

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Tanaman kelor

a. Klasifikasi tanaman kelor

Menurut *Integrated Taxonomic Information System* (2017),
klasifikasi tanaman kelor sebagai berikut:

| | |
|-----------|--------------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Spermatophyta |
| Subdivisi | : Angiospermae |
| Ordo | : Brassicales |
| Familia | : Moringaceae |
| Genus | : Moringa |
| Spesies | : <i>Moringa oleifera</i> Lamk |

b. Struktur dan morfologi

Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) merupakan sejenis tumbuhan dari suku moringaceae. Tumbuhan kelor asli berasal dari India yang dikenal dengan nama sohanjna. Tumbuhan dapat tumbuh banyak di berbagai negara semi-tropis dan tropis salah satunya negara Indonesia dan dikenal dengan nama yang berbeda-beda. Walaupun diketahui tanaman kelor berasal dari India, tetapi pengembangan terluas sebenarnya di Afrika. Salah satu yang paling berjasa dalam pengembangan tanaman kelor adalah Lowell Fugli (Mardiana, 2013).

Kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) adalah tanaman kecil yang dapat tumbuh hingga setinggi 7 sampai 12 m. Tanaman ini memiliki batang yang berkayu, membuatnya keras dan kuat, dengan bentuk bulat, permukaan kasar, dan pertumbuhan yang mengarah ke atas. Daunnya berwarna hijau hingga hijau kecoklatan, berbentuk bulat telur, dengan panjang antara 1 sampai 3 cm dan lebar 4 mm hingga 1 cm. Akar tanaman ini berjenis

tunggang, berwarna putih, dan berbentuk bulat seperti lobak. Bunganya memiliki warna putih kekuningan dan terdiri dari lima kelopak yang mengelilingi lima benang sari. Bijinya bulat dan berwarna kecoklatan (Pradana, 2013). Selain itu, menurut Kurniawan (2013), tanaman kelor memiliki umur yang panjang (perennial), batangnya berkayu (lignosus), tegak, berwarna putih kotor, dengan kulit yang tipis, permukaan kasar, dan batang kayunya getas atau mudah patah.

Bunga kelor muncul pada ketiak daun. Terdiri atas 2 tenda bunga, di dalam satu tenda bunga terdapat 5 daun tenda yang saling berlekatan. Berwarna putih kekuning-kuningan (krem) dan ada yang berwarna merah. Terdapat 5 benang sari berwarna kuning kecoklatan, dan 1 putik serta 1 bakal buah, serta mengeluarkan aroma yang semerbak (Palupi, Zakaria dan Prangdimurti, 2007). Umumnya di Indonesia bunga kelor berwarna putih kekuning-kuningan. Buah kelor berbentuk panjang dengan panjang 20 sampai 60 cm. Buah muda berwarna hijau dan buah tua berwarna coklat (Tilong, 2012). Biji kelor berbentuk bulat, berisi 15 sampai 25 biji. Pada saat muda berwarna hijau terang dan berwarna coklat kehitaman pada biji yang sudah tua, dengan rata-rata berat biji 18 sampai 36 g/100 biji.

Tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) yang sehat memiliki ciri-ciri pertumbuhan optimal dan ketahanan terhadap serangan patogen. Daun tanaman yang sehat berwarna hijau cerah, segar, dan tidak menunjukkan tanda-tanda kekuningan atau bercak nekrosis. Daunnya tumbuh rimbun tanpa adanya gejala layu yang biasanya muncul pada siang hari (Kurniawan, 2013). Batang tanaman tampak kokoh, tegak, dan tidak mengalami perubahan warna menjadi coklat tua atau kehitaman. Selain itu, pertumbuhan tanaman berlangsung normal dengan tajuk yang seimbang dan cabang-cabang yang berkembang baik (Tilong, 2012). Sistem perakaran juga dalam kondisi sehat, berwarna putih hingga kecoklatan muda tanpa tanda-tanda pembusukan atau kekeringan. Akar yang sehat mampu menyerap air dan nutrisi dengan baik, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Sudantha, 2009).

Sebaliknya, tanaman kelor yang terinfeksi penyakit layu *Fusarium* mengalami berbagai perubahan yang menghambat pertumbuhan dan bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman. Penyakit ini disebabkan oleh *Fusarium* sp. yang menyerang sistem pembuluh tanaman, menghambat distribusi air dan nutrisi (Soesanto, 2008). Gejala awal infeksi dapat diamati dari daun yang mulai layu, terutama pada siang hari, kemudian berubah warna menjadi kuning dan akhirnya gugur (Nugraheni, 2010). Batang tanaman yang terinfeksi menunjukkan perubahan warna menjadi coklat tua hingga kehitaman, terutama di bagian pangkal batang dekat tanah. Batang juga menjadi lebih rapuh dan mudah patah akibat infeksi yang menyebar ke jaringan tanaman (Soesanto, Mugiastuti, dan Rahayuniati, 2010). Pertumbuhan tanaman menjadi sangat terhambat akibat dari layu *Fusarium*. Salah satu tanda paling jelas dari infeksi ini adalah pembusukan akar, yang ditandai dengan warna akar yang berubah menjadi kecoklatan hingga hitam serta tekstur yang lunak (Alfizar, 2011). Dari perbedaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tanaman kelor yang sehat memiliki pertumbuhan optimal dengan daun hijau segar, batang yang kokoh, dan akar yang kuat. Sementara itu, tanaman yang terserang penyakit layu *Fusarium* menunjukkan gejala kelayuan, perubahan warna pada batang dan daun, serta pembusukan akar yang berujung pada kematian tanaman seperti pada gambar.



Gambar 1. Akar tanaman kelor tidak sehat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 2. Akar tanaman kelor sehat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

c. Daerah Tumbuh

Tanaman kelor (*Moringa oleifera* Lamk.) adalah tumbuhan berkayu yang termasuk dalam kelompok tanaman berbunga (Angiospermae) dengan tinggi 7 sampai 12 meter yang tumbuh subur hingga ketinggian 700 meter di atas permukaan laut (mdpl). Kelor tidak sulit untuk mengisi berbagai macam iklim, tanaman ini dapat mengisi daerah tropis subtropis dan tahan terhadap musim kemarau dengan ketahanan musim kemarau selama setengah tahun (Kusmardika, 2020). Kelor merupakan tanaman yang sangat mudah ditemukan di Indonesia dan biasanya tumbuh sebagai tanaman penunjang di pekarangan, khususnya di wilayah non-metropolitan. Orang Sulawesi mengenalnya sebagai (kero, wori, kelo, kelo dan ganggang kaju), (maronggih) di Madura, (murong) di Aceh, (kelor) di suku Sunda dan Melayu, (kelo) di Ternary, (munggai) di Sumatera Barat dan (kawona) di Sumbawa. Meskipun hampir semua jenis tanaman kelor mulai dari India dan Afrika, saat ini telah menyebar ke beberapa negara tropis termasuk beberapa negara, khususnya Madagaskar, Namibia, Angola, Kenya, Ethiopia, Pakistan, Bangladesh dan Afghanistan (Purba, 2020).

2.1.2 *Fusarium* sp.

Fusarium sp. adalah salah satu genus fungi berfilamen yang banyak ditemukan pada tanaman tomat, cabai, kelor dan tanah. Fungi *Fusarium* sp. merupakan patogen tular tanah yang termasuk parasit lemah. Fungi ini menular melalui tanah atau rimpang yang berasal dari tanaman sakit, dan menginfeksi melalui luka. Luka tersebut dapat terjadi karena pengangkutan benih, penyiangan, pembumbunan, atau karena serangga dan nematoda. Apabila kondisi lingkungan tidak menguntungkan, fungi bertahan hidup dalam bagian tanaman, baik di lapangan maupun selama masa penyimpanan. Pada saat kondisi lingkungan menguntungkan, fungi akan tumbuh dan berkembang pada bagian tanaman dan menular ke bagian tanaman lain (Yudiarti, 2012).

Kedudukan taksonomi *Fusarium* sp. diklasifikasikan sebagai berikut (Oktaviani, Trisnawati dan Supriyadi, 2018):

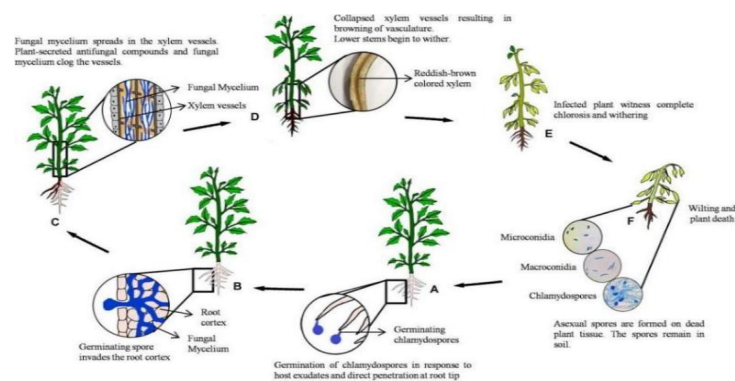
Kingdom : Fungi

Filum : Deuteromycota

Kelas : Deuteromycetes
 Ordo : Moniliales
 Family : Tuberculariaceae
 Genus : *Fusarium*
 Spesies : *Fusarium* sp.

Pengendalian yang telah dilakukan, baik dengan fungisida kimia sintetis maupun varietas tahan belum memberikan hasil yang memuaskan. Bahkan penggunaan fungisida sintetis dapat menyebabkan dampak negatif. Pengendalian penyakit karena *Fusarium* sp. dapat dilakukan dengan menambahkan fungi antagonis dan bahan organik ke dalam tanah. Pengendalian menggunakan agensia hayati merupakan pilihan yang perlu dikembangkan, sebab relatif murah dan mudah dilakukan, serta bersifat ramah lingkungan. Fungi *Fusarium* sp. dapat mengakibatkan warna benih berubah, perkecambahan terhambat, menyebabkan penyakit di persemaian atau pada tanaman dewasa di lapangan. Selama biji atau benih dalam penyimpanan, aktivitas fungi tersebut terhenti (istirahat) karena syarat untuk pertumbuhannya tidak terpenuhi (Soesanto dkk, 2010).

Fusarium sp. mengalami fase patogenesis dan saprogenesis. Pada fase patogenesis, fungi hidup sebagai parasit pada tanaman inang. Apabila tidak ada tanaman inang, patogen hidup di dalam tanah sebagai saprofit pada sisa tanaman dan masuk fase saprogenesis, yang dapat menjadi sumber inokulum untuk menimbulkan penyakit pada tanaman lain. Penyebaran propagul dapat terjadi melalui angin, air tanah, serta tanah terinfeksi dan terbawa oleh alat pertanian dan manusia (Alfizar, 2011).



Gambar 3. Siklus Hidup *Fusarium* sp.
 (Sumber : Jangir *et al*, 2021)

Pengaruh infeksi fungi tentunya akan berbeda tergantung pada jenis dan umur atau tahapan perkembangan tanaman mulai dari bibit sampai tanaman dewasa. Hal ini disebabkan karena tingkat ketahanan secara individual terhadap fungi dipengaruhi oleh genotip, tingkat perkembangan dan lingkungan serta interaksi antara faktor-faktor tersebut (Soesanto, 2008).

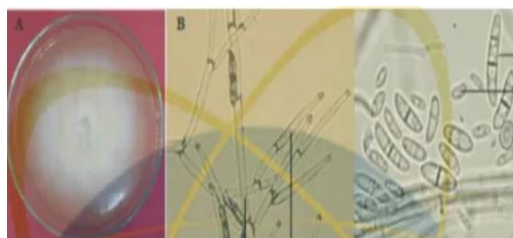
a. Morfologi

Miselium fungi ini bersekat terutama terdapat di dalam sel, khususnya di dalam pembuluh kayu. Di samping itu fungi membentuk miselium yang terdapat di antara sel-sel, yaitu dalam kulit dan di jaringan parenkim di dekat tempat terjadinya infeksi. Pada medium PDA mula-mula miselium berwarna putih, semakin tua warna menjadi krem atau kuning pucat, dalam keadaan tertentu berwarna merah muda agak ungu. Miselium bersekat dan membentuk percabangan. Beberapa isolat membentuk pigmen biru atau merah di dalam medium (Soesanto, dkk, 2010)

Di alam fungi ini membentuk konidium pada suatu badan buah yang disebut sporodokium. Konidiofor bercabang-cabang rata-rata mempunyai panjang 70 μm . Cabang-cabang samping biasanya bersel satu, panjangnya sampai 14 μm . Konidium terbentuk pada ujung cabang utama atau cabang samping. Mikrokonidium sangat banyak dihasilkan oleh fungi pada semua kondisi, bersel satu atau bersel dua, hialin, jorong atau agak memanjang, berukuran 5-7 x 2.5-3 μm , tidak bersekat atau kadang-kadang bersekat satu dan berbentuk bulat telur atau lurus. Makrokonidium berbentuk sabit, bertangkai kecil, kebanyakan bersel empat, hialin, berukuran 22-36 x 4-5 μm . Klamidospora bersel satu, jorong atau bulat, berukuran 7- 13 x 7-8 μm , terbentuk di tengah hifa atau pada makrokonidium, seringkali berpasangan (Yudiarti, 2012).



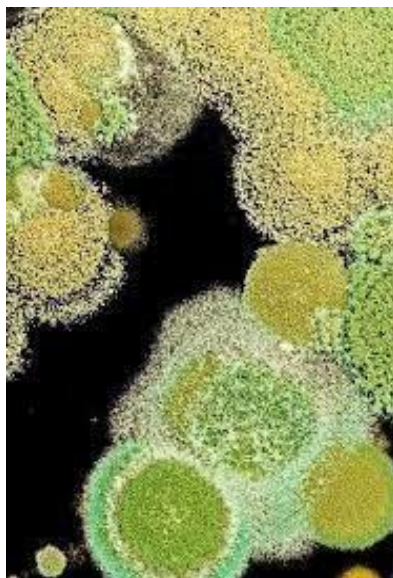
Gambar 4. Morfologi *Fusarium* sp.
(Sumber: Juniawan, 2018)



Gambar 5. Makroskopis dan mikroskopis *Fusarium* sp.
(Sumber : Sutejo dan Ade, 2008)

2.1.3 *Trichoderma* sp dan Mekanisme kerja

Trichoderma sp. merupakan spesies kosmopolitan yang dapat dijumpai di berbagai lingkungan terutama dalam tanah. spesies ini tidak hanya mampu berperan sebagai agen hayati *Trichoderma* sp. mempunyai sifat antagonistik terhadap patogen, terutama patogen tanah dan beberapa patogen udara. Antagonisme meliputi aktivitas suatu organisme dengan cara tertentu dan memberikan pengaruh yang merugikan organisme lain. Aktivitas antagonisme meliputi persaingan, parasitisme atau predasi dan pembentukan toksin termasuk antibiotik (Cornejo *et al.*, 2016).



Gambar 6. Koloni *Trichoderma*
(Sumber: Shah, Sharif dan Buhari, 2019)

Trichoderma sp. merupakan mikroorganisme tanah bersifat saprofit yang secara alami menyerang fungi patogen dan bersifat menguntungkan bagi tanaman (Gusnawaty dkk, 2014). *Trichoderma* sp. dapat menjadi hiperparasit pada beberapa jenis fungi penyebab penyakit tanaman, pertumbuhannya sangat cepat dan tidak menjadi penyakit untuk tanaman tingkat tinggi. Mekanisme pengendalian *Trichoderma spp.* yang bersifat spesifik target, mengoloni rhizosfer dengan cepat dan melindungi akar dari serangan fungi patogen, mempercepat pertumbuhan tanaman dan menjadi keunggulan lain sebagai agen hayati (Purwantisari dan Hastuti, 2009).

Trichoderma juga mempunyai mekanisme biokontrol sangat efektif dalam

menekan perkembangan patogen diantaranya mikoparasitisme, antibiosis dan kompetisi (Chamzurni, Sriwati dan Selian, 2013). Antibiosis adalah mekanisme antagonism yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa folatil dan nonfolatil atau toksin yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme (Berlian, Setyawan dan Hadi, 2013). Mikroba antagonis akan menekan masuknya patogen melalui akar serta mengeluarkan senyawa kimia tertentu seperti antibiotik, toksin yang dapat menonaktifkan atau sekaligus mematikan mikroba pathogen (Rante dkk, 2015). Kemampuan masing-masing spesies *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan fungi patogen berbeda-beda, hal ini dikarenakan morfologi dan fisiologinya berbeda-beda (Widyastuti dkk, 2006). Beberapa spesies *Trichoderma* sp. telah dilaporkan sebagai agens hayati adalah *T. harizanum*, *T. viridae* dan *T. asperellum* yang tersebar luas pada berbagai tanaman budidaya (Yuniati, 2005).

Purwantisari dan Hastuti (2009), mengatakan bahwa *Trichoderma* sp. merupakan fungi parasit yang dapat menyerang dan mengambil nutrisi dari fungi lain. Kemampuan dari *Trichoderma* sp. ini yaitu mampu memarasit fungi patogen tanaman dan bersifat antagonis, karena memiliki kemampuan untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan fungi lain. Organisme ini menguntungkan karena aktivitasnya sebagai antifungal/biofungisida atau mycoparasitik fungi pathogen.

Mekanisme kerja fungi *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendalian hayati adalah antagonis terhadap fungi lain. Penekanan patogen berlangsung dengan proses antibiosis parasitisme, kompetisi dan ruang yang dapat mematikan patogen tersebut (Marianah, 2013). Menurut Ahmed dkk. (2000), mikoparasit dari marga *Trichoderma* berpengaruh terhadap aktivitas antagonistik melawan fitopatogenik. *Trichoderma* sp. merusak hifa inang dengan cara membelit, mengait, atau struktur semacam apresorium dan mempenetrasi dinding sel inang dengan mengeluarkan enzim lytic, yaitu proteinase, α -1.3-glukanase, dan chitinase.

Salah satu spesies *Trichoderma* sp. yakni *Trichoderma asperellum* adalah spesies fungi dalam famili *Hypocreaceae*. Fungi ini dapat dibedakan dari *T. viride* berdasarkan karakteristik molekuler dan fenotipnya. Karakter fenotip utamanya adalah ornamen konodia dan susunan serta percabangan konidiofor (Chagas *et al*, 2022).

Adapun kedudukan taksonomi *Trichoderma asperellum* diklasifikasikan sebagai berikut (Gusnawaty dkk, 2014) :

| | |
|---------|---------------------------------|
| Domain | : <i>Eukariota</i> |
| Kingdom | : <i>Fungi</i> |
| Divisi | : <i>Ascomycota</i> |
| Class | : <i>Sordariomycota</i> |
| Ordo | : <i>Hypocreales</i> |
| Family | : <i>Hypocreaceae</i> |
| Genus | : <i>Trichoderma</i> |
| spesies | : <i>Trichoderma asperellum</i> |

2.2. Kerangka berpikir

Penyakit layu yang disebabkan oleh fungi *Fusarium* sp. menyerang beberapa komoditas pertanian, terutama pada komoditas hortikultura. Salah satu tanaman hortikultura yang dapat terserang oleh *Fusarium* sp. yakni tanaman kelor (*Moringa oleifera*). Penyakit layu pada *Moringa* liar yang disebabkan oleh *Fusarium oxsporium* selaras dengan pernyataan Ziedan, Raraq dan Mahmoud (2016) bahwa isolat *Fusarium semitectum* menyebabkan busuk akar tanaman kelor dan merupakan catatan pertama penyakit fungi pada tanaman *Moringa* di Mesir.

Penyebaran *Fusarium* sp. sangat cepat dan dalam waktu yang singkat. *Fusarium* sp. menginfeksi tanaman lain melalui jaringan akar terutama pada bagian yang terkena luka, kemudian miselium menetap dan berkembang biak dalam berkas pembuluh. Setelah mencapai mencapai xylem, miselium akan terbawa ke bagian lain sehingga memberikan gangguan pada peredaran nutrisi dan air hingga akhirnya menyebabkan kelayuan pada tanaman. *Fusarium* sp. dapat membentuk polipeptida berupa likomarasmin yang mengganggu permeabilitas membran plasma tanaman. Kelayuan total dapat terjadi pada 2 sampai 3 minggu setelah infeksi. Jika tanaman yang terserang dipotong maka akan tampak gejala berupa adanya cincin berwarna coklat pada bagian pangkal batang (Nugraheni, 2010).

Upaya pengendalian yang telah dilakukan selama ini di antaranya

penggunaan varietas tahan, eradikasi, dan aplikasi pestisida kimia. Penggunaan pestisida kimia mampu menurunkan serangan *Fusarium* sp. namun terdapat beberapa dampak negatif yang ditimbulkan, salah satunya tidak menjamin keamanan produk yang menjadi tuntutan konsumen saat ini. Residu pestisida kimia yang melekat pada produk pertanian dapat menjadi indikator penurunan kualitas produk sehingga harga lebih rendah. Dengan demikian, perlu adanya inovasi pengendalian yang tepat, murah, dan aman bagi kesehatan manusia. Salah satu teknik pengendalian berbasis ramah lingkungan yang dikembangkan saat ini yakni pemanfaatan mikroorganisme antagonis.

Mikroba merupakan mikroorganisme yang berasosiasi dengan jaringan tanaman dan tidak memberikan dampak negatif terhadap tanaman. Mikroba tersebut ditemukan sebagian besar dari golongan fungi yang menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba. Beberapa jenis mikroorganisme yang pernah diisolasi dari pertanaman jagung dan berpotensi sebagai agens hayati terhadap patogen tanaman diantaranya *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. *Trichoderma* juga dilaporkan mampu mengendalikan fungi *Fusarium* (Suriani dan Muis, 2016).

Spesies fungi tersebar luas di tanah dan ekosistem akar tanaman, banyak spesies *Trichoderma* agens pengendalian hayati yang efektif terhadap berbagai jenis tanaman penyakit. *T. asperellum* digunakan untuk mengendalikan beberapa patogen tanaman termasuk *Fusarium*. Kemampuan dari *Trichoderma* menekan penyakit tanaman dengan antagonis pada pathogen fungi, terutama kemampuan *Trichoderma* untuk menghasilkan enzim kitinase dan β -1,3- glukukanase. Enzim ini menghidrolisis dinding sel patogen dengan demikian membatasi pertumbuhan patogen fungi (El-Komy *et al*, 2015).

Beberapa penelitian seperti yang dilakukan pada tanaman mentimun dan bawang merah menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* sp.. dapat secara signifikan mengurangi intensitas serangan *Fusarium oxysporum*, dengan dosis tertentu yang memberikan hasil optimal dalam mencegah infeksi (Bukhari dan Safridar, 2022) yang selaras dengan Zainuddin dkk, (2022) bahwa *Trichoderma* dapat menghambat *Fusarium* dengan mekanisme antagonis yang terjadi

melibatkan kompetisi untuk ruang tumbuh dan nutrisi, antibiosis, serta interaksi hifa. *Trichoderma harzianum* diketahui menghasilkan senyawa antibiotik yang berfungsi menghambat perkembangan *Fusarium oxysporum*. Selain itu, proses mikoparasitisme juga berperan penting, di mana hifa *Trichoderma* menyerang dan merusak hifa patogen. Dengan demikian, uji in vitro ini membuktikan potensi *Trichoderma* sebagai agen biokontrol yang efektif dalam mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* pada tanaman tomat.

Penelitian Andi dan Budi (2023) mengkonfirmasi bahwa penggunaan *Trichoderma* tidak hanya mengendalikan penyakit layu, tetapi juga berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bibit tanaman tomat. Secara keseluruhan, hasil-hasil ini menegaskan potensi *Trichoderma* sebagai solusi ramah lingkungan dalam pengelolaan penyakit tanaman, memberikan alternatif yang efektif untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia.

Melihat dari jenis dan mekanisme kerja *Trichoderma asperellum* terhadap patogen layu *Fusarium* yang didapat 3 isolat dari tanaman kelor dengan kode isolat yakni AK1, AK2, AK3 dari akar kelor dengan identifikasi makroskopis yang berbeda dari setiap isolat, maka dari itu *Trichoderma asperellum* memiliki potensi untuk menjadi alternatif dalam mengendalikan serta dapat menekan dampak buruk terhadap lingkungan yang disebabkan oleh residu dari penggunaan fungisida berbahan kimia.

2.2. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran maka dapat dirumuskan hipotesis bahwa *Trichoderma asperellum* memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen layu *Fusarium* pada tanaman kelor secara in vitro.