

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelor (*Moringa oleifera* L.) dikenal secara internasional sebagai *The Miracle Tree* atau pohon ajaib karena kandungan gizinya yang sangat tinggi serta manfaatnya bagi kesehatan. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pangan bergizi dan alami, tanaman kelor memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai pangan fungsional. Berbagai inovasi pengolahan kelor telah dilakukan seperti dijadikan teh herbal, tepung, ekstrak, hingga bahan fortifikasi makanan dan minuman. Pemanfaatan kelor dalam bentuk olahan modern tersebut dapat meningkatkan nilai ekonomis tanaman sekaligus memperluas penerimaan masyarakat terhadap produk berbasis kelor (Marhaeni, 2021).

Menurut Tarman *et al.*, (2024), permintaan global untuk produk kelor menunjukkan potensi pasar yang signifikan, dengan proyeksi pertumbuhan pasar rata-rata 9,59% antara tahun 2023 hingga 2028 dan telah mencapai nilai USD 3,09 miliar pada tahun 2022. Di tengah besarnya potensi ini, Indonesia saat ini masih berada di posisi eksportir ke 41 di dunia dengan persentase penjualan produk hanya 0,37%. Kinerja ekspor kelor Indonesia menunjukkan perkembangan yang positif, dengan kenaikan rata-rata 8,94% dari tahun 2019 hingga 2023 dan lonjakan signifikan sebesar 182,14% dari Januari hingga April 2024, mencapai USD 11,06 juta.

Salah satu kendala serius yang dihadapi dalam produksi di Indonesia adalah serangan penyakit layu fusarium. Perubahan iklim dan metode budidaya yang tidak sesuai telah menyebabkan beberapa penyakit yang signifikan yang menyerang bagian akar, batang, daun, dan bibit kelor. Studi terbaru menunjukkan bahwa setidaknya ada dua belas jenis penyakit utama yang menyerang kelor, termasuk layu *Fusarium oxysporum* (Grace *et al.*, 2020). *Fusarium oxysporum* menginfeksi tanaman melalui akar halus yang terluka atau terbuka, kemudian menginfeksi hingga menyebar ke jaringan dalam dan patogen ini berkembang biak menghasilkan toksin yang mengganggu transportasi air yang dapat menyebabkan nekrosis dan kelayuan daun dari bawah ke atas (Wardhana *et al.*, 2021).

Salah satu cara untuk mengendalikan layu fusarium yaitu dengan menggunakan pestisida nabati. Penggunaan pestisida nabati lebih aman digunakan dari pada pestisida sintetis karena aman bagi makhluk hidup non-target, mudah terurai di alam, dan tidak mencemari lingkungan (Danong *et al.*, 2020). Pestisida nabati dapat diperoleh dari limbah pertanian, salah satunya limbah kulit semangka (*Citrullus lanatus*). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2025) produksi semangka Indonesia mencapai 421.087 ton pada tahun 2024, dikarenakan komponen kulit buah semangka menyumbang 30-40% dari massa total buah (Priastomo *et al.*, 2024), maka potensi limbah kulit buah semangka yang dihasilkan diperkirakan mencapai 137.000 hingga 182.800 ton per tahunnya.

Pada penelitian Susanti *et al.*, (2021), hasil dari penapisan fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah semangka mengandung senyawa-senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavanoid, saponin, tanin, dan terpenoid yang berkontribusi terhadap antibakteri dan antijamur. Ntalli & Menkissioglu-Spirodi (2011), menyatakan bahwa tumbuhan dengan metabolit sekunder seperti triterpenoid (saponin), glukosinolat, isotiosianat, glikosida, alkaloid, fenol (flavonoid), poli asetilen, politienil, piretrum, asam organik, piperamid, capsinin, minyak esensial, dan senyawa kimia lainnya dapat digunakan untuk bahan membuat pestisida nabati. Ekstrak kulit buah semangka yang mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder tersebut berpotensi menjadi pestisida nabati ramah lingkungan, melalui metode terkini seperti uji *in silico* dan *in vitro*.

Metode *in silico molecular docking* adalah salah satu inovasi metode komputasi yang berkembang pesat. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memprediksi interaksi antara molekul kecil (ligan) dengan target biologis (reseptor) (Muchtaridi & Yusuf, 2018). Dalam konteks penemuan pestisida, *in silico molecular docking* tidak hanya mempercepat proses identifikasi senyawa kandidat, tetapi juga membantu memahami mekanisme resistensi, mengevaluasi potensi toksisitas, serta merancang pestisida yang lebih spesifik dan ramah lingkungan yang nantinya akan divalidasi dengan metode *in vitro*.

Metode *in vitro* merupakan pendekatan pengujian yang dilaksanakan di luar organisme hidup, yaitu di lingkungan laboratorium. Tujuan utama dari pengujian

ini adalah untuk mengevaluasi aktivitas biologis suatu senyawa dengan mengamati efeknya secara langsung terhadap target spesifik, seperti mikroorganisme. Dengan dilakukan dalam kondisi terkontrol, metode ini memungkinkan ekstrak atau senyawa yang diuji bekerja tanpa hambatan dari faktor-faktor lain yang ada dalam organisme hidup (Ariani & Niah, 2019). Dengan demikian, teknologi ini menawarkan paradigma baru dalam penemuan pestisida modern, mendukung pertanian berkelanjutan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada metode eksperimental yang mahal dan memakan waktu (Desai *et al.*, 2024).

Hasil kajian Sela *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* secara signifikan yaitu pada konsentrasi 5% dan 12% yang termasuk kedalam kategori kuat, sedangkan untuk konsentrasi 25% dan 50% termasuk kedalam kategori sangat kuat dengan diameter zona hambat 30,58 mm. Studi lain dari Maghfiroh *et al.*, (2021) yang menguji aktivitas antijamur menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Candida albicans* pada konsentrasi 100% ekstrak kulit buah semangka dengan zona hambat 7,78 mm yang termasuk kedalam kategori zona hambat sedang, rendahnya daya hambat tersebut diduga berkaitan dengan tingginya tingkat kekentalan ekstrak pada konsentrasi tersebut sehingga senyawa aktif yang terkandung di dalamnya kurang mampu berdifusi secara optimal ke dalam media.

Berdasarkan uraian di atas, ekstrak kulit buah semangka memiliki potensi sebagai kandidat pestisida nabati yang ramah lingkungan untuk pengendalian penyakit tanaman akibat jamur patogen, termasuk untuk menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Penelitian terkait penggunaan ekstrak kulit buah semangka sebagai pestisida, terutama untuk penyakit layu fusarium masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat penting dalam mengembangkan alternatif yang efektif, sekaligus memahami mekanisme kerja senyawa bioaktif dari ekstrak kulit buah semangka dalam pengendalian penyakit tanaman kelor.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Senyawa bioaktif apa saja yang terdapat pada ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) yang berpotensi sebagai antifungi terhadap *Fusarium oxysporum* melalui pengujian *in silico*?
2. Apakah ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) berpotensi dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman kelor (*Moringa oleifera*) berdasarkan pengujian *in vitro* ?
3. Pada konsentrasi berapakah ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) memberikan daya hambat paling efektif terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada tanaman kelor (*Moringa oleifera*) melalui pengujian *in vitro*?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini untuk mengeksplorasi potensi senyawa bioaktif dari ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) sebagai agen anti mikroba alami terhadap patogen penyebab layu fusarium pada tanaman kelor (*Moringa oleifera*) melalui uji *in silico* dan *in vitro*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas ekstrak kulit buah semangka (*Citrullus lanatus*) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada tanaman kelor (*Moringa oleifera*) dengan menganalisis interaksi antara senyawa aktif tersebut dengan patogen penyebab penyakit layu fusarium melalui uji *in silico* dan menguji efektivitas ekstrak kulit buah semangka dalam menghambat pertumbuhan patogen penyebab layu fusarium melalui uji *in vitro*.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Solusi alternatif untuk pengendalian penyakit layu fusarium

Penelitian ini dapat memberikan alternatif pengendalian hayati yang ramah lingkungan terhadap patogen layu fusarium pada tanaman kelor. Dengan demikian, hasil penelitian ini berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap fungisida sintesis serta meningkatkan nilai guna dari limbah kulit buah semangka sebagai bahan baku pestisida alami pengendalian penyakit tanaman.

2. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

Penelitian ini mendukung pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada teknik *screening* senyawa potensial untuk suatu penyakit tanaman yang ramah lingkungan, efektif, efisien, dan terbarukan. Sekaligus menjadi informasi atau wawasan baru untuk akademisi dan kalangan masyarakat mengenai manfaat kulit buah semangka sebagai pengendali hayati alami, khususnya pada penyakit layu fusarium pada tanaman kelor.

3. Pertanian berkelanjutan

Hasil ini diharapkan sebagai inovasi yang solutif untuk perkembangan pertanian dan berkontribusi pada pertumbuhan sektor pertanian di Indonesia melalui pengelolaan sumber daya alam yang lebih aman dan berkelanjutan, khususnya dalam penanganan penyakit tanaman layu fusarium.