

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Panili (*Vanilla planifolia* Andrews)

A.1. Botani dan Morfologi.

Tanaman panili (*Vanilla planifolia* Andrews) tergolong dalam kelas Monocotyledoneae, famili Orchidaceae yang menumpang secara epifit pada tanaman lain atau pada tonggak kayu. Dari genus vanilla telah dikenal kira-kira 50 spesies, tetapi hanya tiga spesies yang mempunyai arti ekonomi penting yaitu *Vanilla planifolia* Andrews, *Vanilla pompana* Schieda, *Vanilla tahitensis* J.W Moore (Nitia, 1986). Panili terkenal karena aromanya yang khas, yang disebabkan oleh adanya vanillin ($C_8H_8O_3$) dalam buah panili (Tjahjadi, 1987).

Panili merupakan tanaman memanjat berbatang gemuk, berair, lunak, berdiameter tidak kurang dari sebesar jari telunjuk dan bercabang banyak. Batang pokoknya beruas, berukuran rata-rata 15 cm, pada setiap bukunya muncul dua macam akar, yang pertama yaitu akar yang melekat pada pohon yang dipanjatnya dan yang kedua yaitu akar yang menggantung diudara dan jika mencapai tanah dapat membantu menghisap zat-zat hara. Akar yang tumbuh didalam tanah tetap dangkal, bercabang-cabang, mempunyai akar-akar rambut yang pendek dengan tebal kurang lebih 3 mm (Tjahjadi, 1987).

Daun panili merupakan daun tunggal, pipih, berbentuk bulat panjang, ujungnya runcing, agak bulat dan liat. Panjang daun 9-22 cm, lebar 5-7 cm, susunan tulang daunnya sejajar dan letaknya berselang-seling pada masing-

masing buku (Sosrosoedirdjo, 1986).

Rangkaian bunga panili adalah bunga tandan yang terdiri atas 15-20 bunga dan keluar dari ketiak daun pada bagian pucuk batang. Untuk bunganyaduduk, berwarna hijau kebiruan agak pucat, panjang 4-8 cm, berbau agak harum (Tjahjadi, 1987). Keistimewaan bunga panili yaitu kepala putiknya tertutup oleh bibir sehingga persarian secara alami tidak mungkin terjadi tanpa bantuan dari luar. Bantuan berupa pengangkatan bibir sehingga kepala putiknya yang cukup berlendir (mengandung cairan pekat) terbuka dan terdapat serbuk sari (Rismunandar, 1986).

Buah panili adalah buah kotak, bentuknya sama dengan kacang buncis, panjang 12-25 cm, tebal 12-14 mm. Jika masih muda berwarna hijau dan jika mulai masak berwarna kuning dan lambat laun menjadi coklat tua. Bila dibiarkan masak, pecah dan menyebarkan aroma panili. Bijinya kecil kurang lebih 0,2 mm, berwarna hitam dan jumlahnya banyak (Sosrosoedirdjo, 1986).

A.2. Teknik Budidaya

Tanaman panili dapat tumbuh pada daerah antara 20⁰ LU dan 20⁰ LS. Tanaman panili membutuhkan suhu udara optimum 27⁰C dengan curah hujan rata-rata 2000-2500 mm tiap tahunnya, dapat ditanam pada dataran rendah sampai ketinggian 700 m dengan temperatur rata-rata tahunan 22 ⁰C sampai 25 ⁰C (Rismunandar, 1986).

Menurut Tjahjadi (1987), tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman panili yaitu tanah yang kaya akan bahan organik (humus), bersifat poreus gembur

dan ringan sehingga mudah ditembus oleh akar panili. Jenis tanah yang dikehendaki adalah geluh berpasir (sandy - loam) dan berkerikil.

Tanaman panili umumnya dibiakkan menggunakan stek batang, meskipun dapat juga dengan bijinya. Bahan stek yang baik mempunyai buku-buku yang agak rapat letaknya, berwarna hijau segar dan berasal dari tanaman yang sehat. Batang panili yang pernah berbuah, kurang baik untuk dijadikan stek karena energi atau daya tumbuhnya sudah terkuras untuk produksi buah.

Penggunaan stek panili beruas pendek akan memperlambat saat produksi pertama. Sehingga untuk mempercepat pertumbuhannya perlu perlakuan khusus, misalnya ditanam dalam media yang banyak mengandung humus, perlakuan pemupukan atau penggunaan zat pengatur tumbuh (Rismunandar, 1986).

Menurut Koesningroem dan Setyati (1973), timbulnya akar merupakan indikasi berhasil tidaknya stek itu. Dalam hal ini ada beberapa faktor penting yang mempengaruhinya yaitu faktor tanaman, faktor lingkungan dan faktor pelaksanaan. Faktor tanaman meliputi macam bahan stek, kandungan bahan makanan stek, kandungan zat tumbuh, pembentukan kallus dan fase pertumbuhan dari tanaman. Faktor lingkungan antara lain media pertumbuhan, kelembaban, suhu dan cahaya. Sedangkan faktor pelaksanaan yaitu perlakuan sebelum pengambilan stek, pemotongan stek dan perlakuan, kebersihan dan pemeliharaan serta penggunaan zat pengatur tumbuh.

B. IBA (Indol Butyric Acid)

Auksin telah lama diketahui berpengaruh luas terhadap pertumbuhan tanaman. Perlakuan auksin pada stek bertujuan untuk meningkatkan prosentase stek yang berakar, meningkatkan jumlah dan kualitas produksi akar per stek, serta mempercepat pertumbuhan akar dan meningkatkan keseragaman perakaran. IBA merupakan auksin sintetik terbaik, karena tidak beracun jika dipakai pada berbagai tingkat konsentrasi dan efektif merangsang pertumbuhan akar pada sejumlah besar spesies tanaman (Hartman dan Kester, 1975).

Menurut Weaver (1972), zat pengatur tumbuh yang sering digunakan untuk stek yaitu IAA, IBA dan NAA. IBA lebih stabil sifat kimianya dan mobilitasnya didalam tanaman lebih rendah (Kusumo, 1984).

Cara pemberian zat pengatur tumbuh pada stek batang ada beberapa cara yaitu pencelupan cepat, perendaman, disemprotkan atau dalam bentuk tepung. Pada metode pencelupan cepat digunakan konsentrasi 500-1000 ppm. Pangkal stek dicelupkan kedalam larutan pekat tersebut selama 5 detik. Lalu diangin-anginkan sebentar dan segera ditanam pada media (Kusumo, 1984). Konsentrasi yang optimum yaitu berada sedikit dibawah titik toksik. Pada konsentrasi ini menyebabkan pembesaran pada bagian dasar stek diikuti produksi akar yang banyak dibagian atas dari pangkal stek. Konsentrasi yang terlalu tinggi bisa menghambat pertumbuhan tunas atau menyebabkan daun-daun menguning atau gugur, bahkan dapat menyebabkan kematian tunas (Weaver, 1972).

Pada metode perendaman, larutan baku dibuat dengan 95 % alkohol, kemudian diencerkan dengan air. Konsentrasi yang digunakan bervariasi dari 20

ppm untuk spesies yang mudah berakar sampai 200 ppm untuk spesies yang sulit berakar. Bagian bawah stek direndam dalam larutan selama 24 jam kemudian segera ditanam pada media. Banyaknya zat yang diserap tergantung pada macam stek dan kondisi lingkungan pada waktu perendaman. Pada keadaan kering transpirasi akan meningkat, maka akan lebih banyak zat yang diserap sehingga dapat menjadi racun. Oleh karena itu perendaman stek biasa dilakukan ditempat yang teduh dan lembab agar penyerapannya teratur dan sedikit (Weaver, 1972).

Auksin-auksin sintetik seperti IBA dan NAA banyak dipakai untuk mendorong pembentukan akar stek dari tanaman berkayu dan tanaman berbatang lunak (herbaceous). 2,4 D dalam konsentrasi rendah dipakai sebagai pengganti IBA, IAA dan NAA, tetapi dalam konsentrasi tinggi dipakai sebagai herbisida untuk memberantas gulma dikotil. Zat pengatur tumbuh tanaman akan merubah pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta meningkatkan bagian tanaman yang dipanen sebagai hasil. Aspek dari pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi target modifikasi ini. Kebanyakan auksin sintetik yang digunakan mempunyai aktifitas yang sama dengan zat tumbuh tanaman yang mempunyai struktur kimia yang hampir sama. Tetapi ada juga yang mempunyai aktifitas biologi yang sama tetapi tidak ada kesamaan didalam struktur kimianya (Wattimena,1988).

B.1. Peranan IBA dalam Proses Biokimia

Fitohormon dapat bergerak dalam sel antara organela dan antara sel melalui jaringan xilem dan floem. Auksin dapat bergerak dari konsentrasi rendah melalui morfologis ujung ke morfologis pangkal batang. Polar transpor ini juga dihambat oleh keadaan anaerobik dan zat-zat penghambat respirasi (Wattimena, 1988).

Pengangkutan auksin dari pucuk tanaman menuju pangkal batang disebut pengangkutan polar. Pergerakan polar yang nyata terlihat hanya pada koleoptil dari tanaman monokotil. Pada tanaman lain pergerakan polar kurang begitu nyata seperti pada tanaman monokotil. Pergerakan polar pada tanaman tersebut tergantung pada umur jaringan, status metabolisme, perkembangan tanaman (vegetatif atau reproduktif), pelukaan dan faktor-faktor lingkungan. Pengangkutan polar merupakan suatu hasil kerjasama sel-sel yang hidup sehingga beralasan jika dikatakan bahwa fenomena polaritas itu berada di dalam sel. Polaritas ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti :

1. Distribusi yang asimetrik dari organela-organela (mitokhondria, ribosoma, plastid).
 2. Membran yang asimetrik (plasma, tonoplas, endoplasmik retikulum)
 3. Distribusi enzim yang asimetrik di dalam sel.
 4. Perbedaan distribusi dari ion-ion anorganik dan molekul kecil di dalam sel
- (Wattimena, 1988).

B.2. Mekanisme Kerja Zat Pengatur Tumbuh Tanaman

Zat pengatur tumbuh tanaman mendorong elongasi sel-sel pada koleoptil dan ruas-ruas tanaman. Elongasi sel terutama terjadi pada arah vertikal diikuti dengan pembesaran sel dan meningkatnya pengambilan air oleh sel tersebut.

Sel-sel dapat mengembang dengan berbagai cara. Beberapa bahan-bahan osmotik seperti gula dapat diangkut ke vakuola. Air akan masuk ke sel dan dinding sel akan mengembang sampai pada suatu tekanan dinding sel tertentu yang dapat menghalang absorpsi air selanjutnya. Dinding sel yang retak oleh pengembangan sel ini diperbaiki dengan penambahan bahan dinding sel baru. Peranan zat pengatur tumbuh dalam proses ini adalah merubah sifat-sifat osmotik dari vakuola. Kemungkinan mekanisme ekspansi sel itu disebabkan oleh longgarnya atau bergesernya (loosening) dari dinding sel primer. Longgarnya dinding sel menyebabkan berkurangnya tekanan dinding sel, maka air akan masuk ke dalam sel sehingga terjadi keseimbangan yang baru. Bahan-bahan dinding sel yang baru ditimbulk kembali pada bagian-bagian dinding sel yang telah menggeser atau retak. Pengaruh zat pengatur tumbuh dalam hal ini adalah pada salah satu proses yang menyebabkan bergesernya dinding sel tersebut (Wattimena, 1988).

C. Nitrat Reduktase

Enzim nitrat reduktase banyak diteliti oleh para ahli dalam hubungannya dengan daya hasil produksi. Enzim tersebut digunakan dalam seleksi tanaman produksi (Hartiko, 1983). Nitrat Reduktase (NR) merupakan suatu enzim yang terletak dalam membran luar kloroplas. Enzim ini berperan dalam tahap awal

asimilasi N (Noggle dan Fritz, 1979). Aktivitas nitrat reduktase daun pada umumnya sangat bervariasi dengan status hara tumbuhan, umur fisiologik daun, kedudukan daun, kesehatan daun dan tumbuhan, intensitas cahaya, waktu pengambilan sampel dan sebagainya (Hartiko, 1983). Bersama-sama dengan Nitrit Reduktase, Nitrat Reduktase merupakan enzim pokok dalam metabolisme tumbuhan tingkat tinggi dan nitrat merupakan unsur sumber nitrogen yang paling banyak tersedia dalam tanah (Noggle dan Fritz, 1979).

Tanaman menyerap nitrogen (N) dalam empat bentuk utama yaitu nitrat (NO_3^-), amonium (NH_4^+), senyawa organik (misalnya asam amino) dan urea (Bidwell, 1979). Nitrat diserap dalam jumlah banyak sedangkan amonium hanya diserap banyak apabila berlangsung fiksasi N atau pada tanah basah dan anaerob. Nitrat diserap secara tidak langsung tetapi direduksi menjadi nitrit (NO_2^-) dan membentuk beberapa senyawa antara yang segera berubah menjadi NH_4^+ tanaman (Devlin, 1975). Dari senyawa-senyawa antara dalam reduksi nitrat hanya nitrit yang dapat dijumpai secara *in vivo*, sedangkan senyawa antara yang lain akan segera berubah menjadi senyawa yang selanjutnya. Senyawa-senyawa ini hanya dapat diketahui dengan mempelajari sistem enzim (Guerrero et al, 1981). Reduksi nitrat menjadi nitrit yang kemudian menjadi amonium merupakan reaksi awal dari metabolisme N oleh tanaman (Noggle dan Fritz, 1979).

Metabolisme N bagi tanaman adalah suatu proses yang penting karena nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Kebutuhan akan N pada tanaman bisa diperoleh melalui dua cara yaitu, pertama melalui fiksasi nitrogen karena adanya nodul; kedua melalui nitrat yang ada di dalam

tanah. Antara dua proses tersebut terdapat penghambatan. Schuller, dkk (1986) mengatakan pada tanaman yang mengalami fiksasi nitrogen apabila terdapat nitrat maka fiksasi akan terhambat. Tumbuhan akan menggunakan nitrat tanah karena merupakan nutrisi yang lebih mudah digunakan. Akan tetapi senyawa nitrat yang ada di dalam tanah tidak dapat langsung digunakan oleh tanaman. Untuk memanfaatkannya, tanaman membutuhkan enzim yang salah satunya adalah enzim nitrat reduktase yang berperan pada tahap awal proses asimilasi nitrat yaitu pada reduksi nitrat menjadi nitrit.

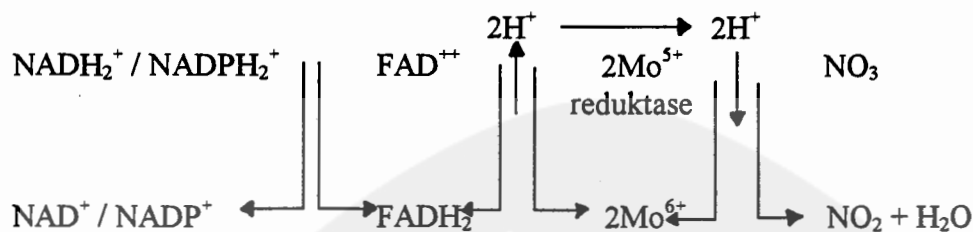
Enzim nitrat reduktase tersebar di semua sel tumbuhan, baik di akar, batang atau daun. Menurut Lewis (1982) aktivitas nitrat reduktase pada daun lebih besar dibanding dengan di akarnya. Di dalam sel, enzim ini terdapat di dalam sitoplasma, membran sel, membran kloroplas dan mitokondria (Bidwell, 1979).

Secara lebih jelas peranan dari NR adalah mengkatalis perubahan nitrat menjadi nitrit dalam rangkaian reaksi untuk pembentukan asam amino. Reduksi nitrat menjadi amoniak berlangsung melalui dua tahap yaitu:

1. Tahap I: reduksi nitrat menjadi nitrit dengan katalisator nitrat reduktase.
2. Tahap II: reduksi nitrit menjadi hiponitrit kemudian direduksi lagi menjadi hidrosilamin. Hidrosilamin diubah menjadi amoniak sebagai hasil akhir dan dikatalisis oleh NR (Bidwell, 1979).

Reduksi NADPH / NADH (gambar 1) berfungsi sebagai elektron donor, FAD sebagai gugus prostetik dan Mo sebagai aktivator elektron donor diperoleh dari NADPH / NADH ke FAD menghasilkan FADH₂, yang meneruskan elektron

ke Mo dan dari Mo ke nitrat serta mengubahnya menjadi nitrit.



**Gambar 1. Reduksi nitrat menjadi nitrit oleh enzim NR
(Beevers dan Hageman, 1969)**

Enzim nitrat reduktase ini banyak diteliti karena mempunyai beberapa sifat yaitu :

- Sangat labil, dapat dipacu dan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan
- Konsentrasinya relatif lebih rendah dari yang lain
- Dapat diinduksi
- Bersifat majemuk

Aktivitas nitrat reduktase digunakan sebagai indikator kandungan nitrat dalam tubuh tanaman, yang biasanya dikorelasikan dengan pertumbuhan dan produksi serta mempunyai hubungan dengan jenis tanaman dan kondisi lingkungan. Sehingga bila digunakan sebagai parameter didalam penelitian lapangan akan dapat memberikan hasil yang akurat, terlebih lagi nitrat reduktase aktivitasnya dikendalikan secara genetik (Hartiko, 1983). Kemampuan tanaman mengakumulasi nitrat, berkurang dengan cepat selama perkembangan reproduksi, karena ketuaan akar dan berkurangnya kemampuan akar menyerap nitrat (Hageman, 1977).

Aktivitas NR dipengaruhi oleh faktor dalam dan luar. Faktor dalam berupa

umur dan jenis tanaman, energi pereduksi yang berasal dari fotosintesis dan respirasi serta hormon sebagai pengatur zat tumbuh dan struktur anatomi dari organ tempat terjadinya reduksi nitrat. Menurut Hageman dan Fleshnes (1960), ANR 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, seperti yang dikaji oleh Bidwell (1979). Faktor luar yang mempengaruhi adalah nutrisi, suhu, air, kekeringan, pH dan sinar matahari. Penurunan ANR akan berpengaruh terhadap pembentukan klorofil secara langsung (Dwidjoseputro, 1986).

D. Klorofil

Klorofil (zat hijau daun) adalah komponen daun yang sangat penting untuk berlangsungnya fotosintesis. Dengan adanya klorofil dapat dibentuk zat-zat organik yang selanjutnya dapat diubah menjadi bahan-bahan yang digunakan sebagai penyusun bagian-bagian tanaman.

Menurut Dwidjoseputro (1986), klorofil terdapat sebagai butir-butir hijau di dalam kloroplast. Kloroplast merupakan organela dalam sitoplasma yang besar dan dapat dilihat dengan mikroskop dengan perbesaran kuat, ukuran, bentuk dan distribusi kloroplast sangat bervariasi dalam tiap sel dan spesies tanaman, tetapi jumlahnya relatif konstan dalam jaringan yang sama. Ukuran rata-rata bervariasi, dengan diameter 4-6 μ dan tebalnya 1-3 μ . Bentuk kloroplast bermacam-macam yaitu spiral, lensa, jala dan bintang. Sedangkan klorofil pada umumnya berbentuk

oval, bahan dasarnya disebut stroma, sedangkan butir-butir yang terkandung didalamnya disebut grana. Pada tanaman tinggi ada dua macam klorofil yaitu :

1. Klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) : berwarna hijau tua
2. Klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) : berwarna hijau muda

Rumus bangun berupa cincin yang terdapat pirol dengan Mg sebagai intinya. Perbedaan rumus bangun dari klorofil a dan b menurut Salisbury dan Rass (1977) terletak pada gugus - CH_3 yang terdapat pada klorofil b. Rumus bangun ini mirip dengan rumus haemin (zat darah) hanya saja intinya adalah Fe.

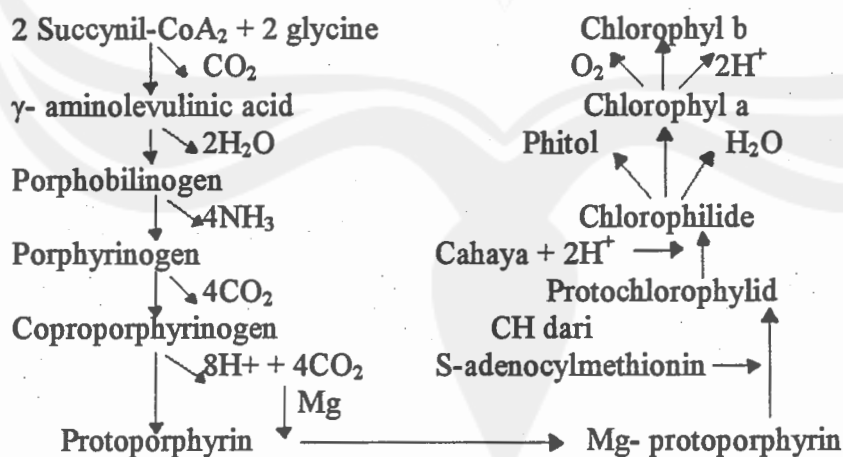
Klorofil sebagai salah satu komponen yang penting dari fotosintesis mempunyai sifat kimia dan sifat fisik. Dwidjoseputro (1986) merumuskan sifat kimia dari klorofil sebagai berikut :

1. Klorofil merupakan molekul organik yang terlarut dalam air, tetapi larut dalam etanol, metanol, aseton, bensol dan kloroform.
2. Klorofil mempunyai suatu rangkaian yang disebut fitil yang dapat terlepas menjadi fitol ($C_{20}H_{39}OH$) bersifat lipofil, sedangkan sisanya disebut porfirin bersifat hidrofil.
3. Jika klorofil ditambahkan asam, inti Mg akan bergeser oleh dua atom H sehingga membentuk suatu persenyawaan yang disebut feofitin yang berwarna coklat.

Sifat fisik klorofil menurut Hall et al (1974) dalam Prawiranata dkk (1988) mengatakan bahwa klorofil bersifat fluoresens yaitu dapat menerima sinar dan mengembalikannya dalam panjang gelombang yang berlainan. Klorofil-a berwarna merah pada fluoresensinya, sedangkan klorofil-b berwarna merah

kecoklatan. Klorofil bersifat menyerap sinar merah (panjang gelombang 400 nm) dan ungu (panjang gelombang 700 nm). Bila diukur dengan *spektrometer ultra violet visible*. Warna klorofil pada fluoresensinya serta keaktifannya menyerap sinar disebabkan oleh adanya ikatan tunggal dan ikatan rangkap yang bergantian pada struktur cincin disekitar molekul pusat Mg.

Bidwell (1979) mengatakan bahwa pembentukan klorofil merupakan suatu proses fisiologi yang terjadi hanya pada sel hidup dan dalam keadaan sehat. Sintesis klorofil terbentuk dari tiga bahan yaitu *Protoporfirin*, *Mg-Proforfirin* dan *Proklorofil* dengan prekursor glisin dan suksinil - KoA. Karbohidrat dalam daun sangat penting untuk sintesis klorofil karena merupakan zat pokok yang harus ada dalam sintesis klorofil. Tumbuhan yang mengalami etiolasi tidak mampu mensintesis klorofil karena zat gula yang dihasilkan sangat sedikit. Proses terbentuknya klorofil adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Proses pembentukan klorofil
(Sumber : Bidwell, 1979)

Menurut Dwidjoseputro (1986) ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembentukan klorofil yaitu :

1. Faktor genetik

Pembentukan klorofil seperti halnya dengan pembentukan pigmen-pigmen lainnya pada hewan dan manusia dibawakan oleh suatu gen tertentu dalam kromosom. Pembentukan klorofil melibatkan fungsi ADN dan ARN dalam kloroplast, jika gen itu tidak ada maka tanaman akan tampak putih saja.

2. Cahaya

Cahaya dibutuhkan untuk mengubah protoklorofil(prekursor klorofil) menjadi klorofil secara autotransformasi yang berhubungan dengan faktor genetik dalam tanaman. Pada beberapa Angiospermae, klorofil dapat terbentuk tanpa adanya cahaya. Tetapi pada tanaman lain yang ditumbuhkan dalam gelap tidak berhasil membentuk klorofil, dan akan tampak pucat kekuningan. Didalamnya hanya terdapat protoklorofil yang mirip dengan klorofil a, hanya saja protoklorofil mengandung kurang dari 2 atom H daripada klorofil a. Reduksi protoklorofil untuk menjadi klorofil a disebut autotransformasi. Terlalu banyak sinar juga dapat berpengaruh buruk bagi klorofil. Larutan klorofil yang dihadapkan kepada sinar kuat tampak berkurang warna hijaunya. Hal ini juga dapat terlihat pada daun-daun yang terus-menerus terkena sinar matahari langsung sehingga warnanya menjadi hijau kekuningan.

3. Oksigen

Kecambah yang ditumbuhkan dalam gelas, kemudian ditempatkan didaerah yang terkena sinar matahari tidak mampu membentuk klorofil.

4. Karbohidrat

Karbohidrat dalam bentuk gula sangat menolong proses pembentukan klorofil pada daun-daun yang mengalami pertumbuhan dalam gelap (etiolasi). Apabila tidak ada gula, maka daun-daun tidak akan menghasilkan klorofil meskipun faktor lain mencukupi.

5. Nitrogen, Magnesium dan Besi

Ketiga unsur tersebut adalah bahan pembentuk klorofil yang harus ada. Kekurangan salah satu unsur ini akan menyebabkan terjadinya klorosis pada tanaman.

6. Air

Merupakan faktor yang mutlak harus ada. Untuk menghasilkan 1 gram bahan kering tanaman, memerlukan 100-500 gram air. Kekurangan air menyebabkan desintegrasi dari klorofil seperti yang terjadi pada rumput dan pohon-pohon di musim kering.

7. Unsur-unsur Mn, Cu dan Zn

Unsur-unsur tersebut tetap diperlukan dalam proses pembentukan klorofil walaupun hanya dalam jumlah kecil. Tidak adanya unsur-unsur itu menyebabkan tanaman mengalami etiolasi.

8. Temperatur

Temperatur yang baik untuk pembentukan klorofil pada kebanyakan tanaman antara 3-48 °C tetapi temperatur yang terbaik antara 26-30 °C.