

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.)

Klasifikasi tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) menurut *Integrated Taxonomic information system* (2017) dalam Marhaeni (2021) yaitu :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Brassicales
Familia	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i> Lam.



Gambar 1. Tanaman Kelor
(Sumber : Ziedan *et.al.* 2016)

Tanaman kelor memiliki tipe perakaran tunggang dengan warna dasar putih, bagian dalam berwarna kuning pucat, bergaris halus terang dan melintang. Bentuk akar tidak beraturan dengan tekstur yang tidak keras, permukaan bagian dalam akarnya memiliki serabut, permukaan kulit luar agak licin, dan bagian kayu warna coklat muda berserabut. Akar tersebut berasal dari biji, kemudian mengembang menjadi bonggol dan membengkak. Tanaman kelor yang tumbuh dari biji akan memiliki perakaran merosok dalam sehingga akan lebih kuat, membentuk akar

tunggang yang lebar dan serabutnya tebal. Apabila dirasa, akar kelor berasa agak pedas dan memiliki aroma yang tajam (Krisnadi, 2015).

Tanaman kelor merupakan tanaman yang termasuk ke dalam jenis tanaman berkayu (perdu) sehingga batangnya mampu mencapai ketinggian 7-12 meter dengan karakteristik keras dan kuat. Batang kelor memiliki permukaan kasar dan bentuknya bulat, atau teres. Pertumbuhan terjadi dalam keadaan tegak lurus (*erectus*), atau tumbuh ke atas. Ketika terjadi percabangan pada batang, mekanisme percabangannya adalah simpodial. Batang simpodial memiliki ciri yaitu sulit untuk mengidentifikasi batang utama karena pada perkembangan batang lebih lanjut, batang tersebut akan berhenti tumbuh atau menjadi lebih kecil dan tumbuh lebih lambat daripada cabang-cabangnya. Sudut antara batang dan cabang relatif kecil, menyebabkan cabang tumbuh hanya sedikit lebih miring ke atas di pangkalnya sebelum menjadi hampir sejajar dengan batang utama. Hal ini menghasilkan pola percabangan yang tegak lurus (*fastigiatus*) (Krisnadi, 2015).

Daun kelor merupakan daun majemuk dengan tangkai panjang yang tersusun berseling (*alternate*), memiliki peranakan daun gasal (*imparipinnatus*), dan warna helaian daun mengikuti umur daun (daun muda berwarna hijau muda, daun tua berwarna hijau tua). Bentuk dari helaian daun buat seperti telur dengan panjang 1-2 cm, lebar 1-2 cm, tipis lemas, ujung pangkal daunnya tumpul (*obtusus*), tepian daun rata, susunan tulangnya menyirip (*pinnate*), dan permukaan atas dan bawah daun halus. Tangkai daun berbentuk silinder pipih pada bagian atas dan menebal pada bagian pangkalnya dengan permukaan yang halus. Bangun daunnya berbentuk bulat atau bundar (*orbicularis*), tidak memiliki toreh pada bagian pangkal dan termasuk ke dalam bentuk bangun bulat telur. Ujung dan pangkal daun memiliki bentuk membulat (*rotundatus*) dengan ujungnya yang tumpul dan tidak membentuk sudut sedikitpun, hingga ujung daun menjadi semacam suatu busur (Krisnadi, 2015).

Bunga tanaman kelor memiliki warna putih kekuning-kuningan yang terkumpul dalam pucuk lembaga serta tumbuh pada bagian ketiak daun (*axillaris*) serta memiliki pelepah bunga yang berwarna hijau. Malai bunga akan terkulai 10-

15 cm dengan jumlah kelopak yaitu 5 yang mengelilingi 5 benang sari dan 5 staminodia. Bunga tanaman kelor akan muncul sepanjang tahun dan menghasilkan aroma bau semerbak (Krisnadi, 2015).

Kelor memiliki buah atau polong yang didapatkan ketika umur tanaman sekitar 12-18 bulan. Karakteristik buahnya yaitu berbentuk segitiga memanjang dengan panjang 2-60 cm. Warna buah muda kelor yaitu hijau sedangkan buah tua akan berwarna coklat. Biji yang berada dalam polong berbentuk bulat dengan warna biji muda yaitu hijau terang dan akan berubah warna menjadi coklat kehitaman serta kering ketika buah sudah matang. Pada saat matang dan kering, bagian polong akan terpecah menjadi 3 bagian. Setiap polong yang dihasilkan rata-rata berisi antara 12 dan 35 biji. Setiap pohon mampu menghasilkan antara 15.000 dan 25.000 biji/tahun dengan rerata per biji yaitu 0,3 g (Krisnadi, 2015).

2.1.2 Rizosfer bambu

Rizosfer merupakan suatu bagian lingkungan kecil yang berada di daerah sekitar perakaran tanaman. Luas daerah rizosfer sangat ditentukan oleh seberapa panjang dan lebarnya bagian yang masih mencakup oleh pengaruh aktivitas perakaran tanaman tersebut beserta mikroorganisme yang berikatan dengan akar tanaman. Sebagai bentuk contoh dari banyaknya mikroorganisme yang ada pada rizosfer tanaman yaitu ditemukan sekitar 10⁶ – 10⁹ populasi bakteri dan fungi dari 10⁵ – 10⁶ g tanah rizosfer tanaman (Sylvia *et.al.* 2005 *dalam* Fadriany, 2018).

Banyaknya mikroorganisme di daerah perakaran tanah menimbulkan interaksi yang saling menguntungkan. Akar mengeluarkan eksudat seperti asam amino, gula, dan vitamin yang menjadi sumber nutrisi bagi tumbuh dan multiplikasi mikroorganisme (Ghosh *et.al.* 2013; Prashar *et.al.* 2014). Eksudat akar memiliki sifat mengundang mikroorganisme hadir di sekitar daerah perakaran tanah, sehingga semakin tinggi eksudat yang dihasilkan maka semakin banyak dan beragam populasi mikroorganisme dalam rizosfer tanah, serta semakin dekat mikroorganisme dengan akar akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah (Rao, 1994 *dalam* Niswati *et.al.* 2008).

Rizosfer bambu menjadi salah satu daerah perakaran yang memiliki kekayaan mikroorganisme dengan ditemukannya berbagai jenis bakteri maupun jamur.

Penelitian Al Banna dan Arifuddin (2021) menunjukkan keberadaan 6 isolat bakteri hasil eksplorasi dari rizosfer bambu yang memiliki kemampuan dalam memproduksi *indole acetic acid* (IAA) yang berperan sebagai fitostimulus sehingga perkembangan tanaman lebih maksimal. Selain itu, Arifuddin (2022) melakukan eksplorasi dari 5 jenis rizosfer bambu yang berbeda kemudian mendapatkan isolat bakteri yang memiliki kemampuan bertahan hidup dalam kondisi media tumbuh mengandung logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kromium (Cr). Penelitian lain yang dilakukan oleh Sohibi *et.al.* (2023) menggunakan *Bacillus* dan *Pseudomonas berfluorescens* hasil eksplorasi dari rizosfer bambu mampu menekan intensitas serangan layu bakteri pada tomat yang disebabkan patogen *Ralstonia solanacearum*, serta meningkatkan pertumbuhan dan berat buah tomat.

Pada rizosfer tanaman bambu, ditemukan 4 jenis jamur yang dapat mengendalikan penyakit akar gada pada brokoli, yaitu *Chaetomium globosum*, *Aspergillus* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Mortierella* sp. (Asniah *et al.*, 2013). Selain itu, rizosfer bambu yang sehat juga mampu menyediakan jamur yang bersifat antagonis seperti *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., dan *Trichoderma* sp. yang menekan patogen *Fusarium* dan *Phytophthora* (Sharma *et.al.* 2010).

2.1.3 *Fusarium* sp.

Fusarium sp. adalah jamur patogen tular tanah yang dapat bertahan hidup relatif lama dalam tanah dengan membentuk miselium atau spora tanpa inang, konidia atau sporanya disebarkan melalui angin, air hujan, nematoda, atau serangga. Sebagian besar jamur *Fusarium* sp. bersifat saprofit atau kelompok jamur yang mampu memakan bahan organik yang telah membusuk, namun juga sebagian ada bersifat parasit. Menurut Gleen *et.al.* (2001) setidaknya ada 31 spesies jamur *Fusarium* sp. dimana 15 spesies diketahui memiliki pengaruh yang menyebabkan penyakit pada tanaman, diantaranya yaitu *F. moniliforme* (*verticillioides*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. eueseti*, *F. graminearum*, *F. fujikuroi*, *F. sacchari*, *F. thapsinum*, *F. nygamay*, *F. pseudoantophilum*, *F. subglutinans*, *F. lateritium*. Penamaan spesies *Fusarium* sp. yang menyebabkan penyakit tanaman dikelompokkan kembali menjadi forma-forma spesialis (f.s.p) yang menyesuaikan dengan jenis tanaman inang tertentu yang diinfeksi, sebagai contoh yaitu jamur

Fusarium oxysporum yang menjadi patogen penyakit pada tanaman cabai disebut *Fusarium oxysporum f. sp. capsici* (Semangun, 2001).

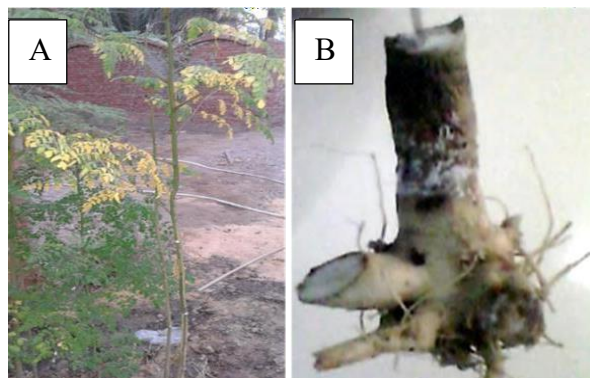
Jamur *Fusarium* sp. memiliki 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia (terdiri dari 1-2 sel), makrokonidia (3-5 septa), dan klamidospora (pembengkakan pada hifa). Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat, biasanya terdapat pada permukaan tanaman yang terserang tanpa ada pengendalian. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, dan paling banyak dihasilkan di setiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Sedangkan klamidospora memiliki dinding tebal yang dihasilkan pada ujung miselium tua atau didalam makrokonidia.

Miselium *Fusarium* sp. memiliki warna putih, namun akan berubah seiring bertambahnya waktu sehingga menjadi kuning pucat, merah muda, sampai keunguan. Miselium terbentuk dari banyak benang atau hifa dimana struktur sporanya terdapat dinding pemisah maupun tidak ada dinding pemisah. Miselium merupakan struktur yang berpengaruh dalam absorpsi nutrisi secara terus-menerus sehingga jamur dapat tumbuh dan pada akhirnya menghasilkan hifa yang khusus menghasilkan spora reproduktif. Miselium jamur *Fusarium* sp. yang terdapat dalam sel terutama terdapat di jaringan pembuluh tanaman akan berkembang sehingga membentuk miselium diantara sel-sel yaitu pada kulit dan bagian parenkim dekat bagian infeksi. Oleh karena itu, *Fusarium* sp. hidup sebagai parasit dan saprofit yang menghasilkan senyawa toksin dan mematikan tanaman berbagai tanaman (Nugraheni, 2010).

Perbedaan morfologi antarspesies didasarkan atas bentuk spora dan tangkai jamurnya. Jamur *Fusarium* sp. akan berkembang jika faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya terpenuhi. Faktor tersebut seperti kelembaban yang tinggi, curah hujan dengan intensitas tinggi, dan media tumbuh serta suhu di lingkungan pertanian sesuai bagi pertumbuhan jamur.

Fusarium sp. memiliki kemampuan menginfeksi pada semua fase tanaman, contohnya pada pertanian jagung dimulai dari fase perkembangan biji yang ditularkan melalui vektor sampai fase prapanen dan pascapanen.. Mekanisme penularan infeksi jamur *Fusarium* ke tanaman jagung pertama kali melalui lubang

alami seperti hidatoda, stomata, dan luka. Kemudian berkembang ke dalam jaringan tanaman sehingga menghambat kelancaran pengangkut air dan hara terlarut dari akar ke seluruh bagian tanaman. Selain itu, jamur *Fusarium sp.* juga dapat menginfeksi biji secara sistemik, dengan cara membentuk konidia atau miselium yang berasal dari dalam atau permukaan biji, kemudian berkembang pada tanaman muda membentuk akar dan batang selanjutnya menginfeksi bagian tongkol dan biji (Oren *et.al.* 2003; Istiqomah, 2017). Pada tanaman kelor, *Fusarium semitectum* dapat menginfeksi tanaman pada saat fase vegetatif maupun tanaman yang sudah berbunga (Ziedan *et.al.* 2016).



Gambar 2. Tanaman kelor bergejala
(Sumber : Ziedan *et.al.* 2016)

Keterangan : A. Daun bergejala *yellowing*, dan B. Busuk lunak, pangkal batang dan akar mengalami perubahan warna cokelat pada tanaman sakit, serta terdapat miselium berwarna putih.

Penyebaran jamur *Fusarium sp.* dipengaruhi oleh keadaan lingkungannya seperti kondisi tanah. pH masam pada tanah memberi peluang jamur *Fusarium sp.* untuk tumbuh dan melakukan metabolisme. Suhu permukaan tanah berkaitan dengan suhu dalam tanah, dimana suhu udara yang rendah mendukung jamur *Fusarium sp.* untuk menginfeksi tanaman dari dalam tanah. Pada umumnya, jamur *Fusarium sp.* dapat hidup pada suhu 10-24°C. Perkembangan dan pertumbuhan *Fusarium sp.* akan lebih cepat pada kondisi tanah yang terlalu basah, tingkat kelembaban tinggi, dan pH masam (4,5 – 6). Infeksi pada tanaman dilakukan jamur melalui luka tanaman, lentisel, kutikula, dan stomata (Nugraheni, 2010).

Jamur patogen *Fusarium* sp. mampu tumbuh di dalam tanah secara alami dan akar-akar tanaman sakit. Pada tanaman yang rawan dan mudah terserang penyakit, akar yang luka menjadi jalur infeksi. Sehingga perkembangan kladospora dirangsang oleh keadaan akar tanaman yang lemah. Bagian luka pada akar akan memproduksi zat seperti asam amino yang dapat mendorong pertumbuhan spora. Penyebaran jamur yang luas secara alami dapat disebabkan oleh adanya curah hujan dan angin. Curah hujan yang tinggi akan membantu sebaran cendawan patogen tular tanah ke daerah lain yang lebih jauh, baik karena percikan maupun ikut aliran air. Jamur *Fusarium* sp. membentuk sporangium yang berperan di dalam sebaran patogen karena hujan (Diniyah, 2010).

Daur hidup jamur *Fusarium* sp. melalui 2 fase siklus hidup yang disebut partogenesis dan saprogenesa. Partogenesis berarti jamur patogen ini hidup secara parasit dengan tumbuh dan berkembang pada tanaman inang yang masuk melalui luka atau akar, sedangkan saprogenesa adalah kemampuan jamur yang bertahan hidup tanpa adanya inang. Pada fase ini, jamur hidup di dalam tanah dan memanfaatkan sisa-sisa tanaman sebagai sumber inokulum dengan tujuan menimbulkan penyakit pada tanaman lain. Jamur *Fusarium* sp. mampu menghasilkan senyawa metabolit seperti enzim, toksin, polisakarida dan antibiotik dalam jaringan tanaman sehingga dapat menimbulkan gejala penyakit (Susetyo, 2010).

2.2 Kerangka Penelitian

Salah satu penyakit yang menyerang tanaman kelor yaitu jamur *Fusarium* sp., dengan merusak bagian akar bahkan buah tanaman kelor. Informasi kejadian penyakit yang disebabkan *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) sampai saat ini masih terbatas. Pada laporan Ziedan *et.al.* (2016), ditemukan kejadian pertama serangan penyakit dari jamur *Fusarium* sp. pada tanaman kelor dengan gejala klorosis, menguning, keriting, dan kekeringan pada saat pembungaan. Selain itu, disebutkan juga terkait matinya tunas muda dan cabang mati pada kelor terjadi di China. Selanjutnya, serangan *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) terjadi di dekat tempat penelitian.

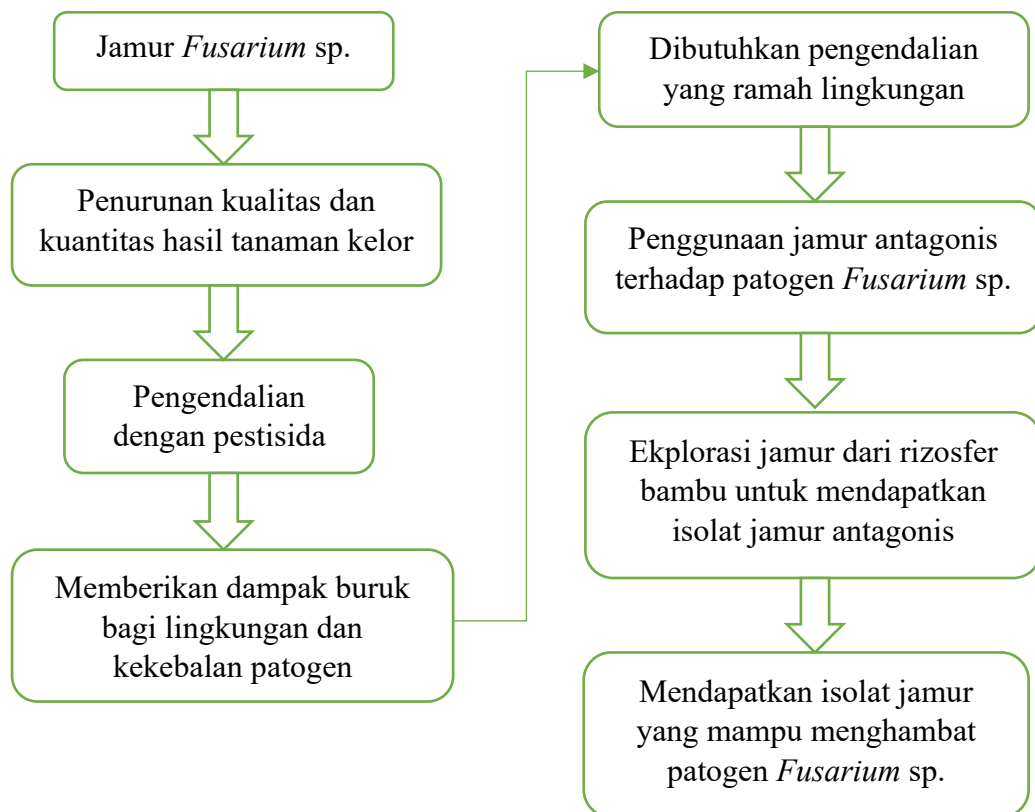
Pestisida kimia menjadi bahan yang banyak digunakan dalam mengendalikan berbagai penyakit pada tanaman, termasuk patogen jamur *Fusarium* sp. Keunggulan dari penggunaan pestisida yaitu praktis dan secara cepat menekan pertumbuhan patogen penyebab penyakit. Akan tetapi, penggunaan pestisida kimia secara terus menerus dapat menyebabkan efek samping buruk terhadap lingkungan dan terjadi kekebalan pada organisme. Penggunaan pestisida kimia yang tidak benar akan menimbulkan kerusakan pada tanah dengan menurunkan aktivitas mikroorganisme dan proses biologis tanah. Tidak hanya pada tanah, pestisida juga berpengaruh pada pencemaran air dan menimbulkan kerusakan pada ekosistem (Dhaifulloh *et.al.* 2024).

Pengendalian ramah lingkungan saat ini menjadi bagian dari pertanian modern. Agen hayati merupakan salah satu alternatif yang mulai banyak digunakan petani dalam mengendalikan penyakit tanaman. Mikroorganisme yaitu jamur yang bersifat antagonis terhadap jamur patogen bisa didapatkan dari rizosfer tanaman. Keberadaan mikroba pada daerah rizosfer sangat potensial dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati. Jamur rizosfer mempunyai kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman sekaligus menekan perkembangan patogen melalui mekanisme penyerapan nutrisi, kontrol biologis terhadap serangan patogen dan menghasilkan senyawa-senyawa stimulat pertumbuhan (Rusli & Hafsan, 2015).

Rizosfer bambu yang digunakan sebagai media tanam mampu menekan serangan patogen tular tanah karena bersifat *disease suppressive soil*. Mekanisme *suppressive soil* dipengaruhi oleh faktor secara tidak langsung yaitu sifat fisik tanah dan kimia tanah (pH, C-organik, KTK) dan faktor langsung yang paling berperan yaitu populasi dan aktivitas mikroba (Hadiwiyoni, 2010). Beberapa penelitian memperlihatkan keberadaan jamur pada rizosfer bambu yang memperkuat pernyataan bahwa tanah sekitar perakaran tanaman bambu memiliki keanekaragaman mikroorganisme. Penelitian Susanti *et.al.* (2015) mengeksplorasi dua jenis rizosfer bambu yang berbeda dan menemukan jamur *Trichoderma* sp. serta *Aspergillus* sp. yang mampu menekan *P. palmivora* dengan persentase hambatan 80% sampai 88%. Selain itu, Tozlu *et.al.* (2018) menemukan jamur *Trichoderma* sp. dari rizosfer rumpun bambu yang mampu menghambat penyakit

bercak daun pada tanaman mentimun (*A. alternata*). Selain itu, *Trichoderma* sp. juga ditemukan oleh Syarifah *et.al.* (2024) pada rizosfer bambu dan dapat menekan pertumbuhan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* sampai 82,50% . Selain *Trichoderma* sp., ditemukan *Paecylomyces* sp. yang digunakan untuk menekan penyakit akar gada pada tanaman brokoli hingga 18,75% dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Asniah *et.al.* 2013).

Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa rizosfer bambu sangat berpotensi menjadi tempat tumbuh jamur baik yang bersifat antagonis terhadap pertumbuhan patogen *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.). Untuk itu, Penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan isolat jamur sebagai agen hayati dalam mengendalikan patogen *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) yang dilakukan secara *in vitro*. Metode *in vitro* dilakukan karena mempunyai keunggulan yaitu waktu yang dibutuhkan untuk pengujian lebih singkat dan biaya lebih murah. Adapun alur kerangka pemikiran dapat dilihat pada bagan berikut :



Alur kerangka penelitian

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran dan uraian di atas, maka dapat diajukan hipotesis sebagai berikut :

- a. Terdapat jamur dari rizosfer bambu (*Bambusa* sp.) yang berpotensi dalam mengendalikan patogen *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L).
- b. Terdapat isolat jamur rizosfer bambu (*Bambusa* sp.) paling baik dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium* sp. pada tanaman kelor (*Moringa oleifera* L).