BAB IV

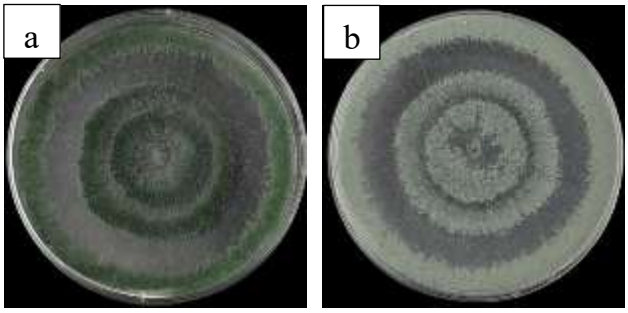
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi *Trichoderma* sp.

Identifikasi *T. harzianum* dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan dengan mengamati karakteristik koloni yang tumbuh di PDA sedangkan pengamatan mikroskopis dilakukan dengan melihat struktur hifa dan konidiofor menggunakan mikroskop.

4.1.1. Identifikasi Makroskopis *Trichoderma harzianum*

Identifikasi makroskopis *Trichoderma harzianum* dilakukan dengan cara mengamati karakter warna koloni, bentuk koloni, dan tekstur miselium yang tumbuh pada media PDA. Hasil identifikasi makroskopis *T. harzianum* disajikan pada Ilustrasi 19.



Ilustrasi 19. Pengamatan Makroskopis *Trichoderma harzianum.* (a) Isolat *Trichoderma harzianum* tampak depan (b) Isolat *Trichoderma harzianum* tampak belakang.

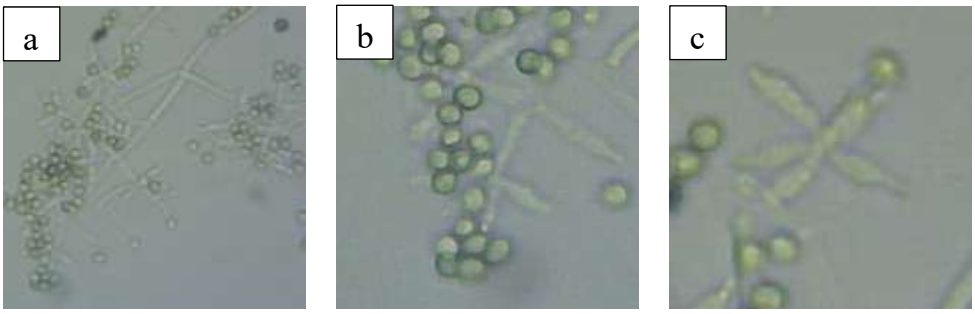
Hasil identifikasi makroskopis *Trichoderma harzianum* memiliki permukaan koloni datar, berbentuk bulat, dan berwarna hijau. *T. harzianum* secara makroskopis memiliki

permukaan koloni datar bertekstur kasar berserat tetapi bagian tepinya halus, berbentuk oval atau bulat, awal pertumbuhan berwarna putih kemudian berwarna hijau muda saat hari ke-4, dan setelah inkubasi berubah warna menjadi hijau tua (Sanothan *et al*., 2023). Warna koloni yang berubah menjadi hijau disebabkan oleh pembentukan konidia dalam jumlah banyak selama pertumbuhan. Sporulasi tinggi menunjukkan kemampuan *T. harzianum* beradaptasi pada media menyebabkan perubahan warna koloni menjadi hijau (Abiodun *et al*., 2018).

Koloni yang menyebar cepat berkaitan dengan aktivitas miselium *T. harzianum* yang agresif dalam mengkolonisasi media. Morfologi *T. harzianum* dipengaruhi oleh pembentukan biomassa miselium dan pertumbuhan hifa yang berkembang secara cepat pada media (Lee *et al*., 2017). Pertumbuhan *T. harzianum* yang cepat juga dipengaruhi oleh nutrisi yang tersedia dalam media PDA. *T. harzianum* memanfaatkan nutrisi media secara efisien memiliki laju pertumbuhan miselium yang tinggi (Nasution *et al*., 2017).

4.1.2. Identifikasi Mikroskopis *Trichoderma harzianum*

Identifikasi mikroskopis *T. harzianum* menggunakan mikroskop perbesaran 40x10 kali untuk mengamati bentuk konidiofor, konida, dan fialid. Hasil pengamatan spora *T. harzianum* disajikan pada Ilustrasi 20.



Ilustrasi 20. Pengamatan Mikroskopis *Trichoderma harzianum.* (a) Konidiofor (b) Konidia (c) Fialid.

Hasil identifikasi mikroskopis *T. harzianum* memiliki konidiofor yang berbentuk seperti piramida yang bercabang. Konidiofor *T. harzianum* bercabang berbentuk seperti piramida, pada bagian bawah cabang lateral bercabang berulang dan semakin ke ujung percabangan semakin pendek (Seran dan Sinaga 2024). Konidia *T. harzianum* berbentuk bulat. *T. harzianum* memiliki bentuk konidia semi bulat, bulat sempurna, atau oval (Sanothan *et al*., 2023).

Ujung percabangan konidiofor *T. harzianum* terdapat fialid berkelompok berbentuk botol. Fialid pada ujung konidiofor *T. harzianum* berbentuk ampul atau botol yang tersusun berkelompok (Jang *et al*., 2018). *T. harzianum* memiliki hifa dengan pembentukan konidia yang banyak. Hifa *T. harzianum* hialin dengan pembentukan konidia yang melimpah pada ujung fialid (Jamil *et al*., 2025).

4.2. Identifikasi Penyakit Moler (*Fusarium* spp.)

Identifikasi *Fusarium* spp. dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan dengan mengamati karakteristik koloni yang tumbuh di PDA sedangkan pengamatan mikroskopis dilakukan dengan melihat makrokonidia menggunakan mikroskop.

4.2.1. Persiapan Koleksi Penyakit Moler (*Fusarium* spp.)

Persiapan koleksi penyakit moler dilakukan dengan mengamati secara langsung tanaman bawang merah yang menujukkan gejala penyakit moler yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. di lahan warga Kabupaten Demak pada 2 MST. Tanaman bawang merah menunjukkan gejala pada bagian ujung daun berwarna hijau pucat bahkan menguning, layu,

dan meliuk. Hasil pengamatan gejala penyakit pada tanaman bawang merah disajikan pada Ilustrasi 21.



Ilustrasi 21. Persiapan Koleksi Penyakit Moler. (a) Tanaman tidak bergejala moler (b) Tanaman bergejala moler (c) Umbi membusuk.

Hasil identifikasi pada pertanaman bawang merah di Kabupaten Demak menunjukkan adanya gejala penyakit moler. Gejala yang diamati di lapangan mengindikasikan kemungkinan keterlibatan lebih dari satu spesies *Fusarium* spp. dalam satu lahan pertanaman. Gejala daun menguning dan meliuk (Ilustrasi 21 b) merupakan indikasi dari serangan *Fusarium oxysporum*. Mekanisme *Fusarium oxysporum* menyerang bawang merah yaitu dengan mengkoloni perakaran, kemudian memparasit sehingga menghambat pengangkutan air dan hasil fotosintat, setelah itu, *Fusarium oxysporum* mengeluarkan toksin yaitu mikotoksin dan famoniris yang mengganggu kelenturan selaput plasma pada bagian daun sehingga daun terlihat meliuk (Prakoso *et al*., 2017) .

Tanaman bergejala daun menguning, pangkal batang membusuk, dan umbi melunak (Ilustrasi 21 c) disebabkan oleh *Fusarium solani*. *Fusarium solani* menyebabkan sistem perakaran bawang rusak sehingga mengganggu dalam penyerapan air dan nutrisi sehingga umbi membusuk dan daun layu (Kalman *et al*., 2020).

Penyakit moler dapat disebabkan oleh beberapa jenis *Fusarium* spp. Penyakit moler disebabkan oleh *Fusarium* spp. meliputi *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, dan *Fusarium acutatum* (Lestiyani *et al*., 2014). Perbedaan gejala antar tanaman dalam satu lahan berkaitan dengan keragaman patogen yang terdapat di dalam tanah serta kondisi lingkungan. Keberagaman patogen yang berada di dalam tanah dan kondisi lingkungan seperti kelembaban tanah dapat mendukung perkembangan beberapa spesies *Fusarium* spp. (Le *et al*., 2021). Penyakit moler dapat menigkat pertumbuhannya disebabkan oleh faktor lingkungan. Penyebaran penyakit moler dapat menyebar melalui air sehingga dengan intensitas tinggi pada musim hujan akan terjadi banyak infeksi karena lingkungan lembab (Lesmana *et al*., 2024). Faktor lain yang dapat mempengaruhi peningkatan pertumbuhan dan perkembangan *Fusarium* spp. yaitu suhu. Suhu 30°C–33°C dan kelembaban 85% dapat meningkatkan pertumbuhan *Fusarium* spp. (Hikmahwati *et al*., 2020).

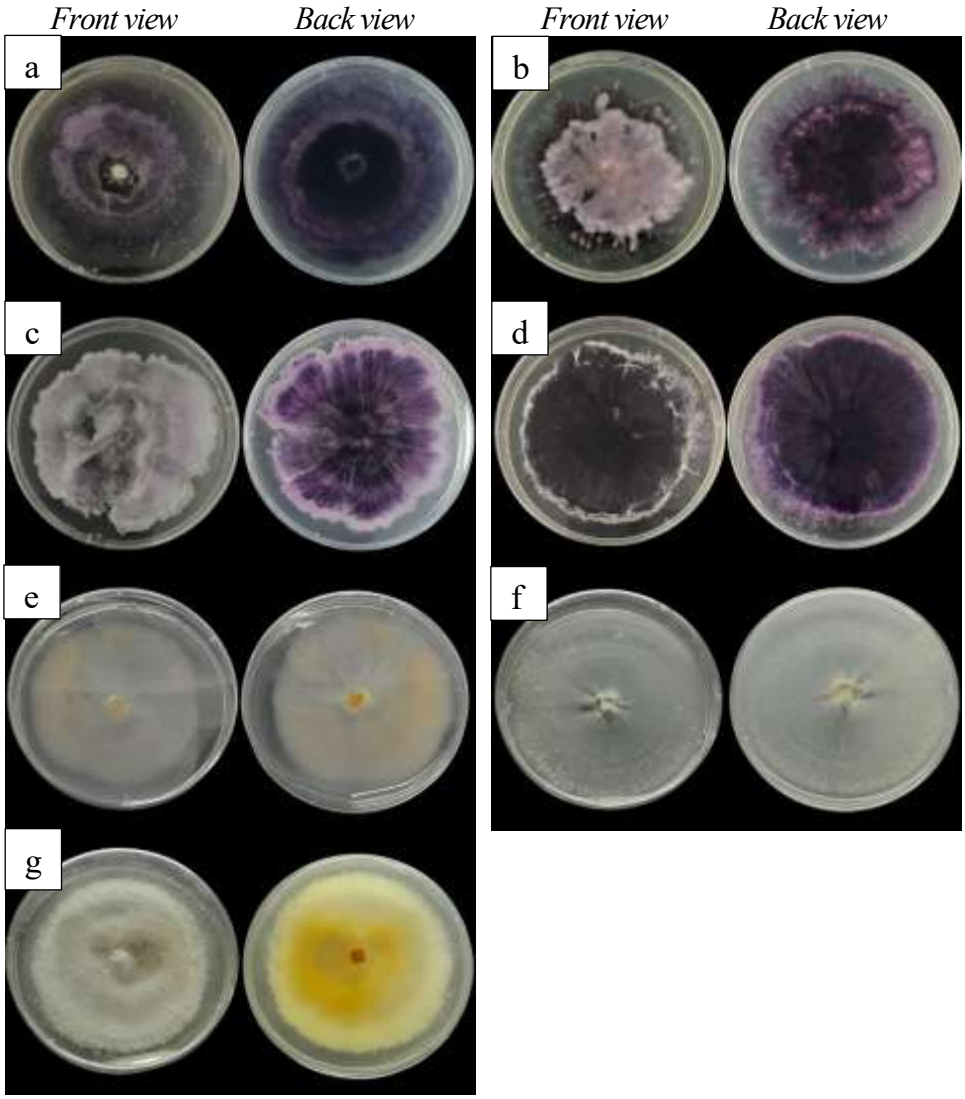
4.2.2. Identifikasi Makroskopis *Fusarium* spp.

Identifikasi makroskopis *Fusarium* spp. dilakukan dengan cara mengamati karakter warna koloni, pola persebaran, dan tekstur miselium yang tumbuh pada media PDA. Pengamatan secara visual dilakukan untuk memperoleh perbedaan morfologi visual antar isolat yang ditemukan dalam satu area lahan di Kabupaten Demak. Hasil identifikasi makroskopis *Fusarium* spp. disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Karakteristik Hasil Pengamatan Makroskopis *Fusarium* spp.

Isolat	Karakteristik			
	Pola Persebaran	Tekstur	Warna Tampak Depan	Warna Tampak Belakang
ID11	Menyebar	*Cottony*	*Violet Group* N88-*Light Violet* D	*Violet Blue Group* N92-*Dark Greyish Purple* A
ID13	Menyebar	*Cottony*	*Violet Group* 85-*Light Purple* B	*Violet Blue Group* N92-*Dark Violet* C
DIS2	Menyebar	*Cottony*	*Violet Group* 85-*Light Purple* B	*Purple Group* 79-*Dark Purple* A
DIS3	Menyebar	*Cottony*	*Violet Blue Group* N92-*Dark Greyish Purple* A	*Violet Blue Group* N92-*Dark Greyish Purple* A
ID2	Menyebar	*Cottony*	*Yellow Orange Group* 20-*Pale Yellow* D	*Yellow Orange Group* 20-*Light Yellow* B
ID3	Menyebar	*Cottony*	*White Group* NN 155-*Yellowish White* A	*White Group* NN 155-*Yellowish White* A
ID4	Menyebar	*Cottony*	*Yellow Group* 13-*Pale Greenish Yellow* D	*Yellow Group* 12-*Vivid Yellow* A

Keragaman karakteristik secara makroskopis pada Tabel 8. diketahui bahwa isolat ID11 dan DIS3 memiliki warna koloni tampak belakang yang sama yaitu *Violet Blue Group* N92-*Dark Greyish Purple* A. Isolat ID13 dan DIS2 memiliki warna koloni tampak depan sama yaitu *Violet Group* 85-*Light Purple* B. Seluruh isolat memiliki pola persebaran menyebar dan memiliki tekstur *cottony*. Pengamatan secara makroskopis *Fusarium* spp. yang tumbuh di cawan petri dapat dilihat pada Ilustrasi 22.



Ilustrasi 22. Identifikasi Makroskopis *Fusarium* spp. (a) Isolat ID11, (b) Isolat ID13, (c) Isolat DIS2, (d) Isolat DIS3, (e) Isolat ID2, (f) Isolat ID3, (g) Isolat ID4.

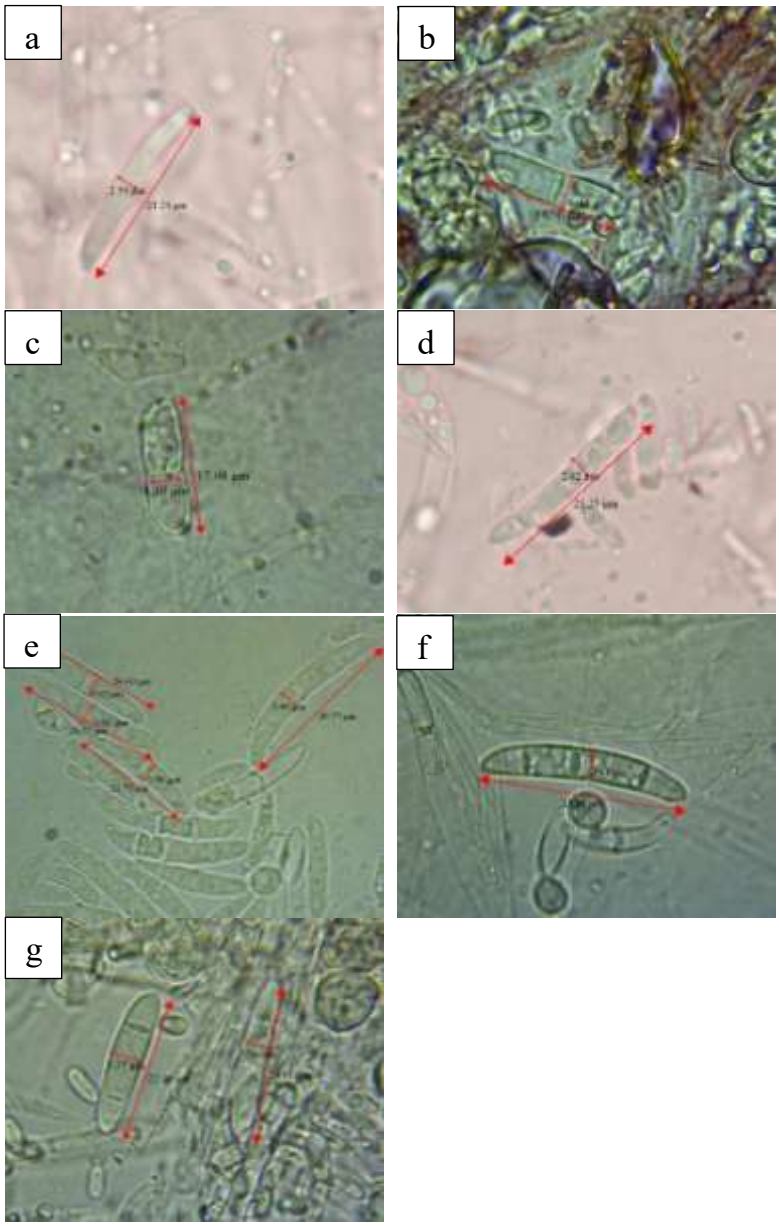
Isolat ID11, ID13, DIS2, dan DIS3 memiliki koloni berwarna putih keunguan yang menunjukkan isolat tersebut termasuk *F. oxysporum*. *F. oxysporum* memiliki koloni berwarna putih hingga ungu pada media PDA dengan tekstur miselium kapas (Maulana *et al*., 2025). Perbedaan warna dan bentuk koloni pada setiap spesies menunjukkan keragaman pigmen pada miselium jamur meskipun ditumbuhkan pada media yang sama. Perbedaan

karakter makroskopis pada isolat dipengaruhi oleh faktor genetik dan kemampuan isolat dalam menghasilkan pigmen dan metabolit sekunder (Avalos *et al*., 2017).

Hasil identifikasi makroskopis ketujuh isolat *Fusarium* spp. yang ditumbuhkan pada media PDA dan kondisi ruang yang sama memiliki variasi karakter yang berbeda pada warna koloni dan bentuk koloni. Isolat ID2, ID3, dan ID4 memiliki warna yang hampir serupa yaitu putih, putih kekuningan, dan putih keorenan yang menunjukkan bahwa isolat tersebut termasuk dalam *F. solani*. *F. solani* memiliki warna yang bervariasi mulai dari putih hingga kekuningan dan memiliki tekstur seperti kapas (*cottony*) (Garzón-Nivia *et al*., 2025). *F. solani* cenderung lebih cepat pertumbuhannya dibandingkan *F. oxysporum*. *F. solani* memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan spesies *Fusarium* sp. yang lain (Zhang *et al*., 2024).

4.2.3. Identifikasi Mikroskopis *Fusarium* spp.

Identifikasi mikroskopis *Fusarium* spp. dengan cara menggunakan mikroskop perbesaran 100x10 kali untuk mengamati bentuk konidia dan jumlah sekat konidia. Hasil pengamatan dianalisis untuk mengetahui morfometri dari *Fusarium* spp. meliputi panjang dan lebar konidia menggunakan aplikasi *Image Raster*. Hasil pengamatan spora *Fusarium* spp. disajikan pada Ilustrasi 23.



Ilustrasi 23. Identifikasi Mikroskopis *Fusarium* spp. (a) Isolat ID11, (b) Isolat ID13, (c) Isolat DIS2, (d) Isolat DIS3, (e) Isolat ID2, (f) Isolat ID3, (g) Isolat ID4.

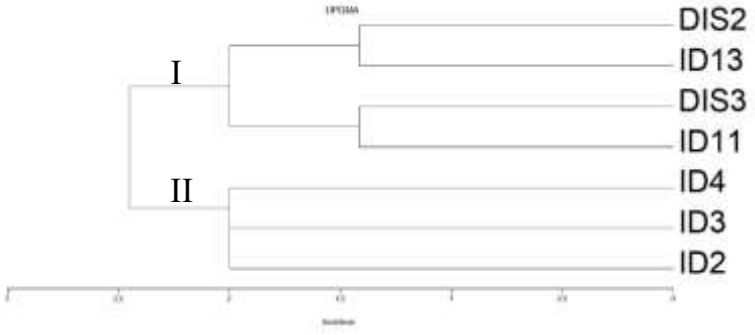
Isolat ID11, ID13, DIS2, dan DIS3 termasuk *F. oxysporum* menunjukkan makrokonidia yang relatif lebih ramping dibandingkan isolat *F. solani*, namun pada isolat ID13 dan DIS2 memiliki bentuk yang agak gemuk dan ujung yang tidak terlalu meruncing

dengan jumlah sekat 1–3. Makrokonidia *F. oxysporum* berbentuk lurus, agak melengkung, atau bulan sabit (melengkung) dengan jumlah sekat yang bervariasi yaitu 1–5 (Rosmini *et al*., 2021). Makrokonidia Isolat ID2, ID3, dan ID4 memiliki bentuk yang relatif lebih besar, agak gemuk, dan cenderung lurus hingga sedikit melengkung dengan jumlah sekat 2–3 dan ujungnya membulat yang menunjukkan isolat tersebut termasuk dalam *F. solani*. Makrokonidia *F. solani* berbentuk silindris hingga sedikit melengkung dengan ujung membulat dan tumpul (Yang *et al*., 2018).

Morfometri isolat ID11 memiliki panjang konidia 21,24 µm dan lebar konidia 2,59 µm, isolat ID13 memiliki panjang konidia 18,19 µm dan lebar konidia 4,94 µm, isolat DIS2 memiliki panjang konidia 17,08 µm dan lebar konidia 4,10 µm, isolat DIS3 memiliki panjang konidia 21,25 µm dan lebar konidia 2,62 µm, isolat ID2 memiliki panjang konidia 30,77 µm dan lebar konidia 3,89 µm, isolat ID3 memiliki panjang konidia 35,81 µm dan lebar konidia 4,61 µm, dan isolat ID4 memiliki panjang konidia 24,11 µm dan lebar konidia 3,96 µm,. Morfologi dan morfometri menunjukkan isolat ID2, ID3, dan ID4 termasuk *F. solani* serta isolat ID11, ID13, DIS2, dan DIS3 termasuk *F. oxysporum.* Variasi morfologi dan morfometri dapat dipengaruhi oleh genetik jamur. Keragaman genetik antar spesies *Fusarium* spp. dapat menyebabkan isolat memiliki karakter morfologi dan morfometri yang berbeda (Kim *et al*., 2017).

Hasil identifikasi morfologi *Fusarium* spp. berdasarkan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis menunjukkan perbedaan karakter antar isolat. Perbedaan karakter tersebut digunakan sebagai dasar dalam menganalisis tingkat kekerabatan antar isolat. Matriks kemiripan disusun berdasarkan data morfologi yang dikodekan dalam bentuk data biner (1= karakter ada, 0 = karakter tidak ada).

Perbedaan karakter morfologi *Fusarium* spp. digunakan sebagai dasar dalam menganalisis tingkat kekerabatan antar isolat menggunakan UPGMA. Matriks tersebut dianalisis menggunkan metode UPGMA untuk menghasilkan dendogram menggunakan aplikasi MVSP yang menggambarkan hubungan fenetik antar isolat *Fusarium*. Hasil analisis UPGMA disajikan pada Ilustrasi 24.

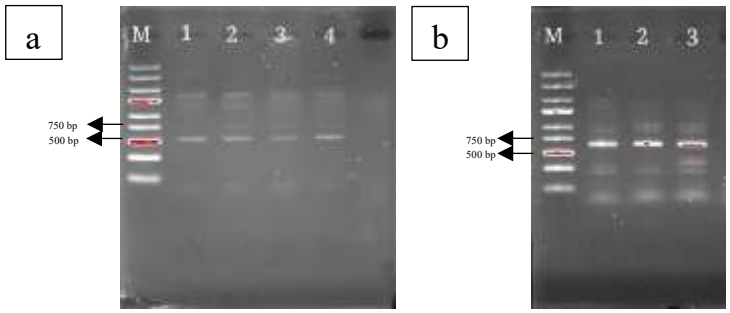


Ilustrasi 24. Dendogram Hubungan Kekerabatan antar Isolat *Fusarium* spp. berdasarkan Analisis UPGMA.

Dendogram hasil analisis UPGMA menunjukkan bahwa ketujuh isolat terbagi menjadi dua kelompok utama. Kelompok pertama terdiri dari isolat DIS2, ID13, DIS3, ID11 dan kelompok kedua yaitu isolat ID4, ID3, dan ID2 (Ilustrasi 24). Hasil tersebut sesuai dengan hasil identifikasi morfologi bahwa isolat ID11, ID13, DIS2, dan DIS3 termasuk *F. oxysporum* dan isolat ID2, ID3, dan ID4 termasuk *F. solani*. UPGMA dapat digunakan untuk melihat hubungan kekerabatan pada isolat *Fusarium* spp. yang diamati berdasarkan karakter isolat (Wilisiani *et al*., 2020).

4.2.4. Identifikasi Molekuler *Fusarium* spp.

Identifikasi molekuler *Fusarium* spp. dilakukan menggunakan primer spesifik untuk mengidentifikasi hingga tingkat spesies. Hasil identifikasi molekuler *Fusarium* spp. disajikan pada Ilustrasi 25.



Ilustrasi 25. Visualisasi Pita DNA. (a) Primer CLOX1-F/CLOX2-R sampel ID11 (1), sampel ID13 (2), sampel DIS2 (3), dan sampel DIS3 (4), (b) Primer TEF-Fs4f dan TEF-Fs4r sampel ID2 (1), sampel ID3 (2), dan sampel ID4 (3).

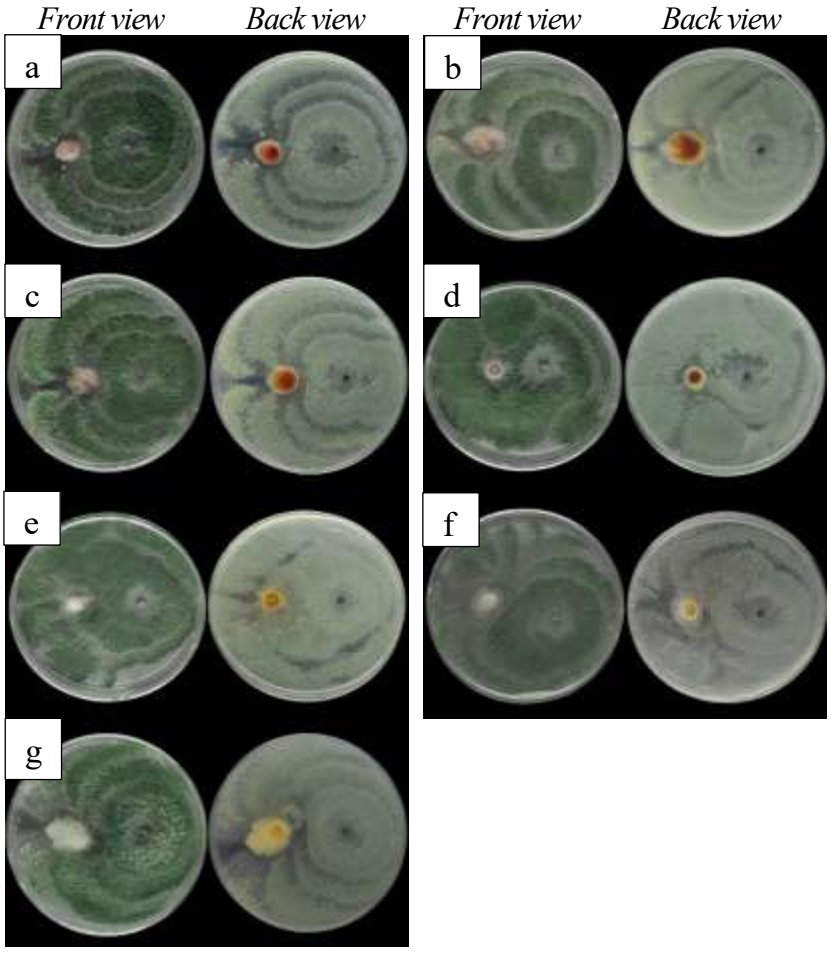
Hasil identifikasi molekuler *Fusarium* spp. menunjukkan bahwa sampel yang diamplifikasi menggunakan primer spesifik CLOX1-F dan CLOX2-R menunjukkan terbentuknya pita DNA target pada sampel ID11 sebesar 529,24 bp, ID13 sebesar 520,50 bp, DIS2 sebesar 529,24 bp, dan DIS3 sebesar 538,88 bp menunjukkan sampel tersebut termasuk *F. oxysporum*. Isolat *F. oxysporum* yang diamplifikasi menggunakan primer spesifik CLOX1-F dan CLOX2-R menghasilkan pita DNA target pada 534 bp (Latvala *et al*. 2020). Sampel yang diamplifikasi menggunakan primer spesifik TEF-Fs4f dan TEF-Fs4r menghasilkan pita DNA pada sampel ID2 sebesar 653,81 bp, ID3 sebesar 666,75 bp, dan ID4 sebesar 635,76 bp yang menunjukkan isolat tersebut termasuk *F. solani*. Terbentuknya pita DNA target 658 bp pada isolat yang diamplifikasi menggunakan primer spesifik TEF-Fs4f dan TEF-Fs4r menunjukkan isolat tersebut termasuk *F. solani* (Arif *et al*., 2012).

Keberhasilan amplifikasi DNA dipengaruhi oleh kualitas DNA template dan suhu annealing PCR. Amplifikasi DNA dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi dan kualitas DNA, spesifitas primer, dan suhu annealing pada PCR (Aulia *et al*., 2021). Genus *Fusarium* diperlukan identifikasi molekuler karena secara morfologi banyak spesies yang

memiliki karakter yang mirip. Variasi genetik pada isolat dapat menyebabkan adanya perbedaan ekspresi fenotip sehingga diperlukan identifikasi molekuler menggunakan PCR dengan primer spesifik untuk membedakan antar spesies (Ünal *et al*., 2017).

4.3. Persentase Daya Hambat *Trichoderma harzianum* pada *Fusarium* spp.

Persentase daya hambat dilakukan dengan *dual culture method* pada cawan petri menggunakan media PDA. Hasil pengujian *dual culture* disajikan dalam Ilustrasi 26.



Ilustrasi 26. Pengujian *Dual Culture.* (a) Isolat ID11, (b) Isolat ID13, (c) Isolat DIS2, (d) Isolat DIS3, (e) Isolat ID2, (f) Isolat ID3, (g) Isolat ID4.

Hasil pengamatan menunjukkan *T. harzianum* memiliki kemampuan daya hambat dengan mekanisme pertumbuhan koloni *T. harzianum* lebih cepat dibandingkan dengan koloni *Fusarium* spp. *T. harzianum* memiliki mekanisme menghambat pertumbuhan koloni jamur lain dengan mekanisme perkembangan pertumbuhan koloni *T. harzianum* lebih cepat dibandingkan dengan koloni jamur lain (Muhibuddin *et al*., 2021).

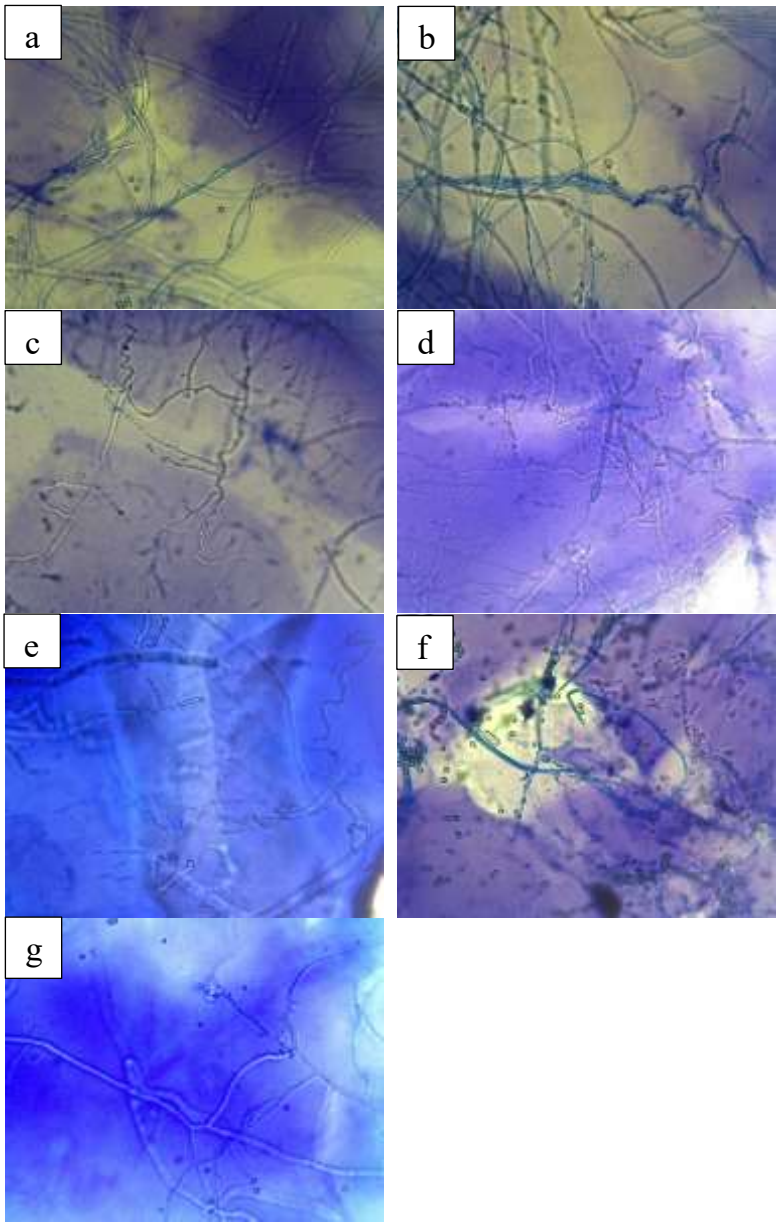
T. harzianum dapat memenuhi cawan petri dibandingkan *Fusarium* spp. karena *T. harzianum* dapat merusak dinding sel patogen sehingga pertumbuhan *T. harzianum* lebih cepat dibandingkan *Fusarium* spp. *T. harzianum* menghasilkan enzim kitinase dan β-glukanase yang dapat merusak dinding sel patogen sehingga pertumbuhan patogen terhambat (Chatri *et al*., 2018). Persentase daya hambat *T. harzianum* terhadap *Fusarium* spp. disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Persentase Daya Hambat *Trichoderma harzianum* pada *Fusarium* spp.

Isolat	R1	R2	%DH
ID11	(0,57±0,11)	(0,33±0,06)	40,97
ID13	(1,03±0,49)	(0,33±0,06)	64,87
DIS2	(0,73±0,23)	(0,30±0,00)	56,67
DIS3	(0,67±0,06)	(0,33±0,06)	50,00
ID2	(1,10±0,36)	(0,43±0,06)	58,89
ID3	(0,63±0,06)	(0,37±0,06)	42,07
ID4	(0,67±0,06)	(0,33±0,06)	50,00

Hasil uji antagonis menunjukkan bahwa persentase daya hambat diperoleh pada isolat ID11 40,97%, ID13 64,87%, DIS2 56,67%, DIS3 50,00%, ID2 sebesar 58,89%, ID3 42,07%, dan ID4 50,00%. Variasi persentase daya hambat menunjukkan adanya variasi virulensi dan ketahanan antar isolat terhadap mekanisme antagonisme *T. harzianum*. *T. harzianum* memiliki mekanisme mikroparasitisme yaitu hifa *T. harzianum* melilit hifa *Fusarium* spp. Pengamatan mikroparasitisme dilakukan dengan memotong media yang

berada di tengah antara isolat *T. harzianum* dengan *Fusarium* spp. kemudian diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x10. Hasil pengamatan mikroskop disajikan dalam Ilustrasi 27.

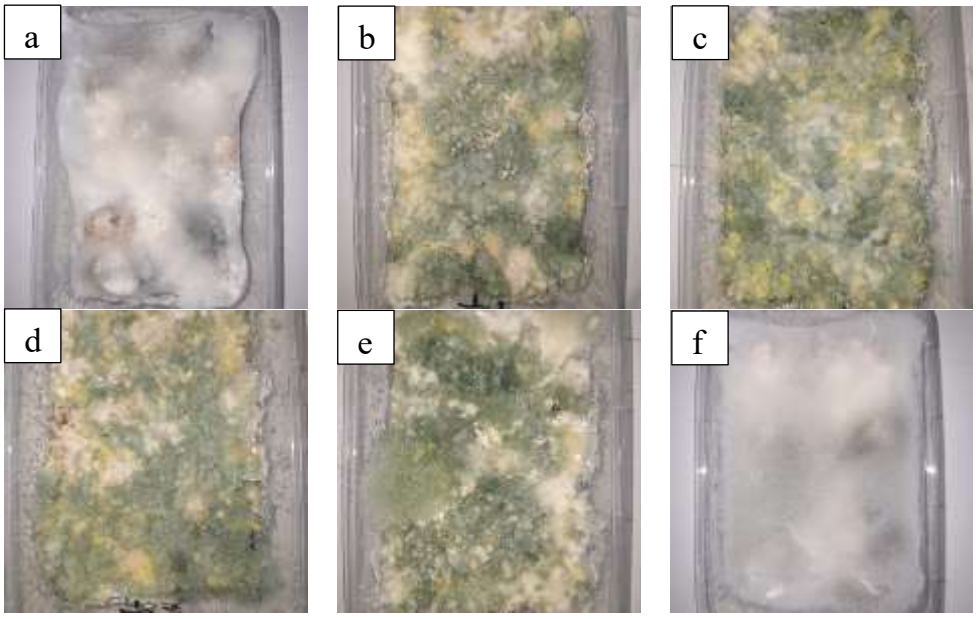


Ilustrasi 27. Pengamatan Mikroskop *Dual Culture.* (a) Isolat ID11, (b) Isolat ID13, (c) Isolat DIS2, (d) Isolat DIS3, (e) Isolat ID2, (f) Isolat ID3, (g) Isolat ID4.

Hasil pengamatan mikroskop *dual culture* diperoleh hifa *T. harzianum* melilit hifa *Fusarium* spp. dimana mekanisme antagonisme tersebut berupa mikroparasitisme. *T. harzianum* memiliki mekanisme mikroparasitisme yaitu hifa *T. harzianum* menempel, melilit, dan menembus dinding sel hifa patogen dengan bantuan enzim kitinase dan β-glukanase (Muhibuddin *et al*., 2021). Hifa *Fusarium* spp. mengalami lisis karena aktivitas hifa *T. harzianum*. Hifa *T. harzianum* menyebabkan struktur hifa *Fusarium* spp. mengalami kerusakan menjadi lebih tipis, tidak normal, serta lisis sehingga pertumbuhan koloni patogen terhambat (Pasalo *et al*., 2022).

4.4. Pengamatan *Trichoderma harzianum* Tumbuh di Media Tanam

Pengamatan *T. harzianum* tumbuh di media tanam dengan meletakkan nasi di atas media tanam. Pengamatan *T. harzianum* tumbuh di media tanam dalam Ilustrasi 28.



Ilustrasi 28. Pengamatan *Trichoderma harzianum* Tumbuh di Media Tanam. (a) T0 (Kontrol), (b) T1 (100% *T. harzianum*), (c) T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), (d) T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), (e) T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), (f) T5 (100% mikoriza).

Pengamatan *T. harzianum* tumbuh di media tanam diamati 7 hari setelah aplikasi yang pertama. Hasil pengamatan *T. harzianum* tumbuh di media tanam menunjukkan terdapat miselium berwarna putih kemudian berubah menjadi warna hijau pada pada perlakuan T1, T2, T3, dan T4 sedangkan pada perlakuan T0 dan T5 tidak terdapat miselium berwarna hijau karena tidak terdapat *T. harzianum*. Pertumbuhan *Trichoderma* sp. pada nasi ditandai dengan munculnya miselium berwarna putih kemudian menjadi hijau seiring bertambahnya umur (Fatimah *et al*., 2024).

Media nasi digunakan sebagai umpan *T. harzianum* karena mengandung karbohidrat yang cukup untuk mendukung pertumbuhan. *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan tumbuh yang cepat pada subsrat yang mengandung karbohidrat seperti nasi (Pirman *et al*., 2024). Pertumbuhan *T. harzianum* pada umpan nasi menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik pada media tanam. *T. harzianum* yang tumbuh cepat menandakan bahwa *T. harzianum* memanfaatkan sumber nutrisi yang efisien dibandingkan mikroorganisme lain yang ada di media (Ochtaviana *et al*., 2025).

4.5. Inokulasi Patogen *Fusarium* spp. dan Pengendalian Hayati

Inokulasi patogen *Fusarium* spp. dan pengendalian hayati menggunakan *T. harzianum* dan mikoriza diperoleh hasil pengamatan berupa masa inkubasi, insidensi penyakit, intensitas penyakit, nilai AUDPC, laju infeksi, kolonisasi mikoriza, tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah umbi, berat segar umbi, berat kering umbi, panjang akar, dan rasio panjang tajuk akar.

4.5.1. Masa Inkubasi

Masa inkubasi penyakit moler diamati setiap hari setelah dilakukan inokulasi pada tanaman bawang merah varietas crok kuning. Masa inkubasi penyakit moler dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Masa Inkubasi Penyakit Moler pada Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	Masa Inkubasi (HSI)
T0	6,64[b]
T1	9,72[a]
T2	9,76[a]
T3	8,40[ab]
T4	10,20[a]
T5	10,68[a]

Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Masa inkubasi *Fusarium* spp. pada bawang merah menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan. Hasil uji lanjut HSD 5% menunjukkan nilai tertinggi diperoleh oleh perlakuan T5 sebesar 10,68 HSI sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan kontrol T0 sebesar 6,64 HSI (Tabel 10). Perlakuan T1, T2, T4, dan T5 nilainya lebih tinggi dibandingkan T0 (kontrol). Masa inkubasi yang diamati mulai muncul pada 6,64 HSI – 10,68 HSI. Masa inkubasi penyakit pada tanaman bawang merah mulai terlihat gejala moler pada tanaman berumur 3 MSI (Silalahi *et al*., 2020).

Masa inkubasi yang singkat pada perlakuan berkaitan dengan kerapatan spora yang diinokulasikan. Kerapatan dan viabilitas spora tinggi yang diinokulasikan dapat mempercepat masa inkubasi (Warman *et al*., 2025). Masa inkubasi dipengaruhi kondisi internal dan eksternal. Kondisi fisiologis tanaman

mempengaruhi ketahanan terhadap patogen serta kondisi lingkungan suhu 30-33°C mempercepat perkembangan patogen (Susanti *et al*., 2017).

4.5.2. Insidensi Penyakit Moler

Insidensi penyakit moler diamati setiap minggu dengan melihat gejala moler pada bawang merah varietas crok kuning. Nilai insidensi pada tanaman bawang merah varietas crok kuning dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Insidensi Penyakit Moler pada Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	Insidensi Penyakit Moler					
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI	5 MSI	6 MSI
	---------- % ----------					
T0	56,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T1	24,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T2	20,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T3	48,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T4	20,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
T5	20,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Insidensi penyakit moler pada tanaman bawang merah berdasarkan perlakuan dosis *T. harzianum* dan mikoriza menunjukkan peningkatan pada 2 MSI. Seluruh tanaman bawang merah terinfeksi moler pada 2 MSI. Nilai insidensi tertinggi pada 1 MSI pada perlakuan P0 (kontrol) dengan nilai 56,00%. Nilai insidensi terendah diperoleh pada perlakuan T2, T4, dan T5 yaitu 20,00%. Hasil pada perlakuan T2 dan T4 menunjukkan adanya kemampuan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza dalam menekan perkembangan patogen. *Trichoderma* sp. dapat menurunkan kejadian penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. pada bawang

merah melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis, dan mikroparasitisme (Silvano *et al*., 2025).

Perlakuan T5 menunjukkan nilai insidensi rendah dibandingkan kontrol menunjukkan kemampuan kolonisasi mikoriza pada perakaran yang baik. Mikoriza dapat mengkolonisasi perakaran dan menghambat penetrasi patogen sehingga tanaman memiliki pertahanan terhadap infeksi *Fusarium* spp. (Fitriani *et al*., 2019). Perlakuan T0 (kontrol) memiliki nilai insidensi yang tinggi karena patogen dapat dengan mudah mengkolonisasi jaringan tanaman karena tidak ada agen hayati. Aplikasi *Trichoderma* sp. dan mikoriza dapat mengurangi kejadian penyakit dibandingkan dengan perlakuan kontrol karena agen hayati dapat menginduksi ketahanan tanaman (Sudantha *et al*., 2018).

4.5.3. Intensitas Penyakit Moler

Intensitas penyakit moler diamati setiap minggu selama 6 MSI dengan melihat gejala moler pada tanaman bawang merah varietas crok kuning. Nilai intensitas penyakit moler dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Intensitas Penyakit Moler pada Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	Intensitas Penyakit Moler					
	1 MSI	2 MSI	3 MSI	4 MSI	5 MSI	6 MSI
	---------- % ----------					
T0	17,00	40,00	54,00	60,00	70,00	80,00
T1	8,00	30,00	35,00	36,00	56,00	62,00
T2	7,00	29,00	38,00	55,00	64,00	75,00
T3	13,00	28,00	40,00	55,00	62,00	75,00
T4	6,00	29,00	38,00	57,00	64,00	74,00
T5	8,00	29,00	32,00	41,00	58,00	66,00

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Intensitas penyakit moler pada tanaman bawang merah menunjukkan pada 1 MSI nilai intensitas tertinggi diperoleh pada perlakuan T0 (kontrol) yaitu 17% dan terendah pada perlakuan T4 yaitu 6%. Intensitas penyakit moler menunjukkan peningkatan secara bertahap pada setiap minggu pengamatan. Perlakuan T0 (kontrol) menunjukkan intensitas tertinggi dibanding dengan perlakuan lainnya dengan nilai mencapai 80% pada 6 MSI. Tingginya nilai intensitas penyakit pada perlakuan kontrol menunjukkan tidak ada agen hayati yang menekan perkembangan *Fusarium* spp. (Heriyanto, 2019).

Perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza berdasarkan nilai yang diperoleh pada tabel 12 menunjukkan nilai intensitas yang lebih baik daripada perlakuan T0 (kontrol) karena agen hayati yang diaplikasikan mampu menekan pertumbuhan patogen. Aplikasi agen hayati dapat menekan intensitas penyakit karena *Trichoderma* sp. dan mikoriza memiliki mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, mikroparasitisme, dan antibiosis sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan *Fusarium* spp. (Silalahi *et al*., 2020). Peningkatan nilai intensitas setiap minggu mengindikasikan bahwa *Fusarium* spp. terus berkembang menginfeksi jaringan tanaman karena dipengaruhi kondisi yang menguntungkan patogen. Perkembangan penyakit dipengaruhi oleh interaksi patogen, inang, dan lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan patogen (Habib *et al*., 2023).

4.5.4. *Nilai Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC)

Nilai AUDPC diperoleh berdasarkan nilai intensitas penyakit moler pada tanaman bawang merah varietas crok kuning. Nilai AUDPC digunakan untuk melihat perkembangan penyakit tanaman dari waktu ke waktu. Nilai AUDPC dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Kategori Ketahanan Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza Berdasarkan Nilai AUDPC.

Perlakuan	Nilai AUDPC	Kategori Ketahanan
T0	272,5	Moderat rentan
T1	192,0	Moderat resisten
T2	227,0	Moderat rentan
T3	229,0	Moderat rentan
T4	228,0	Moderat rentan
T5	192,0	Moderat resisten

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Nilai AUDPC pada tanaman bawang merah berdasarkan perlakuan dosis *T. harzianum* dan mikoriza (Tabel 13) menunjukkan bahwa perlakuan T1 (100% *T. harzianum*) dan T5 (100% mikoriza) termasuk dalam kategori moderat resisten sedangkan perlakuan T0 (kontrol), T2, T3, dan T4 termasuk dalam kategori moderat rentan. Nilai intensitas penyakit menunjukkan hubungan yang berkaitan dengan AUDPC, nilai intensitas yang lebih rendah menghasilkan nilai AUDPC yang rendah karena perkembangan penyakit dari waktu ke waktu juga kecil. Perlakuan T1 dan T5 memiliki nilai yang lebih baik daripada perlakuan T0 (kontrol), T2, T3, T4, dan T5. Perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza efektivitasnya lebih tinggi perlakuan tunggal karena tidak terjadi kompetisi ruang kolonisasi sehingga lebih optimal dalam menekan perkembangan penyakit (Yağmur *et al*., 2024).

Jamur *T. harzianum* dapat menghasilkan nilai AUDPC lebih rendah daripada T0 (kontrol) karena *T. harzianum* memiliki sifat antagonis terhadap *Fusarium* spp. *Trichoderma* sp. memiliki mekanisme menyerang *Fusarium* spp. melalui kompetisi ruang dan nutrisi, mikroparasitisme, dan menghasilkan metabolit sekunder yang dapat menghambat perkembangan *Fusarium* spp. (Pasalo *et al.*, 2022). Mikoriza berperan meningkatkan ketahanan tanaman sehingga serangan patogen lebih rendah daripada kontrol. Mikoriza

menginfeksi akar tanaman sebelum patogen menyerang, kemudian menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti fenol, fitoaleksin, dan kinon sehingga tanaman memiliki ketahanan dalam menekan perkembangan patogen (Supyani *et al*., 2023).

4.5.5. Laju Infeksi Penyakit (r)

Laju infeksi penyakit moler diamati setiap minggu pada tanaman bawang merah varietas crok kuning. Nilai laju infeksi penyakit moler dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Laju Infeksi (r) Penyakit Moler Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	r1 MSI	r2 MSI	r3 MSI	r4 MSI	r5 MSI	r6 MSI
	---------- tanaman/minggu ----------					
T0	0,00	1,18	0,57	0,24	0,44	0,54
T1	0,00	1,57	0,43	0,74	0,38	0,73
T2	0,00	2,14	0,40	0,69	0,37	0,52
T3	0,00	0,96	0,54	0,61	0,30	0,71
T4	0,00	1,75	0,43	0,82	0,30	0,64
T5	0,00	1,45	0,23	0,25	0,70	0,39

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

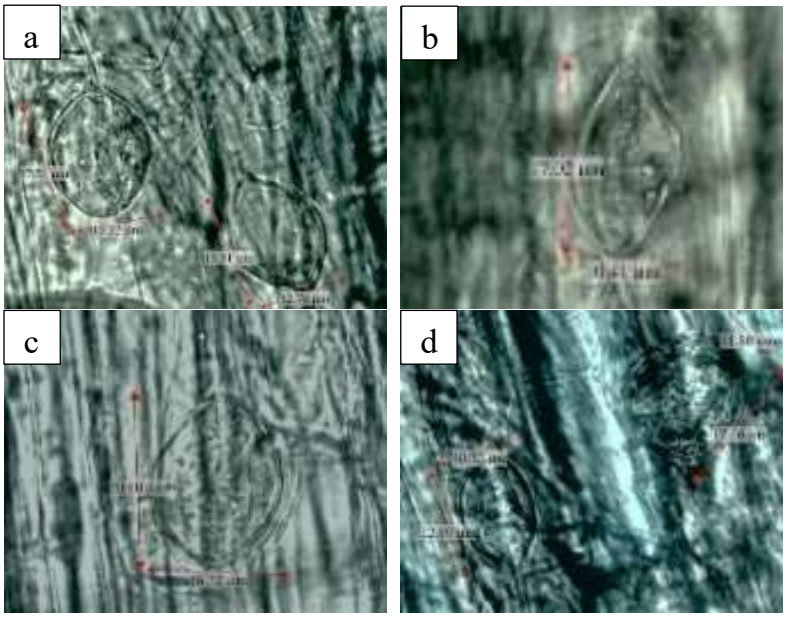
Nilai laju infeksi pada tanaman bawang merah berdasarkan perlakuan dosis *T. harzianum* dan mikoriza seluruh perlakuan sebesar 0,00 tanaman/minggu pada 1 MSI, kemudian mengalami peningkatan pada 2 MSI yaitu pada perlakuan T0 sebesar 1,18 tanaman/minggu, T1 sebesar 1,57 tanaman/minggu, T2 sebesar 2,14 tanaman/minggu, T3 sebesar 0,96 tanaman/minggu, T4 sebesar 1,75 tanaman/minggu, dan T5 sebesar 1,45 tanaman/minggu (Tabel 14). Nilai intensitas penyakit, AUDPC, dan laju infeksi menunjukkan hubungan yang berkaitan dalam menggambarkan perkembangan penyakit. Perlakuan yang dapat menekan laju infeksi pada fase awal memiliki peningkatan nilai

intensitas yang lebih lambat sehingga menghasilkan nilai AUDPC yang lebih rendah. Laju infeksi penyakit mengggambarkan kecepatan perkembangan penyakit, sehingga setiap minggu nilai laju infeksi mengalami kenaikan dan penurunan disebabkan oleh faktor ketahanan tanaman dan faktor lingkungan. Laju infeksi penyakit moler tertinggi pada 2 MSI karena jaringan inang masih muda sehingga rentan terserang patogen. Infeksi *Fusarium* spp. terjadi pada fase awal pertumbuhan ketika jaringan inang masih muda (Prakoso *et al*., 2017).

Laju infeksi setelah 2 MSI cenderung menurun karena tanaman sudah mulai membentuk respon ketahanan terhadap patogen. Penurunan laju infeksi berkaitan dengan interaksi virulensi *Fusarium* sp. dengan ketahanan tanaman serta kondisi lingkungan yang mendukung (Indrawan *et al*., 2023). Perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza memiliki nilai laju infeksi yang berbeda setiap minggunya, karena dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi di rizosfer. Efektivitas agen hayati dapat dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi pada perakaran, ketersediaan nutrisi pada media tanam, dan interaksi agen hayati dengan mikroorganise lain di dalam tanah (Fitriani *et al*., 2019).

4.5.6. Kolonisasi Mikoriza

Kolonisasi mikoriza diamati setelah panen dengan mengamati akar. Tahapan pengamatan kolonisasi mikoriza dilakukan dengan merendam akar menggunakan KOH 10%, kemudian dibilas, setelah itu pewarnaan akar menggunakan *metyhlene blue*, dan disimpan pada gliserol 50%. Akar diamati dengan mikroskop. Pengamatan kolonisasi mikoriza disajikan dalam Ilustrasi 29.



Ilustrasi 29. Pengamatan Mikroskop Kolonisasi Mikoriza. (a) T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), (b) T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), (c) T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), (d) T5 (100% mikoriza).

Hasil pengamatan mikroskop (Ilustrasi 29) menunjukkan bahwa pada perlakuan T2, T3, T4, dan T5 terdapat struktur yang dibentuk oleh mikoriza pada akar tanaman bawang merah. Mikoriza dapat menembus sel korteks, kemudian membentuk struktur arbuskula dan vesikula dalam sel-sel akar serta memproduksi spora (Bulan *et al*., 2023). Kolonisasi mikoriza dapat dipengaruhi oleh kondisi isolat mikoriza, tanaman dan lingkungan. Perbedaan tingkat kolonisasi mikoriza pada tanaman dapat dipengaruhi oleh jumlah inokulum yang diaplikasikan, kompabilitas antara isolat mikoriza dengan tanaman inang, suhu, kelembaban tanah, dan pH tanah (Rahman *et al*., 2019). Persentase kolonisasi mikoriza dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kolonisasi Mikoriza pada Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza

Perlakuan	Persentase Kolonisasi (%)
T0	-
T1	-
T2	40
T3	50
T4	50
T5	70

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% Mikoriza).

Hasil pengamatan kolonisasi mikoriza jenis *Glomus fasciculatum* menunjukkan infeksi mikoriza pada perlakuan T5 yaitu sebesar 70% tergolong tinggi, T4 sebesar 50% tergolog sedang, T3 sebesar 50% tergolong sedang, dan T2 sebesar 40% tergolong sedang. Perlakuan tunggal mikoriza serta kombinasi mikoriza dengan *T. harzianum* menunjukkan persentase dengan kriteria sedang-tinggi, meskipun parameter agronomi tidak berbeda nyata, namun hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T0 (kontrol), karena mikoriza dapat meningkatkan serapan unsur hara bagi tanaman. Persentase kolonisasi yang tinggi menunjukkan bahwa mikoriza aktif dalam meningkatkan penyerapan air dan unsur hara pada tanaman. Tingginya nilai kolonisasi mikoriza pada akar mengindikasikan bahwa mikoriza aktif dalam menginfeksi akar serta memperluas daerah serapan air dan unsur hara bagi tanaman (Kurniawan dan Khairani, 2023).

4.5.7. Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun

Tinggi tanaman dan jumlah daun merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh *T. harzianum* dan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman bawang

merah. Tinggi tanaman dan jumlah daun pada tanaman bawang merah pada 6 MSI dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

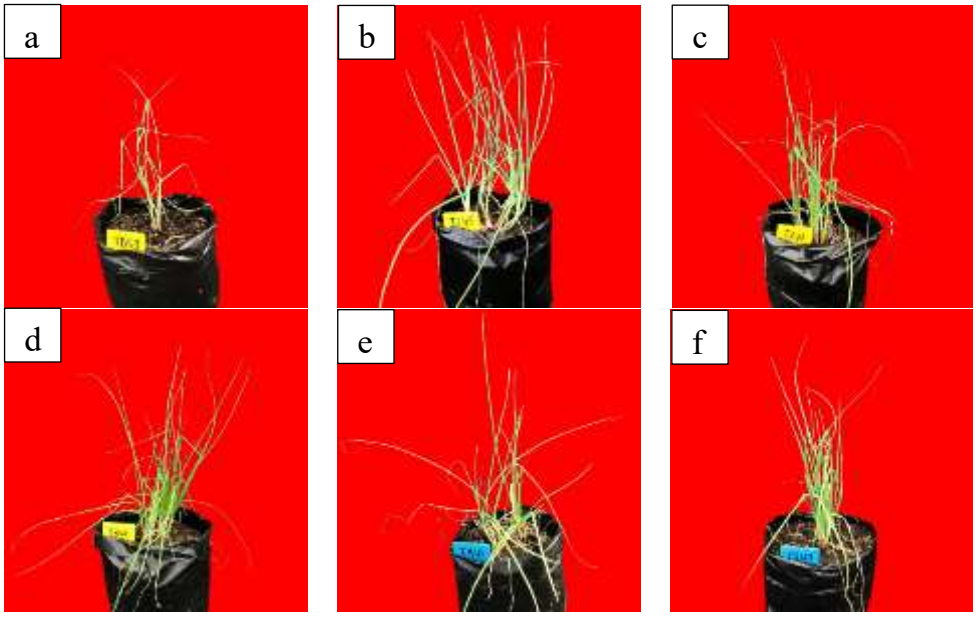
Perlakuan	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun
	-------- cm --------	------- helai -------
T0	24,24	12,60[b]
T1	36,54	30,76[a]
T2	29,46	19,56[ab]
T3	31,82	23,20[ab]
T4	29,68	23,20[ab]
T5	34,33	26,88[ab]

Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

Hasil pengamatan tinggi tanaman berdasarkan analisis ragam pada berbagai perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Tinggi tanaman tertinggi yaitu pada perlakuan T1 sebesar 36,54 cm, kemudian perlakuan T5 sebesar 34,33 cm, T3 sebesar 31,82 cm, T4 sebesar 29,68 cm, T2 sebesar 29,46 cm, dan T0 sebesar 24,24 cm (Tabel 16). Perlakuan tunggal maupun kombinasi *T. harzianum* dan mikoriza lebih baik daripada perlakuan T0 (kontrol). *Trichoderma* sp. merangsang tanaman memproduksi asam indoaseat, asam giberelin, dan benzylaminopurin, sedangkan mikoriza membentuk hifa eksternal yang dapat meningkatkan kapasitas akar dalam penyerapan air dan unsur hara sehingga pertumbuhan tinggi tanaman optimal (Silalahi *et al*., 2020).

Parameter jumlah daun menunjukkan perbedaan nyata. Hasil uji lanjut HSD 5% jumlah daun pada bawang merah menunjukkan perlakuan tertinggi yaitu T1 dengan nilai 30,76 helai dan perlakuan terendah yaitu T0 (kontrol) dengan nilai 12,60 helai. Perlakuan T1 lebih tinggi dibandingkan perlakuan T0 (kontrol), T2,

T3, T4, dan T5. *T. harzianum* berperan dalam perbaikan media tumbuh yang berdampak pada bagian tajuk sedangkan mikoriza dapat mengoptimalkan penyerapan air dan unsur hara terutama fosfat melalui hifa eksternal sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan organ daun (Bulan *et al*., 2023). Jumlah daun yang rendah pada perlakuan T0 (kontrol) disebabkan karena infeksi *Fusarium* spp. *Fusarium* spp. dapat mengganggu penyerapan unsur hara dan nutrisi tanaman sehingga pertumbuhan dan produksi tidak optimal (Afansya *et al*., 2025). Pengamatan tanaman bawang merah 6 MSI disajikan dalam Ilustrasi 30.



Ilustrasi 30. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Bawang merah 6 MSI. (a) T0 (Kontrol), (b) T1 (100% *T. harzianum*), (c) T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), (d) T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), (e) T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), (f) T5 (100% mikoriza).

Pengamatan secara visual tanaman bawang merah umur 6 MSI (Ilustrasi 30) menunjukkan perbedaan pertumbuhan atar perlakuan. Tanaman pada perlakuan T1

menunjukkan pertumbuhan vegetatif lebih baik yang ditunjukkan oleh jumlah daun lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

4.5.8. Jumlah Umbi

Jumlah umbi merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh *T. harzianum* dan mikoriza terhadap hasil tanaman bawang merah. Jumlah umbi pada tanaman bawang merah dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Jumlah Umbi Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

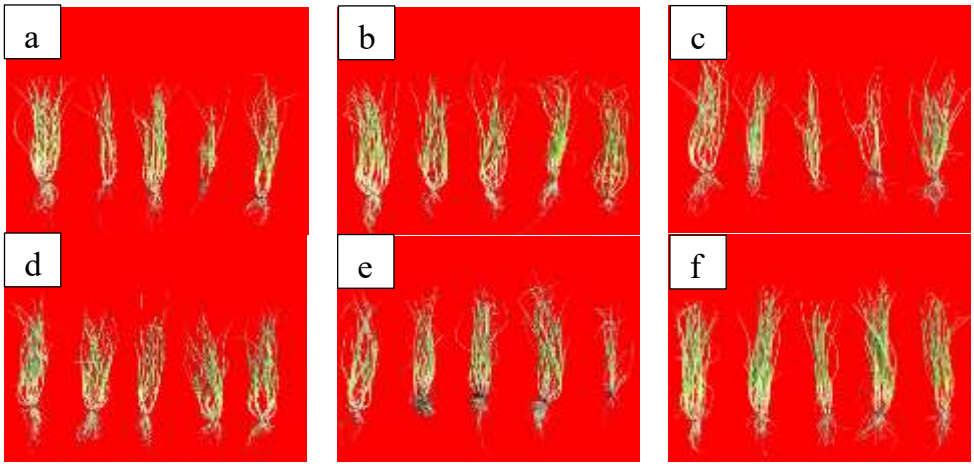
Perlakuan	Jumlah Umbi
	-------- umbi/tanaman --------
T0	6,04
T1	10,52
T2	6,68
T3	8,16
T4	7,92
T5	9,04

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Hasil pengamatan jumlah umbi menunjukkan bahwa antar perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Jumlah umbi pada pengamatan jumlahnya sesuai dengan deskripsi varietas (Lampiran 2), namun memiliki umbi yang berukuran kecil. Jumlah umbi tertinggi yaitu pada perlakuan T1 sebesar 10,52 umbi, kemudian perlakuan T5 sebesar 9,04 umbi, T3 sebesar 8,16 umbi, T4 sebesar 7,92 umbi, T2 sebesar 6,68 umbi, dan T0 sebesar 6,04 (Tabel 17). Perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza memiliki jumlah umbi yang lebih baik daripada perlakuan T0 (kontrol). *Trichoderma* sp. berperan dalam perbaikan media tumbuh yang berdampak pada bagian tajuk dalam peningkatan laju fotosintesis sehingga berdampak pada

pembentukan umbi sedangkan mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara fosfor yang digunakan untuk pembentukan umbi bawang merah (Silalahi *et al*., 2020).

Jumlah umbi yang rendah pada perlakuan T0 (kontrol) sebesar 6,04 umbi disebabkan karena terdapat infeksi *Fusarium* spp. pada tanaman bawang merah. Jamur *Fusarium* spp. dapat menghambat penyerapan unsur hara dan translokasi fotosintat pada tanaman bawang merah sehingga mengganggu dalam proses pembentukan umbi (Khoirunnisa *et al*., 2022). Pembentukan umbi juga dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di media tanam. Unsur kalium yang tersedia pada media tanam banyak diserap tanaman untuk pembentukan dan pembesaran umbi bawang merah (Khasanah *et al*., 2018). Pengamatan umbi bawang merah disajikan pada Ilustrasi 31.



Ilustrasi 31. Pengamatan Umbi Bawang merah 6 MSI. (a) T0 (Kontrol), (b) T1 (100% *T. harzianum*), (c) T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), (d) T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), (e) T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), (f) T5 (100% mikoriza).

Hasil pengamatan jumlah umbi tanaman bawang merah pada 6 MSI menunjukkan pemberian *T. harzianum* dan mikoriza tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan. Pengamatan secara visual (Ilustrasi 31) menunjukkan pembentukan umbi yang relatif serupa pada seluruh perlakuan.

4.5.9. Berat Segar Umbi dan Berat Kering Umbi

Berat segar umbi dan berat kering umbi merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui pengaruh *T. harzianum* dan mikoriza terhadap hasil tanaman bawang merah. Berat segar umbi dan berat kering umbi pada tanaman bawang merah dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Berat Segar Umbi dan Berat Kering Umbi Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	Berat Segar Umbi	Berat Kering Umbi
	----- gram/tanaman -----	----- gram/tanaman -----
T0	4,79	3,52
T1	10,41	7,25
T2	6,92	5,79
T3	8,15	6,10
T4	6,60	4,58
T5	8,88	6,97

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Hasil pengamatan berat segar umbi menunjukkan bahwa antar perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Berat segar umbi tertinggi yaitu pada perlakuan T1 sebesar 10,41 g, kemudian perlakuan T5 sebesar 8,88 g, T3 sebesar 8,15 g, T2 sebesar 6,92 g, T4 sebesar 6,60 g, dan T0 (kontrol) sebesar 4,79 g (Tabel 18). Berat segar umbi pada perlakuan T1, T2, T3, T4, dan T5 lebih tinggi dibandingkan T0 (kontrol) karena terdapat *T. harzianum* dan mikoriza yang dapat mengoptimalkan penyerapan air dan unsur hara. *Trichoderma* sp. dapat memacu hormon tanaman seperti GA3, IAA, dan BAP untuk pertumbuhan dan mikoriza memperluas serapan akar dalam menyerap air dan nutrisi terutama fosfor untuk perkembangan umbi (Sudantha *et al*., 2018). Perlakuan T0 (kontrol), T2, T3, T4, dan T5 menunjukkan nilai berat segar umbi bawang merah yang kecil dibandingkan deskripsi varietas pada lampiran 2, karena tanaman bawang merah terserang

penyakit moler yang disebabkan *Fusarium* spp. Penyakit moler yang menyerang bawang merah menyebabkan penurunan hasil, karena bentuk umbi yang lebih kecil disertai busuk saat panen sehingga berat umbi kecil (Iswahyudi dan Juanda, 2024).

Hasil pengamatan berat kering umbi menunjukkan bahwa antar perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Berat kering umbi tertinggi yaitu pada perlakuan T1 sebesar 7,25 g, kemudian T5 sebesar 6,97 g, T3 sebesar 6,10 g, T2 sebesar 5,79 g, T4 sebesar 4,58 g, dan T0 sebesar 3,52 g (Tabel 18). Berat kering umbi memilikin nilai yang kecil disebabkan oleh infeksi *Fusarium* sp. yang mempengaruhi fisiologis tanaman. Tanaman yang terinfeksi *Fusarium* sp. menyebabkan perubahan fisiologi dalam fotosintesis dan translokasi sehingga mempengaruhi hasil tanaman bawang merah (Bakti *et al*., 2022).

4.5.10. Panjang Akar dan Rasio Panjang Tajuk : Akar

Panjang akar dan rasio panjang tajuk : akar merupakan parameter untuk mengetahui pengaruh *T. harzianum* dan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah. Panjang akar dan rasio panjang tajuk : akar pada tanaman bawang merah dengan perlakuan *T. harzianum* dan mikoriza disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. Panjang Akar dan Rasio Panjang Tajuk : Akar Tanaman Bawang Merah dengan Perlakuan *Trichoderma harzianum* dan Mikoriza.

Perlakuan	Panjang Akar	Rasio Tajuk : Akar
	-------- cm --------	-------- cm --------
T0	6,63	3,38
T1	13,75	2,79
T2	10,43	2,69
T3	10,98	3,08
T4	9,41	2,57
T5	13,45	2,46

Keterangan : T0 (Kontrol), T1 (100% *T. harzianum*), T2 (70% *T. harzianum* : 30% mikoriza), T3 (30% *T. harzianum* : 70% mikoriza), T4 (50% *T. harzianum* : 50% mikoriza), T5 (100% mikoriza).

Hasil pengamatan panjang akar menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak berbeda nyata. Perlakuan yang memiliki panjang akar tertinggi yaitu pada perlakuan T5 sebesar 13,45 cm, kemudian perlakuan T1 sebesar 13,75 cm, T3 sebesar 10,98 cm, T2 sebesar 10,43 cm, T4 sebesar 9,41 cm, dan T0 sebesar 6,63 cm (Tabel 19). Tidak adanya perbedaan nyata dapat disebabkan oleh faktor serangan *Fusarium* spp., interaksi tanaman dengan agen hayati, kondisi media tanam, dan ketersediaan unsur hara. Agen hayati yang diaplikasikan pada tanaman dapat dapat memberikan respon yang bervariasi tergantung pada kondisi tanaman, serangan *Fusarium* sp., struktur tanah, dan ketersediaan hara (Ulya *et al*., 2020). Panjang akar lebih tinggi perlakuan T1 (100% *T. harzianum*) daripada perlakuan T0 (kontrol). *Trichoderma* sp. dapat meningkatkan aktivitas hormon auksin yang berperan dalam pemanjangan akar dan perluasan akar (Widuri *et al*., 2025).

Hasil pengamatan rasio panjang tajuk : akar menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak berbeda nyata. Perlakuan T1 memiliki nilai 2,79 dan T5 sebesar 2,46 yang lebih rendah daripada perlakuan T0 (kontrol) dengan nilai 3,38 (Tabel 19). Rasio panjang tajuk : akar merupakan indikator alokasi biomassa tanaman sebagai respon terhadap kondisi lingkungan. Nilai rasio tajuk : akar yang rendah mengindikasikan proporsi biomassa lebih besar dialokasikan utuk pertumbuhan akar sehingga sistem perakaran baik dalam menyerap air dan unsur hara. (Yuniarti *et al*., 2022). Perubahan morfologi akar seperti perpanjangan akar dipengaruhi oleh mikroba dalam tanah. *Trichoderma* sp. dan mikoriza dapat meningkatkan perkembangan sistem perakaran sehingga mendukung pertumbuhan tanaman (Sudantha *et al*., 2018).

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. SIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan T1 (*T. harzianum* 100%) dan T5 (mikoriza 100%) merupakan perlakuan terbaik dalam mengendalikan penyakit moler pada bawang merah. Perlakuan T1 menghasilkan intensitas penyakit terendah pada akhir pengamatan sebesar 62,00%, sedangkan T5 sebesar 66,00%, dengan nilai AUDPC keduanya termasuk dalam kategori moderat resisten. Perlakuan T5 menghasilkan masa inkubasi terlama, yaitu 10,68 HSI. Perlakuan T1 menunjukkan hasil terbaik pada parameter jumlah daun dengan rata-rata 30,76 helai. Perlakuan T1 (*T. harzianum* 100%) dan T5 (mikoriza 100%) menunjukkan efektivitas terbaik dalam menekan perkembangan penyakit moler sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman bawang merah.

5.2. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu mengkaji dosis *Trichoderma harzianum* dan mikoriza secara tunggal. Pengambilan sampel *Fusarium* spp. disarankan dilakukan dari lokasi pertanaman bawang merah yang berbeda untuk memperoleh keragaman isolat dan mengetahui efektivitas agen hayati.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. 2022. Aplikasi *Trichoderma* sp. dalam menekan penyakit moler pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Penelitian agrosamudra, 9 (1): 10-18.

Abiodun, A., Onilude, and O. D. Seyi-Amole. 2018. Mycelia growth and spore yield of *Trichoderma harzianum* in batch and fed-batch cultures: influence of pH and temperature. J. Curr Microbiol. 7 (4): 627-635

Afansya, I., Y. Mahmud, dan F. Dwimartina. 2025. Pengaruh dosis pupuk vermikompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) varietas bima. J. Ilmiah Pertanian, 7 (1): 8-19.

Afiefah, C. N., S. Suryanti., T. Joko, and S. Somowiyarjo. 2020. Beneficial effects of *arbuscular mycorrhizal fungi* and *Trichoderma* on diseased shallot. J. Perlindungan Tanaman Indonesia, 24 (1): 105-114.

Anggara, F., G. Srihidayati, dan M. Mutmainnah. 2023. Efektivitas kompos kotoran ayam ras dan aplikasi pgpr rumput gajah terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Wanatani, 3 (2): 93-109.

Arif, M., S. Chawla., M. W. Zaidi., J. K. Rayar., M. Variar, and U. S. Singh. 2012. Development of specific primers for genus *Fusarium* and *F. solani* using rDNA subunit and transcription elongation factor (TEF1α) gene. African J. of Biotechnology, 11 (2): 444-447.

Aryanta, I. W. R. 2019. Bawang merah dan manfaatnya bagi kesehatan. J. Widya Kesehatan, 1 (1): 29-35.

Aulia, S. L., R. A. Suwignyo, dan M. Hasmeda. 2021. Optimasi suhu annealing untuk amplifikasi dna padi hasil persilangan varietas tahan terendam dengan metode polymerase chain reaction. J. Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, 18 (1): 44-54.

Avalos, J., J. Pardo-Medina., O. Parra-Rivero., M. Ruger-Herreros., R. Rodríguez-Ortiz., D. Hornero-Méndez, and M. C. Limón. 2017. Carotenoid biosynthesis in *Fusarium*. J. of fungi, 3 (3): 1-16.

Bakti, A. K. S, dan N. Aidawati. 2022. Efektivitas tiga isolat *Trichoderma* sp. asal Pasang Surut dalam mengendalikan penyakit moler *Fusarium oxysporum* F. sp *cepae* pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Sains Stiper Amuntai, 12 (2): 68-76.

Bulan, P. A. N., N. A. Ariyanti, S. Aloysius, dan L. Sugiyarto. 2023. Pengaruh pemberian mikoriza, *Trichoderma* sp., terhadap pertumbuhan bawang merah (crok kuning) pada cekaman kekeringan. J. Penelitian Saintek, 28 (1): 50-62.

Cahyaningrum, H., N. Nurhayati., N. Nurmili., R. F. Suneth., S. Sirajuddin., I. Gazali., A. Hafid., I. Lenin, dan A. Meilin. 2023. Penyakit moler pada bawang merah. J. Media Pertanian, 8 (2): 152-155.

Chatri, M., D. Handayani, dan J. Septiani. 2018. Influence of media (mixture of rice and sugar cane) on *Trichoderma harzianum* growth and its resistance to *Fusarium Oxysporum* by in vitro. J. Bioscience, 2 (1): 50-60.

Deva, K., R. Linda, dan M. Turnip. 2025 Jenis-jenis jamur Mikoriza Vaskular Arbuskular (MVA) pada tumbuhan sengon (*Paraserianthes falcataria* L. *nielsen*) di areal PT. Indonesia Chemical Alumina. J. Protobiont, 14 (3): 94-99.

Elfarisna, E., M. R. Mudhar, dan E. Rahmayuni. 2024. Limbah cangkang kerang hijau sebagai amelioran pada bawang merah. J. agrosains dan teknologi, 9 (2): 80-87.

Esfahani, M. N., R. Zare, and S. M. Okhovvat. 2022. Diversity of *Fusarium* species associated with basal rot of onion in Iran. J. of Plant Pathology, 104 (1): 1337-1347.

Fatimah, F., N. Aidawati, dan M. Mariana. 2024. Potensi metabolit sekunder *Trichoderma* spp. dalam menghambat perkembangan *Colletotrichum* spp. secara in vitro. J. Proteksi Tanaman Tropika, 7 (3): 1002-1010.

Fitriani, M. L., S. Wiyono, dan M. S. Sinaga, 2019. Potensi kolonisasi mikoriza arbuskular dan cendawan endofit untuk pengendalian layu fusarium pada bawang merah. J. Fitopatologi Indonesia, 15 (6): 228-238.

Garzón-Nivia, M. A., J. Mártiz Mártiz., E. A. Moya-Elizondo., B. Ruiz., J. C. Cornejo, and H. A. Valdés-Gómez. 2025. Characterization and identification of *Neocosmospora solani* and *Fusarium oxysporum* causing root necrosis and wilting of orange trees in Chile. J. Plants, 14 (3): 1-14.

Habib, M. H., I. M. Sudantha, dan I. Muthahanas. 2023. Pengaruh dosis biokompos limbah kotoran sapi fermentasi *Trichoderma* spp. terhadap penyakit layu *fusarium* beberapa varietas bawang merah. J. Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek, 2 (1): 10-18.

Hanif, A., dan Zamriyetti, Z. 2023. Karakterisasi morfologi cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah (*Allium cepa*). J. Ilmu Pertanian, 26 (1): 76-82.

Hapsari, E., L. Soesanto, dan E. Mugiastuti. 2021. Viabilitas dan virulensi tujuh belas tahun penyimpanan *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *zingiberi* Trujillo dalam tanah steril. J. Media Pertanian, 6 (2): 72-82.

Heriyanto, H. 2019. Kajian pengendalian penyakit layu *Fusarium oxysporum* dengan *Trichoderma* sp. pada tanaman cabai. J. Ilmu-Ilmu Pertanian, 26 (2): 26-35.

Hikmahwati, H., M. R. Auliah., R. Ramlah, dan F. Fitrianti. 2020. Identifikasi cendawan penyebab penyakit moler pada tanaman bawang merah (*Allium ascolonicum* L.) di Kabupaten Enrekang. J. Ilmu Pertanian, 5 (2): 83-86.

Indrawan, T., I. M. Sudantha, W. Astiko. 2023. Pengaruh dosis biofungisida legundi (*Vitex trifolia*) fermentasi *Trichoderma* terhadap insiden penyakit layu fusarium pada beberapa varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek, 2 (1): 26-36.

Ishlah, M. A., B. A. Kristanto, dan F. Kusmiyati. 2022. Pengaruh *Trichoderma harzianum* dan nano silika terhadap penyakit moler dan produksi bawang merah. J. Agrotechnology Research, 6 (2): 118-126.

Iswahyudi, I., dan B. R. Juanda. 2024. Pengaruh dosis *Trichoderma harzianum* dan varietas bawang merah untuk mengendalikan penyakit moler (*Fusarium oxysporum*) dan produksi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Ilmu Pertanian Tirtayasa, 6 (2): 377-391.

Jamil, A., T. S. Arzam, dan P. I. Mattola. 2025. Eksplorasi dan identifikasi keberadaan cendawan *Trichoderma* sp. dari pelapukan batang bawah sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.). J. Tabaro Agriculture Science, 9 (1): 18-26.

Jang, S., S. L. Kwon., H. Lee., Y. Jang., M. S. Park., Y. W. Lim., C. Kim, and J. J. Kim. 2018. New report of three unrecorded species in *Trichoderma harzianum* species complex in Korea. J. Mycobiology, 46 (3): 177-184.

Jayadi, I., D. N. Suprapta., I. M. Adnyana., I. M. Sudana., I. M. Sudantha., I. I. Sanuriza., and K. Ihwan. 2025. *Fusarium proliferatum* as a causative agent of fusarium wilt in shallots (*Allium cepa* L.) on Lombok Island, West Nusa Tenggara, Indonesia. J. Breed. Genet, 57 (2): 541-554.

Jayadi, I., I. I. Sanuriza., D. K. Risfianty., K. Ihwan., P. Husain, dan I. R. Dewi. 2025. Analisis patogenisitas *Fusarium solani* dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. J. Kajian Biologi, 5 (3): 559-568.

Kalman, B., D. Abraham., S. Graph., R. Perl-Treves., Y. Meller Harel, and O. Degani. 2020. Isolation and identification of *Fusarium* spp., the causal agents of onion (*Allium cepa*) basal rot in Northeastern Israel. J. Biology, 9 (4): 1-19.

Kamilah, N., S. Salamiah, dan M. I. Pramudi. 2023. Efektivitas tiga sumber mikro organisme lokal (mol) terhadap intensitas serangan penyakit moler pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Proteksi Tanaman Tropika, 6 (3): 708-719.

Khasanah. M., S. W. A. Suedy, dan E. Prihastanti. 2018. Aplikasi pupuk organik kotoran ayam dan jerami padi pada pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium cepa* L. var. bima curut). J. Anatomi dan fisiologi, 3 (2): 188 – 194.

Khoirunnisa, S., E. Fuskhah, dan E. D. Purbajanti. 2022. Aplikasi pupuk kandang diperkaya *Trichoderma* sp. untuk peningkatan produksi dan pengendalian *Fusarium* sp. pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Ilmu Pertanian dan Kehutanan, 21 (2): 293-302.

Kim J. S., N. J. Kang., Y. S. Kwak, and C. Lee. 2017. Investigation of genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* using pcr-rflp. J. Plant Pathology, 33 (2): 140-147.

Kumar, U., C. S. Azad, A. Kumar, P. Bhargava, and S. K. Sahani. 2026. Comparative field analysis of wheat genotypes differing in fusarium head blight resistance. J. Advances in Biology and Biotechnology, 29 (1): 734-745.

Kurniawan, D., dan S. Khairani, S. 2023. Pemberian mikoriza dalam media tanam campuran limbah kelapa sawit terhadap pertumbuhan bawang merah (*Allium ascalonicum*). J. Agrotek Lestari, 9 (1): 69-75.

Latvala, S., M. Haapalainen., P. Kivijärvi., T. Suojala-Ahlfors., S. Iivonen, and A. Hannukkala. 2020. Sampling and PCR method for detecting pathogenic *Fusarium oxysporum* strains in onion harvest. J. Letters in Applied Microbiology, 70 (3): 210-220.

Le, D., K. Audenaert, and G. Haesaert. 2021. *Fusarium* basal rot: profile of an increasingly important disease in *Allium* spp. J. Tropical Plant Pathology, 46 (3): 241-253.

Lee, H., Y. M. Lee., Y. M. Heo., J. H. Hong., S. Jang., B. J. Ahn., S. S. Lee, and J. J. Kim. 2017. Optimization of fungal enzyme production by *Trichoderma harzianum* kuc1716 through surfactant-induced morphological changes. J. Mycobiology, 45 (1): 48-51.

Lesmana, A., S. R. Dirmawati., L. Wibowo, dan A. M. Hariri. 2024. Pengaruh pestisida botani terhadap serangan ulat grayak (*Spodoptera litura*) serta keterjadian penyakit moler pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Agrotek Tropika, 12 (2): 270-275.

Lestiyani, A., A. Wibowo., S. Subandiyah., C. Gambley., S. Ito, dan S. Harper. 2014. Identification of *Fusarium* spp., the causal agent of twisted disease of shallot. in xxix international horticultural congress on horticulture: sustaining lives, livelihoods and landscapes (IHC2014): 1128:155-160.

Maftuhah, A. N., A. Susanti, dan R. Febrianti. 2018. Uji efektivitas sifat antagonisme lima isolat lokal *Trichoderma* spp. terhadap *Fusarium* sp. J. Ilmu-Ilmu Pertanian, 1 (1): 1-5.

Marianah, L., A. A. Nawangsih., A. Munif., G. Giyanto, dan E. T. Tondok. 2024. Variation in symptoms and morphology of *Fusarium* spp. on shallot associated with basal plate rot disease in Brebes District, Central Java Province, Indonesia. Biodiversitas J. of Biological Diversity, 25 (5): 2198-2208.

Marsoro, E. 2026. Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Bawang Merah di Indonesia 2021-2025. Badan Pusat Statistik.

Marsoro, E. 2026. Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim di Indonesia 2021-2025. Badan Pusat Statistik.

Maulana, G. A., E. Yulia, dan T. Suganda. 2025. Sensitivitas *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* isolat Kabupaten Garut terhadap beberapa jenis fungisida pada konsentrasi subletal serta virulensinya pada dua varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. Agrikultura, 36 (1): 62-78.

Meddad-Hamza, A., F. Benzina., C. Meddad., N. Hamza., A. Reghmit., H. Ziane, and H. Ksentini. 2023. Biological control of arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum* and *Verticillium dahliae* induced wilt in tomato plants. J. of Biological Pest Control, 33 (1): 1-10.

Messiaen, C.-M. 1993. Les Allium Alimentaires Reproduits Par Voie Végétative. 1-230.

Muhibuddin, A., S. Salsabila, dan A. W. Sektiono. 2021. Kemampuan antagonis *Tricoderma harzianum* terhadap beberapa jamur patogen penyakit tanaman. J. Agrosaintifika, 4 (1): 225-233.

Nanda, A., I. Sari, dan E. Y. Yusuf. 2022. Pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium cepa* L) dengan pemberian mikroorganime lokal (mol) feses walet pada media gambut. J. Agro Indragiri, 7 (1): 22-34.

Nasution, P., P. Periadnadi, dan N. Nurmiati. 2017. Kecepatan pertumbuhan kapang (*Trichoderma harzianum* rifai a1300-f006) dan aktivitas selulase dalam penangananan sampah selulosa. J. Of Biological Sciences, 4 (1): 35-40.

Ningsih, H., U. S. Hastuti, dan D. Listyorini. 2016. Kajian antagonis *Trichoderma* spp. terhadap *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada daun cabai rawit (*Capsicum frutescens*) secara in vitro. Proceeding Biology Education Conference. Malang. 814-817.

Nugroho, F. M, dan N. Khoyriyah. 2023. Pengaruh pupuk hayati cair terhadap produksi budidaya bawang merah di Kecamatan Sedan. J. of Integrated Agricultural Socio-Economics and Entrepreneurial Research, 1 (2): 5-11.

Nurahim, L, dan R. Alfina. 2020. Pengoptimalan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) dengan pemanfaatan pupuk kandang ayam. J. Hortuscolere, 1 (1): 7-13.

Nurjannah, N. 2020. Pengaruh pemberian *Trichoderma* dosis yang berbeda terhadap pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman cabai keriting (*Capsicum Annum* L.) varietas Tm 99. J. Life Science, 2 (2): 47-56.

Ochtaviana, M. B., E. N. Jannah, dan E. D. Novianto. 2025. Efektivitas waktu pemberian dan dosis *Trichoderma harzianum* dalam menanggulangi serangan *Sclerotium rolfsii* pada tanaman kedelai. J. of Agribusiness and Agrotechnology, 6 (1): 14-23.

Ouhaddou, R., M. Anli., R. Ben-Laouane., A. Boutasknit., M. Baslam, and A. Meddich. 2025. The importance of the *Glomus* genus as a potential candidate for sustainable agriculture under arid environments: a review. International J. of Plant Biology, 16 (1): 1-22.

Pasalo, N. M., F. E. F. Kandou, dan M. F. O. Singkoh. 2022. Uji antagonisme jamur *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium* sp. pada tanaman bawang merah *Allium cepa* isolat lokal tonsewer secara in vitro. J. Ilmu Alam dan Lingkungan, 13 (2): 1-7.

Permana, D. F. W., A. H. Mustofa., L. Nuryani., P. S. Kristiaputra, dan Y. Alamudin. 2021. Budidaya bawang merah di Kabupaten Brebes. J. Bina Desa, 3 (2): 125-132.

Pirman, A., T. Y. Pratiwi, dan S. Andayani. 2024. Isolasi *Trichoderma* sp. pada rhizosfer tanaman kopi (*Coffea* sp.) menggunakan metode perangkap nasi di Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang (BBPP). J. Agroteknologi dan Sains, 9 (1): 21-27.

Prakoso, E. B., S. Wiyatingsih, dan H. Nirwanto. 2017. Uji ketahanan berbagai kultivar bawang merah (*Allium ascalonicum*) terhadap infeksi penyakit moler (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*). J. Berkala Ilmiah Agroteknologi Plumula, 5 (1): 10-20.

Putri, S. K, dan I. Erdiansyah. 2024. Aplikasi biofungisida (*Trichoderma Harzianum*) untuk mengendalikan penyakit layu (*Fusarium* sp.) pada jagung ketan (*Zea Mays* var. Ceratina). J. Pertanian, 15 (2): 148-158.

Rahman, M. M., A. R. Saidy, dan C. Nisa. 2019. Aplikasi mikoriza arbuskula untuk meningkatkan serapan fosfat, pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). J. EnviroScienteae, 15 (1): 59-70.

Rahmawati, R., P. E. Putir., M. Damiri, dan Y. Tanduh. 2020. Keragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) di lahan gambut konversi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit. J. Hutan Tropika, 15 (1): 8-19.

Rahmiyah, M., N. U. Maesaroh, dan P. Laeshita. 2023. Media alternatif perbanyakan *Trichoderma* sp. dari berbagai jenis limbah sebagai agen pengendali hayati. Agroland J. Ilmu-ilmu Pertanian, 30 (3): 217-227.

Raisani, NPM, M. W. Proborini, N. L. Suriani, dan E. Kriswiyanti. 2020. Biokontrol jamur *mikoriza arbuskula* (AMF) *Glomus* spp. terhadap infeksi *Fusarium oxysporum* Schlecht et Fr. pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). J. Biologi Udayana, 24 (1): 38-46.

Rosmini, R., A. Rista., I. D. Astuti, dan A. Yulianto. 2021. Karakterisasi jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang (basal rot) pada bawang wakegi (*Allium* x wakegi Araki). J. Agricultural, 4 (3): 341-350.

Sanothan, A., V. B. Montong, dan M. Lengkong. 2023. Uji antagonis jamur *Trichoderma* sp. terhadap penyakit antraknosa *Colletotrichum* sp. pada tanaman cabai keriting *Capsicum annuum* L. di Laboratorium. J. Entomologi dan Fitopatologi, 3 (1):15-23.

Sari, V. I., N. Susi, dan A. Hunafa. 2022. Interaksi berbagai media tanam dan konsentrasi ab mix terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium cepa*. L). J. Agrotela, 1 (2): 1-7.

Sari, W, dan S. A. Inayah. 2020. Inventarisasi penyakit pada dua varietas lokal bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) bima brebes dan trisula. J. Pro-Stek, 2 (2): 64-71.

Sari, W., S. Wiyono., A. Nurmansyah., A. Munif, dan R. Poerwanto. 2017. Keanekaragaman dan patogenisitas *Fusarium* spp. asal beberapa kultivar pisang. J. Fitopatologi Indonesia, 13 (6): 216-216.

Seran, W., dan P. S. Sinaga. 2024. Isolasi dan identifikasi *Trichoderma* spp. dari rhizosfer tanaman jati (*Tectona grandis* Linn.) di Taman Wisata Alam, Desa Bipolo, Kecamatan Sulamu, Kabupaten Kupang. J. of Scientech Research and Development, 6 (1): 1453-1467.

Shi, F., X. Wang., X. He., T. Xu., M. Jiang., W. Chang, and F. Song. 2025. Evaluation of the efficient propagation of *Rhizophagus intraradices* and its inoculation effects on rice. J. Applied and Environmental Microbiology, 91 (7): 1-18.

Silalahi, Y., R. Mulyani, dan S. Winarti. 2020. Pengaruh aplikasi mikoriza, *Trichoderma* sp. dan pupuk npk terhadap penyakit layu fusarium serta hasil bawang merah di media gambut. J. Agripeat, 21 (2): 56-63.

Silvano, J., G. N. A. S. Wirya, dan K. Khalimi. 2025. Pengendalian penyakit layu *fusarium* pada bawang merah (*Allium ascolonicum* L.) dengan *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. J. Agrica, 18 (2): 225-241.

Stanković, I., A. Vučurović., D. Jovičić., B. Krstić, and Z. Nikolić. 2019. *Fusarium proliferatum* and *F. oxysporum* as causal agents of onion and garlic rot in Serbia. European J. of Plant Pathology, 153 (1): 227-240.

Subekti, D. W. I., S. H. Hidayat, E. Nurhayati, dan S. Sujiprihati. 2006. Infeksi cucumber mosaic virus dan chili veinal mottle virus terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai. J. Biosciences, 13 (2): 53-57.

Sudantha, I. M., M. Isnaini., W. Astiko, dan N. M. L. Ernawati. 2018. Pengaruh inokulasi Fungi Mikoriza Abuskular dan bioktivator (mengandung jamur. *Trichoderma* spp. dan ekstrak daun legundi) terhadap penyakit layu fusarium dan hasil bawang merah. J. Crop Agro Fakultas Pertanian Unram, 11 (2): 94-103.

Sugiana, I. K., K. D. Jayanti, dan I. Mowidu. 2023. Pengaruh penggunaan pupuk hayati mikoriza terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah varietas Lembah Palu. J. Ilmu Pertanian dan Kehutanan, 22 (2): 263-272.

Supyani, S., D. N. Septariani., Z. T. Haqiki, dan H. Hadiwiyono. 2023. Evaluasi efektivitas mikoriza dan pupuk organik terhadap pengendalian serangan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* pada bawang putih. J. Penelitian Agronomi, 25 (2): 85-92.

Susanti, D., M. Plumula, dan S. Wiyatiningsih. 2017. Karakterisasi isolat-isolat *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* penyebab penyakit moler pada bawang merah dari daerah Nganjuk dan Probolinggo. J. Berkala Ilmiah Agroteknologi-plumula, 5(2): 153-159.

Tiara, D., A. R. Tantawi, dan S. Mardiana. 2021. Penggunaan *Trichoderma* sp. untuk mengendalikan busuk umbi pada bawang merah (*Allium ascolanicum* L.). J. Ilmiah Pertanian, 3(1): 64-75.

Ulya, H., S. Darmanti., dan R. S. Ferniah. 2020. Respons fisiologi tanaman cabai terhadap infeksi *Fusarium oxysporum* pada umur tanaman yang berbeda. J. Berkala Bioteknologi, 3(1): 1-12.

Ünal, F., F. S. Dolar., N. Tekiner, dan N. Z. Yeğin. 2017. Molecular identification, virulens and genetic diversity of *Fusarium* species on wheat. J. of Agricultural Research, 1(2): 13-22.

Warman, R., F. Rianto, dan I. Sasli. 2025. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi (amf) and organic fertilizers on moler disease and shallot productivity in peat soil. J. Agrotek Tropika, 13 (1): 73-81.

Wibawa, F. S., E. Rokhminarsi, dan N. W. A. Leana. 2023. Pengaruh pemberian campuran mikoriza-*Trichoderma* sp. dan pengurangan dosis pupuk NPK terhadap penyimpanan umbi bawang merah. J. Agro, 10 (1): 149-163.

Widuri, L. I., D. Amalia., I. Fariroh., R. S. Harsanti, and S. Slameto. 2025. Growth and production of shallot (*Allium ascalonicum* L.) with guano organic fertilizer and *Trichoderma* sp application. J. Ilmu-Ilmu Pertanian, 9 (3): 663-674.

Wilisiani, F., S. Sumardi, dan A. Hasibuan. 2020. Identifikasi *Fusarium* sp. dari tanaman pisang sebagai inokulan pembentukan gaharu. J. Pertanian Agros, 22 (2): 253-257.

Yağmur, A., S. Demir., S. Canpolat., Y. Rezaee Danesh., B. Farda., R. Djebaili., L. Pace, and M. Pellegrini. 2024. Onion *Fusarium* basal rot disease control by arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum*. J. Plants, 13 (3): 1-17.

Yang, J. W., S. S. Nam., H. U. Lee., K. H. Choi., S. G. Hwang, and N. C. Paul. 2018. *Fusarium* root rot caused by *Fusarium solani* on sweet potato (*Ipomoea batatas*) in South Korea. Canadian J. of Plant Pathology, 40 (1): 90-95.

Yuniarti, A. R., E. Rokhminarsih, dan P. Purwanto. 2022. Uji kemampuan bakteri diazotrof asal perakaran bawang merah dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah. J. Kultivasi, 21 (2): 181-189.

Zhang, K., H. Wang., W. Xie., T. Niu., W. Fu., X. Zhang., Z. Hao, and B. Chen. 2025. *Arbuscular mycorrhizal fungi* and *Trichoderma harzianum* alter salicylic acid–jasmonic acid balance to suppress *Fusarium* wilt in tomato. J. Frontiers in Plant Science, 16 (1): 1-17.

Zhang, Y., M. Song., Y. Li., L. Zhang., Z. Zhu., L. Li, and L. Wang. 2024. Study on the identification, biological characteristics, and fungicide sensitivity of the causal agent of strawberry red core root rot. J. Horticulturae, 10 (7): 1-17.