat tidak adanya pertumbuhan miselium (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Morfologi makroskopis *Ganoderma boninense* menggunakan perlakuan fungisida heksakonazol 0.1% (A), formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 0.00% (B), 2.5% (C), 2.5% (D)

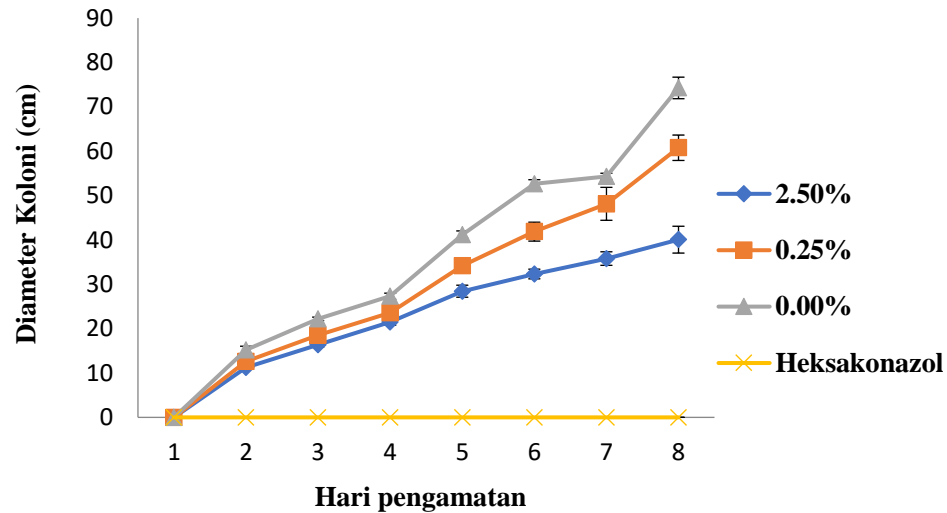
Hifa pada media yang diberikan perlakuan ekstrak temulawak mengalami perubahan morfologi (abnormal), terjadi penebalan dan membengkak. Perubahan itu tidak terjadi pada kontrol (Gambar 2.5).



Gambar 2.5. Bentuk hifa *Ganoderma boninense* normal pada MEA (A), bentuk hifa *Ganoderma boninense* abnormal pada perlakuan formulasi ekstrak temulawak 2.5% (A) dan 0.25% (B)

Pertumbuhan koloni *G. boninense* mengalami hambatan pertumbuhan pada media MEA yang ditambahkan formulasi ekstrak temulawak. Hambatan terjadi setelah 2 hari inkubasi. Pada perlakuan fungisida heksakonazol 100% menghambat pertumbuhan koloni *G. boninense*, karena jamur sama sekali

tidak tumbuh. Hambatan pertumbuhan semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi formulasi ekstrak temulawak (Gambar 2.6). Kecepatan tumbuh koloni yang dihitung dari kemiringan regresi linier ini berbeda nyata antar konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi kecepatan tumbuh semakin rendah. Pada perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi paling tinggi (2.5%) nilai penekanannya mencapai 33% (Tabel 2.3).



Gambar 2.6. Kecepatan tumbuh koloni *Ganoderma boninense* yang diberikan perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.50%, 0.25%, 0.00% dan fungisida heksakonazol 0.1%

Tabel 2.2. Penghambatan koloni *Ganoderma boninense* dengan perlakuan formulasi ekstrak temulawak pada tiga konsentrasi yang berbeda dan fungisida heksakonazol

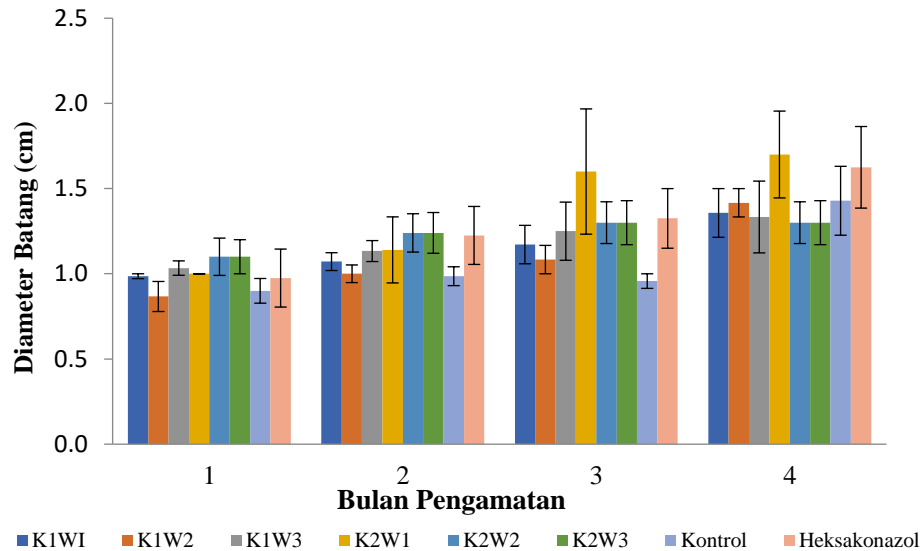
Konsentrasi (%)	Kecepatan tumbuh (mm/hari)	Nilai penekanan (%)
0.00	10.10 a	-
0.25	8.14 b	19.4
2.50	5.45 c	33.0
Heksakonazol 0.1	0.00 c	100.0

1.2. Aktivitas ekstrak temulawak terhadap infeksi *Ganoderma* dan pertumbuhan kelapa sawit

1.2.1. Percobaan *in planta* infeksi awal

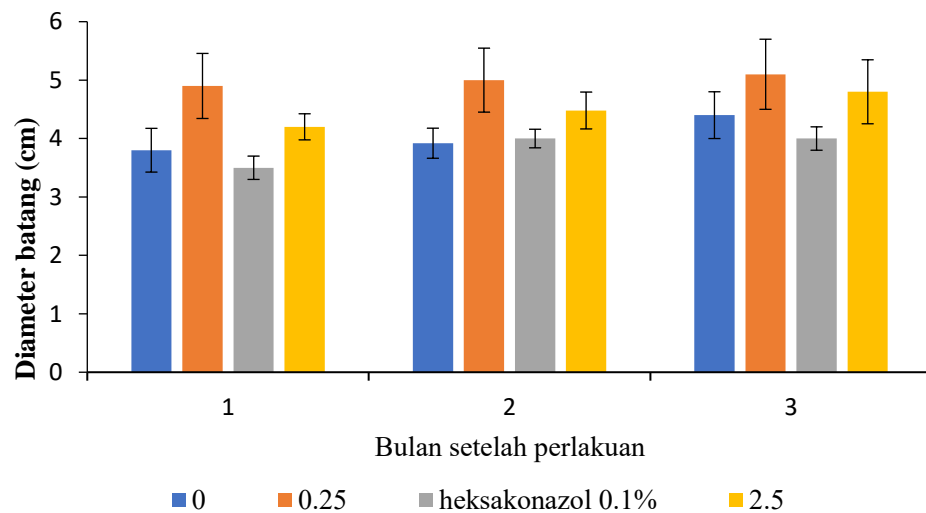
a) Diameter Batang

Tanaman kelapa sawit yang terinfeksi awal, menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter batang, akan tetapi pada bulan ke 3 dan 4 setelah aplikasi pertumbuhan diameter perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan ketiga setelah inokulasi dan FNGSD lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 2.7). Diameter batang pada pengamatan pertama dan ke-4 terdapat interaksi antara konsentrasi dan juga waktu aplikasi.



Gambar 2.7. Diameter batang bibit kelapa sawit yang terinfeksi awal

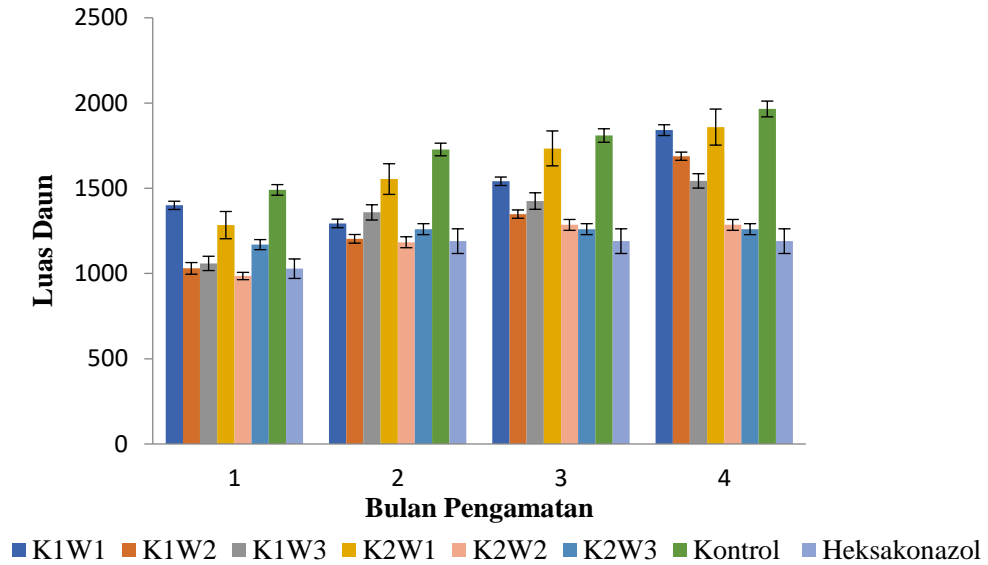
Tanaman kelapa sawit yang terinfeksi lanjut diberikan perlakuan menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata secara statistik, akan tetapi pertumbuhan diameter batang yang diberikan perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 0.25% dan fungisida heksakonazol 0.1% tumbuh lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 2.8).



Gambar 2.8. Diameter batang bibit kelapa sawit yang terinfeksi lanjut

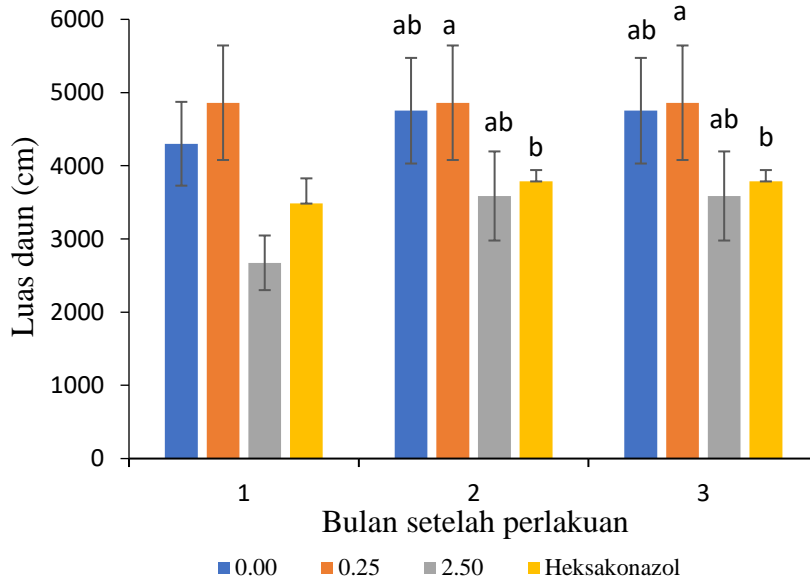
b) Luas daun

Luas daun bibit sawit yang terinfeksi awal, menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan luas daun, pertumbuhan luas daun pada tanaman kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberikan perlakuan. Tidak ada pengaruh interaksi antara waktu pengaplikasian dan juga konsentrasi formulasi ekstrak temulawak pada luas daun (Gambar 2.9).



Gambar 2.9. Luas daun (cm) bibit kelapa sawit yang terinfeksi awal

Luas daun tanaman kelapa sawit yang terinfeksi lanjut pada pengamatan bulan kedua dan ketiga setelah aplikasi terbukti berbeda nyata menurut statistik. Pertumbuhan luas daun pada perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 0.25% lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 2.10).

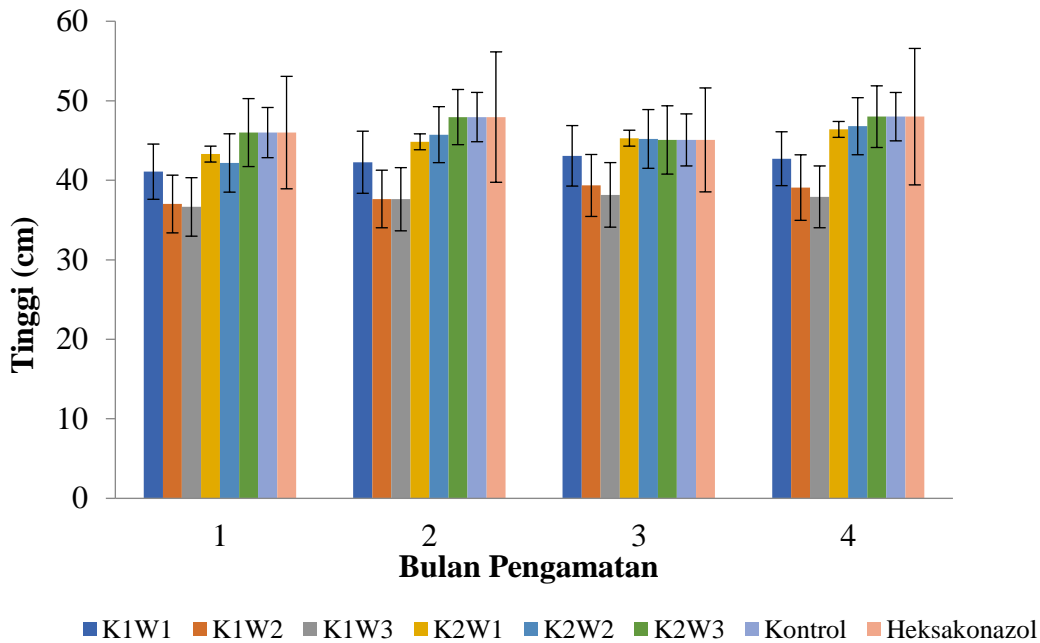


Gambar 2.10. Luas daun (cm) bibit kelapa sawit yang terinfeksi lanjut

c) Tinggi Tanaman

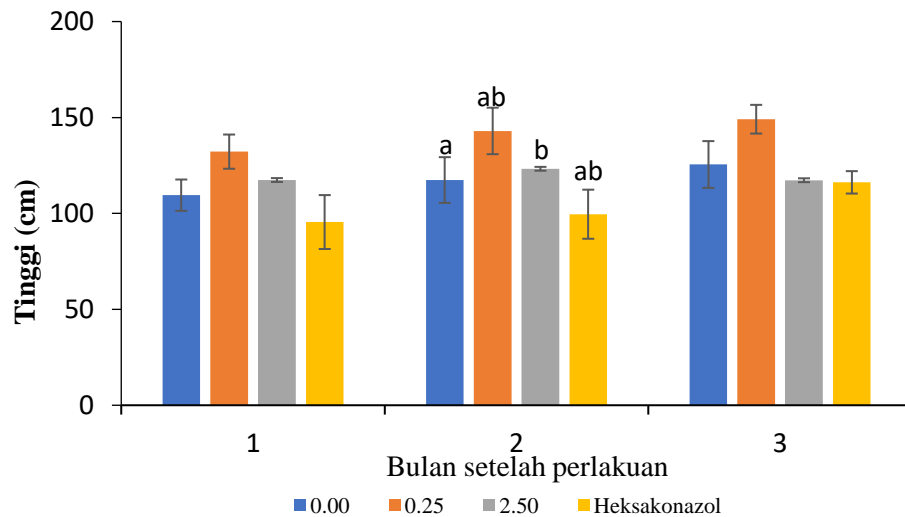
Konsentrasi formulasi ekstrak temulawak yang diaplikasikan pada tanaman kelapa sawit yang terinfeksi awal pada pengamatan kedua dan keempat setelah aplikasi terbukti berbeda nyata menurut statistik, akan tetapi tidak ada interaksi antara konsentrasi dan waktu aplikasi. Konsentrasi formulasi ekstrak

temulawak ini terbukti mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit, pada perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.5% dengan waktu pengaplikasian setiap bulan dan perlakuan konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan keempat setelah inokulasi, pertumbuhan tinggi tanaman cenderung lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 2.11).



Gambar 2.11. Tinggi (cm) bibit kelapa sawit yang terinfeksi awal

Tinggi tanaman yang terinfeksi lanjut yang diberikan perlakuan formulasi ekstrak temulawak dan juga fungisida heksakonazol pada bulan pertama dan ketiga pengamatan tidak berbeda nyata sedangkan pada pengamatan kedua terbukti berbeda nyata secara statistik. Pada pengamatan terakhir (bulan ketiga) perlakuan fungisida heksakonazol dan perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.50% memiliki rata-rata tinggi yang sama. Tanaman yang diaplikasikan formulasi ekstrak temulawak, konsentrasi 0.25% memiliki pertumbuhan tinggi yang lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 2.12).



Gambar 2.12. Tinggi (cm) bibit kelapa sawit yang terinfeksi lanjut

c) Pengaruh terhadap Penyakit

Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh patogen *G. boninense* ini gejala awalnya itu daun pertama bagian bawah atau pangkal mengalami perubahan warna menjadi kuning hingga daun berwarna coklat dan mati, pada kondisi ini akan berlanjut ke bagian daun selanjutnya hingga pertengahan tajuk tanaman, pada bagian pangkal batang jaringannya akan membusuk. Tanaman yang terserang lanjut semua daunnya akan mati dan akan muncul tubuh buah yang berwarna putih (Gambar 2.13).

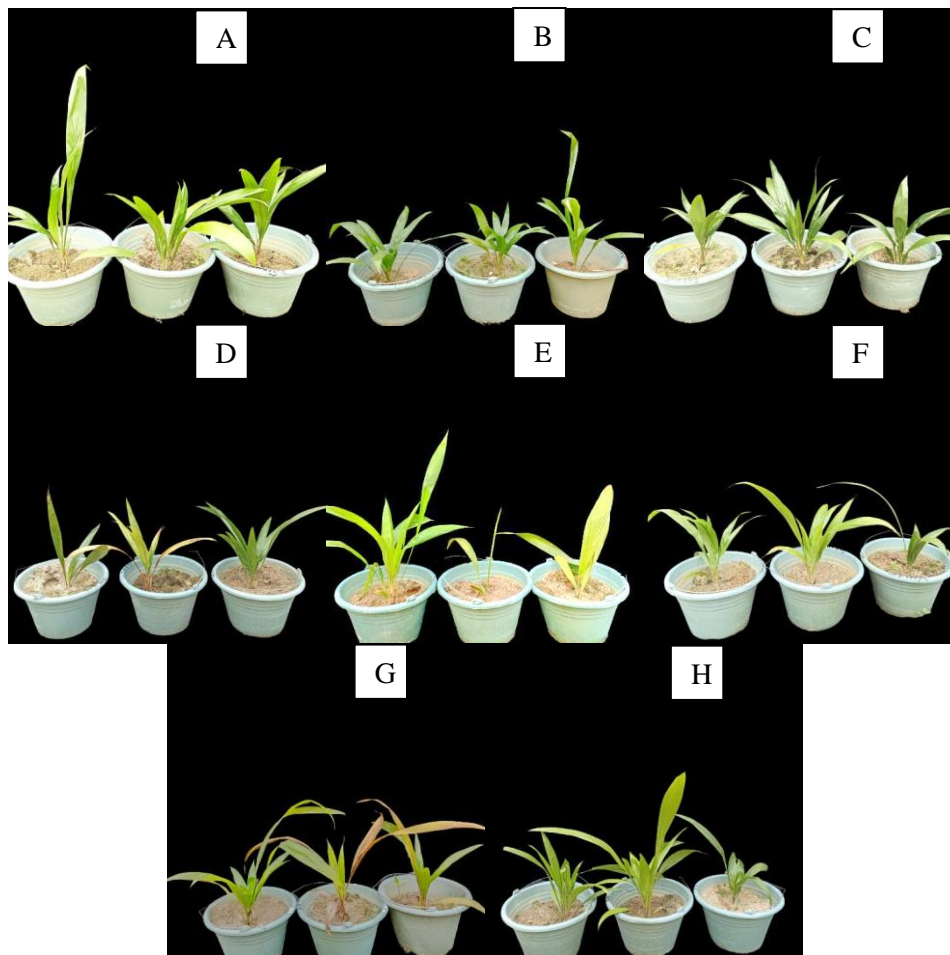


Gambar 2.13. Gejala awal penyakit busuk pangkal batang (A), gejala lanjut penyakit busuk pangkal batang (B)

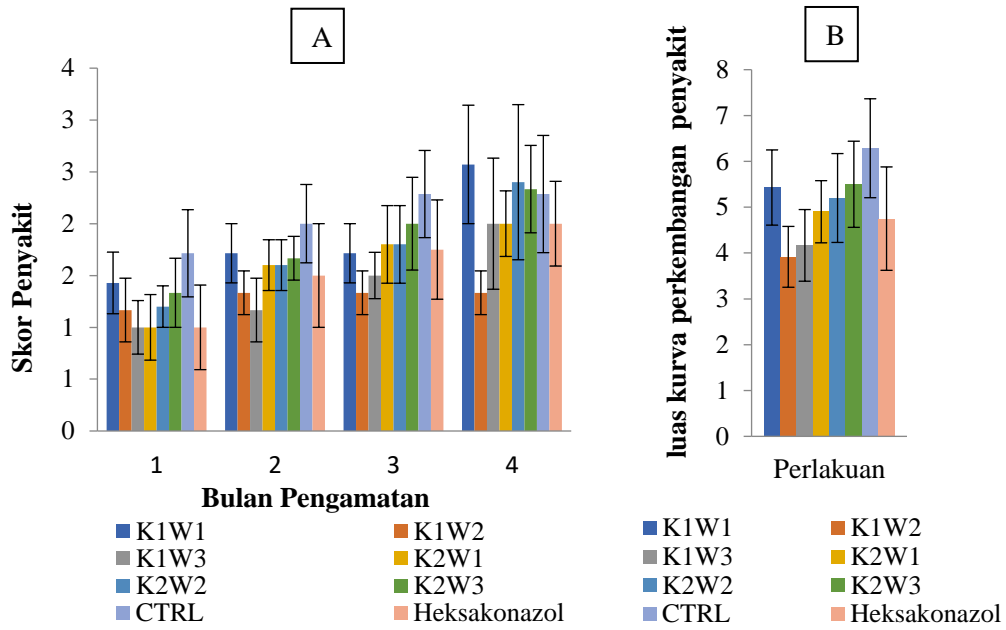
Keparahan penyakit pada tanaman sawit infeksi awal tidak berbeda nyata menurut statistik. Pada pengamatan pertama tanaman kontrol paling tinggi tingkat keparahan penyakitnya. Sedangkan keparahan penyakit paling rendah itu pada perlakuan fungisida heksakonazol, formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 0.25% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan ketiga setelah inokulasi dan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan keempat setelah inokulasi. Dimana pada tiga perlakuan ini skor keparahan penyakitnya rata-rata skor 1. Pada pengamatan bulan kedua perlakuan yang paling tinggi keparahan penyakitnya adalah tanaman kontrol

sedangkan pada perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan keempat setelah inokulasi. Tingkat keparahannya rendah. Pada bulan pengamatan ketiga, tingkat keparahan paling tinggi itu pada perlakuan kontrol dan keparahan terendah pada perlakuan dengan konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi setiap bulan. Pada pengamatan terakhir perlakuan konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi bulan kedua dan ketiga tingkat keparahan penyakitnya tertinggi sedangkan yang terendah pada perlakuan konsentrasi 2.5% dengan waktu aplikasi setiap bulan (Gambar 2.15A).

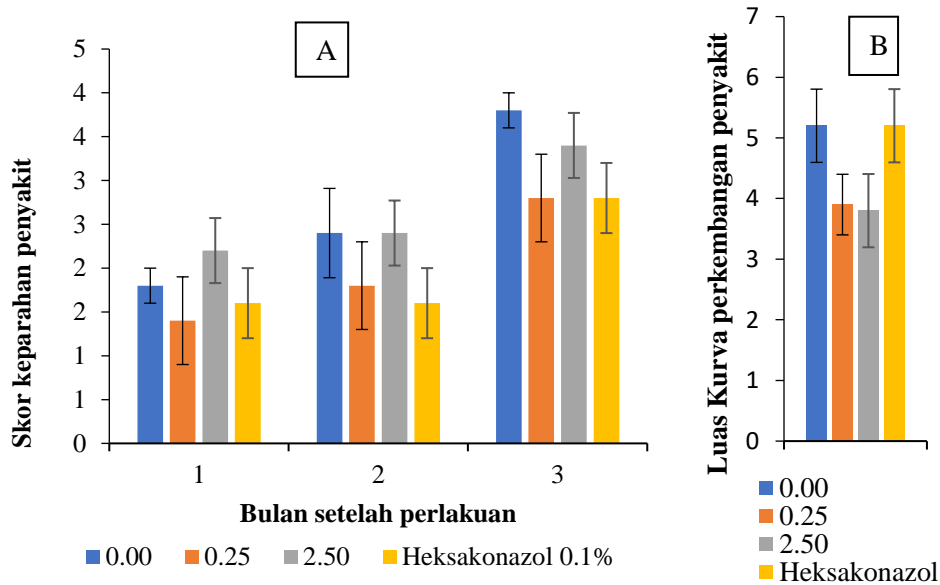
Luas kurva perkembangan penyakit tidak berbeda nyata secara statistik. Akan tetapi apabila dilihat grafik, pada tanaman sawit yang tidak diberikan perlakuan atau tanaman kontrol luas kurva perkembangan penyakitnya paling tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberikan perlakuan formulasi ekstrak temulawak, perlakuan paling baik menekan perkembangan penyakit busuk pangkal batang adalah perlakuan formulasi ekstrak temulawak konsentrasi 2.5% yg diaplikasikan setiap bulan (Gambar 2.15B).



Gambar 2.14. Bibit kelapa sawit yang terinfeksi *Ganoderma boninense* perlakuan K1W1(A), K1W2 (B), K1W3 (C), K2W1 (D), K2W2 (E), K2W3 (F), CTRL (G), dan FNGSD (H)



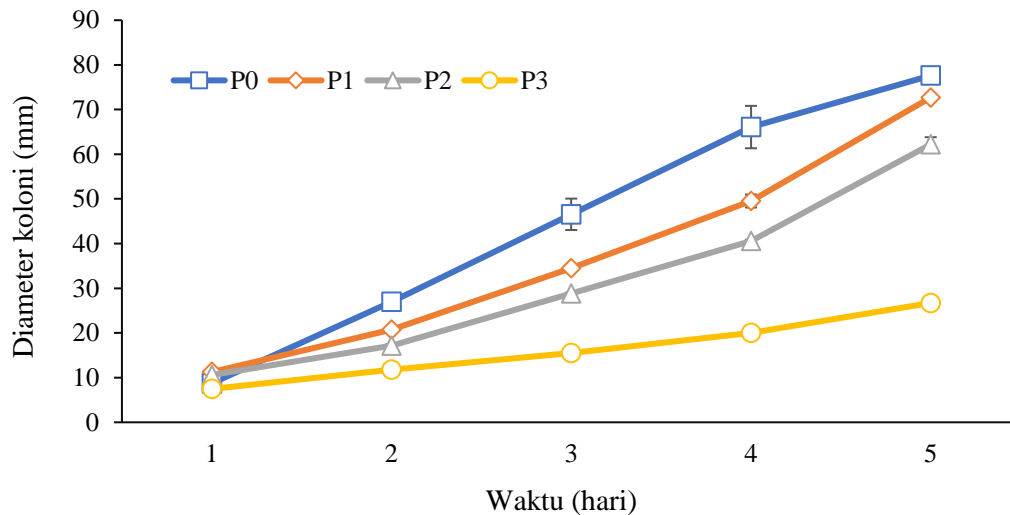
Gambar 2.15. Keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi awal (A), luas kurva keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi awal (B)



Gambar 2.16. Keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi lanjut (A), luas kurva perkembangan penyakit pada bibit kelapa sawit yang terinfeksi lanjut (B)

3.1. Aktivitas antifungi ekstrak jahe secara *in vitro*

Pertumbuhan koloni jamur *Ganoderma boninense* pada media MEA (P0, kontrol) memiliki rata-rata diameter koloni tertinggi. Perlakuan dengan konsentrasi ekstrak jahe 1,25 % (P1), 2,5 % (P2) dan 5% (P3) menyebabkan diameter koloni yang lebih kecil yang menunjukkan adanya hambatan pertumbuhan koloni setelah pemberian ekstrak jahe murni terhadap *G. boninense* (Gambar 3.1).



Gambar 4. 17. Pertumbuhan koloni jamur *Ganoderma boninense* pada media MEA yang ditambahkan ekstrak jahe murni konsentrasi 0% (P0), 1,25% (P1), dan 2,5% (P2) serta 5% (P3)

Nilai hambatan tertinggi sebesar 73,50% yang didapat pada penggunaan ekstrak jahe dengan konsentrasi 5% diikuti konsentrasi ekstrak jahe 2,5% (28,48%) dan konsentrasi ekstrak jahe 1,25% sebesar (14,24%). Rata-rata kecepatan tumbuh P0 (17,68%), P1(15,16%), P2 (12,65%) dan paling rendah P3 (4,68%). Berdasarkan hasil uji BNJ 5% tiap perlakuan menunjukkan hasil yang sangat berbeda nyata (Tabel 3.1).

Tabel 3. 3. Kecepatan tumbuh dan nilai hambatan koloni *Ganoderma boninense* pada media MEA yang ditambahkan ekstrak jahe murni

Perlakuan	Kecepatan tumbuh (mm/hari)	Nilai hambatan (%)
P0 (Jahe 0%)	17,68 ± 0,35 a	-
P1 (Jahe 1,25%)	15,16 ± 0,22 b	14,23
P2 (Jahe 2,5%)	12,65 ± 0,45 c	28,47
P3 (Jahe 5%)	4,68 ± 0,05 d	73,49

Ket: Kecepatan tumbuh disajikan dengan rata-rata ± galat baku, angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

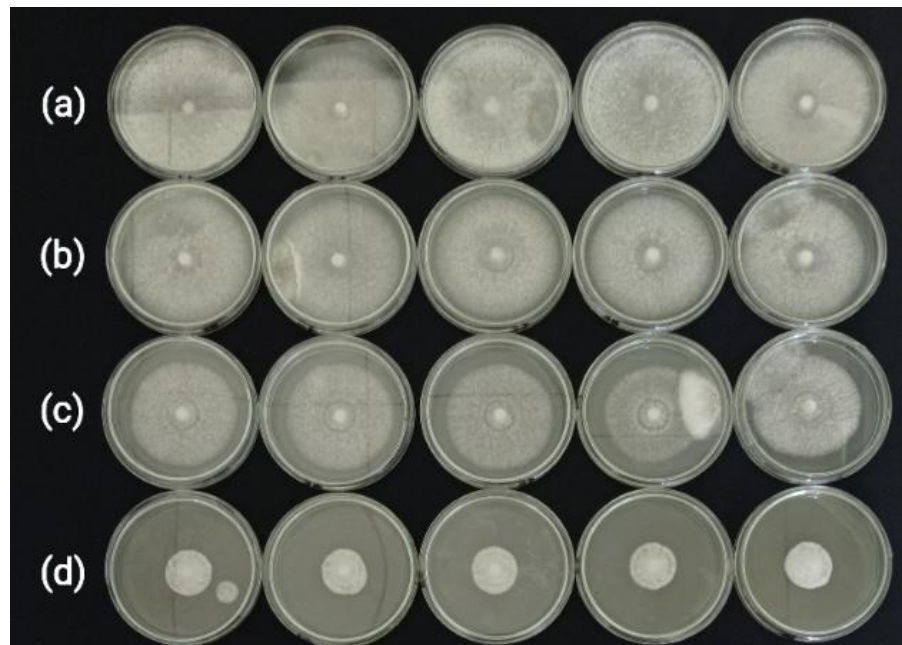
Hasil analisis pH dan EC dengan *G. boninense* (pH+Gb) dan tanpa *G. boninense* (pH-Gb), menunjukkan bahwa penambahan ekstrak jahe murni tidak mempengaruhi pH media, tetapi meningkatkan nilai EC. *G. boninense* menurunkan pH media. Biakan *G. boninense* yang ditambahkan 5% ekstrak jahe murni

menyebabkan 2,3 kali peningkatan nilai EC dibandingkan 0,6 kali peningkatan EC tanpa *G. boninense* (Tabel 3.2).

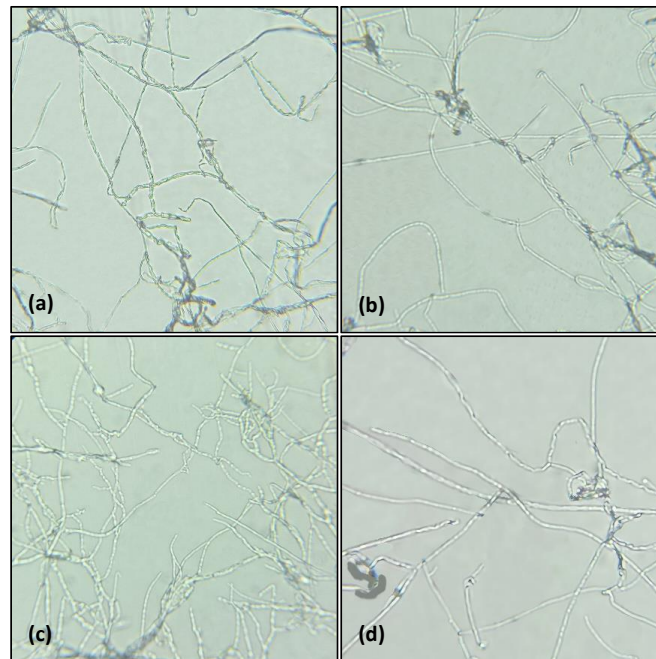
Tabel 3. 4. Nilai pH dan EC *Ganoderma boninense* pada perlakuan ekstrak jahe murni dengan konsentrasi yang berbeda

Konsentrasi (%)	pH +Gb	pH -Gb	EC +Gb	EC -Gb
0,00	6,02	6,59	199	224
1,25	5,71	6,39	221	241
2,5	5,61	6,20	260	272
5	5,57	5,96	470	323

Perlakuan ekstrak jahe murni selain menyebabkan hambatan pertumbuhan koloni juga menyebabkan perubahan morfologi koloni. Ketebalan koloni pada kontrol berbeda dengan konsentrasi 1,25%, 2,5% dan 5%. Miselium pada kontrol sisinya tipis dan cepat berkembang dibandingkan pada perlakuan ekstrak, hifa udara mengalami penumpukan pada sisi koloni. Adapun pada konsentrasi 5%, jamur merapat ditengah dan tidak tumbuh menuju arah tepi petri (Gambar 4.2). Secara mikroskopis, terjadi pertumbuhan hifa yang abnormal, dimana hifa terlihat melilit dan keriting pada perlakuan dengan ekstrak jahe (Gambar 3.3).

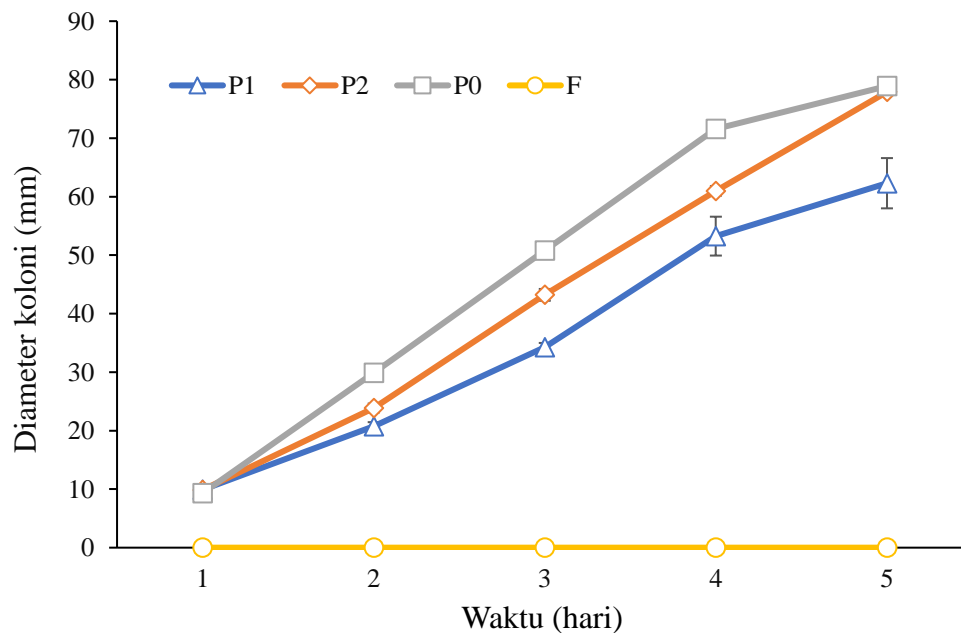


Gambar 3. 18. Koloni jamur *Ganoderma boninense* pada kontrol (a), ekstrak jahe murni konsentrasi 1,25% (b), 2,5% (c), dan 5% (d) inkubasi 5 hari



Gambar 3. 19. Mikroskopis hifa jamur *Ganoderma boninense* yang tumbuh pada konsentrasi 1,25% (a), 2,5% (b), 5% (c) dan kontrol (d)

Pertumbuhan koloni jamur *Ganoderma boninense* pada media MEA (P0, kontrol) memiliki rata-rata diameter koloni tertinggi. Penambahan ekstrak *Trichoderma* dan jahe konsentrasi 2,5% (P1) dan 0,25% (P2) menyebabkan diameter koloni yang lebih kecil yang menunjukkan adanya hambatan pertumbuhan koloni setelah pemberian formulasi Jahe terhadap *G. boninense* (Gambar 3.4).



Gambar 3. 20. Pertumbuhan koloni jamur *Ganoderma boninense* pada media MEA yang ditambahkan formulasi jahe konsentrasi 0% (P0), 2,5% (P1), dan 0,25% (P2) serta fungisida heksakonazol (F)

Pada formulasi TrJ konsentrasi 0,25% (P2) memiliki nilai hambatan sebesar 4,2% yang tidak berbeda nyata dengan kontrol dan berbeda nyata pada konsentrasi 2,5% (P1) dengan nilai hambatan sebesar 24,03% serta perlakuan fungisida heksakonazol yang sangat berbeda nyata dengan rata-rata kecepatan tumbuh 0 dan nilai hambatan 100%. Hambatan pertumbuhan koloni setelah perlakuan formulasi TrJ hanya terjadi pada konsentrasi 2,5% (Tabel 3.3). Setelah 14 hari inkubasi, Isolat *G. boninense* yang ditanam pada media fungisida 0,1% ditanam lagi pada media MEA baru dan didapati 1 media, setelah 8 hari inkubasi tumbuh hifa *G. boninense*. Hal ini menunjukkan bahwa nilai minimum fungicidal concentration (MFC) nya sedikit di atas 0.1%.

Tabel 3. 5. Kecepatan tumbuh dan nilai hambatan koloni jamur *Ganoderma boninense* pada formulasi *Trichoderma* dan jahe (TrJ)

Perlakuan	Kecepatan tumbuh (mm/hari)	Nilai hambatan (%)
P0 (TrJ 0%)	18,08 ± 0,11 a	-
P1 (TrJ 2,5%)	13,74 ± 1,05 b	24,03
P2 (TrJ 0,25%)	17,32 ± 0,12 a	4,22
F (Hekakonazol 0,1%)	0,00 ± 0,00 c	100

Hasil analisis pH dan EC dengan *G. boninense* (pH+Gb) dan tanpa *G. boninense* (pH-Gb), menunjukkan bahwa penambahan formulasi tidak mempengaruhi pH media, tetapi meningkatkan nilai EC. *G. boninense* menurunkan pH media. Biakan *G. boninense* yang ditambahkan 2,5% formulasi ataupun fungisida menyebabkan 2,9 kali peningkatan nilai EC dibandingkan 1,9 kali peningkatan EC tanpa *G. boninense* (Tabel 3.4).

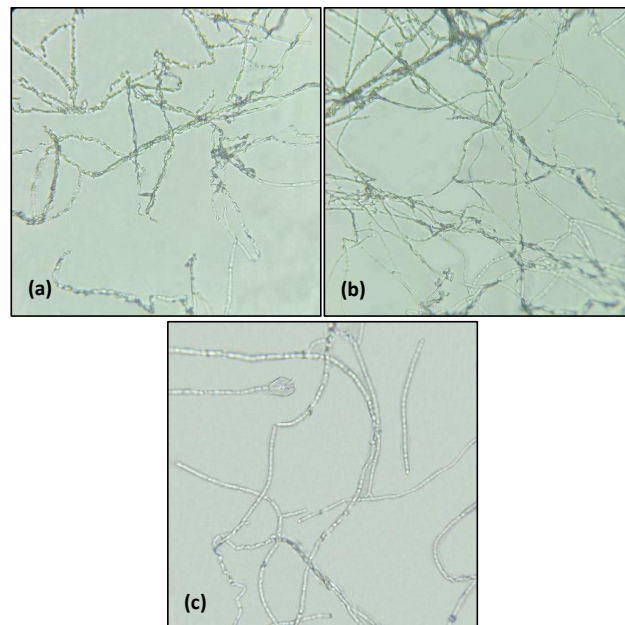
Tabel 4. 6. Nilai pH dan EC *Ganoderma boninense* pada formulasi *Trichoderma* dan ekstrak jahe (TrJ)

Konsentrasi (%)	pH	pH	EC	EC
	+Gb	-Gb	+Gb	-Gb
0,00	6,44	6,47	113	276
0,25	5,91	6,43	167	345
2,5	5,16	6,50	329	541
Hekakonazol	5,94	6,44	416	304

Secara makroskopis pada hari ke-5 inkubasi, hifa jamur *G. boninense* sudah memenuhi permukaan media perlakuan kontrol, begitu juga dengan konsentrasi 0,25% sedangkan pada konsentrasi 2,5% hifa *G. boninense* belum memenuhi permukaan media dan pada perlakuan fungisida hifa *G. boninense* tidak tumbuh, (Gambar 3.5). Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis, menunjukkan hifa jamur patogen mengalami perubahan struktur. Bentuk hifa *G. boninense* pada media dengan tambahan formulasi TrJ terlihat keriting, berbeda dengan hifa yang tumbuh pada media tanpa formulasi TrJ (Gambar 3.6).



Gambar 3. 21. Koloni jamur *Ganoderma boninense* pada kontrol (a), formulasi ekstrak jahe konsentrasi 2,5% (b), 0,25% (c), dan fungisida heksakonazol (d) inkubasi 5 hari



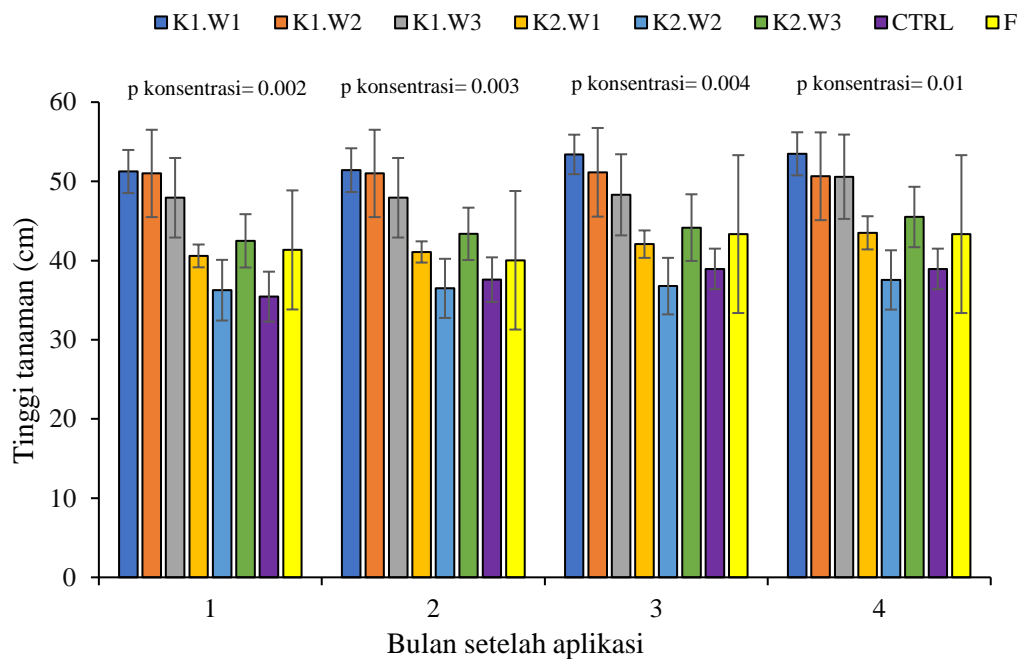
Gambar 3. 22. Mikroskopis hifa jamur *Ganoderma boninense* yang tumbuh pada konsentrasi 2,5% (a), 0,25% (b), dan kontrol (c)

3.2. Aktivitas ekstrak jahe terhadap infeksi *Ganoderma* dan pertumbuhan kelapa sawit

3.2.1. Percobaan *in planta* infeksi awal

a) Tinggi tanaman

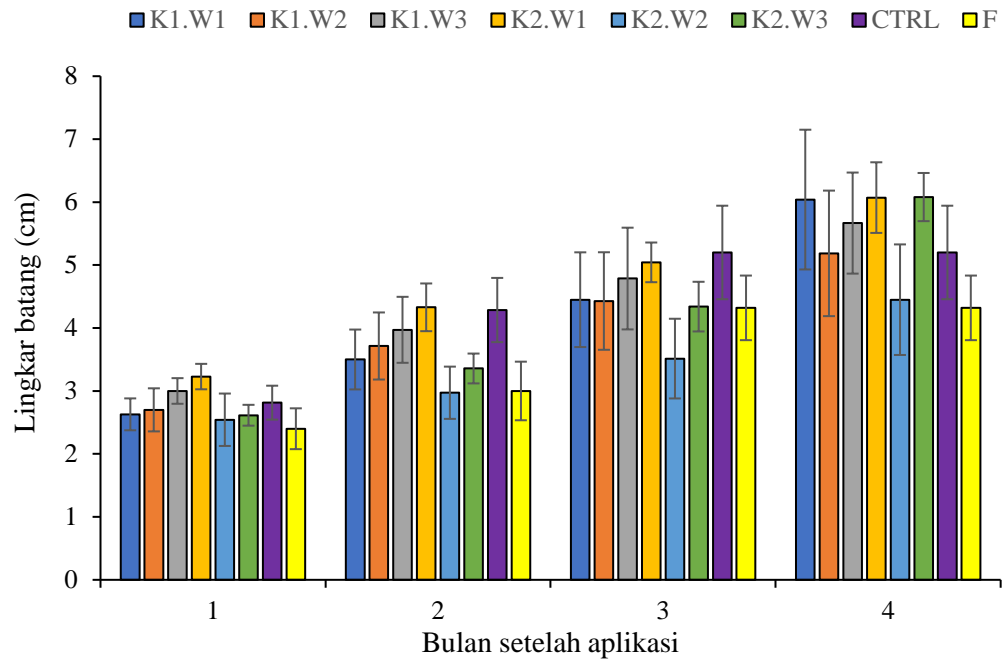
Aplikasi formulasi TrJ (kombinasi perlakuan, faktor waktu aplikasi dan interaksinya) tidak berpengaruh secara nyata terhadap tinggi bibit kelapa sawit pada tiap bulan pengamatan. Tetapi faktor konsentrasi mempengaruhi tinggi bibit kelapa sawit. Perlakuan dengan konsentrasi 2,5% (K1W1, K1W2, K1W3) serta fungisida terlihat memiliki tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan kontrol, sehingga terdapat kecenderungan konsentrasi 0,25% berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit dibandingkan konsentrasi 2,5%. Kecenderungan ini dapat dilihat juga pada perlakuan K2W2 dimana nilai tinggi tanaman selalu lebih rendah pada bulan 2, 3, 4 dibandingkan kontrol (Gambar 3.7).



Gambar 3. 23. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi ekstrak *Trichoderma* dan jahe terhadap tinggi bibit kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*

b) Lingkar batang

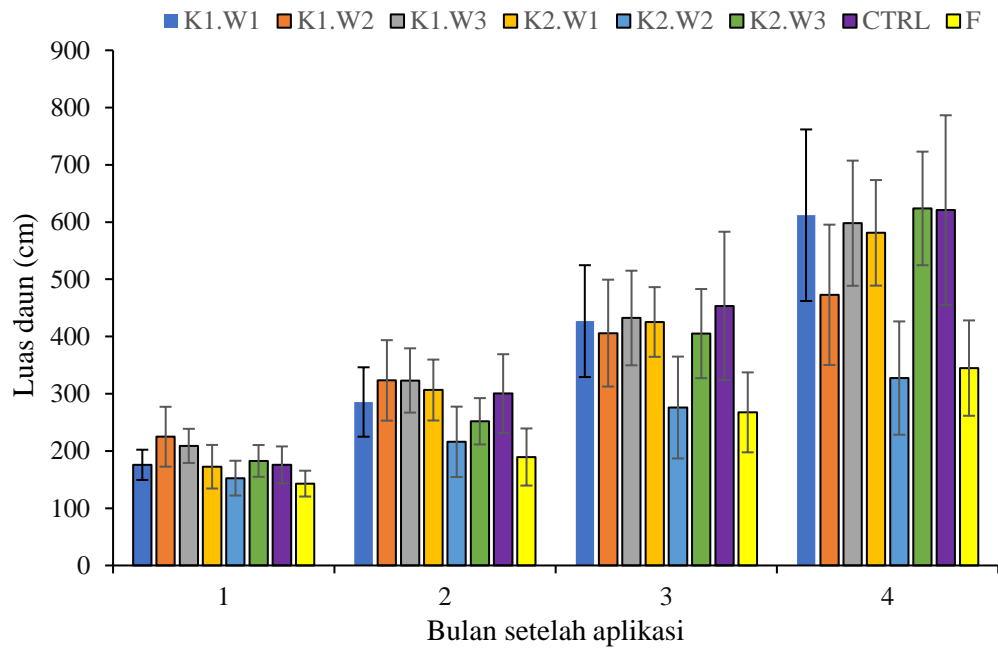
Aplikasi formulasi TrJ (kombinasi perlakuan, faktor konsentrasi faktor waktu aplikasi dan interaksinya) tidak berpengaruh secara nyata terhadap lingkar batang bibit kelapa sawit pada tiap bulan pengamatan. Meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, terdapat kecenderungan perlakuan K1W2, K2W2 serta fungisida dapat menghambat pertumbuhan lingkar batang bibit kelapa sawit hal ini dapat dilihat dari grafik batang dimana pada tiap bulan pengamatan ketiga perlakuan tersebut selalu memiliki nilai yang lebih rendah daripada kontrol (Gambar 3.8).



Gambar 3. 24. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi ekstrak *Trichoderma* dan jahe terhadap lingkar batang bibit kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*

c) Luas daun

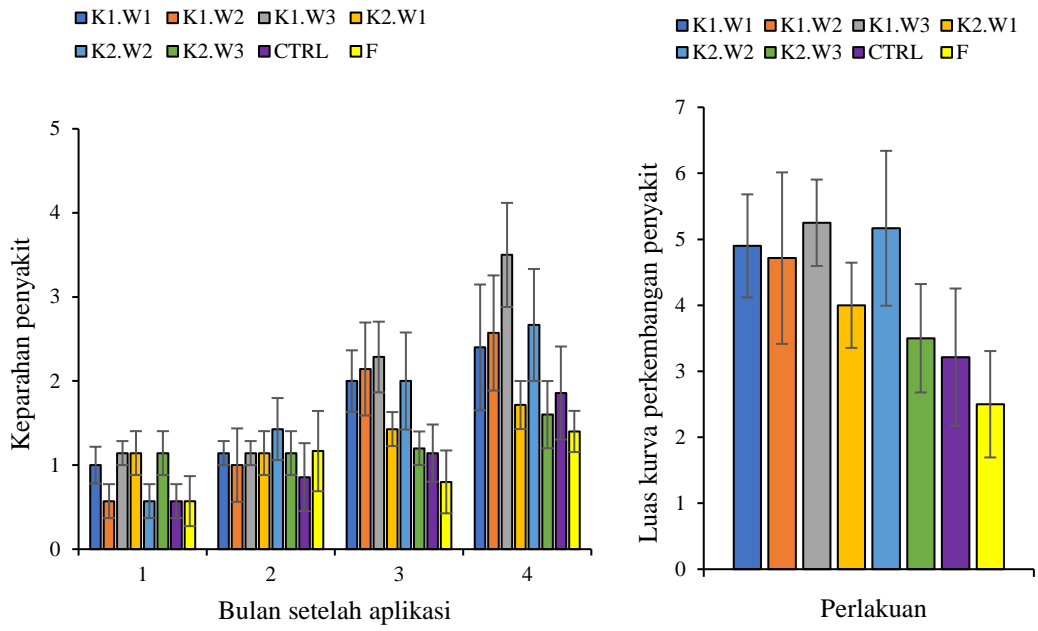
Aplikasi formulasi TrJ (kombinasi perlakuan, faktor konsentrasi, faktor waktu aplikasi dan interaksinya) tidak berpengaruh secara nyata terhadap luas daun bibit kelapa sawit. Namun, terdapat kecenderungan bahwa konsentrasi 0,25% dengan waktu aplikasi bulan 2&4 (K2W2) berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan luas daun bibit kelapa sawit begitu juga dengan pengaplikasian fungisida heksakonazol (Gambar 3.9).



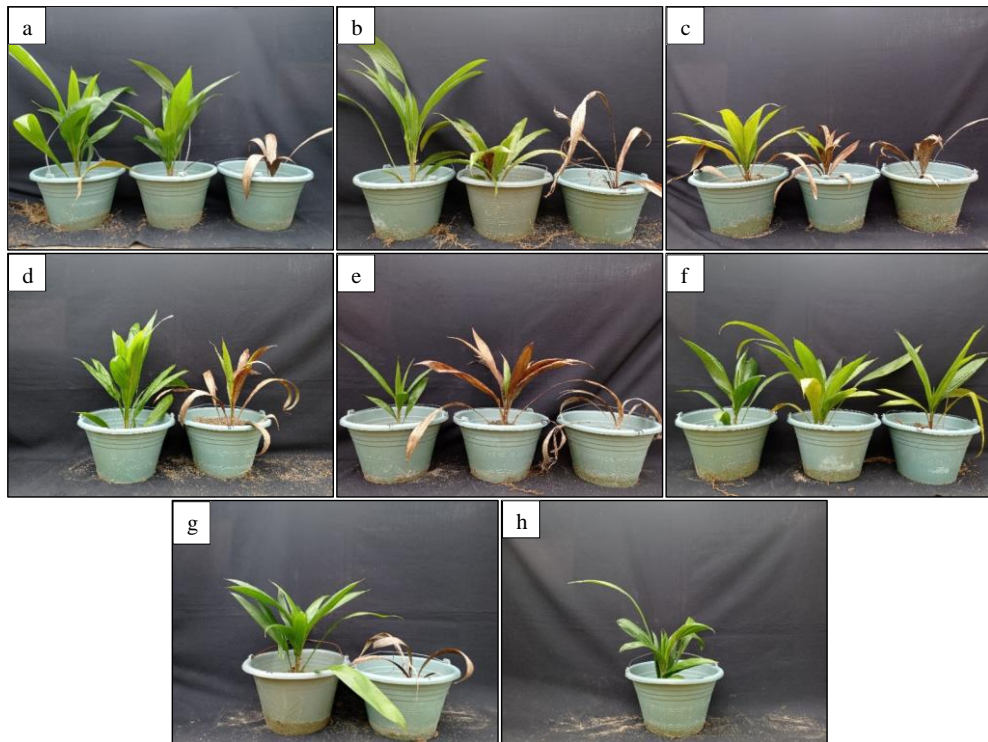
Gambar 3. 25. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi ekstrak jahe terhadap luas daun bibit kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*

d) Keparahan penyakit

Hasil analisis luas kurva perkembangan penyakit setelah 4 kali aplikasi, menunjukkan bahwa tidak berpengaruh secara nyata keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit terhadap konsentrasi, waktu aplikasi, interaksi serta kombinasi. Walaupun tidak berpengaruh secara nyata, terdapat kecenderungan perlakuan konsentrasi 2,5% dengan waktu aplikasi pada bulan 1,2,3,4 (K1W3) serta konsentrasi 0,25% dan waktu aplikasi 2&4 bulan (K2W2) meningkatkan keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit (Gambar 3.10). Perlakuan fungisida menyebabkan daun tanaman menjadi keriting (Gambar 3.11).



Gambar 3. 26. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi ekstrak jahe terhadap tingkat keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit yang diinokulasi *Ganoderma boninense*

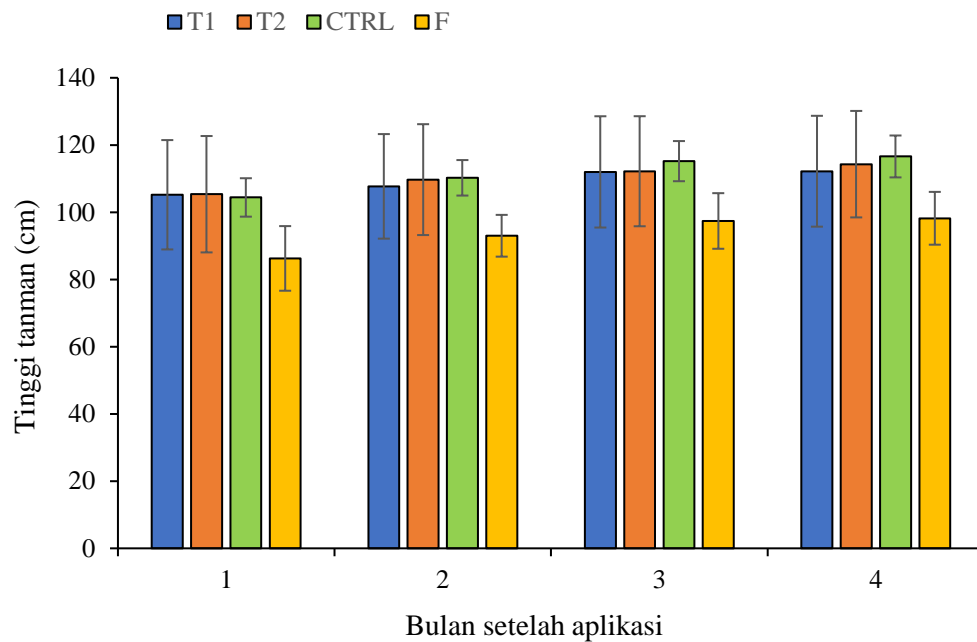


Gambar 3. 27. Bibit kelapa sawit yang diinokulasikan *Ganoderma boninense* setelah 4 bulan aplikasi perlakuan K1W1 (a), K1W2 (b), K1W3 (c), dan K2W1 (d), K2W2 (e), K2W3 (f), CTRL (g), dan F (h)

3.2.2 Percobaan *in planta* infeksi lanjut

a) Tinggi tanaman

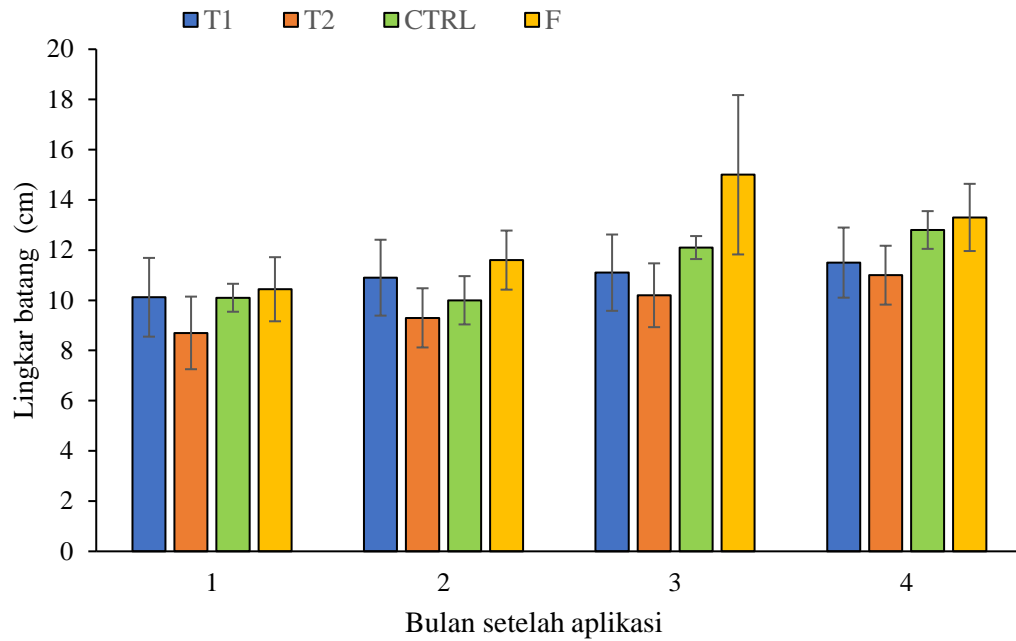
Secara statistik aplikasi formulasi TrJ dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit kelapa sawit pada 1, 2, 3 dan 4 bulan setelah aplikasi. Penggunaan fungisida nampak menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit (Gambar 3.12).



Gambar 4. 28. Pengaruh konsentrasi formulasi ekstrak jahe konsentrasi 2,5% (T1), 0,25% (T2), dan 0% (CTRL) serta 0,1% fungisida heksakonazol (F) terhadap tinggi bibit kelapa sawit yang diinokulasikan *Ganoderma boninense*

b) Lingkar batang

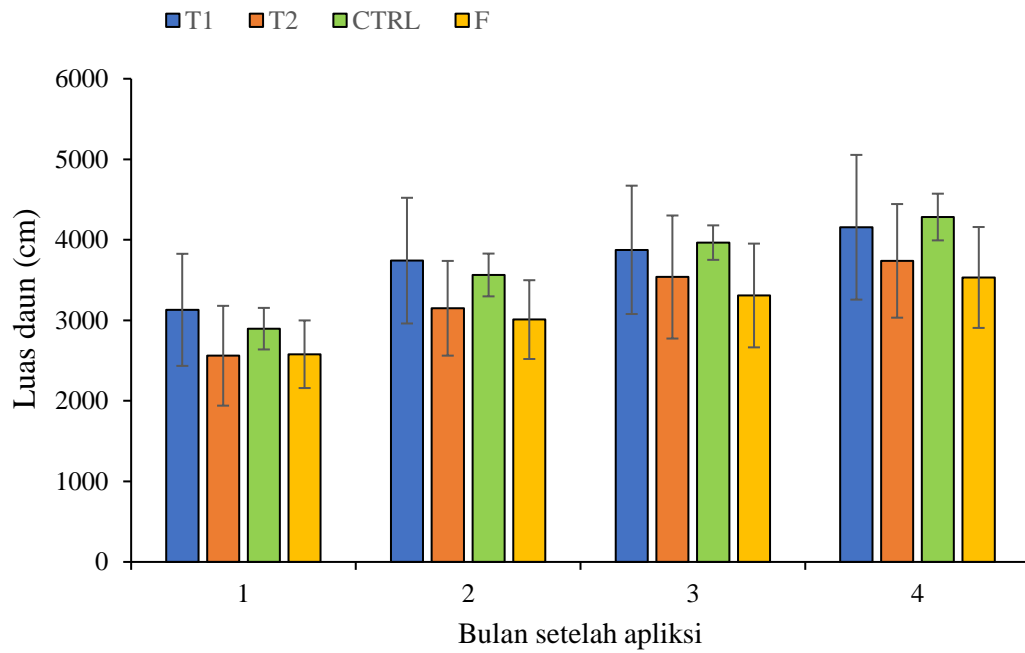
Secara statistik aplikasi formulasi TrJ dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi bibit kelapa sawit pada 1, 2, 3 dan 4 bulan setelah aplikasi. Namun, terdapat kecenderungan bahwa formulasi TrJ pada semua konsentrasi menghambat pertumbuhan lingkar batang bibit kelapa sawit. Perlakuan fungisida terlihat meningkatkan lingkar batang di bulan 1 sampai 3, tetapi lingkar batang tidak meningkat pada bulan ke-4 aplikasi (Gambar 3.13).



Gambar 3. 29. Pengaruh konsentrasi formulasi ekstrak jahe konsentrasi 2,5% (T1), 0,25% (T2), dan 0% (CTRL) serta 0,1% fungisida heksakonazol (F) terhadap lingkar batang bibit kelapa sawit yang diinokulasikan *Ganoderma boninense*

c) Luas daun

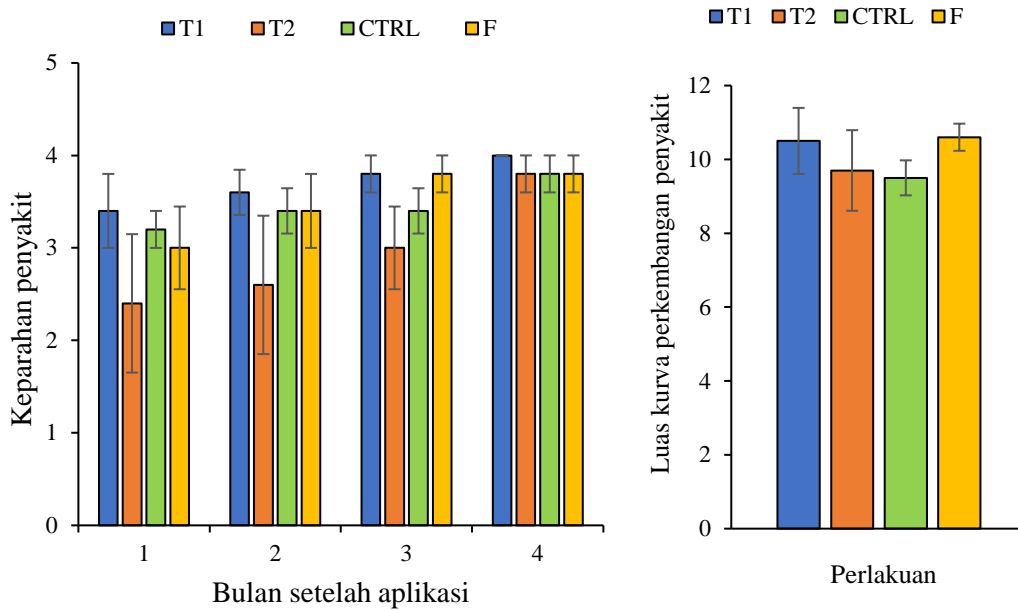
Secara statistik aplikasi formulasi TrJ dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun bibit kelapa sawit pada bulan 1, 2, 3 dan 4. Namun, terdapat kecenderungan bahwa konsentrasi 0,25% serta fungisida menyebabkan terhambatnya pertumbuhan luas daun bibit kelapa sawit (Gambar 3.14).



Gambar 3. 30. Pengaruh konsentrasi formulasi ekstrak jahe konsentrasi 2,5% (T1), 0,25% (T2), dan 0% (CTRL) serta 0,1% fungisida heksakonazol (F) terhadap luas daun bibit kelapa sawit yang diinokulasikan *Ganoderma boninense*

d) Keparahan penyakit

Hasil analisis luas kurva perkembangan penyakit setelah 4 kali aplikasi, menunjukkan bahwa tidak berpengaruh secara nyata keparahan penyakit bibit kelapa sawit. Walaupun tidak berpengaruh secara nyata, terdapat kecenderungan perlakuan T2 (0, 25%) lebih baik dalam menurunkan keparahan penyakit pada bulan 1,2 dan 3 tetapi pada bulan keempat keparahan penyakit meningkat (Gambar 3.15).



Gambar 3. 31. Pengaruh konsentrasi formulasi ekstrak jahe konsentrasi 2,5% (T1), 0,25% (T2), dan 0% (CTRL) serta 0,1% fungisida heksakonazol (F) terhadap tingkat keparahan penyakit pada bibit kelapa sawit

2. Aktivitas alelopati eksudat akar

Mekanisme alelopati melalui aktivitas eksudat akar dikaji melalui dua percobaan in vitro dan satu percobaan in planta. Percobaan in vitro mencakup 1) percobaan hambatan pertumbuhan koloni dan respon aktivitas enzim lignolitik, dan 2) respon pelapukan akar pada paparan eksudat akar. Percobaan in planta mencakup uji interferensi infeksi pada paparan alami eksudat akar dibandingkan dengan infeksi akibat interferensi inang ganda. Masing-masing percobaan diuji menggunakan 6 jenis tanaman alelopati yaitu kunyit, jahe, temulawak, talas Bogor, talas Belitung, dan Talas Jepang. Total percobaan adalah 18 percobaan. Percobaan in vitro terdiri dari 4 perlakuan konsentrasi eksudat (0, 5, 10 dan 20%) dan 5 ulangan. Percobaan in planta terdiri dari 8 perlakuan (tanaman alelopati+Gano, tanaman alelopati+Gano+mesh, tanaman alelopati+sawit+Gano, tanaman alelopati+sawit+Gano+mesh, rimpang+Gano, rimpang+Gano+mesh, sawit+Gano, Gano) dan 5 ulangan. Eksudat akar yang bersifat antijamur atau yang mempengaruhi pelapukan selanjutnya akan dianalisis profil kandungannya dengan GC/MS. Percobaan sedang dilakukan dan pengamatan terakhir adalah awal Oktober ini.

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status capaian	Keterangan
Luaran Wajib			
Tahun pertama (2021)	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Received: 25 October 2021 Accepted: 14 June 2022 Published Online 27 July 2022	Jurnal: Journal of Oil Palm Research (Scopus Q2, WoS, JCR) Penerbit : Malaysian Palm Oil Board Judul: Mixed planting with rhizomatous plants interferences with <i>Ganoderma</i> disease in oil palm Link publikasi: https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0043
Tahun kedua (2022)	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Received: April 13, 2022 Revised: February 15, 2023 Accepted: February 16, 2023 Published: February 24, 2023	Jurnal: Journal of Phytology (Scopus Q4) Penerbit : Update publishing Judul: Effect of mixed cropping with water yam (<i>Dioscorea alata</i>) on <i>Ganoderma</i> disease on oil palm Link publikasi: https://doi.org/10.25081/jp.2023.v15.7641
Tahun ketiga (2023)	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted: 10 September 2023 Reviewed/Revised: 18 Oct 2023	Jurnal: Biodiversitas (Scopus Q3) Penerbit : Society for Indonesian Biodiversity Judul: <i>Ganoderma boninense</i> infection interference on oil palm under mixed planting with taro plants
Luaran Tambahan			
Tahun pertama (2021)	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Published 8 February 2022	Seminar : the 2nd International Conference on Tropical Wetland Biodiversity and Conservation (ICWEB) Tanggal : 23-24 October 2021 Judul : Allelopathic potential of root exudates from perennial herbaceous plants against <i>Ganoderma boninense</i> Link publikasi: https://doi.org/10.1088/1755-1315/976/1/012053
	Artikel pada Jurnal Nasional Sinta 3	Published 1 Juni 2021	Jurnal: Sainmatika (Sinta 3) Judul : Pengaruh tumpang-sari dengan tanaman rimpang terhadap infeksi awal ganoderma boninense pada bibit kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis</i>) Volume 18(1):34-43. Link: http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5738
	Artikel pada Jurnal Nasional Sinta 3	Published 1 Juni 2021	Jurnal: Sainmatika (Sinta 3) Judul : Aktivitas pelapukan kayu inokulum <i>Ganoderma boninense</i> pada tumpang-sari bibit kelapa sawit dan talas-talasan Volume 18(1):108-115. Link: http://dx.doi.org/10.31851/sainmatika.v17i3.5738
Tahun kedua (2022)	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Submitted 12 Agustus 2022 Published: 14 Maret 2023	Seminar : The 3rd ISEPROLOCAL 2022 (An International seminar focuses on Sustainable Agriculture and Development) Tanggal : 24-25 September 2022 Judul : Interference of Wood Decay, Growth, and Infection of <i>Ganoderma boninense</i> by Ligninolytic Fungi from Herbaceous Plants Link publikasi: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337307008
	Artikel pada Jurnal Nasional Sinta 3	Published 11 September 2022	Jurnal: Jurnal Ilmu Pertanian (Sinta 3) Penerbit: Universitas Lancang Kuning, Riau Judul : Co-infection of two <i>Ganoderma boninense</i> strains on oil palm seedlings Volume 19(3), 137-144. Link: https://doi.org/10.31849/jip.v19i3.10497

Tahun ketiga (2023)	Presentasi pada Conference/Seminar Nasional	Presented 27-28 Juli 2023	Seminar Ilmiah dan Kongres XXVII PFI Judul 1: Tumpangsari dengan Tanaman Herba Alelopati Menekan Penyakit dan Potensi Inokulum Ganoderma pada Bibit Kelapa Sawit Judul 2: Efikasi Ekstrak Temulawak (<i>Curcuma xanthorrhiza</i>) terhadap <i>Ganoderma boninense</i> dan Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Kelapa Sawit
	Book chapter	Submitted	Judul : Sustainable Agriculture: Allelopathy as a Tool for <i>Ganoderma</i> Disease Control in Oil Palm Plantations Buku: Emerging Issues in Environment, Geography and Earth Science Penerbit: B P International

DAFTAR PUSTAKA

1. Idris A S. 2012. Latest research and management of *Ganoderma* disease in oil palm. Proceedings of 4th IOPRI-MPOB International Seminar: Existing and Emerging Pests and Diseases of Oil Palm Advances in Research and Management. Bandung, December 2012. p.1–24.
2. Rees RW, Flood J, Hasan Y, Potter U, Cooper RM. 2009. Basal stem rot of oilpalm (*Elaeis guineensis*); mode of root infection and lower stem invasion by *Ganoderma boninense*. *Plant Pathology* 58:982–989
3. Flood J, Copper R, Rees R, Potter U, Hasan Y. 2010. Some latest R&D on *Ganoderma* disease in oil palm. Paper presented at MPOB seminar on the advances in the controlling of devastating disease of oil palm (*Ganoderma*) in South East Asia. Jogjakarta, May 2010.
4. Nurrashyeda R, Idris AS, 2013. GanoEF biofertiliser-Colonization of *Hendersonia* GanoEF1 in oil palm roots. Proceedings of the 5th MPOB-IOPRI International Seminar: Sustainable Management of Pests and Diseases in Oil Palm-The Way Forwad. Kuala Lumpur, November 2013. p.358–362.
5. Situmorang A, Suryaningtyas H, Febryanti TR. 2007. The control of white root disease using antagonistic plant on rubber plantation. Proceedings International Workshop on White Root Disease of Hevea Rubber. Salatiga, Indonesia, 28th-29th November 2006. p.82–96.

6. Prasetyo J, Aeny TN. 2013. The preventive control of white root rot disease in small holder rubber plantation using botanical, biological and chemical agents. *J. HPT Tropika* 13:69–74.
7. Silva MKR, Jayasinghe CK, Tennakoon BI. 2017. Evaluation of the antagonistic effect of different plant species on white root disease causing fungus: *Rigidoporus microporus*. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 94:25–32.
8. Yulianti S, Suwandi, Nurhayati. 2017. Evaluasi kemampuan tumbuhan tera dalam menekan potensi inokulum *Rigidoporus microporus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 13(3):81–88.
9. Bahari MNA, Sakeh NM, Abdullah SNA, Ramli RR, Kadkhodaei S. 2018. Transcriptome profiling at early infection of *Elaeis guineensis* by *Ganoderma boninense* provides novel insights on fungal transition from biotrophic to necrotrophic phase. *BMC Plant Biol.* 18(1):377.
10. Paeye N, Jung S, Schäpe P, Müller-Hagen D, Ouedraogo J-P, Heiderich C, et al. 2016. A transcriptome meta-analysis proposes novel biological roles for the antifungal protein AnAFP in *Aspergillus niger*. *PLoS ONE* 11(11): e0165755.
11. Chong KP, Dayou J, Alexander A. 2017. Pathogenic nature of *Ganoderma boninense* and basal stem rot disease. In: Chong KP, Dayou J, Alexander A, editors. *Detection and control of Ganoderma boninense in oil palm crop*. Cham: Springer; 2017. p. 5–12.
12. Hushiarian R, Yusof NA, Dutse SW. 2013. Detection and control of *Ganoderma boninense*: strategies and perspectives. *Springerplus* 2:555
13. Cheng F, Cheng Z. 2016. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Front Plant Sci.* 6:1020.
14. Rice EL. 1984. *Allelopathy*, 2nd ed. New York: Academic Press
15. Pan L, Lei D, Jin L, He Y, Yang Q. 2018. Promising fungicides from allelochemicals: Synthesis of umbelliferone derivatives and their structure–activity relationships. *Molecules* 23(11):3002.
16. Khan MA, Cheng ZH, Xiao XM, Khan AR, Ahmed SS. 2011. Ultrastructural studies of the inhibition effect against *Phytophthora capsici* of root exudates collected from two garlic cultivars along with their qualitative analysis. *Crop. Prot.* 30:1149–1155.

17. Lim F-H, Fakhrana IN, Rasid OA, Idris AS, Parveez GKA. 2016. Family of gene encoding potential pathogenicity associated protein (cyclophilin) from *Ganoderma boninense*. *MPOB Information Series* 592.
18. Jiang, Y., Xiong, X., Danska, J., & Parkinson, J. 2016. Metatranscriptomic analysis of diverse microbial communities reveals core metabolic pathways and microbiome-specific functionality. *Microbiome*, 4:2. <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0146-x>
19. Hayden, H.L., Savin, K.W., Wadeson, J., Gupta, V.V.S.R & Mele, P.M. 2018. Comparative Metatranscriptomics of Wheat Rhizosphere Microbiomes in Disease Suppressive and Non-suppressive Soils for *Rhizoctonia solani* AG8. *Front. Microbiol.* 9:859. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00859>
20. Martí, J.M., Arias-Giraldo, L.F., Díaz-Villanueva, W. *et al.* 2020. Metatranscriptomic dynamics after *Verticillium dahliae* infection and root damage in *Olea europaea*. *BMC Plant Biol*, 20:79 <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2185-0>
21. Escolà Casas, M., & Matamoros, V. 2021 Analytical challenges and solutions for performing metabolomic analysis of root exudates. *Trend. Environ. Anal. Chem.* e00130 <https://doi.org/10.1016/j.teac.2021.e00130>
22. Zhang, C., Feng, C., Zheng Y., Wang, J. and Wang, F. 2020. Root Exudates Metabolic Profiling Suggests Distinct Defense Mechanisms Between Resistant and Susceptible Tobacco Cultivars Against Black Shank Disease. *Front. Plant Sci.* 11:559775. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.559775>