

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai hitam

Kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill) adalah tanaman asli Asia yang sangat sesuai untuk dibudidayakan di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Tanaman ini telah lama menjadi komoditas yang dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia (Septiana, 2022). Menurut Adisarwanto (2006), kedelai merupakan tanaman semusim yang tergolong sebagai tanaman basah, klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut :

Divisi	: Plantae
Sub Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Sub Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Rosales
Family	: Leguminosae
Sub Family	: Papilionoideae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> L Merrill.

Di Indonesia, kedelai berkulit biji hitam (kedelai hitam) umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan kecap. Di beberapa negara seperti China, Taiwan, dan Jepang, kedelai hitam juga dimanfaatkan dalam berbagai olahan pangan, seperti burger, es krim, dan produk lainnya. Penggunaan kedelai hitam sebagai bahan baku kecap tidak hanya memperbaiki kualitas warna kecap menjadi coklat kehitaman, tetapi juga meningkatkan kandungan gizi, terutama protein. Selain itu, senyawa antioksidan yang terkandung di dalam kedelai hitam berperan sebagai agen antitumor dan pencegah penyakit kardiovaskular. (Novridha Andini *et al.*, 2021).

Salah satu keunggulan kedelai hitam adalah kandungan antosianinnya yang lebih tinggi serta daya simpannya yang lebih lama dibandingkan kedelai kuning. Kedelai hitam mengandung protein sebesar 40,4 g per 100 g, serta antioksidan berupa antosianin dan isoflavon. Kandungan total polifenol, flavonoid, dan antosianinnya lebih tinggi dibandingkan kedelai kuning, masing-masing sebesar 6,13 mg/g, 2,19 mg/g, dan 0,65 mg/g. Isoflavon, yang termasuk antioksidan golongan flavonoid dan umum terdapat pada kedelai, memiliki manfaat bagi penderita diabetes melitus dengan cara meningkatkan kadar insulin serum dan komponen insulin pankreas. Seiring berkembangnya industri pangan berbahan baku kedelai serta pertumbuhan jumlah penduduk, permintaan kedelai di Indonesia terus meningkat. Namun, produksi nasional cenderung menurun, sehingga ketergantungan Indonesia terhadap komoditas kedelai impor semakin besar. (R Rahmadina, 2021).

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan utama dengan tingkat kebutuhan yang tinggi di Indonesia. Permintaan kedelai terus meningkat setiap tahun seiring pertumbuhan jumlah penduduk, namun produksi yang ada belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut. Hingga saat ini, hasil produksi kedelai dalam negeri masih belum mencukupi konsumsi nasional. Penurunan produksi ini kemungkinan disebabkan oleh kurangnya upaya perbaikan dalam sistem budidaya, sehingga tidak terjadi peningkatan hasil produksi. (Siregar, 2023).

Untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai, maka dapat dilakukan berbagai cara, salah satu diantaranya adalah penggunaan *Trichoderma* yang dapat membantu merangsang pertumbuhan tanaman dan sebagai agen hayati. Perakaran yang banyak tersebut menyebabkan penyerapan unsur hara lebih

optimum, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Trichoderma alami adalah jamur yang ditemukan di lingkungan, terutama di tanah dan bahan organik yang membusuk. Manfaat trichoderma alami sebagai pengendalian penyakit tanaman trichoderma alami dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen dan bakteri yang menyebabkan penyakit pada tanaman. Kandungan Trichoderma Alami yaitu enzim, termasuk selulase dan ligninase, yang membantu dalam pemecahan bahan organik. Senyawa antimikroba Jamur ini memproduksi senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Trichoderma sintetis adalah varian jamur Trichoderma yang dikembangkan melalui teknik bioteknologi untuk meningkatkan kemampuan pengendalian patogen dan mempromosikan pertumbuhan tanaman. Manfaat Trichoderma Sintetis ada beberapa spesies Trichoderma juga menghasilkan hormon yang dapat merangsang pertumbuhan akar dan perkembangan tanaman. Peningkatan hasil pertanian dengan merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan penyerapan nutrisi, Trichoderma sintetis dapat membantu meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Kandungan Trichoderma Sintetis yaitu senyawa aktif mengandung senyawa yang lebih efektif dalam mengendalikan patogen, termasuk enzim dan antibiotik. Dan hormon pertumbuhan memproduksi hormon pertumbuhan yang mendukung perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Gen modifikasi Dapat mengandung gen yang dimodifikasi untuk meningkatkan kemampuan jamur dalam mengatasi stres biotik dan abiotik. Ini membantu mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia. Jamur ini memiliki peran penting dalam ekosistem sebagai dekomposer dan pengendali patogen tanaman. Trichoderma dengan tanaman adalah bersifat mutualisme tanaman diuntungkan

dalam hal pertumbuhan maupun pengendalian penyakit, sedangkan *Trichoderma* diuntungkan karena dapat menyerap nutrisi yang dihasilkan oleh tanaman. Pemanfaatan *Trichoderma* diharapkan mampu meningkatkan produksi tanaman kedelai, khususnya dalam hal pertumbuhan tanaman dan pengendalian penyakit tanaman. Diharapkan dengan pemanfan *Trichoderma* dapat meningkatkan hasil yang optimal dan juga telah menerapkan sistem budidaya yang ramah lingkungan. Penambahan *Trichoderma* akan meningkatkan efisiensi pemupukan pada tanaman yang dibudidayakan. Berdasarkan potensi yang dimiliki oleh *Trichoderma* diharapkan juga dapat mengurangi ketergantungan dan mengatasi dampak negatif dari pemakaian pestisida sintetis yang selama ini masih dipakai untuk mengendalikan penyakit pada tanaman (Lestari, 2018).

2.2 Morfologi Kedelai hitam

2.2.1 Akar

Menurut Akmal (2019), akar tanaman kedelai tumbuh dari pembelahan kulit biji di sekitar mikrofil. Akar yang mulai berkembang akan segera tumbuh pesat di dalam tanah, sementara kotiledon yang terdiri atas dua bagian terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan hipokotil yang cepat. Pada tanaman kedelai hitam, hipokotil memiliki corak berwarna ungu.

2.2.2 Batang

Batang tanaman kedelai umumnya memiliki tinggi antara 30–100 cm. Ciri khas tanaman berbatang perdu adalah memiliki banyak cabang dengan tinggi yang relatif rendah, batang halus berwarna hijau, dan pertumbuhan yang cepat (Akmal, 2019). Pada fase muda, setelah berkecambah dan sebelum kotiledon (keping biji) terlepas, batang kedelai terbagi menjadi dua bagian: batang di bawah kotiledon

yang belum lepas disebut hipokotil, sedangkan batang di atas kotiledon disebut epikotil. Warna batang kedelai dapat berupa ungu atau hijau. Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu determinate dan indeterminate, yang perbedaannya didasarkan pada keberadaan bunga di pucuk batang (Nurhadi, 2019).

2.2.3 Daun

Daun kedelai tersusun secara selang-seling dengan tipe trifoliate (berdaun tiga) dan jarang sekali ditemukan yang berdaun lima. Tangkai daun berukuran panjang, rapat, dan berbentuk tabung, sedangkan stipula berbentuk sedikit lanset. Daunnya lonjong menyirip, umumnya berwarna hijau muda dengan pangkal bulat. Ujung daun biasanya runcing atau agak kasar, tepi sampingnya memiliki gerigi halus yang teratur, dan sebagian besar kultivar akan menggugurkan daunnya ketika tanaman mulai memasuki fase pematangan (Akmal, 2019).

Tanaman kedelai memiliki dua bentuk daun utama. Pada stadia kotiledon, yang muncul saat tanaman masih berupa kecambah, terdapat dua helai daun tunggal, sedangkan pada fase berikutnya muncul daun bertangkai tiga (*trifoliate leaves*). Secara umum, bentuk daun kedelai terbagi menjadi dua tipe, yaitu bulat (oval) dan lancip (lanceolate), yang dipengaruhi oleh faktor genetik. Susunan daun kedelai berselang-seling dengan anak daun berjumlah tiga, permukaan licin atau berbulu, dan tangkai daun cenderung panjang, terutama pada daun di bagian bawah. Bentuk anak daun bervariasi dari bundar telur hingga lanset, dengan tepi rata, pangkal membulat, serta ujung yang runcing hingga tumpul. Umumnya daun ke-10 memiliki bulu berwarna cerah dengan panjang mencapai 1 mm dan lebar sekitar 0,0025 mm (Nurhadi, 2019).

2.2.4 Bunga

Morfologi cabang tanaman kedelai memiliki kesamaan dengan morfologi batang utamanya. Dalam kondisi lingkungan tumbuh yang optimal dan populasi tanaman yang ideal, pembungaan dimulai dari tangkai daun paling bawah. Setiap kelompok bunga yang tumbuh di ketiak daun umumnya terdiri atas satu hingga tujuh bunga, tergantung karakter varietas kedelai yang dibudidayakan. Bunga kedelai tergolong bunga sempurna karena memiliki alat reproduksi jantan dan betina dalam satu bunga. Penyerbukan terjadi saat bunga masih tertutup, sehingga peluang terjadinya penyerbukan silang sangat kecil, hanya sekitar 0,1%. Warna bunga kedelai dapat berupa ungu atau putih. Jumlah bunga yang terbentuk bervariasi menurut varietas, namun umumnya berkisar 40–200 bunga per tanaman. Pada masa pertumbuhannya, kedelai sering mengalami kerontokan bunga, yang masih dianggap wajar apabila berada pada kisaran 20–40% (Nurhadi, 2019).

2.2.5 Polong dan biji

Polong kedelai mulai terbentuk sekitar tujuh hingga sepuluh hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda umumnya sekitar 1 cm, dengan jumlah polong per ketiak tangkai daun bervariasi antara satu hingga sepuluh buah. Dalam satu tanaman, total polong dapat melebihi 50 buah. Pembentukan polong dan pembesaran biji berlangsung lebih cepat setelah proses pembungaan berakhir. Ukuran dan bentuk polong mencapai maksimum pada awal periode pemasakan biji, yang kemudian diikuti perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecokelatan saat matang. Di dalam polong, terdapat dua hingga tiga biji dengan

ukuran yang bervariasi: kecil (7–9 g/biji), sedang (10–13 g/biji), dan besar (>13 g/biji). Bentuk biji bergantung pada varietas, dapat berupa bulat, agak pipih, atau bulat telur, dengan bentuk bulat telur sebagai yang paling umum. Biji kedelai tersusun atas dua bagian utama, yaitu kulit biji dan embrio (janin). Pada kulit biji terdapat pusar (hilum) yang berwarna cokelat, hitam, atau putih, dan di ujungnya terdapat mikrofil berupa lubang kecil yang terbentuk selama proses pembentukan biji. Warna kulit biji bervariasi dari kuning, hijau, cokelat, hitam, hingga kombinasi beberapa warna. Kedelai tidak mengalami masa dormansi, sehingga setelah pembentukan biji selesai, biji dapat langsung ditanam (Nurhadi, 2019).

2.3 Syarat Tumbuh

2.3.1 Varietas Tanaman kedelai hitam

Kedelai hitam merupakan salah satu tanaman pangan penting yang berperan dalam ketahanan pangan Indonesia. Selain digunakan sebagai bahan baku pembuatan kecap, kedelai hitam kini juga dimanfaatkan untuk membuat tahu dan tempe. Peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang mencapai 269,16 juta jiwa diikuti dengan meningkatnya permintaan kedelai hitam. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pemerintah mengimpor 1,96 juta ton kedelai hitam (Yusuf, 2021).

Produksi kedelai hitam Domas mencapai 45,5% dengan harga pasar sekitar Rp10.000/kg, lebih tinggi dibandingkan kedelai kuning Anjasmoro yang hanya berkisar Rp6.000–Rp8.000/kg. Selisih harga keduanya mencapai 25%. Selain itu, kandungan gizi kedelai hitam tercatat 22,96% lebih tinggi dibandingkan kedelai kuning (Yusuf, 2021).

2.3.2 Trichoderma

Trichoderma menginfeksi akar tanaman kedelai, sehingga jumlah akar yang terinfeksi menjadi lebih banyak dibandingkan akar yang tidak terinfeksi. Banyaknya perakaran ini membuat penyerapan unsur hara lebih optimal, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Trichoderma juga mampu menguraikan unsur hara terikat dalam tanah serta menghasilkan antibiotik glikotoksin dan viridian yang berfungsi melindungi bibit dari serangan penyakit. Hubungan antara Trichoderma dan tanaman bersifat mutualisme, di mana tanaman diuntungkan dari segi pertumbuhan dan pengendalian penyakit, sedangkan Trichoderma memperoleh nutrisi dari tanaman. Pemanfaatan Trichoderma diharapkan dapat meningkatkan produksi kedelai, terutama pada pertumbuhan dan pengendalian penyakit, sekaligus mendukung sistem budidaya ramah lingkungan. Penambahan Trichoderma juga meningkatkan efisiensi pemupukan pada tanaman budidaya. Dengan potensi tersebut, Trichoderma diharapkan dapat mengurangi ketergantungan serta dampak negatif penggunaan pestisida sintetis yang masih umum dipakai untuk mengendalikan penyakit pada tanaman (Rizal, 2018).

Trichoderma alami merupakan jamur yang terdapat di lingkungan, khususnya di tanah dan bahan organik yang membusuk. Manfaat Trichoderma alami antara lain sebagai agen pengendali penyakit tanaman, dengan kemampuan menghambat pertumbuhan jamur patogen dan bakteri penyebab penyakit. Kandungan Trichoderma alami meliputi enzim seperti selulase dan ligninase yang berperan dalam pemecahan bahan organik, serta senyawa antimikroba yang dapat menekan perkembangan mikroorganisme patogen. Trichoderma sintetis adalah jenis Trichoderma yang dikembangkan melalui teknik bioteknologi untuk

meningkatkan efektivitas pengendalian patogen sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman. Beberapa spesies *Trichoderma* sintetis mampu menghasilkan hormon yang merangsang pertumbuhan akar dan perkembangan tanaman, sehingga dapat meningkatkan hasil pertanian baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Kandungan *Trichoderma* sintetis mencakup senyawa aktif yang lebih efektif mengendalikan patogen, termasuk enzim dan antibiotik, serta hormon pertumbuhan yang menunjang perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman secara menyeluruh. Varian ini juga dapat mengandung gen hasil modifikasi untuk meningkatkan kemampuan menghadapi stres biotik maupun abiotik, yang berdampak pada pengurangan penggunaan pestisida kimia.

Trichoderma, baik alami maupun sintetis, mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dengan menguraikan bahan organik dalam pupuk, sehingga nutrisi lebih mudah diserap. Jamur ini juga dikenal dapat memperkuat ketahanan tanaman terhadap penyakit dan patogen lain, membentuk simbiosis mutualistik dengan akar untuk meningkatkan penyerapan air serta nutrisi. Dengan memaksimalkan ketersediaan nutrisi dalam tanah, penggunaan pupuk organik yang mengandung *Trichoderma* dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, sehingga mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Sinuraya, 2023).

Penggunaan pupuk hayati baik cair maupun padat dapat menjadi solusi dalam mengurangi aplikasi pupuk anorganik yang berlebihan, karena pupuk hayati mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Taisa *et al.*, 2022). Selain pupuk, penggunaan *Trichoderma* merupakan salah satu jenis jamur yang digunakan dalam proses pembuatan pupuk hayati berperan dalam menguraikan bahan organik tanah mengandung beberapa komponen zat seperti N,

P, S, dan Mg yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. *Trichoderma* . dapat menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman antara lain *Rigidiforus lignosus*, *Fusarium oxysporum*, *Rizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, dan sebagainya (Yusuf, 2023).