

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Botani Kedelai Edamame

Kedelai termasuk dalam kingdom: Plantae, divisi Spermatophyta, sub-divisi Angiospermae, kelas Dicotyledoneae, ordo Rosales, famili Leguminosae, sub-famili Papilionaceae, genus *Glycine*, spesies *Glycine max* (L.) Merr.) (Adisarwanto 2005). Orang Jepang mengklasifikasikan sebagai tipe musim panas dan musim gugur. Hampir semua varietas Edamame musim panas memiliki sifat sensitif terhadap temperatur, sedangkan musim gugur, sejumlah kecil varietasnya sensitif terhadap panjang hari. Edamame musim panas ditanam pada musim semi dan di panen belum matang setelah 75-100 hari, sedangkan musim gugur ditanam awal musim panas dan dipanen 105 hari setelah tanam atau lebih (Singgih Pambudi, 2013)

Berbagai varietas Edamame yang pernah dikembangkan di Indonesia antara lain Ocunami, Tsuronoko, Tsurumidori, Taiso dan Ryokkoh. Warna bunga varietas Ryokkoh adalah putih, sedangkan varietas yang lainnya ungu. Saat ini varietas yang dikembangkan untuk produk Edamame beku adalah Ryokkoh asal Jepang dan R 75 asal Taiwan (Soewanto dkk. 2007)

Edamame merupakan tanaman semusim, tumbuh tegak, daun lebat, dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman Edamame berkisar antara 30 sampai lebih dari 50 cm, bercabang sedikit atau banyak, bergantung pada varietas dan lingkungan hidupnya. Tanaman kedelai memiliki daun majemuk yang terdiri atas tiga helai anak daun (trifoliolat) dan umumnya berwarna hijau muda atau hijau kekuning-kuningan (Irwan 2006). Bentuk daun kedelai ada yang bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik

(Andrianto dan Indarto 2004). Daun pertama yang keluar dari buku sebelah atas kotiledon berupa daun tunggal yang letaknya berseberangan (*anifoliolat*). Daun-daun yang terbentuk kemudian adalah daun-daun *trifoliolat* (Soewanto dkk. 2007).

Tanaman kedelai memiliki sistem perakaran tunggang, yang bercabang membentuk akar sekunder. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Akar tunggang pada kedelai umumnya tumbuh mencapai kedalaman 30-50 cm, bahkan dapat mencapai 2 meter pada kondisi tanah yang optimal. Akar sekunder tumbuh mencapai 20-30 cm ke dalam tanah. Pada akar cabang terdapat bintil akar yang merupakan simbiosis bakteri *Rhizobium* dengan tanaman kedelai, bintil akar berfungsi untuk menambat N_2 dari udara bebas (Andrianto dan Indarto 2004).

Pertumbuhan batang kedelai memiliki dua tipe yaitu *determinate* dan *indeterminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* dicirikan dengan tidak tumbuhnya lagi batang setelah tanaman mulai berbunga, sedangkan tipe *indeterminate* dicirikan dengan masih tumbuhnya batang dan daun setelah tanaman berbunga (Adisarwanto 2005). Selain itu terdapat varietas tanaman kedelai hasil persilangan yang mempunyai tipe batang yang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai *semi-determinate* atau *semi-indeterminate* (Irwan 2006).

Kedelai berbunga sempurna, yaitu memiliki benang sari dan putik dalam satu bunga. Mahkota bunga akan rontok sebelum membentuk polong (Rukmana dan Yuniarsih 1996). Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu, berwarna putih atau

ungu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak daun. Mentreddy (2002) menyatakan bahwa waktu optimum untuk pemanenan adalah ketika polong masih berwarna hijau, belum matang dan padat dengan biji hijau yang telah berkembang secara penuh yang biasanya terjadi pada fase pengembangan. Karakteristik fisik yang nampak pada saat pemanenan adalah warna polong hijau terang dan agak sedikit abu-abu, ukuran panjang sekitar 5 cm dan lebar sekitar 1,4 cm dengan jumlah biji dua atau lebih. Umumnya jumlah polong berbiji dua dan tiga sekitar 50% (7 sampai 15 polong per tanaman) dari seluruh polong yang dihasilkan. Menurut Nguyen (2001), varietas Edamame mampu menghasilkan polong rata-rata 40-50 polong/pohon dan jumlah polong tidak lebih dari 175 polong untuk setiap 500 gram.

Polong kedelai terbentuk 7-10 hari setelah munculnya bunga mekar. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak daun beragam antara 1-10 polong. Jumlah polong pada setiap tanaman dapat mencapai lebih dari 50 bahkan ratusan. Kulit polong kedelai berwarna hijau, sedangkan biji bervariasi dari kuning, hijau sampai hitam. Pada setiap polong terdapat biji yang berjumlah 1, 2 dan 3 biji, polong kedelai berukuran 5,5 cm sampai 6,5 cm bahkan ada yang mencapai 8 cm. Biji berdiameter antara 5 mm sampai 11 mm (Andrianto dan Indarto 2004).

Berdasarkan ukuran bijinya, kedelai dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok:

1. Berbiji kecil, bobot biji 6-15 g/100 biji, umumnya dipanen dalam bentuk biji (*grain soybean*), pada saat tanaman berumur tiga bulan.

2. Berbiji besar, dengan bobot biji 15-29 g/100 biji, ditanam di daerah tropik maupun subtropik, dipanen dalam bentuk biji. Hasil biji umumnya digunakan sebagai bahan baku minyak, susu dan makanan lain.
3. Berbiji sangat besar, bobot 30-50 g/100 biji, biasanya ditanam di daerah subtropik, seperti Jepang, Taiwan dan Cina. Kedelai dipanen dalam bentuk polong segar masih berwarna hijau, disebut juga kedelai sayur (*vegetable soybean*), dipanen pada umur dua bulan. Kelompok kedelai ini di Jepang disebut Edamame (bps lembang 2016)

B. Fotosintesis Tanaman C₃

Fotosintesis Salah satu proses kehidupan tanaman ialah fotosintesis yang merupakan proses biokimia untuk memproduksi energi terpakai (nutrisi), dimana karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) dibawah pengaruh cahaya diubah ke dalam persenyawaan organik yang berisi karbon dan kaya energi. Fotosintesis merupakan salah satu cara asimilasi karbon karena dalam fotosintesis karbon bebas dari CO₂ diikat (difiksasi) menjadi gula sebagai molekul penyimpan energi. Reaksi dalam fotosintesis yang menghasilkan glukosa sebagai berikut : $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{cahaya} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (glukosa)} + 6\text{O}_2$.

Glukosa digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat pula digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini berlangsung melalui respirasi seluler. Secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler berkebalikan dengan persamaan di atas. Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi kimia. Organ utama tumbuhan tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun. Tumbuhan menangkap cahaya menggunakan pigmen yang disebut

klorofil yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplas, dimana fotosintesis berlangsung tepatnya pada bagian stroma. Meskipun seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun. Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu reaksi terang (karena memerlukan cahaya) dan reaksi gelap tidak memerlukan cahaya tetapi memerlukan karbon dioksida (*Salisbury & Ross*, 1995).

1. Proses Fotosintesis Tanaman C₃

Fotosintesis merupakan penyusunan/pembuatan makanan yang terjadi di daun, dilakukan oleh klorofil dengan bantuan energy cahaya. Secara alami fotosintesis berlangsung dengan bantuan energi cahaya matahari dan terjadi di siang hari. Fotosintesis bisa juga terjadi pada malam hari dengan bantuan cahaya lampu atau cahaya lainnya. Fotosintesis menggunakan energi cahaya matahari untuk menyusun glukosa. Bahan baku fotosintesis adalah air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Air berasal dari dalam tanah, sedangkan karbon dioksida berasal dari udara bebas yang merupakan hasil dari proses pernapasan makhluk hidup. Hasil fotosintesis berupa glukosa dan oksigen. Fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh tumbuhan dan beberapa jenis bakteri. Tumbuhan menggunakan pigmen hijau yang disebut klorofil untuk mengubah energi sinar matahari (energy fisik) menjadi energi kimia. Tanaman mengambil dan menggabungkan energi cahaya dengan enam molekul karbon dioksida dan enam molekul air untuk membentuk satu molekul glukosa dan enam molekul oksigen $6\text{H}_2\text{O} +$

$6\text{CO}_2 + \text{cahaya} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ Pada proses fotosintesis, energi diperoleh dari cahaya matahari yang diserap oleh klorofil. Energi tersebut digunakan untuk memecah molekul air menjadi oksigen dan hidrogen. Oksigen dikeluarkan oleh daun, meskipun sebagian digunakan untuk bernapas. Hidrogen bergabung dengan karbon dioksida membentuk glukosa

2. Tahapan Fotosintesis Tanaman C_3

Pada dasarnya, fotosintesis terjadi dalam dua tahapan, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

a. Reaksi Terang

Reaksi cahaya adalah proses penangkapan energy surya atau proses yang langsung bergantung pada keberadaan cahaya. Reaksi cahaya berlangsung pada bagian grana kloroplas. Sebagian energy matahari yang di serap akan di ubah menjadi energy kimia, yaitu berupa zat kimia berenergi tinggi. Selanjutnya, zat itu akan di gunakan untuk proses penyusun zat gula. Sebagian energy matahari juga di gunakan untuk fotolisis air (H_2O) sehingga di hasilkan ion hydrogen (H^+) dan O_2 . Ion hydrogen tersebut akan di gabungkan dengan CO_2 membentuk zat gula (CH_2O), sedangkan O_2 akan dikeluarkan. Reaksi terang terjadi di membran tilakoid dan mengkonversi energi cahaya ke energi kimia. Reaksi kimia ini dapat berlangsung berlangsung jika terdapat cahaya. Klorofil dan beberapa pigmen lain seperti beta-karoten yang terorganisir dalam kelompok-kelompok di membran tilakoid dan terlibat dalam reaksi terang. Masing-masing pigmen yang warnanya berbeda-beda dapat menyerap sedikit warna cahaya berbeda dan

melepaskan energinya kepada molekul klorofil pusat untuk melakukan fotosintesis. Bagian tengah struktur kimia dari molekul klorofil adalah sebuah cincin porfirin, yang terdiri dari beberapa gabungan cincin karbon dan nitrogen dengan ion magnesium di tengah.

b. Reaksi Gelap

Reaksi gelap adalah proses yang tidak langsung bergantung pada cahaya. Reaksi gelap terjadi pada bagian stroma kloroplas. Pada bagian tersebut terdapat seluruh perangkat untuk reaksi penyusunan zat gula. Reaksi tersebut memanfaatkan zat berenergi tinggi yang di hasilkan pada reaksi terang. Reaksi penyusunan tersebut tidak lagi langsung bergantung pada keberadaan cahaya, walaupun prosesnya berlangsung bersamaan dengan proses reaksi cahaya.

Reaksi gelap dapat terjadi karena adanya enzim fotosintesis. Sesuai dengan nama penemunya, yaitu Benson dan Calvin, daur reaksi penyusunan zat gula itu di sebut daur Benson-Calvin. Reaksi gelap berlangsung di dalam stroma kloroplas, serta mengkonversi CO_2 untuk gula. Reaksi ini tidak membutuhkan cahaya secara langsung, tetapi itu sangat membutuhkan produkproduk dari reaksi terang (ATP dan bahan kimia lain yang disebut NADPH)

Reaksi gelap melibatkan suatu siklus yang disebut siklus Calvin dimana CO_2 dan energi dari ATP digunakan untuk membentuk gula. Sebenarnya, produk pertama fotosintesis adalah tigakarbon senyawa yang disebut

gliseraldehida 3-fosfat. Setelah itu, dua di antaranya bergabung untuk membentuk sebuah molekul glukos

3. faktor yang mempengaruhi fotosintesis

Fotosintesis di pengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Menurut (darianawaty, 2011).Factor dari dalam, antara lain: Umur daun, Keadaan stomata, dan Jenis tumbuhan. Sedangkan Factor dari luar,antara lain: Cahaya ,Klorofil, Suhu, Air (H₂O) dan Karbon dioksida CO₂.

C. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) atau zat asam arang adalah sejenis [senyawa kimia](#) yang terdiri dari dua atom [oksigen](#) yang terikat secara [kovalen](#) dengan sebuah atom [karbon](#) yang dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis Serta hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. CO₂ berpengaruh sangat besar terhadap proses fotosintesis karena dalam proses respirasi semua sel aktif terus menerus menyerap O₂ dan melepaskan CO₂ dalam volume yang sama (Lambertsen, CJ. 1971). Peningkatan kosentrasi CO₂ mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman C₃ melalui penurunan aktivitas fotorespirasi serta peningkatan fiksasi CO₂ oleh Rubisco yang merupakan enzim raksasa yang berperan sangat penting dalam reaksi gelap fotosintesis tumbuhan (*Salisbury & Ross. 1995*). Tanaman bunga matahari yang ditumbuhkan pada kondisi CO₂ tinggi menunjukkan adanya peningkatan GPP (*Gross Primary Product*) yaitu total CO₂ yang digunakan dalam fotosintesis, serta NPP (*Nett Primary Product*)

yaitu GPP – respirasi. GPP dan NPP mengalami peningkatan hingga 43 hst dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan penutupan kanopi, hal ini menunjukkan bahwa penambahan biomasa pada elevated CO₂ berbeda tergantung pada fase pertumbuhannya. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi elevated CO₂ tanaman lebih banyak mengalokasikan fotosintat ke daerah perakaran atau bagian bawah tanaman. (*Cheng et al.* dalam *Fiadini* 2011).

D. Fiksasi Karbondioksida (CO₂) Pada Tanaman C₃

Bagian CO₂ dari daur Calvin dikatalisis oleh enzim ribulose bis-fosfat (RuBP) karboksilase. ATP yang dihasilkan selama tofosforilasi di gunakan untuk mengubah ribulose -5-fosfat menjadi RuBP setelah fiksasi CO₂, ATP bersama sama dengan nukleotida yang tereduksi dalam proses terang, mengubah 3 fosfor asam gliserat (3-PGA) menjadi 3 fotogliseraldehid (3 PGAlD). Spesies dengan jalur ini disebut spesies jalur C₃ karena hasil pertama yang dapat diukur setelah penambahan CO₂ radioaktif berbentuk dengan 3 atom C yaitu 3-PGA (*Franklin P, dkk* 1985).

E. Pengaruh Metanol Pada Tanaman C₃

Metanol merupakan senyawa Alkohol dengan 1 rantai karbon. Rumus kimia CH₃OH, dengan bobot molekul 32. Titik didih 640-650C (tergantung kemurnian), dan bobot jenis 0,7920-0,7930 (juga tergantung kemurnian). Secara fisik Metanol merupakan cairan bening, berbau seperti alkohol, dapat bercampur dengan air, etanol, chloroform dalam perbandingan berapapun, hygroskopis, mudah menguap dan mudah terbakar dengan api yang berwarna biru

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus, merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri. ([Wawang Armansyah](#), 2015) Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap Metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap Metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air.

Metanol berperan bagi tanaman sebagai penambah nisbah CO₂, mekanisme kerja Metanol pada tanaman melalui proses fotorespirasi dengan mengubah metanol menjadi Formaldehida $H_2CO + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ yang berbentuknya gas menjadi CO₂ sehingga meningkatkan CO₂ pada daun (Milton E. 1996) Penelitian penggunaan Metanol pada beberapa tanaman sudah dilakukan dalam beberapa dekade yang lalu khususnya pada tanaman golongan fotosintesis C₃ sebagai pemanbah CO₂ (Nonomura dan Benson 1992) telah melakukan penelitian tentang penggunaan Metanol ini pada beberapa tanaman budidaya dan menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan hasil sampai 100%. Misalnya pada tanaman strawberry 60%, kapas 50%, kubis 50%, mawar 40%, palem 70%, bahkan gandum mencapai 100%. Pada tanaman famili Solanaceae seperti tomat dan terong menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan hasil masing-masing 50% dan 60%. Hasil penelitian Rowe et al. (1994) menunjukkan peningkatan bobot basah dan bobot kering batang tomat berturut-turut 22% dan 33%, walaupun tidak

signifikan seperti hasil penelitian Nonomura dan Benson (1992). Zakaria (1999) menyatakan perlakuan Metanol 20% pada tanaman kapas mampu meningkatkan efisiensi air sebesar 65,3% dibandingkan tanpa penggunaan Metanol yang mampu meningkatkan hasil sebesar 20%.

Studi lapangan aplikasi Metanol pada tanaman kedelai telah dilakukan pada tahun 2010 di Karaj, Iran. Penyemprotan di lima tingkat konsentrasi (0%, 7%, 14%, 21, 28%, dan 35% Metanol), Metanol disemprotkan tiga kali selama musim tanam, dengan interval penyemprotan 12 hari. Aplikasi penyemprotan pertama dilakukan pada umur kedelai 21 hari setelah tanam di tunjukan dengan kemunculan bunga kedelai hingga 90 hari setelah tanam. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan penyemprotan menggunakan Metanol dengan konsentrasi 21% merupakan hasil terbaik dalam rangka meningkatkan Indeks luas daun, laju pertumbuhan tanaman, hasil polong, hasil biji, bobot 1000 biji, polong matang per tanaman. (*Mojtaba Mirakhori, et al 2009*).

F. Hopotesis

Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Edamame (*glycine max (l) merill*) terbaik dicapai pada tanaman yang di semprot Metanol dengan konsentrasi 21% .

III. TINJAUAN PUSTAKA

G. Botani Kedelai Edamame

Kedelai termasuk dalam kingdom: Plantae, divisi Spermatophyta, sub-divisi Angiospermae, kelas Dicotyledoneae, ordo Rosales, famili Leguminosae, sub-famili Papilionaceae, genus *Glycine*, spesies *Glycine max* (L.) Merr.) (Adisarwanto 2005). Orang Jepang mengklasifikasikan sebagai tipe musim panas dan musim gugur. Hampir semua varietas Edamame musim panas memiliki sifat sensitif terhadap temperatur, sedangkan musim gugur, sejumlah kecil varietasnya sensitif terhadap panjang hari. Edamame musim panas ditanam pada musim semi dan di panen belum matang setelah 75-100 hari, sedangkan musim gugur ditanam awal musim panas dan dipanen 105 hari setelah tanam atau lebih (Singgih Pambudi, 2013)

Berbagai varietas Edamame yang pernah dikembangkan di Indonesia antara lain Ocunami, Tsuronoko, Tsurumidori, Taiso dan Ryokkoh. Warna bunga varietas Ryokkoh adalah putih, sedangkan varietas yang lainnya ungu. Saat ini varietas yang dikembangkan untuk produk Edamame beku adalah Ryokkoh asal Jepang dan R 75 asal Taiwan (Soewanto dkk. 2007)

Edamame merupakan tanaman semusim, tumbuh tegak, daun lebat, dengan beragam morfologi. Tinggi tanaman Edamame berkisar antara 30 sampai lebih dari 50 cm, bercabang sedikit atau banyak, bergantung pada varietas dan lingkungan hidupnya. Tanaman kedelai memiliki daun majemuk yang terdiri atas tiga helai anak daun (trifoliolat) dan umumnya berwarna hijau muda atau hijau kekuning-kuningan (Irwan 2006). Bentuk daun kedelai ada yang bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik

(Andrianto dan Indarto 2004). Daun pertama yang keluar dari buku sebelah atas kotiledon berupa daun tunggal yang letaknya berseberangan (*anifoliolat*). Daun-daun yang terbentuk kemudian adalah daun-daun *trifoliolat* (Soewanto dkk. 2007).

Tanaman kedelai memiliki sistem perakaran tunggang, yang bercabang membentuk akar sekunder. Selain itu kedelai juga seringkali membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Akar tunggang pada kedelai umumnya tumbuh mencapai kedalaman 30-50 cm, bahkan dapat mencapai 2 meter pada kondisi tanah yang optimal. Akar sekunder tumbuh mencapai 20-30 cm ke dalam tanah. Pada akar cabang terdapat bintil akar yang merupakan simbiosis bakteri *Rhizobium* dengan tanaman kedelai, bintil akar berfungsi untuk menambat N_2 dari udara bebas (Andrianto dan Indarto 2004).

Pertumbuhan batang kedelai memiliki dua tipe yaitu *determinate* dan *indeterminate*. Perbedaan sistem pertumbuhan batang ini didasarkan atas keberadaan bunga pada pucuk batang. Pertumbuhan batang tipe *determinate* dicirikan dengan tidak tumbuhnya lagi batang setelah tanaman mulai berbunga, sedangkan tipe *indeterminate* dicirikan dengan masih tumbuhnya batang dan daun setelah tanaman berbunga (Adisarwanto 2005). Selain itu terdapat varietas tanaman kedelai hasil persilangan yang mempunyai tipe batang yang mirip keduanya sehingga dikategorikan sebagai *semi-determinate* atau *semi-indeterminate* (Irwan 2006).

Kedelai berbunga sempurna, yaitu memiliki benang sari dan putik dalam satu bunga. Mahkota bunga akan rontok sebelum membentuk polong (Rukmana dan Yuniarsih 1996). Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu, berwarna putih atau

ungu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak daun. Mentreddy (2002) menyatakan bahwa waktu optimum untuk pemanenan adalah ketika polong masih berwarna hijau, belum matang dan padat dengan biji hijau yang telah berkembang secara penuh yang biasanya terjadi pada fase pengembangan. Karakteristik fisik yang nampak pada saat pemanenan adalah warna polong hijau terang dan agak sedikit abu-abu, ukuran panjang sekitar 5 cm dan lebar sekitar 1,4 cm dengan jumlah biji dua atau lebih. Umumnya jumlah polong berbiji dua dan tiga sekitar 50% (7 sampai 15 polong per tanaman) dari seluruh polong yang dihasilkan. Menurut Nguyen (2001), varietas Edamame mampu menghasilkan polong rata-rata 40-50 polong/pohon dan jumlah polong tidak lebih dari 175 polong untuk setiap 500 gram.

Polong kedelai terbentuk 7-10 hari setelah munculnya bunga mekar. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak daun beragam antara 1-10 polong. Jumlah polong pada setiap tanaman dapat mencapai lebih dari 50 bahkan ratusan. Kulit polong kedelai berwarna hijau, sedangkan biji bervariasi dari kuning, hijau sampai hitam. Pada setiap polong terdapat biji yang berjumlah 1, 2 dan 3 biji, polong kedelai berukuran 5,5 cm sampai 6,5 cm bahkan ada yang mencapai 8 cm. Biji berdiameter antara 5 mm sampai 11 mm (Andrianto dan Indarto 2004).

Berdasarkan ukuran bijinya, kedelai dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok:

4. Berbiji kecil, bobot biji 6-15 g/100 biji, umumnya dipanen dalam bentuk biji (*grain soybean*), pada saat tanaman berumur tiga bulan.

5. Berbiji besar, dengan bobot biji 15-29 g/100 biji, ditanam di daerah tropik maupun subtropik, dipanen dalam bentuk biji. Hasil biji umumnya digunakan sebagai bahan baku minyak, susu dan makanan lain.
6. Berbiji sangat besar, bobot 30-50 g/100 biji, biasanya ditanam di daerah subtropik, seperti Jepang, Taiwan dan Cina. Kedelai dipanen dalam bentuk polong segar masih berwarna hijau, disebut juga kedelai sayur (*vegetable soybean*), dipanen pada umur dua bulan. Kelompok kedelai ini di Jepang disebut Edamame (bps lembang 2016)

H. Fotosintesis Tanaman C₃

Fotosintesis Salah satu proses kehidupan tanaman ialah fotosintesis yang merupakan proses biokimia untuk memproduksi energi terpakai (nutrisi), dimana karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) dibawah pengaruh cahaya diubah ke dalam persenyawaan organik yang berisi karbon dan kaya energi. Fotosintesis merupakan salah satu cara asimilasi karbon karena dalam fotosintesis karbon bebas dari CO₂ diikat (difiksasi) menjadi gula sebagai molekul penyimpan energi. Reaksi dalam fotosintesis yang menghasilkan glukosa sebagai berikut : $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{cahaya} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (glukosa)} + 6\text{O}_2$.

Glukosa digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat pula digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini berlangsung melalui respirasi seluler. Secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler berkebalikan dengan persamaan di atas. Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi kimia. Organ utama tumbuhan tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun. Tumbuhan menangkap cahaya menggunakan pigmen yang disebut

klorofil yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplas, dimana fotosintesis berlangsung tepatnya pada bagian stroma. Meskipun seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun. Pada dasarnya, rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu reaksi terang (karena memerlukan cahaya) dan reaksi gelap tidak memerlukan cahaya tetapi memerlukan karbon dioksida (*Salisbury & Ross*, 1995).

1. Proses Fotosintesis Tanaman C₃

Fotosintesis merupakan penyusunan/pembuatan makanan yang terjadi di daun, dilakukan oleh klorofil dengan bantuan energy cahaya. Secara alami fotosintesis berlangsung dengan bantuan energi cahaya matahari dan terjadi di siang hari. Fotosintesis bisa juga terjadi pada malam hari dengan bantuan cahaya lampu atau cahaya lainnya. Fotosintesis menggunakan energi cahaya matahari untuk menyusun glukosa. Bahan baku fotosintesis adalah air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂). Air berasal dari dalam tanah, sedangkan karbon dioksida berasal dari udara bebas yang merupakan hasil dari proses pernapasan makhluk hidup. Hasil fotosintesis berupa glukosa dan oksigen. Fotosintesis hanya dapat dilakukan oleh tumbuhan dan beberapa jenis bakteri. Tumbuhan menggunakan pigmen hijau yang disebut klorofil untuk mengubah energi sinar matahari (energy fisik) menjadi energi kimia. Tanaman mengambil dan menggabungkan energi cahaya dengan enam molekul karbon dioksida dan enam molekul air untuk membentuk satu molekul glukosa dan enam molekul oksigen $6\text{H}_2\text{O} +$

$6\text{CO}_2 + \text{cahaya} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ Pada proses fotosintesis, energi diperoleh dari cahaya matahari yang diserap oleh klorofil. Energi tersebut digunakan untuk memecah molekul air menjadi oksigen dan hidrogen. Oksigen dikeluarkan oleh daun, meskipun sebagian digunakan untuk bernapas. Hidrogen bergabung dengan karbon dioksida membentuk glukosa

2. Tahapan Fotosintesis Tanaman C_3

Pada dasarnya, fotosintesis terjadi dalam dua tahapan, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap.

a. Reaksi Terang

Reaksi cahaya adalah proses penangkapan energy surya atau proses yang langsung bergantung pada keberadaan cahaya. Reaksi cahaya berlangsung pada bagian grana kloroplas. Sebagian energy matahari yang di serap akan di ubah menjadi energy kimia, yaitu berupa zat kimia berenergi tinggi. Selanjutnya, zat itu akan di gunakan untuk proses penyusun zat gula. Sebagian energy matahari juga di gunakan untuk fotolisis air (H_2O) sehingga di hasilkan ion hydrogen (H^+) dan O_2 . Ion hydrogen tersebut akan di gabungkan dengan CO_2 membentuk zat gula (CH_2O), sedangkan O_2 akan dikeluarkan. Reaksi terang terjadi di membran tilakoid dan mengkonversi energi cahaya ke energi kimia. Reaksi kimia ini dapat berlangsung berlangsung jika terdapat cahaya. Klorofil dan beberapa pigmen lain seperti beta-karoten yang terorganisir dalam kelompok-kelompok di membran tilakoid dan terlibat dalam reaksi terang. Masing-masing pigmen yang warnanya berbeda-beda dapat menyerap sedikit warna cahaya berbeda dan

melepaskan energinya kepada molekul klorofil pusat untuk melakukan fotosintesis. Bagian tengah struktur kimia dari molekul klorofil adalah sebuah cincin porfirin, yang terdiri dari beberapa gabungan cincin karbon dan nitrogen dengan ion magnesium di tengah.

b. Reaksi Gelap

Reaksi gelap adalah proses yang tidak langsung bergantung pada cahaya. Reaksi gelap terjadi pada bagian stroma kloroplas. Pada bagian tersebut terdapat seluruh perangkat untuk reaksi penyusunan zat gula. Reaksi tersebut memanfaatkan zat berenergi tinggi yang di hasilkan pada reaksi terang. Reaksi penyusunan tersebut tidak lagi langsung bergantung pada keberadaan cahaya, walaupun prosesnya berlangsung bersamaan dengan proses reaksi cahaya.

Reaksi gelap dapat terjadi karena adanya enzim fotosintesis. Sesuai dengan nama penemunya, yaitu Benson dan Calvin, daur reaksi penyusunan zat gula itu di sebut daur Benson-Calvin. Reaksi gelap berlangsung di dalam stroma kloroplas, serta mengkonversi CO_2 untuk gula. Reaksi ini tidak membutuhkan cahaya secara langsung, tetapi itu sangat membutuhkan produkproduk dari reaksi terang (ATP dan bahan kimia lain yang disebut NADPH)

Reaksi gelap melibatkan suatu siklus yang disebut siklus Calvin dimana CO_2 dan energi dari ATP digunakan untuk membentuk gula. Sebenarnya, produk pertama fotosintesis adalah tigakarbon senyawa yang disebut

gliseraldehida 3-fosfat. Setelah itu, dua di antaranya bergabung untuk membentuk sebuah molekul glukos

3. faktor yang mempengaruhi fotosintesis

Fotosintesis di pengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Menurut (darianawaty, 2011).Factor dari dalam, antara lain: Umur daun, Keadaan stomata, dan Jenis tumbuhan. Sedangkan Factor dari luar,antara lain: Cahaya ,Klorofil, Suhu, Air (H₂O) dan Karbon dioksida CO₂.

I. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) atau zat asam arang adalah sejenis [senyawa kimia](#) yang terdiri dari dua atom [oksigen](#) yang terikat secara [kovalen](#) dengan sebuah atom [karbon](#) yang dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis Serta hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. CO₂ berpengaruh sangat besar terhadap proses fotosintesis karena dalam proses respirasi semua sel aktif terus menerus menyerap O₂ dan melepaskan CO₂ dalam volume yang sama (Lambertsen, CJ. 1971). Peningkatan kosentrasi CO₂ mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman C₃ melalui penurunan aktivitas fotorespirasi serta peningkatan fiksasi CO₂ oleh Rubisco yang merupakan enzim raksasa yang berperan sangat penting dalam reaksi gelap fotosintesis tumbuhan (*Salisbury & Ross. 1995*). Tanaman bunga matahari yang ditumbuhkan pada kondisi CO₂ tinggi menunjukkan adanya peningkatan GPP (*Gross Primary Product*) yaitu total CO₂ yang digunakan dalam fotosintesis, serta NPP (*Nett Primary Product*)

yaitu GPP – respirasi. GPP dan NPP mengalami peningkatan hingga 43 hst dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan penutupan kanopi, hal ini menunjukkan bahwa penambahan biomasa pada elevated CO₂ berbeda tergantung pada fase pertumbuhannya. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi elevated CO₂ tanaman lebih banyak mengalokasikan fotosintat ke daerah perakaran atau bagian bawah tanaman. (*Cheng et al.* dalam *Fiadini* 2011).

J. Fiksasi Karbondioksida (CO₂) Pada Tanaman C₃

Bagian CO₂ dari daur Calvin dikatalisis oleh enzim ribulose bis-fosfat (RuBP) karboksilase. ATP yang dihasilkan selama tofosforilasi di gunakan untuk mengubah ribulose -5-fosfat menjadi RuBP setelah fiksasi CO₂, ATP bersama sama dengan nukleotida yang tereduksi dalam proses terang, mengubah 3 fosfor asam gliserat (3-PGA) menjadi 3 fotogliseraldehid (3 PGAlD). Spesies dengan jalur ini disebut spesies jalur C₃ karena hasil pertama yang dapat diukur setelah penambahan CO₂ radioaktif berbentuk dengan 3 atom C yaitu 3-PGA (*Franklin P, dkk* 1985).

K. Pengaruh Metanol Pada Tanaman C₃

Metanol merupakan senyawa Alkohol dengan 1 rantai karbon. Rumus kimia CH₃OH, dengan bobot molekul 32. Titik didih 640-650C (tergantung kemurnian), dan bobot jenis 0,7920-0,7930 (juga tergantung kemurnian). Secara fisik Metanol merupakan cairan bening, berbau seperti alkohol, dapat bercampur dengan air, etanol, chloroform dalam perbandingan berapapun, hygroskopis, mudah menguap dan mudah terbakar dengan api yang berwarna biru

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus, merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada "keadaan atmosfer" ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol). Metanol digunakan sebagai bahan pendingin anti beku, pelarut, bahan bakar dan sebagai bahan additif bagi etanol industri. ([Wawang Armansyah](#), 2015) Metanol diproduksi secara alami oleh metabolisme anaerobik oleh bakteri. Hasil proses tersebut adalah uap Metanol (dalam jumlah kecil) di udara. Setelah beberapa hari, uap Metanol tersebut akan teroksidasi oleh oksigen dengan bantuan sinar matahari menjadi karbon dioksida dan air.

Metanol berperan bagi tanaman sebagai penambah nisbah CO₂, mekanisme kerja Metanol pada tanaman melalui proses fotorespirasi dengan mengubah metanol menjadi Formaldehida $H_2CO + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$ yang berbentuknya gas menjadi CO₂ sehingga meningkatkan CO₂ pada daun (Milton E. 1996) Penelitian penggunaan Metanol pada beberapa tanaman sudah dilakukan dalam beberapa dekade yang lalu khususnya pada tanaman golongan fotosintesis C₃ sebagai pemanbah CO₂ (Nonomura dan Benson 1992) telah melakukan penelitian tentang penggunaan Metanol ini pada beberapa tanaman budidaya dan menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan hasil sampai 100%. Misalnya pada tanaman strawberry 60%, kapas 50%, kubis 50%, mawar 40%, palem 70%, bahkan gandum mencapai 100%. Pada tanaman famili Solanaceae seperti tomat dan terong menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan hasil masing-masing 50% dan 60%. Hasil penelitian Rowe et al. (1994) menunjukkan peningkatan bobot basah dan bobot kering batang tomat berturut-turut 22% dan 33%, walaupun tidak

signifikan seperti hasil penelitian Nonomura dan Benson (1992). Zakaria (1999) menyatakan perlakuan Metanol 20% pada tanaman kapas mampu meningkatkan efisiensi air sebesar 65,3% dibandingkan tanpa penggunaan Metanol yang mampu meningkatkan hasil sebesar 20%.

Studi lapangan aplikasi Metanol pada tanaman kedelai telah dilakukan pada tahun 2010 di Karaj, Iran. Penyemprotan di lima tingkat konsentrasi (0%, 7%, 14%, 21, 28%, dan 35% Metanol), Metanol disemprotkan tiga kali selama musim tanam, dengan interval penyemprotan 12 hari. Aplikasi penyemprotan pertama dilakukan pada umur kedelai 21 hari setelah tanam di tunjukan dengan kemunculan bunga kedelai hingga 90 hari setelah tanam. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan penyemprotan menggunakan Metanol dengan konsentrasi 21% merupakan hasil terbaik dalam rangka meningkatkan Indeks luas daun, laju pertumbuhan tanaman, hasil polong, hasil biji, bobot 1000 biji, polong matang per tanaman. (*Mojtaba Mirakhori, at al 2009*).

L. Hopotesis

Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai Edamame (*glycine max (l) merill*) terbaik dicapai pada tanaman yang di semprot Metanol dengan konsentrasi 21% .

