

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kedudukan Taksonomi dan Sifat Umum Cabai Merah

Cabai merah keriting merupakan anggota famili Solanaceae, dengan nama ilmiah *Capsicum annum* var. *longum*. Kedudukan taksonomi secara lengkap untuk tanaman ini adalah sebagai berikut (Steenis, 1988):

Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Genus	: <i>Capsicum</i>
Spesies	: <i>Capsicum annum</i> L.
Varietas	: <i>Capsicum annum</i> var. <i>longum</i>
Nama daerah	: Cabai Merah Keriting

Ciri umum tanaman cabai merah adalah batang tegak dengan ketinggian antara 50 – 90 cm, tangkai daun horisontal atau miring, panjang sekitar 1,5 – 4,5 cm. Posisi bunga menggantung, warna mahkota putih, panjang tangkai bunga 1 – 2 cm, kepala putik berwarna kuning kehijauan, tangkai sari putih, kepala sari berwarna biru atau ungu. Cabai merah keriting memiliki ukuran lebih kecil dari cabai merah biasa tetapi rasanya lebih pedas dan aromanya lebih tajam. Bentuk

fisik berkelok-kelok dengan permukaan buah tidak merata atau mengeriting. Buah muda berwarna hijau atau ungu (Setiadi, 1996).

Buah cabai biasanya dipergunakan dalam keperluan memasak maupun untuk keperluan ramuan obat tradisional. Minyak atsiri pada cabai yaitu *capsicol* yang dimanfaatkan untuk menggantikan fungsi minyak kayu putih, yaitu untuk mengurangi rasa pegal, rematik, sesak napas dan gatal-gatal, sedangkan kandungan *flavonoid* yang ada pada buah cabai dapat menyembuhkan radang akibat udara dingin dan penyakit polio (Setiadi, 1996).

### **B. Perkecambahan Biji**

Perkecambahan didefinisikan sebagai proses keluarnya akar lembaga dari suatu tanaman. Perkecambahan suatu biji dipengaruhi oleh faktor eksternal maupun internal. Faktor eksternal yang berpengaruh yaitu air, suhu, dan oksigen. Selama biji berada dalam kulit respirasi yang terjadi adalah anaerob, namun begitu kulit biji pecah maka respirasi yang terjadi adalah aerob karena oksigen dapat masuk (Tjitrosomo dkk., 1983).

Salah satu syarat atau faktor luar yang dibutuhkan oleh biji dalam proses perkecambahan adalah air. Fungsi air pada proses perkecambahan biji adalah sebagai berikut (Kamil, 1982) :

1. Air yang diserap biji akan melunakkan kulit biji dan menyebabkan pengembangan embrio dan endosperm lebih cepat.
2. Air memberikan fasilitas untuk masuknya oksigen ke dalam biji.

3. Air berguna untuk mengencerkan protoplasma sehingga dapat mengaktifkan proses pencernaan, pernafasan, asimilasi dan tumbuh.
4. Sebagai alat transpor larutan makanan dari endosperm atau kotiledon ke titik tumbuh pada embrionik aksis.

Salah satu syarat perkecambahan biji adalah suhu yang sesuai (*favourable temperature*), tetapi hal ini tidak berarti bersifat mutlak sama seperti kebutuhan terhadap air untuk perkecambahan. Biji membutuhkan suatu level minimum hidrasi yang bersifat khusus untuk perkecambahan. Pengaruh suhu pada perkecambahan juga bervariasi menurut spesies dan sedikit berhubungan dengan syarat suhu untuk pertumbuhan optimum dari tanaman dewasa. Pada umumnya laju perkecambahan naik seiring dengan naiknya suhu (Harjadi, 1984).

Tanaman tropik dapat menunjukkan perkecambahan terbatas pada suhu yang lebih rendah dari 20°C, tetapi umumnya akan berkecambah cukup baik pada suhu 40°C. Suhu juga mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk berkecambah. Pada kondisi lebih hangat akan menyokong perkecambahan sehingga menjadi lebih cepat (Goldsworthy and Fisher, 1992). Selain faktor eksternal diatas, perkecambahan biji juga dipengaruhi oleh faktor internal antara lain oleh hormon tanaman. Hormon GA berfungsi dalam memacu sintesis enzim hidrolitik yang terjadi pada endosperm dan GA juga berfungsi dalam hal pematangan dormansi biji (Bidwell, 1979).

Perkecambahan biji merupakan tahapan lain dalam kehidupan tumbuhan yang pada saat itu GA dapat sangat berperan. Sebagian besar makanan cadangan butir padi-padian seperti misalnya jewawut, gandum, padi, dan jagung disimpan

dalam endosperm. Salah satu langkah pertama dalam proses perkecambahan adalah produksi GA oleh embrio. Giberelin bereaksi pada sel-sel yang mengelilingi endosperm yang menyebabkannya terbentuknya sejumlah enzim hidrolitik khusus (misalnya amilase) yang mencernakan zat pati endosperm dan dengan demikian membuat persediaan gula dan asam amino bagi embrio yang bertumbuh. Enzim-enzim ini juga memecahkan selaput biji dan dengan demikian memudahkan radikula dan koleoptil keluar menembusnya (Kimball, 1988).

### **C. Pertumbuhan Tanaman**

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam sistem tanaman yang berhubungan erat dengan hasilnya adalah proses pertumbuhan. Hasil tanaman yang dipanen atau keseluruhan tubuh tanaman, sebagaimana diketahui, tidaklah terbentuk secara tiba-tiba. Hal tersebut dihasilkan secara berangsur-angsur dengan waktu melalui berbagai peristiwa dan juga setelah melalui masa yang panjang dalam seluruh siklus hidup tanaman, misalnya biji mula-mula akan membentuk kecambah kecil setelah beberapa hari ditanam. Kecambah ini selanjutnya berkembang perlahan-lahan menjadi tanaman yang dilengkapi dengan akar, batang dan daun. Tanaman kemudian semakin besar hingga mencapai ukuran maksimum bersama dengan pembentukan dan perkembangan organ reproduktif termasuk biji (Guritno and Sitompul, 1995).

Pertumbuhan adalah proses dalam kehidupan tanaman yang mengakibatkan perubahan ukuran tanaman semakin besar dan juga menentukan hasil tanaman. Pertambahan ukuran tubuh tanaman secara keseluruhan merupakan

hasil dari penambahan ukuran bagian-bagian (organ-organ) tanaman akibat dari penambahan jaringan sel yang dihasilkan oleh penambahan ukuran sel (Guritno and Sitompul, 1995):

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan proses penting dalam kehidupan dan perkembangbiakan yang berlangsung secara terus-menerus sepanjang daur hidup, tergantung pada tersedianya meristem, hasil asimilasi, hormon, dan substansi yang lain serta lingkungan yang mendukung. Pertumbuhan dalam arti sempit berarti pembelahan sel (peningkatan jumlah sel), pembesaran sel (peningkatan ukuran sel) atau diferensiasi (spesialisasi sel). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dikelompokkan dalam 2 bagian.

1. Faktor eksternal : iklim, tanah, dan biologis.
2. Faktor internal : laju fotosintesis, respirasi, pembagian hasil asimilasi Nitrogen, klorofil dan letak meristem, saluran makanan, aktivitas enzim dan diferensiasi.

Menurut Meyer dan Anderson (1992), selama pertumbuhan, terjadi penambahan berat kering sebagai hasil asimilasi. Pertumbuhan juga dapat dianggap sebagai peningkatan berat basah dan akumulasi berat kering pada tanaman (Leopold and Kriedemann, 1975).

Menurut Setyati Harjadi (1984), pertumbuhan dan perkembangan tanaman terdiri dari 2 fase yang berbeda yaitu fase vegetatif dan fase reproduktif. Fase vegetatif terutama terjadi pada perkembangan akar, daun dan batang baru. Fase ini berhubungan dengan 3 proses penting ; (1) pembelahan sel; (2) perpanjangan sel dan (3) tahap pertama dari diferensiasi sel. Fase reproduktif terjadi pada pembentukan dan perkembangan kuncup-kuncup bunga, bunga, buah dan biji atau

pada pembesaran dan pendewasaan struktur penyimpanan makanan, akar-akar dan batang yang berdaging. Fase ini berhubungan dengan beberapa proses penting; (1) pembuatan sel-sel yang secara relatif sedikit; (2) pendewasaan jaringan-jaringan; (3) penebalan serabut-serabut; (4) pembentukan hormon-hormon yang perlu untuk perkembangan kuncup bunga (primordia); (5) perkembangan kuncup bunga, buah dan biji serta alat-alat penyimpanan makanan dan (6) pembentukan koloid-koloid hidrofilik (bahan yang dapat menahan air).

Pertumbuhan dapat terjadi karena adanya interaksi antara berbagai faktor internal perangsang pertumbuhan dan unsur-unsur iklim, tanah, dan biologis dari lingkungan. Titik pertumbuhan terletak pada meristem ujung, lateral dan interkalar. Pertumbuhan ujung cenderung menghasilkan pertambahan panjang, lateral menghasilkan pertambahan lebar dan interkalar menghasilkan pemanjangan batang dan daun (Susilo, 1991).

Berlangsungnya pertumbuhan ditentukan oleh air dan unsur nitrogen. Diferensiasi ditentukan oleh kelebihan hasil fotosintesis setelah digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam proses pertumbuhan suatu tanaman. Pengendalian air dan nitrogen diperlukan agar diperoleh dinding sel yang lebih tebal dan pengerasan protoplasma (Susilo, 1991).

Blackman mendefinisikan bahwa tumbuh merupakan pertambahan permanen dan *irreversibel* dalam ukuran yang biasanya merupakan kerjasama antara asimilasi dan sintesis dari material protoplasma baru seperti karbohidrat, protein, dan lemak oleh sel hidup (Bilgrami *et al.*, 1979).

Pertumbuhan ditandai dengan :

1. Penambahan jumlah sel
2. Penambahan ukuran sel atau organ dan tanaman secara keseluruhan
3. Penambahan protoplasma
4. Penambahan besar dari struktur sel seperti penebalan dinding sel, ukuran vakuola, ukuran dan jumlah plastida (Curtis and Clark, 1980).

Pada banyak kajian, pertumbuhan perlu diukur. Teorinya semua ciri pertumbuhan bisa diukur, tapi ada 2 macam pengukuran yang lazim digunakan untuk mengukur pertambahan volume dan massa (bobot). Pertambahan volume (ukuran) sering ditentukan dengan cara mengukur pembesaran ke satu atau dua arah seperti panjang (misal tinggi tanaman), diameter (misal diameter batang) atau luas (misal luas daun).

Pertambahan massa sering ditentukan dengan cara memanen seluruh tumbuhan atau bagian yang diinginkan dan menimbanginya cepat-cepat sebelum air terlalu banyak menguap dari bahan tersebut, ini adalah massa segar yang nilainya agak beragam, tergantung pada status air tumbuhan, sebagai contoh daun sering mempunyai berat segar yang lebih besar pada pagi hari daripada siang hari hanya karena adanya transpirasi. Oleh karena itu banyak orang yang lebih suka menggunakan penambahan massa kering (Salisbury dan Ross, 1995)

Pertumbuhan tanaman mempunyai pola yang khas, yaitu mengikuti kurva sigmoid. Jika waktunya bervariasi antara beberapa hari sampai bertahun-tahun, tergantung pada organisme atau organnya, tetapi pola ini tetap merupakan ciri semua organisme, organ jaringan dan penyusun sel (Dwidjoseputro, 1988).

#### **D. Zat Pengatur Tumbuh Giberellin (GA)**

Faktor dari dalam yang ikut mempengaruhi perkecambahan dan pertumbuhan biji itu sendiri yaitu hormon tumbuhan (fitohormon) seperti auksin, giberelin, sitokinin, dan absisin. Giberelin merupakan hormon tumbuhan yang mula-mula ditemukan di Jepang oleh Kurosawa. Pada tahun 1926 Kurosawa melakukan penelitian terhadap penyakit “bakanae” yang menyerang tanaman padi. Adapun penyebab penyakit ini adalah jamur *Gibberella fujikuroi*. Suatu gejala khas dari penyakit ini adalah apabila tanaman padi terserang maka tanaman tersebut memperlihatkan batang dan daun yang memanjang secara tidak normal. Kurosawa berhasil mengisolasi jamur ini dan menginfeksi pada tanaman normal, sebagai akibat infeksi tersebut maka tanaman akan memperlihatkan gejala seperti di atas (Wareing and Philips, 1981).

Spesies tanaman dan tipe serta umur jaringan mengandung macam dan konsentrasi GA yang berbeda-beda. Pada umumnya meristem interkalar mempunyai kandungan yang lebih rendah dari kandungan normal dan merespon GA dari sumber eksogen. Semua organ tanaman mengandung berbagai macam GA pada tingkat yang berbeda-beda, tetapi sumber terkaya dan mungkin tempat sintesisnya ditemukan pada buah, biji, tunas, daun muda dan ujung akar. Biji teristimewa kaya akan GA; biji yang belum masak kaya akan GA, tetapi GA ini terdapat dalam bentuk terikat pada saat biji masak (Paleg, 1985).



## **1. Distribusi dan Transpor**

Ada 40 macam GA yang telah diketahui dan semuanya mempunyai struktur cincin yang sama yaitu terbentuk dari senyawa isoprena. Giberelin disintesis pada berbagai bagian tumbuh-tumbuhan, tetapi lebih banyak terdapat pada daerah yang aktif tumbuh, seperti embrio, jaringan meristematik atau jaringan yang sedang berkembang (Bidwell, 1979).

Giberelin ditranspor secara cepat dalam tumbuhan dan secara jelas dengan gerakan pasif dalam kedua jaringan floem maupun xilem. Laju transpor dalam floem menurut pengamatan sama dengan laju transpor karbohidrat, yaitu sekitar 5 cm /jam, telah dikemukakan pula adanya GA dalam cairan xilem dan pengangkutan GA pada cairan xilem mengikuti aliran transpirasi (Isbandi, 1983). Menurut Krishnamoorthy (1981) GA dapat bergerak dari xilem ke phloem atau sebaliknya, dan jika pergerakan auksin itu bersifat polar dan basipetal, maka pergerakan GA bersifat bebas secara basipetal dan akropetal.

## **2. Metabolisme Giberellin**

Pada tahun 1958, Birch dkk., dalam Wilkins (1989) secara pasti memperlihatkan bahwa GA dibentuk melalui jalan biosintesis terpin yang isoprenoid yang dimulai dari asetat. Mula-mula asam asetat diubah menjadi asam mevalonat kemudian menjadi isopentil pirofosfat. Penutup dari cincin-cincin ini menghasilkan kaurene, sebuah senyawa bercincin empat (Wilkins, 1989).

Biosintesis berbagai GA terutama berlangsung di dalam buah dan biji yang belum masak, dalam tunas, daun, dan akar (Wareing and Phillips, 1981).

Umumnya biji merupakan satu-satunya sumber yang paling kaya, seperti terbukti dari pertumbuhan yang cepat pada buah di sekitar biji (Gardner dkk., 1991).

Pada umumnya terdapat tiga metabolit kimia yang terlibat dalam biosintesis GA (Leopold and Kriedemann, 1975) :

1. Asam mevalonat yang bertindak sebagai pelopor untuk pembentukan isoprena, yaitu bagian dasar dalam karbon-19 dan karbon-20 kerangka giban.
2. Kaurena terbentuk dari isoprena.
3. GA terbentuk dari kaurena yaitu pelopor utama GA.

Aktivitas GA dapat dihambat secara kimiawi, tampaknya bila sisi penerima ditempati oleh molekul yang strukturnya mirip dengan GA. Asam Absisat (ABA), suatu penghambat GA, mencegah pengubahan  $GA_3$  yang menyebabkan kekerdilan (Abidin, 1990). Sejumlah senyawa kimia sintetik yang sumbernya eksogen, yang disebut penghambat pertumbuhan, menghambat aktivitas  $GA_3$  secara efektif (Leshem, 1993). Penghambat pertumbuhan sintetik seperti AMO-1618, CCC, SADH atau daminozida, Fosfon-D dan morfaktin bertindak sebagai anti GA.

### **3. Aktivitas dan Peranan Giberelin**

Menurut Arigayo (1984), GA adalah suatu senyawa yang sangat labil, mudah berubah keaktifannya dengan adanya perubahan suhu. Pada suhu rendah GA akan berubah menjadi bentuk terikat dengan glukosa, yaitu menjadi glukosil-ester atau glukosil-eter. Giberelin dalam bentuk terikat keaktifannya akan berkurang atau bahkan tidak aktif samasekali.

Sebagai hormon tumbuh tanaman GA sangat berpengaruh terhadap sifat genetik; pembungaan, penyinaran, pembentukan buah partenokarp, mobilisasi karbohidrat selama perkecambahan dan aspek fisiologis lain (Abidin, 1990). Hal ini berhubungan dengan peranan GA dalam mendukung perpanjangan sel, aktivitas kambium dan membentuk RNA baru serta sintesis protein (Leshem, 1993; Abidin, 1990). Diantara hormon tumbuhan yang dikenal, GA mempunyai kemampuan khusus memacu pertumbuhan tanaman utuh pada banyak spesies, terutama tumbuhan kerdil/tumbuhan dwi tahunan yang berada dalam fase roseta (Salisbury dan Ross, 1995). Mengenai hubungannya dengan elongasi sel dikemukakan oleh Leod dan Miller (1962) dalam Abidin (1990) bahwa GA mendukung pengembangan dinding sel. Mekanisme lain menerangkan bahwa GA akan menstimulasi pemanjangan sel, karena adanya hidrolisa pati yang dihasilkan dari GA akan mendukung terbentuknya  $\alpha$ -amilase sebagai hasil dari proses tersebut, maka konsentrasi gula meningkat, yang mengakibatkan tekanan osmotik di dalam sel naik, sehingga ada kecenderungan sel tersebut meningkat atau berkembang.

Respon GA yang paling terkenal adalah perangsangan pertumbuhan antarbuku. Tanaman jagung, ercis, dan buncis yang kerdil dapat menjadi normal setelah diberi perlakuan GA (Abidin, 1990). Pengatur zat tumbuh GA dalam pertumbuhan mempunyai efek ganda yaitu memanjangkan serta mempengaruhi pembelahan sel (Wilkins, 1989).

Sejak tahun 1940, telah ditemukan bahwa GA mempengaruhi perpanjangan batang dan diketahui bahwa perpanjangan batang ini disebabkan



karena pemberian GA meningkatkan aktivitas pembelahan sel (Kusumo, 1984). Pemberian GA dapat menambah tinggi tanaman. Percobaan pada *peach* menunjukkan bahwa GA dengan konsentrasi 100 ppm dan 200 ppm mempercepat perkecambahannya sedangkan konsentrasi di atas 200 ppm justru sedikit perkecambahannya. Dua puluh hari setelah penanaman, tanaman yang diberi GA dengan konsentrasi 100 ppm ternyata menunjukkan 45% lebih tinggi daripada tanaman kontrol (Weaver, 1982).

Dalam meningkatkan pertumbuhan pada tumbuhan, GA lebih mengesankan daripada auksin. Aplikasi GA pada rumput-rumputan seperti padi menyebabkan elongasi pada daun dan batang (Leopold and Kriedemann, 1975).

Pada perkecambahan benih, GA berperan penting dalam mensintesis enzim hidrolitik setelah benih mengalami imbibisi. Enzim-enzim hidrolitik seperti  $\alpha$ -amilase, protease, ribonuklease,  $\beta$ -glukonase dan fosfatase akan menguraikan cadangan makanan menjadi energi dan senyawa-senyawa sederhana untuk bahan pembangunan jaringan baru (Pranoto *et al.*, 1995).

Pada benih yang berkadar lemak tinggi seperti kakao, GA berperan penting dalam mendorong aktivitas enzim-enzim glukoneogenik dan menjamin konversi lebih cepat dari lemak menjadi sukrosa yang dipergunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan embrio menjadi kecambah. Pengaruh GA dalam pertumbuhan bibit diperjelas oleh peranannya dalam sintesis protein. Giberelin kemungkinan berfungsi pada tingkat transkripsi dan translasi yang melibatkan mRNA, rRNA, dan tRNA untuk membuat protein (Wattimena, 1988).

Penelitian Harrington (1973) yang dikutip Copeland McDonald (1985) membuktikan bahwa GA dapat memperbaiki perkecambahan dan vigor benih seledri yang mulai mengalami kemunduran. Pemberian GA 3,45 ppm pada benih barley yang telah dimundurkan secara buatan dapat meningkatkan daya berkecambah sebesar 18,18% (Huber and McDonald, 1982). Dhalimi (1984) menunjukkan bahwa perendaman benih cengkeh pada berbagai stadia kemasakan dalam larutan GA<sub>3</sub> 30, 45, dan 60 ppm selama 48 jam meningkatkan kecepatan tumbuh bibit.

Menurut Van Oberbeek (1966) dalam Weaver (1982), penggunaan GA akan mendukung pembentukan enzim proteolitik yang akan membebaskan triptofan sebagai awal bentuk dari auksin, berarti kehadiran GA akan meningkatkan kandungan auksin, selain itu pemberian GA dari luar dapat mengurangi atau meniadakan masa istirahat suatu biji. Giberelin dapat bertindak sebagai promotor sehingga pengaruh zat penghambat berkurang dan masa istirahat biji dapat dikurangi atau ditiadakan.

Banyaknya ragam pengaruh GA mengisyaratkan bahwa hormon ini memiliki lebih dari satu lokasi aksi utamanya. Pengaruh tunggal GA seperti halnya pemanjangan batang pada tanaman, merupakan hasil dari paling tidak 3 kegiatan, yaitu :

#### 1. Pembelahan sel

Giberelin memacu pembelahan sel karena hormon ini merangsang penambahan jumlah sel yang menyebabkan pertumbuhan batang yang pesat karena masing-masing sel hasil pembelahan akan tumbuh.

## 2. Memacu pertumbuhan sel

Giberelin memacu pertumbuhan sel karena hormon ini meningkatkan hidrolisis pati, fruktan dan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Heksosa-heksosa ini menyediakan energi melalui respirasi untuk pembentukan dinding sel dan pembelahan sel sehingga pertumbuhan menjadi cepat.

## 3. Meningkatkan plastisitas dinding sel

Giberelin melonggarkan dinding sel dan meningkatkan pembentukan enzim-enzim hidrolitik sehingga akan memacu pembesaran sel 15 kali lebih tinggi dari sel yang tidak diberi perlakuan. Sukrosa dan unsur hara merupakan syarat penting guna tercukupinya energi sehingga mempengaruhi pertumbuhan sel lebih lanjut (Benyamin, 1995).

Beberapa fungsi giberelin menurut Dwidjoseputro (1988) :

1. Menyebabkan tanaman menghasilkan bunga sebelum waktunya
2. Menyebabkan terjadinya buah dengan tidak usah diserbuki. Buah menjadi besar-besar dan tidak berbiji
3. Menyebabkan tanaman yang kerdil menjadi tanaman raksasa dalam waktu yang singkat sekali
4. Menyebabkan lekas tumbuhnya biji dan tunas
5. Menyebabkan tinggi tanaman menjadi 3 – 5 kali tingginya yang normal. Suatu kol yang biasanya hanya 3 dm tingginya setelah diberi GA maka kol tersebut mencapai tinggi 3,5 m. Percobaan ini dilakukan di *University of Michigan*
6. Mempercepat tumbuhnya sayur-sayuran, dapat menyingkat waktu panen sampai 50%. Sayur-sayuran yang biasanya baru dapat dipetik setelah 4 atau 5

minggu, maka dengan penggunaan GA sayur-sayuran tersebut sudah dapat dipetik sehabis 2 atau 3 minggu.

Giberelin juga dimanfaatkan dalam industri *malt* (gandum/beras terendam air ditaruh diatas nyiru, sampai berkecambah kemudian dikeringkan) untuk menggalakkan aktivitas  $\alpha$ -amilase dan hasil hidrolisis tepung dalam biji barley yang tanpa embrio.

#### **E. Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR)**

Pada tanaman tingkat tinggi, sumber utama N dalam tanah adalah ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) yang dapat disediakan manusia melalui pemupukan. Ion nitrat akan diserap oleh akar masuk ke dalam tumbuhan dan dibawa ke daun oleh adanya daya hisap daun, daya kapiler sel dan tekanan akar. Di dalam sel daun, ion nitrat akan direduksi menjadi nitrit oleh enzim nitrat reduktase, dan nitrit menjadi ion amonium melalui senyawa nitrogen oksida oleh enzim nitrit reduktase. Amonium yang terbentuk umumnya segera diubah menjadi senyawa nitrogen organik, karena amonium yang tertimbun di dalam sel tanaman dapat bersifat racun (Bidwell, 1979).

Nitrat reduktase adalah suatu metalloflavoprotein, yaitu suatu kompleks protein dengan senyawa flavin dan logam. Proteinnya merupakan apoenzim, sedangkan flavin dan logam merupakan gugus prostetikanya. Senyawa flavin tersebut adalah Flavin Adenin Dinukleotida (FAD), sedangkan logam yang bertindak sebagai bagian enzim adalah molybdenum (Mo) (Devlin and Witham, 1989; Lehninger, 1995).

Enzim nitrat reduktase tersebar di semua sel tumbuhan, baik di akar, batang maupun daun. Menurut Lewis (1992) aktifitas nitrat reduktase pada daun lebih besar dibandingkan dengan akarnya. Di dalam sel, enzim ini terdapat dalam sitoplasma, membran sel, membran kloroplas, dan mitokondria (Bidwell, 1979).

Secara lebih jelas peranan dari nitrat reduktase adalah mengkatalis perubahan nitrat menjadi nitrit dalam rangkaian reaksi untuk membentuk asam amino. Reduksi nitrat menjadi amonium berlangsung melalui 2 tahap, yaitu (Bidwell, 1979):

1. Tahap I : reduksi nitrat menjadi nitrit dengan katalisator nitrat reduktase
2. Tahap II : reduksi nitrit menjadi hiponitrit kemudian direduksi lagi menjadi hidroksilamin. Hidroksilamin diubah menjadi amoniak sebagai hasil akhir dan dikatalis oleh nitrat reduktase.

Proses reduksi nitrat oleh tumbuhan dapat terjadi di akar dan daun (Noggle and Fritz, 1989), kuncup daun dan tunas batang (Bidwell, 1979). Aktifitas nitrat reduktase (ANR) terbesar terjadi di daun yang telah berkembang penuh, tidak terlalu tua dan terlalu muda.

Enzim nitrat reduktase banyak diteliti karena mempunyai beberapa sifat antara lain:

1. Sangat labil, dapat dipacu dan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan.
2. Konsentrasinya relatif lebih rendah dari yang lain
3. Dapat diinduksi
4. Bersifat majemuk



Aktifitas nitrat reduktase (ANR) digunakan sebagai indikator kandungan nitrat dalam tubuh tanaman, yang biasanya berhubungan dengan pertumbuhan dan produksi serta mempunyai hubungan dengan jenis tanaman dan kondisi lingkungan, sehingga apabila digunakan sebagai parameter didalam penelitian lapangan dapat memberikan hasil yang akurat terlebih lagi aktifitas nitrat reduktase dikendalikan secara genetik. Enzim Nitrat Reduktase merupakan kunci pertama bagi sintesis senyawa-senyawa nitrogen yang mempunyai aspek penting bagi siklus hidup suatu tumbuhan. Enzim ini merupakan enzim kompleks dengan berat molekul antara 230000 sampai dengan 500000, tergantung pada organismenya (Hartiko, 1983). Kemampuan tanaman mengakumulasi nitrat berkurang dengan cepat selama perkembangan reproduksi, karena ketuaan akar dan berkurangnya kemampuan akar menyerap nitrat (Hageman, 1982).

#### **F. Kegiatan enzim Nitrat Reduktase**

Aktifitas nitrat reduktase dipengaruhi oleh faktor dalam dan luar. Faktor dalam berupa umur dan jenis tanaman, energi pereduksi yang berasal dari fotosintesis dan respirasi serta hormon sebagai zat pengatur tumbuh dan struktur anatomi dari organ tempat terjadinya reduksi nitrat. Menurut Hageman dan Flesher (1980), Aktivitas nitrat reduktase dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman. Pada umur muda ANR akan meningkat, mencapai maksimal pada waktu buah masak dan mengalami penurunan pada saat tanaman memasuki fase penuaan. Adanya zat penghambat yang mengganggu reaksi fotosintesis dan

respirasi akan menurunkan ANR, karena energi pereduksi yang dibutuhkan enzim terganggu pembentukannya.

Bidwell (1979) mengatakan bahwa Hormon GA akan memacu aktivitas nitrat reduktase karena hormon tersebut memacu pembentukan protein. Disebutkan pula bahwa ANR pada umur kecambah adalah rendah dan meningkat selaras dengan bertambahnya umur tanaman yang akan mencapai maksimal bila tanaman mencapai umur masak (dewasa) dan kandungan turun lagi bila tanaman mengalami penuaan. Adanya inhibitor yang mengganggu proses fotosintesis maupun respirasi juga akan menghambat ANR yang disebabkan oleh energi pereduksi yang dibutuhkan untuk aktivitas enzim terganggu pembentukannya.

Faktor luar yang mempengaruhi ANR antara lain :

- a. Sinar matahari akan mempengaruhi meningkatnya temperatur dan menurunnya kelembaban lingkungan. Hal ini akan memacu pertukaran gas didalam daun dan diluar daun. Cahaya akan memacu pembentukan protein sitoplasma sehingga dengan bertambahnya sitoplasma maka ANR akan meningkat (Dwidjoseputro, 1988).
- b. Kandungan air yang optimal di dalam sel akan meningkatkan ANR, sedangkan tekanan air yang terlalu tinggi di dalam tanah akan menurunkan ANR, karena penyerapan nitrat oleh akar menjadi berkurang (Morilla *et al.*, 1973 dalam Hartiko, 1983).
- c. Struktur anatomi organ tumbuhan terutama daun berpengaruh terhadap ANR. Pengaruh ini disebabkan karena struktur anatomi berhubungan dengan umur, pertukaran gas, dan distribusi bahan dan hasil metabolisme. Pada organ yang

tua, ANR berjalan lambat karena pemasukan nitrat terganggu, adanya penebalan dinding sel dan menurunnya kadar serta jumlah sitoplasma (Devlin and Witham, 1989).

