

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pola Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Kedelai

Proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai dari awal hingga saat akan panen melewati beberapa fase yang terjadi secara alami. Pertumbuhan tanaman kedelai dibagi menjadi dua fase, yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif tanaman dimulai pada saat tanaman mulai berkecambah hingga muncul daun pada tanaman tersebut. Sedangkan fase vegetatif menuju pada fase generatif ditandai dengan awal pertumbuhan bunga pada tanaman tersebut. Webster *et al.*, (2012) menyatakan bahwa fase vegetatif pertumbuhan tanaman kedelai dimulai dari bakal akar tanaman yang akan tumbuh cepat didalam tanah, diiringi dengan kotiledon yang terangkat ke permukaan tanah dan kedua lembar daun primer terbuka. Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri dari dua macam yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu, kedelai sering membentuk akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil, dan pada umumnya akar tersebut terjadi karena cekaman tertentu. Pertumbuhan awal tanaman muda selanjutnya ditandai dengan pembentukan daun. Tanaman kedelai memiliki dua bentuk daun yaitu pada stadium perkecambahan dengan dua helai daun tunggal dan pada stadium tanaman muda dengan daun bertangkai tiga yang terbentuk pada batang utama. Kegiatan ini berlangsung sampai tanaman berumur 30 hari setelah tanam. Pertumbuhan daun berjalan cepat hingga mencapai maksimum pada fase awal pembungaan.

Pada fase generatif, tanaman mengalami 3 fase yaitu fase pembungaan, fase pembentukan polong dan juga fase pematangan biji. Tanaman berada pada fase pembentukan polong apabila terbentuk satu polong sepanjang 5 mm pada batang utama dan terjadi pada saat tanaman berumur 31-51 hari setelah tanam. Periode pengisian polong ialah fase paling kritis untuk pencapaian hasil yang optimal. Rukmana dan Herdi (2014) menyatakan bahwa jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun antara 1-10 buah. Polong berbentuk gepeng dan berbulu. Bulu polong pada waktu masih muda berwarna kuning atau kecoklatan, kemudian setelah polong tua akan berubah warna menjadi lebih tua. Didalam polong terdapat biji yang jumlahnya berkisar 1-5 butir. Pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk

polong mencapai maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat polong matang. Fase pengembangan dan fase pemasakan terjadi pada saat tanaman berumur 51-70 HST. Jika 90 % polong telah berwarna coklat maka tanaman siap untuk dipanen. Berikut ini tabel stadium vegetatif dan generatif tanaman kedelai

Tabel 1. Stadia pertumbuhan vegetatif kedelai

Stadia dalam simbol	Stadia Pertumbuhan	Keterangan
VE	Stadia Perkecambahan	Kotiledon muncul ke permukaan tanah
VC	Stadia Kotiledon	Daun <i>unfoliolat</i> berkembang, tepi daun tidak menyentuh tanah
V1	Stadia buku ke-1	Daun terbuka penuh pada buku <i>unfoliolat</i>
V2	Stadia buku ke-2	Daun <i>trifoliolat</i> terbuka penuh pada buku ke-2 di atas buku <i>unfoliolat</i>
V3	Stadia buku ke-3	Pada buku ketiga batang utama terdapat daun yang terbuka penuh
Vn	Stadia buku ke-n	Pada buku ke-n, batang utama telah terdapat daun yang terbuka penuh

Sumber : Pedersen (2004)

Tabel 2. Rata-rata waktu perkembangan fase vegetatif tanaman kedelai

Tingkatan stadium	Rata-rata jumlah hari
Stadia perkecambahan hingga stadia buku ke-1	14
V1-V2 (buku pertama-buku kedua)	7
V2-V3 (buku kedua-buku ketiga)	5
V3-Vn (buku ketiga-buku ke-n)	5

Sumber : Pedersen (2004)

Tabel 3. Stadia pertumbuhan generatif kedelai

Stadia dalam simbol	Stadia Pertumbuhan	Keterangan
R1-R2	Mulai berbunga dan berbunga penuh	Munculnya bunga pertama pada batang utama, bunga terbuka penuh pada satu atau dua buku paling atas pada batang utama dengan daun yang telah terbuka penuh
R3	Mulai berpolong	Polong telah terbentuk dengan panjang 0,5 cm pada salah satu buku batang utama
R4	Berpolong penuh	Polong telah mempunyai panjang 2 cm pada salah satu buku teratas pada batang utama
R5	Mulai pembentukan biji	Ukuran biji dalam polong mencapai 3 mm pada salah satu buku batang utama
R6	Berbiji penuh	Setiap polong pada batang utama telah berisi biji satu atau dua
R7	Mulai masak	Salah satu warna polong pada batang utama telah berubah menjadi coklat kekuningan atau warna masak
R8	Masak penuh	95% jumlah polong telah mencapai warna polong masak

Sumber : Pedersen (2004)

Tabel 4. Rata-rata waktu perkembangan fase generatif tanaman kedelai

Tingkatan stadium	Rata-rata jumlah hari
Mulai berbunga hingga pembentukan polong	14
Polong terbentuk penuh	7
Polong terbentuk penuh hingga pembentukan biji	7
Pembentukan biji hingga berbiji penuh	14
Biji penuh sampai mulai masak	14
Mulai masak hingga masak penuh	7

Sumber : Pedersen (2004)

2.2 Fungsi dan Mekanisme Kerja Hormon Giberelin

Giberelin adalah suatu zat yang diperoleh dari jenis jamur yang hidup sebagai parasit yang menyebabkan penyakit pada tanaman padi. Di Jepang penyakit ini dikenal dengan penyakit bakanae atau *foolish seedling*. Para ahli patologi menyelidiki penyakit tersebut dan menemukan bahwa bahan kimia yang dikeluarkan oleh jamur tersebut dapat mempengaruhi tinggi tanaman. Bahan kimia ini diisolasi dari biakan filtrat dari jamur yang disebut Giberelin. Jamur *Gibberella fujikuroi* adalah jamur yang digunakan untuk memproduksi giberelin dalam jumlah yang tinggi. (Feizian *et al.* 2012). Giberelin merupakan senyawa *diterpenoit* dengan struktur dasar kimia giberellin adalah kerangka giban dan kelompok karboksil bebas. Asam Giberelat (GA_3) terdiri dari kelompok senyawa yang memiliki kesamaan dalam sifat fungsional dan menghasilkan efek struktural dan fisiologis yang sama pada tanaman. Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa GA merupakan diterpenoid yang menempatkan zat tersebut dalam keluarga kimia yang sama dengan klorofil dan karoten. Bagian dasar kimia GA adalah kerangka giban dan kelompok karboksil bebas. Macam-macam bentuk GA terutama berbeda karena penggantian kelompok-kelompok hidroksil, metal atau etil pada kerangka giban dan karena adanya cincin laktona yang dihasilkan oleh kondensasi karbon 20 ke karbon 19 dalam struktur giban. Adanya cincin laktona misalnya pada GA_3 , GA_4 , dan GA_9 menyebabkan aktivitas biologi yang lebih besar pada analogi-analogi ini, dibandingkan dengan GA_{12} , dan GA_{13} dan analogi serupa yang tidak memiliki cincin. Menurut Nonogaki *et al.* (2013), GA_3 merupakan giberelin pertama yang menjadi karakteristik struktural dan sering digunakan untuk percobaan untuk menstimulasi pemanjangan batang, menghancurkan dormansi dan menstimulasi produksi amilase. GA_3 penting karena lebih dari 120 jenis telah ditemukan efektif untuk tanaman berbatang pendek. Manfaat pemberian giberellin pada tanaman (Miransari dan Smith, 2014) :

1. Mematahkan dormansi benih dan berperan dalam merangsang pembentukan enzim amilase

Melalui pengaruh antagonis ABA, giberelin merupakan sinyal internal yang mampu untuk mematahkan benih dari dormansi. Pelemahan endosperma oleh aktivasi pengaruh gen giberelin memodifikasi protein dari dinding sel, namun

ABA dapat mencegah pelemahan endoperma tersebut. Di dalam aktivitas metabolisme giberelin yang dihasilkan oleh embrio ditranslokasikan ke lapisan aleuron sehingga menghasilkan enzim α amilase. Proses selanjutnya yaitu enzim tersebut masuk ke dalam cadangan makanan dan mengkatalis proses perubahan cadangan makanan yang berupa pati menjadi gula sehingga dapat menghasilkan energi untuk aktivitas sel pertumbuhan.

2. Merangsang pemanjangan sel.

Giberelin akan memacu pembentukan enzim yang melunakkan dinding sel terutama enzim proteolitik yang akan melepaskan amino triptofan (prekursor/pembentuk auksin) sehingga kadar auksin meningkat. Giberelin merangsang pembentukan polihidroksi asam sinamat yaitu senyawa yang menghambat kerja dari enzim IAA oksidase dimana enzim ini merupakan enzim merusak auksin. Dalam proses pembelahan sel dan perbesaran sel, Giberelin tidak bekerja secara mandiri tetapi bersama dengan auksin. Akan tetapi yang membedakan antara kedua hormon tersebut adalah auksin lebih efektif pada potongan organ tanaman (stek). Berdasarkan Murni *et al.* (2008), penggunaan zat pengatur tumbuh dari kelompok giberelin khususnya GA_3 mampu mempercepat perkecambahan biji dari banyak jenis tumbuhan, menyebabkan tanaman kerdil menjadi lebih besar dan dapat menyebabkan tinggi tanaman menjadi tiga sampai lima kali lebih tinggi dari tanaman normal. Pengaruh giberelin dalam biji dapat mendorong pemanjangan sel sehingga radikula dapat menembus endosperma kulit biji atau kulit buah yang membatasi pertumbuhannya.

3. Memacu proses perkecambahan benih

Salah satu efek giberelin adalah mendorong proses terjadinya sintesis enzim dalam benih seperti amilase, protease dan lipase dimana enzim tersebut akan merombak dinding sel endosperm benih dan menghidrolisis pati dan protein yang akan memberikan energi bagi perkembangan embrio diantaranya adalah radikula yang akan mendobrak endosperm, kulit biji atau kulit buah yang membatasi pertumbuhan/perkecambahan benih sehingga benih berkecambah. Gardner *et al.* (2008).

4. Merangsang pembungaan

Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa GA₃ aktif dalam pembungaan dan mempertahankan kebiasaan pertumbuhan tidak terbatas (tidak berbunga) pada kultivar ercis yang peka fotoperiode dalam kondisi hari panjang. Kusumawati *et al.* (2009), menjelaskan bahwa salah satu jenis GA yang bersifat stabil dan mampu memacu pertumbuhan dan pembungaan tanaman (meningkatkan pembungaan dan memperkecil kerontokan bunga) adalah GA₃.

2.3 Pengaruh Giberelin Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Secara alami tanaman memiliki hormon giberelin yang ada dalam bagian akar, tunas, mata tunas, bintil akar, buah serta jaringan. Giberelin memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan batang. Feizian *et al.* (2012) menyatakan bahwa hormon GA₃ dapat meningkatkan ukuran sel dengan merangsang dinding sel untuk melepaskan dan mengirimkan kalsium ke dalam sitoplasma yang menyediakan kondisi untuk penyerapan air dan pertumbuhan sel. Menurut Pertiwi (2013), kebanyakan tanaman memberikan tanggapan terhadap pemberian giberelin. Hal ini dapat terlihat dengan adanya perubahan panjang batang tanaman. Pengaruh yang paling utama yaitu pada perpanjangan ruas batang tanaman yang disebabkan oleh bertambahnya ukuran dan jumlah sel yang terdapat dalam ruas batang tersebut. Giberelin meningkatkan pemanjangan batang melalui peningkatan plastisitas dinding sel, diikuti dengan hidrolisis pati menjadi gula yang dapat mengurangi potensial air dalam dinding sel sehingga air dapat masuk ke dalam sel dan mendorong pemanjangan sel. Gardner *et al.* (2008) menyatakan bahwa GA dapat merangsang pertumbuhan antarbuku seperti pada tanaman jagung, ercis dan buncis yang dapat menjadi normal setelah diberi perlakuan GA.

Hormon tersebut juga dapat mempengaruhi dari pertumbuhan bunga pada tanaman, hal ini didukung oleh Wahyudi dan Setiawan (2014) yang menyatakan bahwa giberelin pada tanaman berperan dalam pemicu pertumbuhan yang cukup luas pada tanaman dari perkecambahan hingga senesen dan yang terpenting yaitu pada pemanjangan sel, memperbesar luas permukaan daun, pembungaan serta berpengaruh terhadap besar bunga dan buah yang dihasilkan. Selain itu giberelin juga berperan pada perkecambahan biji. Biji tanaman membutuhkan kondisi

khusus untuk dapat berkecambah seperti suhu yang rendah oleh karena itu dengan pemberian giberelin akan dapat membantu proses perkecambahan biji. Giberelin dapat mematahkan proses dormansi pada biji dan mata tunas karena rendahnya kadar GA endogen sehingga dormansi dapat diatasi dengan pemberian GA eksogen. Khan *et al.* (2014) menyatakan bahwa GA endogen pada tanaman dapat mempengaruhi perkecambahan biji, pemanjangan batang, pembungaan dan senesen.

Penyemprotan GA₃ baik dilakukan pada pagi dan sore hari yang cerah. Unamba *et al.* (2009) menyatakan bahwa penyemprotan giberelin akan meningkatkan tinggi tanaman karena ketika GA₃ digunakan melalui aplikasi daun, peningkatan panjang hipokotil dan panjang dua node di atasnya dapat dipastikan akan mempengaruhi tinggi tanaman pada tahap tersebut. Maryani dan Irfandri (2008) menambahkan bahwa terdapat interaksi antara skarifikasi dan perendaman benih aren dalam larutan giberelin terhadap persentase berkecambah dan tinggi bibit. Perlakuan perendaman dalam larutan giberelin 50 ppm memperlihatkan pertumbuhan bibit aren yang terbaik dibandingkan kombinasi perlakuan lainnya. Pertumbuhan tertinggi tanaman yaitu pada giberelin dengan konsentrasi 50 ppm. Yennita (2007), menyatakan bahwa pemberian 50 ppm GA₃ pada kedelai dapat meningkatkan jumlah polong bernas pertanaman karena pada pemberian GA₃ saat berbunga pada kedelai diduga dapat meningkatkan auksin sehingga tidak terbentuk lapisan absisi pada bunga.

2.4 Peranan Air bagi Pertumbuhan Tanaman

Air merupakan komponen terpenting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena hampir semua proses fisiologis yang berlangsung dalam tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dipengaruhi oleh air. Sehingga dapat dikatakan bahwa air merupakan faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman. Sulistiyono *et al.* (2014) menyatakan bahwa peran air untuk tanaman adalah sebagai penyusun tubuh tanaman (70%-90%), pelarut dan medium reaksi biokimia, medium transpor senyawa, menjaga turgor sel, bahan baku fotosintesis, menjaga suhu tanaman supaya konstan serta bahan proses mikrobiologi dalam tanah. Air dapat melarutkan lebih banyak jenis bahan kimia dibandingkan dengan zat cair lainnya. Sifat ini disebabkan karena air memiliki

konstanta dielektrik yang paling tinggi (Lakitan, 2013). Menurut Alberta *et al.* (2016), semua tanaman membutuhkan air dalam jumlah yang besar. Air terkandung 80 % atau lebih dari bagian tanaman. Air mengalirkan bahan-bahan mentah dan menghasilkan produk dari proses metabolisme tanaman tersebut. Air juga dapat mempertahankan konsistensinya saat tanaman sedang tumbuh dan dengan air maka tanaman akan dapat menyerap nutrisi dari tanah.

Sarawa *et al.* (2014) menyatakan bahwa dalam proses pertumbuhan tanaman sangat membutuhkan air, baik untuk menjaga turgiditas sel maupun untuk melangsungkan metabolisme yang salah satunya untuk proses fotosintesis. Proses fotosintesis membutuhkan air sebagai bahan baku dalam pembentukan fotosintat, khususnya karbohidrat, dimana $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ dengan bantuan cahaya akan membentuk $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Air terutama dibutuhkan pada fase cahaya sebagai sumber elektron untuk membentuk energi kimia dalam bentuk NADPH_2 dan ATP. Energi kimia tersebut akan digunakan untuk mereduksi CO dalam fase gelap untuk menghasilkan $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$. Jika tanaman mengalami cekaman air, maka laju fotosintesis terus menurun karena tidak mampu membentuk NADPH_2 dan ATP yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi dalam mereduksi CO.

Air dapat terserap ke dalam tanaman karena terdapat perbedaan potensial air yaitu potensial air tanah lebih tinggi dibanding dengan potensial air tanaman sehingga air akan bergerak dari tanah ke tanaman. Penyerapan air secara optimal yaitu pada saat pada kapasitas lapang. Penurunan lengas tanah akan menyebabkan berkurangnya penyerapan air sehingga akan menurunkan status air pada semua jaringan tanaman sehingga akan menyebabkan cekaman dan stress air pada tanaman. Purwaningsih (2005) menyatakan bahwa tanaman dikatakan mengalami stress air apabila sel tanaman kehilangan air dan berada pada tekanan turgor yang lebih rendah dari nilai maksimumnya. Penurunan tekanan turgor pada tanaman akan berdampak pada terhambatnya pertumbuhan tanaman, menutupnya stomata, penurunan ruang interseluler dan perubahan penyusun membran. Penurunan potensial air akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan, dimana fase penghambatan pertumbuhan tersebut berbeda-beda antar spesies tanaman satu dengan yang lainnya. Menurut Khan *et al.* (2014), cekaman kekeringan akan

menyebabkan penutupan Stomata untuk meminimalkan kehilangan air melalui transpirasi serta dapat mempengaruhi hasil tanaman.

2.5 Kebutuhan Air Tanaman Kedelai

Air selalu dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup. Demikian pula pada tanaman juga sangat membutuhkan adanya air untuk menunjang pertumbuhannya. Tanaman hanya dapat tumbuh optimal dan memberikan hasil yang tinggi bila kebutuhan airnya dapat dipenuhi dalam jumlah dan waktu yang tepat. Kebutuhan air tanaman merupakan rasio dari berat air yang terserap tanaman selama masa pertumbuhannya dengan berat produksi bahan kering tanaman. Menurut Solichatun *et al.* (2005), kebutuhan air bagi tanaman berbeda-beda sesuai dengan jenis tumbuhan dan fase pertumbuhannya. Pada musim kemarau tumbuhan sering mendapat cekaman air sebaliknya pada musim penghujan, tumbuhan sering mengalami kondisi jeuh air. Perakaran tumbuhan tumbuh ke dalam tanah yang lembab dan menarik air sampai tercapai potensial air kritis dalam tanah. Air yang dapat diserap dari tanah oleh akar tanaman disebut air yang tersedia. Sedangkan air pada kapasitas lapang adalah air yang tetap tersimpan dalam tanah yang tidak mengalir ke bawah karna gaya gravitasi.

Kebutuhan air pada tanaman kedelai sangat dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman tersebut dimana pada fase vegetatif mendekati fase generatif dan pada fase pengisian polong, tanaman membutuhkan air dalam jumlah yang cukup banyak. Pada umumnya saat tanaman memasuki fase vegetatif maka tanaman tersebut akan sangat peka terhadap kekurangan air, karena pada masa tersebut pertumbuhan sangat erat hubungannya dengan tekanan turgor sel. Adanya penurunan turgiditas dapat menghentikan pembesaran sel dan mengakibatkan pengkerdilan tanaman. Pambudi (2013) menyatakan bahwa tanaman kedelai sangat membutuhkan air pada saat awal pertumbuhannya pada umur 15-21 hst, saat berbunga (25-35 hst) dan saat pengisian polong (55-70 hst). Sehingga pada fase-fase tersebut tanaman harus selalu diperhatikan agar tidak terjadi kekurangan air.

Berdasarkan Rahardian (2013), kebutuhan air bagi kedelai selama pertumbuhan adalah 350-450 mm dan curah hujan selama setahun sekitar 1500-2000 mm/tahun, dengan kandungan lengas tanah optimal 75-85 % kapasitas lapang. Perlakuan pemberian air dengan didasarkan perhitungan kapasitas lapang merupakan jumlah air yang mampu diserap dan tertahan didalam tanah. Jadi meskipun kondisi air cukup tersedia dalam tanah atau media tanamnya, belum tentu air tersebut akan terserap semua oleh tanaman. Alberta *et al.* (2016) menyatakan bahwa air kapasitas lapang merupakan kapasitas dimana gaya gravitasi dan daya ikat air oleh tanah sama besarnya. Kapasitas lapang dapat diukur dengan menghitung kadar kelembaban tanah sesudah suatu pemberian air yang cukup besar untuk menjamin pembasahan yang merata pada tanah yang akan diperiksa. Kebutuhan air tanaman kedelai umur sedang (85 hst) pada setiap periode tumbuh adalah sebagai berikut

Tabel 5. Kebutuhan air tanaman kedelai pada setiap stadia pertumbuhan

Stadia Tumbuh	Periode (hari)	Kebutuhan air (mm/periode)
Pertumbuhan awal	15	53-62
Vegetatif awal	15	53-62
Pembuahan-pengisian polong	35	124-143
Kematangan biji	20	70-83

Sumber: Pusat Pelatihan Pertanian, 2015