

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Tanaman Kedelai

Klasifikasi tanaman kedelai dalam sistematika tumbuhan adalah sebagai berikut (Sri, 2022) :

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyte*
Sub Divisi : *Angiosperma*
Klas : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Polepetales*
Family : *Leguminose*
Sub Family : *Papilionoidaeae*
Genus : *Glycine*
Spesies : *Glycine max* (L.) Merr

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) adalah satu dari beberapa tanaman pangan yang menghasilkan protein nabati. Tanaman ini masih satu keluarga dengan tanaman kacang kacangan (Leguminosae) yang diyakini berasal dari Tiongkok. Yang dimualai pada persebaran *Glycine ussuriensis* sebagai spesies yang dianggap sebagai tetua tanaman kedelai. Tanaman ini tersebar dari abad pertama SM hingga abad 16 di daratan Asia, termasuk India, Nepal, Birma, Jepang, Indonesia, Malaysia, Vietnam, Filipina dan Thailand. Kedelai merupakan tumbuhan semusim yang berbentuk semak rendah akan tetapi bertumbuh tegak. Kedelai tumbuh dengan tinggi yang bervariasi antara 30 hingga 100 cm tergantung kondisi lingkungan dan jenis varietasnya (Sri, 2022).

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) mengandung zat antioksidan yang mampu bereaksi melawan serta mencegah radikal bebas beraksi dalam molekul di dalam tubuh, seperti isoflavone dan zat lainnya, termasuk lemak, protein serta vitamin A, C dan D. Antioksidan yang banyak dikandung kedelai berupa isoflavone terbukti memiliki peran signifikan dalam menyembuhkan penyakit yang diakibatkan oleh radikal bebas, juga dapat membentengi tubuh dari paparannya (Pratama & Busman, 2020).

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) termasuk dalam kelompok *Glycine*, yang merupakan bagian dari famili Leguminosae. Terdapat dua jenis kedelai yang umum dibudidayakan, yaitu jenis kedelai putih (*Glycine max* (L.) Merr), yang memiliki biji berwarna kuning, putih keabu-abuan, atau hijau, dan jenis kedelai hitam (*Glycine soja*). Tanaman kedelai tergolong sebagai perdu dengan tinggi antara 40 hingga 100 cm, yang

dapat memiliki antara tiga hingga enam percabang. Daun yang dimiliki tanaman kedelai merupakan daun majemuk dengan ciri memiliki tiga helai anak daun. Helai daunnya mempunyai ciri runcing pada ujung dan berbentuk oval, serta memiliki karakter permukaan daunnya yang berbulu halus (trichoma) pada kedua sisinya (Tjandramukti, dalam Purwaningsih & Kusumastuti, 2019).

Tunas atau bunga tanaman kedelai bertumbuh di ketiak tangkai majemuk daun. Pada tahap dewasa, daun berubah menjadi kuning kemudian rontok, yang dimulai dari batang bagian terbawah. Fungsi daun tanaman kedelai sebagai sumber karbohidrat yang di simpan dan digunakan pada kebutuhan proses translokasi pada fase generatif (Purwaningsih & Kusumastuti, 2019).

Tanaman kedelai memiliki tipe pertumbuhan batang yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: determinate, semi determinate dan indeterminate. Tipe determinate memiliki ciri dengan berbunga secara bersamaan dan mengakhiri pertumbuhannya dengan tinggi tertentu, serta memiliki ciri tanaman yang memiliki tubuh pendek hingga sedang, di mana ukuran ujung batang hampir sama dengan bagian batang tengah dan daun teratas serupa dengan daun di batang tengah. Tipe semi determinate memiliki ciri yang berada di antara tipe determinate dan tipe indeterminate. Tipe indeterminate ditandai dengan mengecilnya ujung batang dibandingkan pada bagian tengah, kemudian akan berbunga secara bertahap dimulai dari bawah hingga ke atas, serta terus mengalami pertumbuhan, dengan tanaman berukuran sedang hingga tinggi (Purwaningsih & Kusumastuti, 2019).

Kedelai termasuk dalam kategori bunga sempurna dan dapat melakukan penyerbukan secara mandiri. Proses penyerbukan berlangsung ketika kelopak bunga masih tertutup. Bunga-bunga tersebut tumbuh di sepanjang ruas batang dan memiliki warna ungu atau putih. Namun, tidak semua bunga yang muncul dapat berubah menjadi polong; sekitar 60% dari bunga ini akan gugur sebelum menjadi polong (Purwaningsih & Kusumastuti, 2019).

Buah kedelai memiliki bentuk polong yang dapat mengandung 1 hingga 4 buah biji, namun biasanya berisi dua biji. Banyaknya polong yang muncul pada setiap batang bervariasi tergantung pada jenis kedelai, metode penjarakan penanaman, serta kesuburan media tanam. Biji kedelai memiliki dua keping, dilapisi dengan kulit biji serta tidak terdapat jaringan endosperma, dengan embrio yang terdapat di antara kepingan biji. Biji kedelai umumnya berbentuk oval, namun ada pula yang berbentuk sedikit pipih maupun bundar (Pitojo, 2003). Ukuran biji berkisar antara 6 sampai 10

gram, dengan kulit biji yang memiliki variasi warna meliputi hitam, coklat, kuning atau hijau. Berat biji kedelai dapat dibedakan menjadi beberapa kategori: berat 100 biji berukuran kecil berada di antara 6-10 gram, 100 biji berukuran sedang mencapai 13 gram, dan 100 biji berukuran besar melebihi 13 gram (Indradewa, 2002). Di Indonesia, kedelai yang banyak dibudidayakan umumnya merupakan tipe semi determinate dan determinate dari varietas India dan Manchuria. Varietas Manchuria memiliki biji yang cenderung besar dan mengkilap, sementara varietas India memiliki biji yang lebih kecil (Purwaningsih & Kusumastuti, 2019).

2.2. Syarat Tumbuh

Tanaman kedelai dalam mengoptimalkan pertumbuhannya diperlukan pemenuhan persyaratan untuk tumbuh yaitu iklim dan tanah. Faktor iklim tersebut diantaranya intensitas cahaya, suhu, kelembaban, curah hujan dan unsur iklim lainnya. Sementara faktor tanah diantaranya yaitu hara, kandungan bahan organik, tekstur struktur, pH dan beberapa unsur tanah yang lain.

Pemenuhan unsur hara fungsi tanah sebagai media tanam dapat diganti menggunakan blotong dan arang sekam. Sebagai bahan organik, blotong dan arang sekam padi dapat memperbaiki sirkulasi dengan baik serta memperkuat kemampuannya dalam menahan air. Media ini memiliki struktur yang menciptakan sirkulasi udara di sekeliling akar, meminimalisir terjadinya pembusukan serta memengaruhi kesehatan akar. Media kombinasi arang sekam dan blotong juga mengandung gizi yang ikut mendukung aktivitas bakteri. serta memaksimalkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi (Endrawati et al., 2023). Media tanam organik arang sekam dan blotong berperan pula dalam meningkatkan aktivitas biokimia jamur dan biologis, saat pada gilirannya memperbaiki kesehatan tanah dan struktur melewati proses dekomposisi beberapa bahan organik didalam tanah. Proses dekomposisi tersebut akan memaksimalkan pelepasan unsur hara yang membawa nutrisi bagi tanaman secara kimiawi, dan mendukung perkembangan akar secara fisik (Endrawati et al., 2024).

Tanaman kedelai lebih menyukai iklim yang kering dari pada iklim yang sangat lembab. Sebagian besar tanaman ini tumbuh di iklim tropis dan subtropis (Afrida, 2023). Kedelai memerlukan suhu berkisar antara 21-34 °C, namun 23-27 °C adalah suhu yang paling optimal untuk pertumbuhan kedelai, dengan kelembaban rata rata 65%. Pada masa panen, kedelai lebih tepat dipanen di musim kering karena akan

memengaruhi waktu pengisian, kmatangan biji dan pengeringan hasil. Tanaman kedelai memerlukan curah hujan berkisar antara 100-200 mm/bulan (Afrida, 2023).

Keasaman atau pH tanah sangat menentukan pertumbuhan tanaman kedelai, dengan kebutuhan keadaan pH tanah berkisar antara 5,5-6,5. Penyerapan hara pada tanah yang bersifat asam, antara 4,6-5,5 akan berpengaruh terhadap perakaran tanaman dan kemampuan Bakteri rhizobium melakukan penetrasi ke perakaran dan pembentukan bintil akar. Lebih dari pH 7, kedelai akan kekurangan hara besi dan memperlihatkan gejala klorosis (Afrida, 2023).

2.3. Biomatriconditioning

Biomatriconditioning artinya adalah salah satu teknik invigorasi yang diaplikasikan dengan material padat terendam atau *solid matrix priming* yang dengan diperkaya dengan agens hayati seperti mikroorganisme (Wahyuni et al., 2022). Media padatan tersebut dapat berupa sekam bakar, serbuk bata, *cocopeat* atau bahan yang lain yang memiliki matriks tinggi. Tujuan utama dari aplikasi *Biomatriconditioning* adalah menstimulasi metabolisme benih agar siap berkecambah dengan menunda munculnya radikula, menyeragamkan pertumbuhan dan menekan penyakit tanaman (Darsan et al., 2016)

Matriconditioning yaitu upaya peningkatan mutu benih secara fisiologis dan biokimia selama proses perkecambahan terhambat oleh media imbibisi pembawa potensial osmotik yang dapat diabaikan dan potensi matrik rendah. Istilah *Matriconditioning* benih berarti upaya mengondisikan benih menggunakan media yang berpotensi mempunyai matrik didalamnya (Udi et al., 2021).

Teknik biomatriconditioning merupakan suatu metode penyegaran sebelum penanaman yang menggabungkan media matriks dengan agen hayati untuk memperbaiki viabilitas dan kekuatan benih. Metode ini dapat mengatasi hambatan fisik pada benih, sehingga proses perkecambahan menjadi lebih cepat dan merata. Selain itu, *biomatriconditioning* juga berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman, seperti peningkatan jumlah dan berat buah hingga 40% dan 166%. Agen hayati, seperti mikroba yang ada di tanah, memiliki peran krusial sebagai pemacu pertumbuhan dan pengatur hormon bagi tanaman, sekaligus berkontribusi dalam mengurangi serangan patogen (Endrawati et al., 2024).

Upaya yang dapat mengoptimalkan daya tumbuh benih dan kemampuan hidup adalah dengan metode *biomatrixconditioning* yang terbukti efektif. Melalui rangsangan metabolisme benih yang didukung oleh media matriks yang lembab dan agen hayati, teknik ini meningkatkan daya kecambah, indeks vigor, serta keseragaman pertumbuhan, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan lebih baik dan hasil budidaya meningkat secara signifikan (Endrawati & Nugroho, 2025).

2.4. Bakteri Indigenous

Bakteri yang hidup di alam bebas secara alami yang mempunyai banyak manfaat untuk manusia biasa disebut bakteri Indigenous. Diantara manfaat yang telah dibuktikan dari banyak penelitian yaitu sebagai subjek yang berfungsi sebagai pengendali hayati tanaman, bioremediasi limbah, agen pelarut fosfat, penghasil antibiotik, dan masih banyak lagi (Batubara et al., 2015).

Pemanfaatan mikroorganisme seperti bakteri *Indigenous* yang memberikan manfaat (beneficial microbe) sebagai pupuk organik sekaligus berfungsi untuk merangsang pertumbuhan tanaman adalah salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas tanah Ultisol, sehingga hasilnya dapat lebih optimal (Nurmas et al., 2014). Bakteri Indigenous dalam *biomatrixconditioning* berperan sebagai agen hayati. Karena Bakteri Indigenous adalah mikroorganisme asli dari lingkungan yang sering kali digunakan untuk meningkatkan vigor dan viabilitas benih melalui stimulasi metabolisme. Diantara bakteri *Indigenous* itu adalah *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, *Azotobacter* sp (Mudi et al., 2019).

2.4.1. *Bacillus* sp,

Bakteri *Bacillus* sp. atau basilus adalah satu dari banyak jenis mikroba yang bekerja sebagai pupuk alami. Mikroba ini termasuk dalam kelompok *Rhizobacteria* yang memiliki peran signifikan dalam melarutkan fosfor. Bakteri jenis *Rhizobakteri* mendukung keberadaan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, mengurangi laju perkembangan penyakit tanaman, serta mengoptimalkan keberadaan hormon tanaman yang berkontribusi pada masa vegetatif tanaman seperti sitokinin dan auksin (Setiyono et al., 2022).

Keberadaan bakteri yang sering diaplikasikan untuk memaksimalkan perkembangan tanaman adalah *Bacillus* sp. Di dalam tanah, bakteri bekerja membantu sistem perakaran dalam mendapatkan fosfor yang terikat di tanah dan terlarut dalam tanah. Peran penting yang dimiliki fosfat adalah karena fosfat bagian dari asam nukleat dan protein yang berfungsi dalam pemindahan dan penyimpanan energi yang

diperlukan oleh tanaman (Guntur et al., dalam Yanris Trisyana Mendrofa & Natalia Kristiani Lase, 2025)

2.4.2. *Pseudomonas* sp,

Beberapa mikroorganisme pengendali yang sudah banyak diteliti salah satu diantaranya adalah *Pseudomonas fluorescens*. Mikroba ini mampu mengatasi penyakit yang disebabkan oleh *R. solanacearum* serta beberapa penyakit lainnya pada tanaman seperti jahe, kacang, krisan, tembakau, nilam dan tomat., *Pseudomonas fluorescens* juga dapat mengurangi tingkat infeksi akibat *R. solanacearum* pada jahe hingga 4% (Fajarfika et al., 2022).

Pseudomonas yang tergolong dalam kelompok *fluorescens* adalah bakteri yang secara aktif mengkoloni akar. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan hormon vegetatif tanaman yang bertindak menjadi agen penyeimbang yang bersifat hayati melalui cara bersaing dan merangsang ketahanan tanaman. Disamping itu *Pseudomonas fluorescens* juga dikenal sebagai hormon *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang berkontribusi pada masa vegetatif tanaman sehingga dapat berkembang dengan sehat, lebih baik dan meminimalkan penyakit. Selain itu, *Pseudomonas fluorescens* memiliki kekuatan untuk bertindak sebagai musuh alami patogen yang ditularkan dalam perantara tanah karena dapat memproduksi siderofor sebagai pengikat zat besi yang mencukupi kebutuhan zat besi tanaman dan mencegah bakteri penyakit berkembang (Fajarfika et al., 2022).

2.4.3. *Azotobacter* sp

Azotobacter adalah jenis bakteri yang dapat mengikat nitrogen secara aerobik dan tidak bersimbiosis, dengan kemampuan untuk mengikat nitrogen dengan jumlah yang cukup besar, berkisar 2 hingga 15 mg N setiap gram yang diambil dari sumber karbon. Potensi pengikatan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sumber energi, jumlah ketersediaan nitrogen, jumlah ketersediaan mineral, respon tanah dan lingkungan, serta keberadaan jenis bakteri tertentu (Rahmi, 2014). Karakter fisiologis yang dimiliki oleh bakteri *Azotobacter* adalah mampu memproduksi hormon IAA, sebagai pelarut fosfat, dan memiliki pH stabil antara 5 hingga 7 (Nurmas et al., 2014).

Subba Rao dalam Rahmi (2014) mengatakan ada beberapa faktor dari luar yang dapat memengaruhi pengikatan nitrogen meliputi suhu, kelembaban tanah, sumber karbon, tingkat keasaman atau pH tanah, cahaya, dan pengisian nitrogen. Selain itu, banyaknya bakteri yang berperan sebagai pengikat nitrogen di akar, dan kadar oksigen dapat pula memengaruhi aktivitas pengikatan nitrogen. Sifat dan identitas lain dari

Azotobacter merupakan termasuk dalam kelompok bakteri Gram negatif. Rentang pH untuk pertumbuhannya dengan adanya nitrogen tambahan berada pada 4,5 hingga 8,5, sementara pH yang paling ideal untuk pertumbuhan dan pengikatan nitrogen berkisar antara 7 hingga 7,5. Bakteri ini dapat ditemukan di tanah maupun di air (Rahmi, 2014).

2.5. Media Matriks

Beberapa matrik dapat digunakan dan diaplikasikan pada perlakuan biomatrimconditioning dengan beberapa syarat diantaranya terdapat potensial matriks tinggi juga kemungkinan osmotik yang dapat diabaikan, memiliki karakter kelarutan yang kecil sehingga tetap sama selama perlakuan, matrik berupa benda berbahan kimia inert yang tidak mengandung racun, memiliki kecukupan dalam mengikat air, keluasan permukaan yang cukup, memiliki kepadatan ruang yang tinggi dan kepadatan volume kecil, memiliki kemampuan aerasi tinggi, tetap kering, dan mampu menempel pada permukaan benih (Khan dalam Mariani, 2021)

Serbuk arang sekam adalah satu dari banyak contoh bahan matrik yang digunakan pada teknik matrimconditioning benih disebabkan sifatnya yang porous, ringan, dan mampu mempertahankan kelembapan secara stabil. Dalam perlakuan ini, benih dikondisikan bersama media padat lembab sehingga proses imbibisi air berlangsung secara perlahan dan terkontrol. Menurut hasil beberapa penelitian, penggunaan arang sekam sebagai media matrimconditioning dapat meningkatkan viabilitas, vigor, dan keserempakan tumbuh benih, terutama pada mutu benih yang mengalami kemunduran. Perlakuan pada benih kedelai, matrimconditioning dengan arang sekam dilaporkan mampu meningkatkan daya berkecambah dan komponen vigor benih, sedangkan pada benih kacang hijau arang sekam juga menunjukkan hasil terbaik dibanding beberapa bahan matrik lain seperti serbuk gergaji dan cocopeat. Dengan demikian, serbuk arang sekam dapat dipertimbangkan sebagai media matrik yang efektif dalam perlakuan benih untuk memperbaiki performa fisiologis benih sebelum tanam (Hasan et al., 2018).

Serbuk bata merah dapat digunakan sebagai salah satu media matrimconditioning pada perlakuan benih karena memiliki tekstur halus dan mampu berfungsi sebagai matrik padat lembab yang mengatur penyerapan air secara perlahan. Penggunaan media ini bertujuan untuk menghidrasi benih secara terkontrol sehingga proses metabolisme awal dapat berlangsung tanpa memicu perkecambahan yang terlalu cepat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa serbuk bata merah mampu meningkatkan viabilitas dan vigor benih, misalnya pada benih padi gogo, dan hasilnya tidak berbeda nyata dengan

media serbuk arang sekam yang juga umum digunakan dalam perlakuan benih. Selain itu, dalam literatur lain serbuk bata merah disebut sebagai salah satu media yang dapat digunakan dalam teknik matricconditioning bersama media padat lembab lainnya seperti serbuk gergaji dan vermikulit untuk memperbaiki mutu fisiologis benih, khususnya kedelai (Fitriani et al., 2021).

Cocopeat dapat digunakan sebagai media matrik dalam perlakuan benih karena memiliki kemampuan menahan air yang tinggi, struktur yang poros, dan tekstur yang relatif halus sehingga mampu mendukung proses imbibisi secara terkontrol. Pada teknik matricconditioning, media ini membantu benih menyerap air secara perlahan tanpa memicu perkecambahan dini, sehingga proses perbaikan fisiologis benih dapat berlangsung lebih optimal. Selain itu, cocopeat juga tergolong ringan, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan, sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif media matrik pada berbagai komoditas benih. Namun, karena kandungan haranya rendah, cocopeat lebih berfungsi sebagai pembawa air dan pengatur hidrasi benih daripada sebagai sumber nutrisi utama (Narfiah et al., 2020).

2.6. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Mudi et al., (2019), benih dengan perlakuan *bio-priming* atau biomatricconditioning dengan campuran bakteri Indigenous dapat meningkatkan mutu fisiologis benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.).

Dalam penelitian lain, Endrawati et al., 2024 menyimpulkan bahwa integrasi penggunaan arang sekam sebagai biomatricconditioning dengan *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati dengan ditambahkan arang sekam menjadi perlakuan terbaik yang memperlihatkan adanya pengaruh yang nyata di seluruh parameter pertumbuhan dan hasil pada budidaya tanaman Kyuri.

Bakteri *Pseudomonas* dari kelompok *fluorescens* (P24) yang telah diaplikasikan pada media serbuk arang sekam padi pada perlakuan matricconditioning terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan benih cabai dari pada dengan media gambut (Syah et al., 2016).

Hasil pengujian dari Nurmas *Azotobacter* memiliki karakter fisiologis untuk mampu memproduksi IAA, sebagai pelarut fosfat, dan memiliki pH stabil antara 5 hingga 7 (Nurmas et al., 2014). Sehingga bakteri ini sangat berperan dalam membantu penyerapan unsur hara makro utamanya fosfat oleh tanaman.

Hasil penelitian dari Agung (Wibowo et al., 2025) membuktikan bahwa terdapat pengaruh nyata pada masa vegetatif dan hasil tanaman kedelai kombinasi perlakuan

bionanofertilizer dan biomatrichonditioning benih dengan bakteri indigenous. Secara konsisten, perlakuan ditunjukkan pada kombinasi S2B2 (*Pseudomonas* sp + bionanofertilizer 6ml/L) pada beberapa variabel pertumbuhan tanaman diantaranya meningkatkan jumlah daun, tinggi tanaman dan diameter batang. Sementara pada variabel hasil produksi, pada dosis yang lain, secara konsisten menunjukkan hasil terbaik pada lima variabel pengamatan yaitu jumlah polong, berat polong, jumlah biji, berat biji dan berat 100 biji.