

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

Tanaman kedelai merupakan tanaman yang dibudidayakan di Indonesia sejak 1746. Tanaman kedelai ditanam pada lahan sawah sebagai rotasi tanaman padi. Pada tahun 1960, Indonesia merupakan Negara yang menempati posisi ke tiga dengan areal tanam terluas di dunia, namun selanjutnya tidak dapat berkembang hingga saat ini. (Sumarno, 2007)

Menurut Adisarwanto (2013), klasifikasi tanaman kedelai berdasarkan taksonomi adalah termasuk dalam Divisi Spermatophyta, Subdivisi Angiospermae, Klas Dicotyledonae, Subklas Archihlamydae, Ordo Rosales, Subordo Leguminoceae, Famili Leguminoceae, Genus *Glycine*, dan Spesies *Glycine max* (L) Merrill.

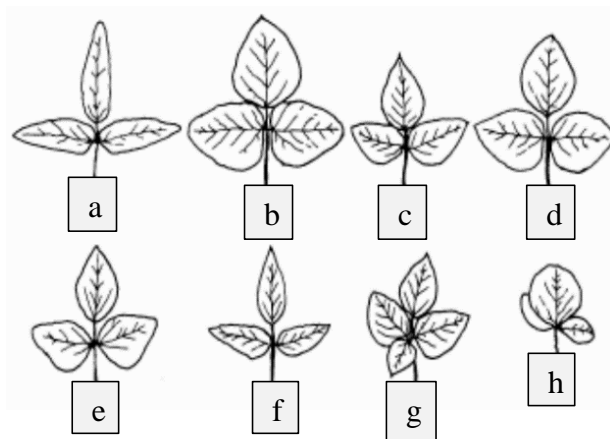
Karakteristik kedelai yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim, tanaman tegak, dengan tinggi 40 sampai 90 cm, bercabang, memiliki daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliate*), terdapat bulu pada daun dan polong, serta umur tanaman antara 72-90 hari. Menurut Adie dan Krisnawati (2007), pada tanaman kedelai, biji merupakan komponen morfologi yang bernilai ekonomis. Bentuk biji kedelai bermacam-macam, dari lonjong hingga bulat. Biji dikelompokkan berdasarkan ukuran, di Indonesia kedelai berukuran besar memiliki berat >14 g / 100 biji, berukuran sedang 10 sampai 14 g/ 100 biji, dan berukuran kecil memiliki berat 30 g/ 100 biji.

Menurut Mulyani (2016), akar tanaman kedelai terdiri dari akar tunggang dan akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang. Untuk memperluas permukaan kontakannya dalam menyerap unsur hara, akar juga membentuk bulu akar yang merupakan penonjolan dari sel-sel epidermis akar. Adie dan Krisnawati (2007) menambahkan bahwa, kedelai tergolong tanaman leguminosa yang dicirikan oleh kemampuannya membentuk bintil akar. Adisarwanto (2013) mengemukakan, salah satu kekhasan dari sistem perakaran tanaman kedelai adalah adanya interaksi simbiosis antara bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) dengan akar tanaman kedelai yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Adanya bintil akar memiliki peran dalam proses fiksasi N₂ yang sangat dibutuhkan oleh tanaman kedelai untuk kelanjutan pertumbuhan, khususnya dalam aspek penyediaan unsur hara nitrogen.

Ciri bintil akar yang telah matang adalah berwarna merah muda yang disebabkan adanya leghemoglobin, yang diduga aktif menambat nitrogen. Pada minggu keenam hingga ketujuh bintil akar telah lapuk.

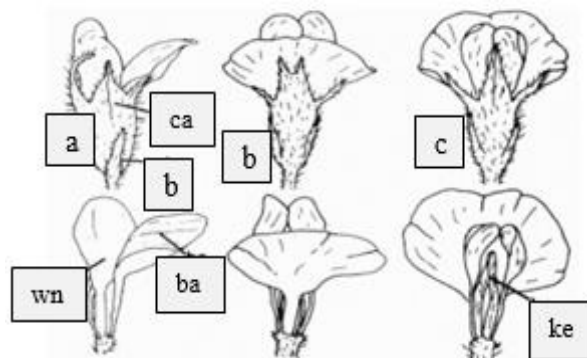
Pada tanaman kedelai memiliki dua tipe pertumbuhan batang, yaitu determinit dan indeterminit. Tipe determinit ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga, sedangkan tipe tumbuh indeterminit dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Adisarwanto (2013) menambahkan bahwa, ciri tipe determinit apabila pada akhir fase generatif pada pucuk batang tanaman kedelai ditumbuhi polong, sedangkan tipe indeterminit pada pucuk batang tanaman masih terdapat daun yang tumbuh. Batang tanaman kedelai ditumbuhi bulu berwarna abu-abu atau cokelat, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak berbulu. Jumlah buku pada batang akan bertambah sesuai pertambahan umur tanaman, tetapi pada kondisi normal berkisar 15 – 20 buku dengan jarak antara buku berkisar 2 – 9 cm. Jumlah buku pada batang tanaman kedelai dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Menurut Adie dan Krisnawati (2007), tipe pertumbuhan indeterminit umumnya memiliki buku lebih banyak dibandingkan dengan tipe pertumbuhan determinit.

Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (*trifoliolate leaves*) yang tumbuh selepas masa perkecambahan. Tangkai daun lateral umumnya pendek sepanjang 1 cm. Menurut Carlson (1973), terdapat lima macam bentuk daun tanaman kedelai, yaitu lancip, bulat, lonjong, lonjong-lancip dan daun berempat ditunjukkan pada Gambar 1.

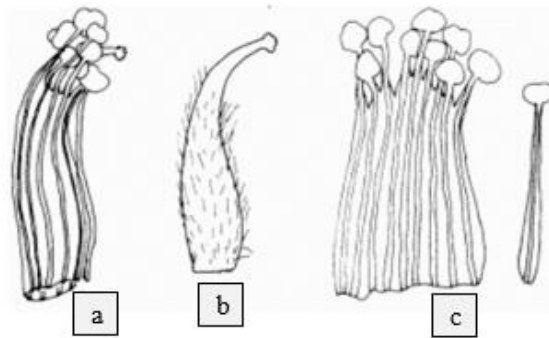


Gambar 1. Bentuk daun tanaman kedelai (Carlson, 1973)
a=lanceip ; b,d=bulat ; e=lonjong ; f=lonjong-lanceip ; g=daun berempat

Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang memiliki bunga sempurna karena pada setiap bunga memiliki alat reproduksi jantan dan betina. Penyerbukan bunga terjadi pada saat bunga masih tertutup sehingga sangat kecil kemungkinan terjadi penyerbukan silang, yaitu hanya 0,1% (Adisarwanto, 2013). Bunga kedelai berbentuk seperti kupu-kupu, berwarna putih atau ungu. Mahkota bunga terdiri dari lima helai yang menyelubungi bakal buah dan benang sarinya. Tidak semua bunga kedelai berhasil membentuk polong, dengan tingkat keguguran 20-80%. Kerontokan bunga kedelai dapat dikategorikan wajar apabila terjadi pada kisaran 20-40%. Adie dan Krisnawati (2007) menyatakan, pada kondisi optimal, rata-rata jumlah bunga yang berhasil membentuk polong isi adalah 84 %. Rentan umur berbunga tanaman kedelai pada lingkungan tidak ternaungi berkisar antara 36-48 HST.



Gambar 2. Bagian bunga kedelai (Carlson, 1973)
a=tampak utuh ; b=tampak belakang ; c=tampak depan ; ca=kelopak bunga ;
brl = brakteola ; ba=daun bendera ; wn=sayap mahkota ; ke=petala



Gambar 3. Struktur bunga kedelai (Carlson, 1973)
a=benangsari ; b=putik ; c=benangsari

Polong kedelai berwarna hijau dengan panjang polong muda sekitar 1 cm. Polong pertama kali muncul sekitar 10-14 hari setelah munculnya bunga pertama. Adie dan Krisnawati (2007), menyatakan bahwa satu polong berisi 1-5 biji, tetapi umumnya berisi 2-3 biji per polong. Polong kedelai berbulu dan berwarna kuning kecoklatan serta abu-abu. Polong berlekuk lurus atau ramping dengan panjang 2-7 cm. Selama proses pematangan, polong yang mula-mula berwarna hijau berubah menjadi kecokelatan. Periode pengisian biji pada kedelai merupakan fase paling kritis dalam pencapaian hasil optimal. Pada fase ini, ketersediaan air dan adanya serangan hama penyakit akan berpengaruh buruk pada proses pengisian biji. Adapun hal yang berhubungan dengan ukuran biji, Permanasari *et al.*, (2014), menambahkan bahwa peningkatan ukuran biji dipengaruhi oleh besarnya fotosintat yang dihasilkan oleh tanaman untuk didistribusikan ke biji.

Pertumbuhan tanaman terbagi atas dua fase yaitu fase vegetatif dan fase generatif (reproduktif). Fase vegetatif dimulai sejak tanaman tumbuh dan umumnya dicirikan oleh banyaknya buku pada batang utama yang telah memiliki daun terbuka penuh. Fase generatif dimulai dengan terbentuknya satu bunga dan diakhiri jika 95% polong telah matang. Karakteristik fase tumbuh vegetatif dan generatif ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. (Adie dan Krisnawati, 2007)

Tabel 1. Karakteristik Fase Tumbuh Vegetatif pada Tanaman Kedelai

Sandi fase	Fase pertumbuhan	Keterangan
Ve	Kecambah	Tanaman baru muncul di atas tanah
Vc	Kotiledon	Daun Keping (kotiledon terbuka dan dua daun tunggal di atasnya juga mulai terbuka)
V1	Buku Ke Satu	Daun tunggal pada buku pertama telah berkembang penuh, dan daun berangkai tiga pada buku di atasnya telah terbuka
V2	Buku Ke Dua	Daun berangkai tiga pada buku kedua telah berkembang penuh, dan daun pada buku di atasnya telah terbuka
V3	Buku Ke Tiga	Daun berangkai tiga pada buku ketiga telah berkembang penuh, dan daun pada buku keempat telah telah terbuka
V4	Buku Ke Empat	Daun berangkai tiga pada buku keempat telah berkembang penuh, dan daun pada buku kelima telah telah terbuka
Vh	Buku Ke n	Daun berangkai tiga pada buku ke n telah berkembang penuh

Sumber : Adie dan Krisnawati (2007)

Tabel 2. Karakteristik Fase Tumbuh Reproduksi pada Tanaman Kedelai

Sandi fase	Fase pertumbuhan	Keterangan
R1	Mulai berbunga	Terdapat satu bunga mekar pada batang utama
R2	Berbunga penuh	Pada dua atau lebih buku batang utama terdapat bunga mekar
R3	Pembentukan polong	Terdapat satu atau lebih polong sepanjang 5 mm pada batang utama
R4	Polong berkembang penuh	Polong pada batang utama mencapai panjang 2 cm atau lebih
R5	Polong mulai berisi	Polong pada batang utama berisi biji dengan ukuran 2 mm x 1 mm
R6	Biji penuh	Polong pada batang berisi berwarna hijau atau biru yang telah memenuhi rongga polong
R7	Polong mulai kuning, coklat, matang	Satu polong pada batang utama menunjukkan warna matang (abu-abu atau kehitaman)
R8	Polong matang penuh	95% telah matang (kuning kecoklatan atau kehitaman)

Sumber : Adie dan Krisnawati (2007)

Adie dan Krisnawati (2007), menyatakan bahwa berdasarkan umur panen, kedelai di Indonesia terbagi atas tiga golongan yaitu varietas berumur genjah (<80 hari), varietas berumur sedang (80-85 hari), dan varietas berumur dalam (>85 hari). Umur panen kedelai yang rendah memiliki hasil yang lebih rendah daripada umur panen sedang dan dalam. Rahajeng dan Adie (2013), menambahkan dari hasil

penelitiannya bahwa varietas kedelai berumur genjah bisa menjadi solusi bagi petani untuk menghadapi perubahan iklim. Varietas umur genjah banyak diminati karena dapat memberikan berbagai keuntungan seperti mengeliminir penurunan hasil karena kekeringan dan infestasi hama serta meningkatkan indeks pertanaman dalam setahun.

2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

2.2.1 Pemilihan Lahan

Keberhasilan produksi kedelai bergantung pada komponen lingkungan yang menjadi faktor penentu seperti faktor kesuburan tanah, iklim, serta serangan organisme pengganggu tanaman. Tanah dan iklim merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan keberhasilan budidaya kedelai. Lahan yang tergolong baik bagi pertumbuhan kedelai adalah wilayah dengan pH 5.5 - 6,5, serta hara NPK cukup. Adisarwanto (2013), menyatakan bahwa pengembangan areal tanaman kedelai dapat dilakukan pada lahan sawah, lahan kering (tegalan) dan lahan pasang surut yang telah direklamasi.

Kedelai memerlukan tanah yang memiliki aerasi dan drainase air yang cukup baik. Kedelai tidak dapat tumbuh dengan baik pada tanah kering berpasir serta tanah dangkal. Jenis tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kedelai adalah alluvial, regosol, grumusol, latosol, dan andosol. Sumarno dan Manshuri (2007), menambahkan bahwa pada sebagian besar lahan yang ditanami kedelai di Indonesia, masalah yang sering dihadapi adalah dangkalnya lapisan olah tanah. Baik di lahan sawah maupun tegalan, kedalaman lapisan olah kurang dari 25 cm, kebanyakan 15-20 cm. Lapisan bajak yang dangkal akan membatasi perkembangan akar kedelai, tanaman mudah tercekam kekeringan, dan penyerapan hara terbatas yang kemudian berdampak terhadap rendahnya produktivitas kedelai.

2.2.2 Iklim

Iklim merupakan faktor yang tidak kalah penting untuk diperhatikan. Beberapa komponen penting yang termasuk dalam faktor iklim antara lain suhu, panjang hari, kelembaban udara, dan curah hujan. Komponen tersebut, baik secara terpisah

maupun terpadu sangat menentukan tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman kedelai. (Adisarwanto, 2013)

Suhu yang tepat untuk pertanaman kedelai yaitu berkisar 20-30°C. Pernyataan tersebut sesuai dengan Sumarno dan Manshuri (2007), yang menerangkan bahwa kedelai memerlukan suhu yang sesuai berkisar 22°- 27°C. Pertumbuhan tanaman kedelai di musim kemarau akan lebih baik bila dibandingkan dengan musim hujan. Apabila musim hujan terjadi pada masa generatif, yaitu curah hujan tinggi dan banyak terjadi awan mendung yang menghalangi pancaran sinar matahari maka akan mempengaruhi kualitas biji. Namun suhu yang terlalu tinggi (>30°C), dapat memperlambat proses perkecambahan biji sehingga polong menjadi cepat masak. Hal tersebut akan membuat pembentukan jumlah polong dan proses pengisian biji tidak optimal. (Adisarwanto, 2013)

Faktor iklim berikutnya adalah panjang hari. Panjang hari yaitu lamanya sinar matahari menyinari permukaan bumi. Di daerah tropis, panjang penyinaran umumnya 11-12 jam/hari. Panjang hari merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan rendahnya tingkat produktivitas. Hal ini terkait dengan sifat kedelai yang peka terhadap lama penyinaran sinar matahari.

Kelembaban merupakan faktor iklim yang juga penting untuk mendukung pertumbuhan kedelai. Menurut Adisarwanto (2013), kelembaban udara optimal tanaman kedelai berkisar 75-90%. Kelembaban udara yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan berkembangnya hama dan penyakit sehingga serangan akan semakin meningkat. Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah kelembaban udara berpengaruh langsung terhadap proses pemasakan biji. Oleh karena hal tersebut, apabila semakin tinggi kelembaban udara akan mempercepat proses pemasakan polong sehingga pembentukan biji kurang optimal.

Faktor iklim yang terakhir yakni curah hujan. Selama pertumbuhan tanaman, kedelai membutuhkan air sekitar 350-550 mm. Sumarno dan Manshuri (2007) menambahkan, tepatnya curah hujan yang tepat untuk pertumbuhan kedelai berkisar 100-150 mm/bulan. Kekurangan atau kelebihan akan mempengaruhi hasil kedelai. Ketersediaan air dapat berasal dari saluran irigasi maupun air hujan. Pada

fase vegetatif mulai dari perkecambahan, berbunga serta pembentukan atau pengisian polong, kedelai membutuhkan curah air yang banyak dengan kondisi kelembaban tanah yang tinggi. Namun harus diwaspadai apabila curah hujan tinggi, maka harus dibuat saluran drainase yang tepat sehingga tidak menyebabkan polong busuk dan kualitas biji yang dihasilkan menurun. (Adisarwanto, 2013)

2.3 Varietas Anjasmoro

Varietas Anjasmoro, memiliki nilai produktivitas 2,03 - 2,25 t ha⁻¹, umur tanaman berkisar 82 - 92 hari, warna polong masak ialah coklat dan memiliki bobot 100 biji sebesar 15 gram. Varietas Anjasmoro termasuk dalam tipe pertumbuhan determinate dengan tinggi tanaman mencapai 68 cm. Varietas ini memiliki polong yang tidak mudah pecah, memiliki bunga berwarna ungu muda dengan umur berbunga 35 - 39 hari (Balitkabi Malang, 2014).

2.4 Biochar

Biochar merupakan bahan pembenah tanah dalam bidang pertanian yang berguna untuk meningkatkan produktivitas tanah. Bahan utama untuk pembuatan biochar adalah limbah-limbah pertanian dan perkebunan. Menurut Lehmann dan Joseph (2009), biochar diproduksi dari bahan-bahan organik yang sulit terdekomposisi, yang dibakar secara tidak sempurna (pyrolysis) atau minim oksigen pada suhu yang tinggi. Arang hayati yang terbentuk dari pembakaran ini akan menghasilkan karbon aktif, yang mengandung mineral seperti kalsium (Ca) atau magnesium (Mg) dan karbon anorganik. Kualitas senyawa organik yang terkandung dalam biochar tergantung pada asal bahan organik dan metode karbonisasi. Dengan kandungan senyawa organik yang terdapat di dalamnya, biochar banyak digunakan sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan kualitas tanah, khususnya tanah marginal (Rondon *et al.*, 2007).

2.5 Pengaruh Aplikasi Biochar Terhadap Sifat Kimia, Fisika, dan Biologi Tanah

Berdasarkan beberapa hasil penelitian, efek positif biochar diuraikan sebagai berikut :

2.5.1 Sifat Biologi Tanah

Porositas biochars menyediakan habitat bagi mikroorganisme tanah yang bermanfaat, termasuk bakteri dan mikoriza. Selain itu beberapa bahan baku biochar juga dapat memengaruhi populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Hal ini diakibatkan oleh perubahan komposisi dan aktivitas enzim di daerah sekitar perakaran yang meningkat dengan penambahan biochar. Sehingga dengan terjadinya proses tersebut, dapat meningkatkan kualitas tanah dengan meningkatkan proses seperti nitrifikasi tanah dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Manfaat lain yang terjadi dari pengaplikasian biochar ke dalam tanah, meliputi pengurangan pencemaran lingkungan, pengurangan aplikasi pupuk dan meningkatkan asupan penggunaan air dan pupuk. (Agegnehu, *et al.*, 2017)

2.5.2 Sifat Kimia Tanah

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah secara nyata berpotensi dalam meningkatkan beberapa sifat kimia tanah seperti pH tanah, KTK, dan beberapa senyawa seperti C-organik, N-total, serta dapat mereduksi aktivitas senyawa Fe dan Al yang berdampak terhadap peningkatan P-tersedia. Perbaikan sifat kimia yang diakibatkan oleh penambahan biochar secara tidak langsung berdampak positif pula terhadap pertumbuhan tanaman yang tumbuh di atasnya (Dou *et al.*, 2012).

2.5.3 Sifat Fisika Tanah

Aplikasi biochar pada lahan pertanian dapat memengaruhi sifat fisika tanah melalui peningkatan kapasitas menahan air, sehingga dapat mengurangi run-off dan pencucian unsur hara. Selain itu, biochar juga dapat memperbaiki struktur, porositas, dan agregat tanah (Lehmann dan Joseph, 2009). Hal tersebut merupakan komponen kunci dalam pengembangan efisiensi pertanian yang lebih baik. Sehingga minimal berusaha untuk mempertahankan, apabila tidak dapat

meningkatkan efisiensi penggunaan lahan untuk menghadapi perubahan iklim dan mengamankan produksi kebutuhan dunia yang meningkat. (Agegnehu, *et al.*, 2017)

2.6 Kompos Sampah Kota

Salah satu jenis pupuk organik adalah kompos. Sampah merupakan salah satu bahan baku kompos. Sampah merupakan limbah padat yang dapat dikelola agar tidak mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan. Oleh karena hal tersebut, sampah harus ditanggulangi sebaik-baiknya. Pengolahan sampah organik menjadi kompos dapat mengatasi lingkungan sebab lingkungan yang semula kotor dan berbau, menjadi lingkungan yang bersih.

Kompos merupakan bahan-bahan organik (sampah organik) yang telah mengalami proses pelapukan karena adanya interaksi antara mikroorganisme (bakteri pembusuk) yang bekerja didalamnya. Bahan – bahan organik tersebut yakni jerami, sisa-sisa ranting, rumput, dedaunan, kotoran hewan dan lain-lain. Adapun kelangsungan hidup mikroorganisme tersebut didukung oleh keadaan lingkungan yang basah dan lembab. Proses pembuatan kompos berjalan secara aerob dan anaerob yang saling menunjang pada kondisi lingkungan tertentu. Proses secara keseluruhan disebut dekomposisi. Kompos yang baik ialah kompos yang sudah melapuk dan menunjukkan ciri-ciri warna berbeda dengan warna bahan pembentuknya, kadar air rendah, mempunyai suhu ruang serta tidak berbau. (Murbandono, 1982)

Kandungan utama kompos adalah bahan organik yang mampu memperbaiki kondisi tanah. Kompos memiliki kandungan unsur yang bervariasi walaupun kadarnya rendah, diantaranya yaitu nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium. Kadar hara kompos ditentukan oleh bahan yang dikomposkan, cara pengomposan dan cara penyimpanannya. Murbandono (1982) mengemukakan bahwa, kompos dapat menambah kandungan bahan organik dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman. Kompos dapat mengikat partikel tanah karena adanya kandungan bahan organik. Ikatan partikelnya dapat meningkatkan penyerapan akar tanaman terhadap air, mempermudah penetrasi akar pada tanah dan memperbaiki pertukaran udara dalam tanah. Kesuburan tanah akan meningkat, bahan organik

tanah akan bertambah dan kondisi fisik tanah akan menjadi lebih baik apabila kompos dicampurkan dengan tanah.

2.7 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik merupakan pupuk yang berperan meningkatkan aktifitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk organik cair memiliki beberapa kelebihan, yaitu lebih hemat biaya, praktis, dan tidak ada masa kedaluarsa. Pupuk organik cair merupakan larutan mudah larut berisi satu atau lebih pembawa unsur yang dibutuhkan oleh tanaman.

Kegunaan pembuatan formula cairan adalah untuk mengatasi kendala yang dibuat oleh pupuk organik padat yang diberikan melalui akar. Beberapa kendala yang biasa disebabkan oleh pupuk organik padat berupa kurang efektif karena penyerapan hara melalui akar banyak dipengaruhi oleh kondisi media tumbuh. Adapun kendala lain yaitu aplikasi pupuk organik padat kurang cepat bereaksi untuk memperbaiki kekurangan hara tanaman, kurang dapat memenuhi kebutuhan hara serta mudah mengalami pencucian hara. Sebaliknya, penggunaan pupuk organik cair dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara karena mampu menyediakan hara secara cepat. Pemberian pupuk cair dapat lebih merata dan kepekatannya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan tanaman. (Hadisuwito, 2007).