

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Taksonomi Kedelai Edamame

Edamame berasal dari bahasa Jepang. Eda berarti cabang dan mame berarti kacang atau dapat juga disebut buah yang tumbuh di bawah cabang. Tanaman ini di China disebut mau dou. Indonesia mengenal tanaman ini dengan sebutan kedelai sayur atau kedelai jepang.



Gambar 2.1 Tanaman Kedelai Edamame (Dokumentasi Pribadi, Juni 2021)

Menurut Soewanto, dkk (2013) taksonomi tanaman kedelai edamame sebagaimana yang disebutkan dalam gambar 2.1 yakni sebagai berikut:

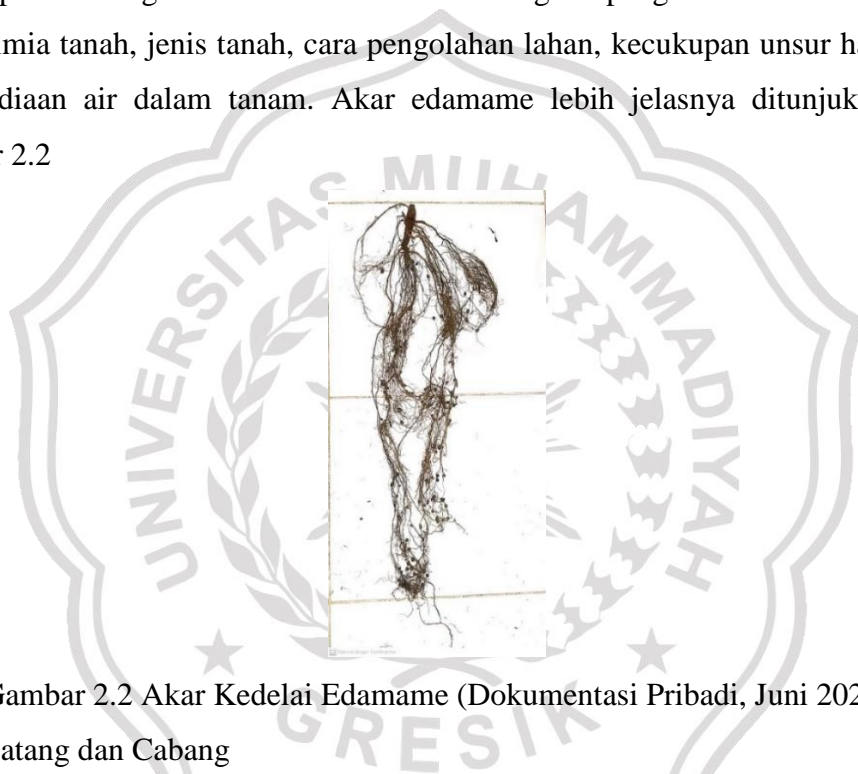
- Kingdom : Plantae
- Divisio : Spermatophyta
- Subdivisio : Angiospermae
- Classis : Dicotyledoneae
- Ordo : Polypetales
- Familia : Leguminosa
- Subfamilia : Papilionoideae
- Genus : Glycine
- Species : *Glycine max (L.) Merrill*

2.2. Morfologi Kedelai Edamame

Kedelai edamame merupakan tanaman semusim yang tumbuh tegak serta berbentuk semak-semak. Morfologi tanaman edamame didukung oleh komponen utamanya, yakni akar, daun, batang, polong, dan biji

2.2.1. Akar

Akar edamame akan muncul dari belahan kulit biji yang ada disekitar mesofil. Calon akar tersebut akan tumbuh ke dalam tanah, sedangkan kotiledon akan terangkat ke atas permukaan tanah. Kedelai edamame memiliki dua sistem perakaran, yakni akar tunggang serta akan sekunder yang tumbuh dari akar tunggang termasuk jenis akar serabut. Selain itu terdapat pula akar adventif yang tumbuh dibagian bawah hipokotil. Akar adventif ini terbentuk akibat adanya cekaman tertentu, misalnya kadar air terlalu tinggi. Pambudi (2013) menyatakan bahwa perkembangan akar kedelai edamame sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik serta kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara serta ketersediaan air dalam tanam. Akar edamame lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Akar Kedelai Edamame (Dokumentasi Pribadi, Juni 2021)

2.2.2 Batang dan Cabang

Pada proses perkecambahan hipokotil pada kedelai edamame bisa disebut sebagai batang, yakni mulai dari pangkal akar hingga kotiledon. Pertumbuhan batang edamame dibedakan menjadi 2 tipe, yakni determinate dan indeterminate. Pertumbuhan determinate ditandai dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sedangkan pertumbuhan indeterminate ditandai dengan pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun meskipun tanaman sudah mulai berbunga. Cabang akan tumbuh pada batang tanaman. Jumlah cabang akan bervariasi menurut varietas dan kondisi tanah (Pambudi, 2013). Batang dan Cabang edamame lebih jelasnya ditampilkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Cabang Edamame (Dokumentasi Pribadi, Mei 2021)

2.2.3 Daun

Daun yang dimiliki tanaman kedelai edamame ini ada dua macam, yakni saat stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berkecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (trifoliolate). Daun edamame mempunyai bulu dengan warna cerah serta jumlah yang bervariasi. Pada umumnya daun pada tanaman kedelai ada dua bentuk, yakni bulat serta lancip. Bentuk daun dipengaruhi oleh faktor genetik (Pambudi, 2013). Daun kedelai edamame lebih jelasnya ditunjukkan dalam gambar 2.4



Gambar 2.4 Daun Edamame (Dokumentasi Pribadi, Mei 2021)

2.2.4 Bunga

Tanaman edamame memiliki dua stadia tumbuh, yakni vegetatif serta reproduktif. Stadia vegetatif dimulai dari tanaman berkecambah hingga berbunga, sedangkan reproduktif dimulai dari pembungaan hingga pemasakan biji. Tanaman edamame termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembungaan. Bunga kedelai edamame berbentuk menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga muncul dari ketiak tangkai bunga yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak daun bisa beragam, tergantung dari kondisi lingkungan tumbuh

serta varietas yang digunakan. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas edamame hanya dua, yaitu putih dan ungu (Pambudi, 2013). Bunga edamame lebih jelas ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Bunga Edamame (Dokumentasi Pribadi, April 2021)

2.2.5 Polong dan Biji

Polong edamame pertama kali terbentuk saat 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda berukuran kurang lebih 1 cm. Dalam setiap tangkai jumlah polong dapat beragam, bisa mencapai 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50. Kecepatan pembentukan polong dan pmbesaran biji edamame akan semakin pesat ketika pembungaan berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal saat awal periode pemasakan biji, hal ini diikuti dengan perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecoklatan. Biji edamame bervariasi bentuknya, tergantung pada varietas tanaman (Pambudi, 2013). Polong edamame lebih jelasnya ditunjukkan dalam gambar 2.6



Gambar 2.6 Polong edamame (Dokumentasi Pribadi, Juni 2021)

2.3. Syarat Tumbuh Kedelai Edamame

Kedelai edamame mampu tumbuh dengan baik apabila lingkungan tumbuhnya sesuai dengan kebutuhan kedelai edamame. Tanah dan iklim merupakan komponen penting dalam syarat tumbuh tanaman edamame. Kedua komponen tersebut harus saling mendukung untuk keberhasilan tumbuh kedelai edamame.

Tanah yang baik untuk pertumbuhan kedelai edamame yakni tanah dengan karakteristik lempung berpasir atau liat berpasir. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan air yang dibutuhkan tanaman kedelai edamame. Jenis tanah juga memengaruhi kedalaman akar edamame dalam mencari nutrisi. Jenis tanah yang remah jika diolah sedalam 50 cm mampu dijangkau akar edamame sedalam 5 meter, sedangkan jenis tanah berstruktur liat tinggi hanya mampu dijangkau dalam 3 meter (Aep, 2006).

Iklim merupakan faktor selanjutnya yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan kedelai edamame. Menurut Aep (2006) Kedelai edamame mampu tumbuh dengan baik pada suhu tanah 30°C. Pada suhu tersebut kedelai edamame mampu berkecambah dalam waktu 7 HST. Jika suhu < 15°C maka pertumbuhan kedelai edamame akan terhambat, perkecambahan edamame bisa mencapai 14 HST, hal ini dikarenakan tingginya kelembaban tanah. Jika suhu tanah > 30°C maka akan banyak biji yang mati akibat respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat. Selain suhu tanah, suhu lingkungan juga menentukan pertumbuhan edamame. Suhu lingkungan yang tepat bagi pertumbuhan edamame adalah 20°C - 25°C. Jika suhu lingkungan mencapai 40°C maka akan terjadi perenggasan bunga dan daun edamame. Jika suhu < 10°C akan mengakibatkan terhambatnya proses pembungaan dan pembentukan polong edamame.

Kebutuhan air kedelai edamame juga perlu diperhatikan untuk pertumbuhan yang maksimal. Kebutuhan air edamame mencapai 300 – 400 mm selama masa pertumbuhan. Semakin bertahan umur edamame maka kebutuhan air juga semakin bertambah, puncak kebutuhan tertinggi yakni pada masa pembungaan dan pengisian polong. Terpenuhinya syarat tumbuh kedelai edamame maka tanaman ini mampu tumbuh secara maksimal dan memberikan hasil yang maksimal pula (Aep, 2006).

2.4. Pupuk Hayati

Pupuk hayati adalah salah satu bahan dengan kandungan mikroorganisme yang bermanfaat untuk meningkatkan kuantitas serta kualitas produksi tanaman melalui aktivitas biologi yang dapat berinteraksi dengan sifat fisik maupun kimia tanah yang sebagai media tumbuh mikroba (Mezuen et al, 2002 *dalam Prihastuti, 2008*). Penggunaan pupuk hayati dinilai sangat menguntungkan. Alasan penggunaan pupuk hayati antara lain ada tiga, yakni hilangnya subsidi pupuk anorganik, kelangkaan pupuk dan keinginan masyarakat dalam mewujudkan *sustainable agriculture*.

Pupuk hayati sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup berfungsi untuk menambat unsur hara tertentu dalam tanah yang berguna untuk tanaman. Penyediaan unsur hara oleh pupuk hayati dapat berlangsung secara simbiosis maupun nonsimbiosis. Secara simbiosis berlangsung dengan kelompok tanaman tertentu atau kebanyakan tanaman. Nonsimbiosis berlangsung melalui penyerapan unsur hara hasil pelarutan oleh kelompok mikroba pelarut dan hasil perombakan bahan organik oleh kelompok organisme perombak.

2.5. Rhizobium

Rhizobium merupakan salah satu mikroorganisme yang banyak berperan bagi tanah dan tanaman. *Rhizobium* termasuk jenis jasad mikro yang memiliki sifat agresif dalam mengkolonisasi akar sehingga mampu menggantikan tempat mikroorganisme lain yang merugikan. Bakteri *Rhizobium sp* ini bersimbiosis dengan tanaman legum dan mampu menambat unsur nitrogen.

Apabila bakteri *Rhizobium sp* bersimbiosis dengan tanaman legum maka mampu menginfeksi akar tanaman sehingga membentuk bintil akar. Bintil akar pada tanaman legum berfungsi mengikat nitrogen di atmosfer lalu menyalurkannya ke tanaman. Bakteri rhizobium mampu mengikat nitrogen bebas yang ada di udara (N_2). Nitrogen yang berbentuk N_2 tidak mampu terserap langsung oleh tanaman. Bakteri rhizobium berperan menambat dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

Karakteristik bakteri rhizobium dijelaskan oleh Surtiningsih, T., Farida dan Tri Nurhayati, (2009) memiliki sel tunggal, panjangnya sekitar 1000 mm, secara makroskopis berwarna putih susu, tidak transparan, bentuk koloni sirkuler, dan

memiliki diameter 2 – 4 mm. Secara mikroskopis sel bakteri rhizobium berbentuk batang, aerobik, heterotrof, gram negatif yang berukuran 0,5 – 0,9 X 1,2 – 3 µm, umumnya memiliki satu flagella polar atau subpolar. Bakteri rhizobium mampu tumbuh dengan optimal pada temperatur 25 - 30°C dan pH 6 – 7 (kecuali galur-galur dari tanah masam).

Spesies rhizobium tertentu umumnya mampu bekerja secara efektif hanya dengan satu spesies tanaman legum. rhizobium yang mampu bekerja efektif pada tanaman kacang-kacangan berbeda dengan jenis rhizobium yang efektif untuk jenis tanaman kedelai. Keefektifan simbiosis antara spesies rhizobium dengan jenis tanaman legum ditunjukkan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Keefektifan simbiosis spesies rhizobium dengan tanaman legum

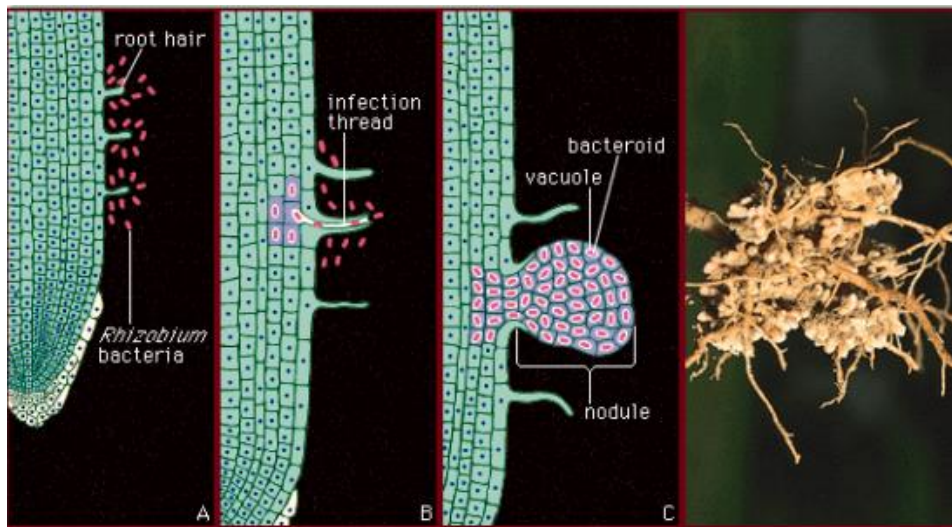
No.	Kelompok Tanaman	Spesies Rhizobium	Spesies Tanaman Inang
1.	Alfalfa	R. meliloti	Alfafa (Medicago) Sweet clover (Melilotus)
2.	Semanggi	R. trifolli	Semanggi (Trifolium sp.)
3.	Polong-polongan	R. leguminosarum	Kacang kapri (Pisum) Lathyrus Kacang babi (Vicia) Kacang merah (Lens)
4.	Lupin	R. lupine	Lupin (Lupinus)
5.	Kedelai	R. japonicum	Kedelai (Glycine)
6.	Kacang	R. phaseoli	Kacang koro (Phaseolus)
7.	Kacang tunggak	Rhizobium sp.	Kacang tunggak Kacang panjang Johar (Cassia) Kacang tanah (Arachis) Akasia (Acasia) Desmodium, Koro Pedang (Canavalia) Kacang Bali (Cajanus) Cyamopsium

Sumber : Lawn, 1975

Pengaplikasian rhizobium merupakan salah satu teknologi budidaya yang ramah lingkungan, berkelanjutan dan layak digunakan dalam program peningkatan produktivitas tanaman kedelai (Novriani, 2011). Produksi kedelai edamame pasti akan meningkat serta penggunaan pupuk kimia N akan diminimalisir. Minimalisasi penggunaan pupuk kimia merupakan salah satu upaya untuk mengembalikan tingkat kesuburan tanah yang telah terdegradasi. Pupuk hayati rhizobium diciptakan karena penggunaan pupuk kimia yang semakin marak dan melebihi dosis yang dapat mengakibatkan menurunnya tingkat kesuburan tanah.

2.6. Cara Infeksi Bakteri Rhizobium

Bakteri Rhizobium memiliki dua cara menginfeksi tanaman untuk membentuk bintil akar. Cara pertama yakni melalui rambut akar (*root hair entry*), proses terjadi pada tanaman sebagian besar kacang-kacangan termasuk kedelai. Cara kedua yakni melalui celah munculnya akar lateral (*crack entry*), proses ini terjadi pada tanaman kacang-kacangan seperti kacang tanah. Perbedaan cara infeksi ini ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Tahapan Infeksi Rhizobium

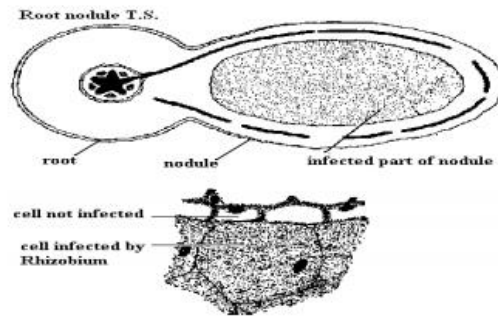
Sumber : Encyclopaedia Britannica, Inc. 1996

- A) Bakteri rhizobium mengenal rambut akar dan mulai membelah, B) Infeksi rhizobium ke dalam sel akar, C) terbentuknya nodula akar

Proses infeksi Rhizobium pada tanaman legum terbagi menjadi empat tahap pra infeksi, yakni kolonisasi rhizobia di daerah rizosfer, penempelan pada permukaan akar, penyabangan rambut akar dan pembengkokan rambut akar. Rhizobium mampu menginfeksi tanaman legum dengan melepaskan polisakarida spesifik yang bisa meningkatkan aktivitas pektolitik oleh akar. Infeksi benang masuk dan berpenetrasi ke dalam akar dari sel ke sel. Bakteria yang sudah masuk ke dalam sel akan menggandakan diri membentuk nodula. Jaringan nodula tumbuh dalam berbagai ukuran tergantung spesies dan tanaman legumnya (Intan, 2007).

Menurut Intan (2007) Tipe nodula dibagi menjadi nodula efektif dan inefektif. Nodula efektif memiliki ciri berwarna merah muda yang mengandung pigmen leghaemoglobin, ukuran relatif lebih besar, jumlahnya lebih sedikit, terbantuknya terpusat pada akar utama. Nodula inefektif berukuran kecil dan berisi

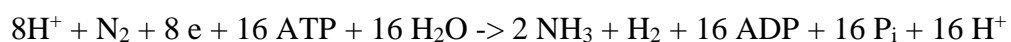
sedikit jaringan bakteroid. Ciri nodula inefektif yakni bagian dalamnya berwarna hijau pucat, ukuran lebih kecil, jumlah lebih banyak, dan tersebar pada cabang perakaran. Nodula inefektif menunjukkan akumulasi tepung dalam sel tanaman inang yang tidak berisi rhizobium. Bakteroid dalam nodula inefektif berisi glikogen. Perbedaan sel yang terinfeksi bakteri rhizobium dan terinfeksi rhizobium bisa dilihat pada gambar 2.8



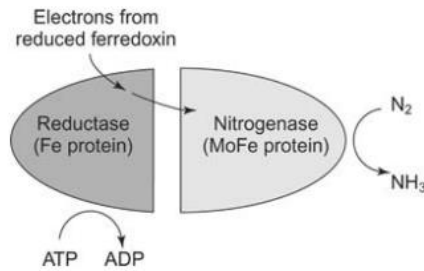
Gambar 2.8 Akar yang Terinfeksi Rhizobium (Dewi, 2007)

2.7. Proses Fiksasi Nitrogen

Proses fiksasi nitrogen oleh bakteri rhizobium dapat terjadi setelah proses infeksi selesai. Proses fiksasi yang dilakukan oleh bakteri rhizobium dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : 1) tanaman inang yang sesuai, 2) PH tanah atau derajat keasaman tanah, 3) ketersediaan hara 4) kondisi fisik tanah (misalnya basah atau kering) dan 5) adanya serangan virus bakteri (bacteriophage). (Purwaningsih, 2008). Fiksasi nitrogen melibatkan penggunaan ATP dan proses reduksi ekivalen berasal dari metabolisme primer. Semua reaksi yang terjadi dikatalisis oleh nitrogenase.



Nitrogenase adalah dua protein kompleks. Satu komponen dinamakan nitrogenase reduktase (NR) adalah besi (Fe) berisi protein yang menerima elektron dari ferredoxin, reduktat kuat kemudian mengirimkannya kekomponen lainnya dinamakan nitrogenase atau MoFe protein (Iron-molibdenum protein) (Intan, 2007). Reaksi nitrogenase lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.9



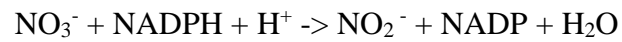
Gambar 2.9 Reaksi Nitrogenase

Nitrogenase pertama kali menerima elektron dari NR dan protein dari larutan. Nitrogenase mengikat molekul dari nitrogen (melepas H_2 pada waktu yang sama), dan kemudian menerima elektron dan proton dari NR, menambahkannya ke dalam molekul N_2 , akhirnya melepaskan dua molekul amoniak NH_3 . Bagian dari proses fiksasi nitrogen yang harus dilewati adalah melepaskan molekul hidrogen H_2 . Cukup banyak sistem fiksasi nitrogen berisi enzim, hydrogenase, yang memanen elektron dari molekul hidrogen dan mentransfernya kembali ke dalam ferredoxin, kemudian menyimpan beberapa energi metabolik yang hilang selama reduksi nitrogen.

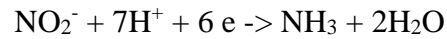
Bagian utama dari energi fotosintesis dalam tanaman yang bernodula digunakan untuk fiksasi N_2 . Paling tidak enam belas molekul ATP dihidrolisis selama reduksi oleh molekul nitrogen tunggal. Pengeluaran energi dari fotosintesis sama sekali membatasi pertumbuhan tanaman yang memfiksasi nitrogen. Contohnya, hasil penggunaan energi (protein, karbohidrat, dan minyak) dari lahan jagung lebih banyak daripada dari lahan kedelai. Nitrogen sangat sensitif terhadap oksigen. Akar bernodula dari tanaman pemfiksasi nitrogen berisi oksigen- mengikat protein, leghemoglobin, yang melindungi nitrogenase melalui pengikatan molekul oksigen.

Mekanisme serupa dilakukan dalam nitrat reduktase dan nitrit reduktase. Kedua substansi ini dihasilkan dari ammonia melalui proses oksidasi. Bakteri tanaman dan tanah dapat mereduksi senyawa ini untuk menyediakan ammonia untuk metabolisme. Pupuk yang umum digunakan seperti ammonium nitrat, NH_4NO_3 , menyediakan reduksi nitrogen untuk pertumbuhan tanaman secara langsung, dan menyediakan substrat untuk reduksi nitrat. NADH atau NADPH adalah donor elektron untuk nitrat reduktase, bergantung pada organismenya.

Langkah pertama adalah reduksi nitrat menjadi nitrit



Langkah kedua melibatkan nitrat reduktase yang mereduksi nitrit menjadi ammonia



NO^- (nitrit) dan NH_2OH (hydroxylamine) lanjutan dalam reaksi tetapi tidak berdisosiasi dengan nitrit reduktase (Intan, 2007).

