

TINJAUAN PUSTAKA

A. Unsur Hara Fe

Studi tentang unsur besi yang dibutuhkan oleh tumbuhan banyak dilakukan mengingat besi sangat dibutuhkan dalam berbagai proses-proses biologi seperti transpor elektron, respirasi dan reduksi nitrat (Arahou *et al.*, 1998). Pada proses fotosintesis, unsur besi memegang jalur yang sangat penting yaitu sebagai komponen sitokrom dalam proses transpor elektron pada PS I dan PS II (Mohr & Schopfer, 1994). Besi juga merupakan bagian dari sistem enzim yaitu sitokrom oksidase, katalase, peroksidase, *acotinase*, sintesis klorofil (γ -aminolevulinate dehidratase, γ -aminolevulinate sintetase dan *ferrochelase*), peptidiprolin hidrolase serta nitrogenase (Tisdale, *et al.*, 1990).

Besi mengalami reaksi redoks menjadi Fe^{2+} (fero) dan Fe^{3+} (feri), antara kedua ion tersebut memiliki tingkat kelarutan yang berbeda. Ion Feri (Fe^{3+}) banyak terdapat dalam lingkungan basa dalam bentuk feri hidroksida dan dalam kondisi anaerob dapat diubah dalam bentuk yang lebih mudah diserap, sedangkan dalam tanah yang tergenang lebih banyak ion fero (Atlas & Bartha, 1992). Tumbuhan menyerap besi dalam bentuk Fe^{2+} . Di dalam tanah penyerapannya berlangsung melalui pompa ion dimana terjadi pertukaran ion secara aktif di sekitar daerah pembuluh akar. Menurut Tisdale *et al.* (1990) Fe^{2+} akan ditranspor melalui berkas pengangkut menuju organ-organ sasaran

dengan cara difusi dan atau aliran massa (*mass flow*). Namun besi yang menumpuk di daun yang tua tidak mudah bergerak dalam floem seperti halnya di dalam tanah. Hal tersebut mungkin disebabkan karena besi diendapkan dalam sel daun sebagai oksida tak larut. Salah satu bentuk besi yang mantap dan banyak terdapat di daun disimpan dalam kloroplas sebagai kompleks besi-protein yang disebut *phytoferritin* (Salisbury & Ross, 1992).

Tanah memiliki kandungan besi yang cukup, namun kelarutannya yang terutama diatur oleh pH mungkin begitu rendahnya, sehingga memungkinkan terjadinya defisiensi unsur besi (Gardner *et al.*, 1991; Larcher, 1991). Kisaran pH tanah yang optimal dalam penyerapan unsur hara Fe adalah 7,4 – 8,5 (Tisdale *et al.*, 1990).

Gejala defisiensi suatu unsur terutama bergantung pada dua faktor yaitu fungsi unsur tersebut dan mudah tidaknya unsur tersebut berpindah dari daun tua ke daun yang lebih muda (Salisbury & Ross, 1995). Klorosis unsur besi seringkali dihubungkan dengan kondisi temperatur tanah, dimana ketika pada satu sisi kelembaban tanah tinggi dan di sisi lain aerasi tanah jelek.

Faktor-faktor lain yang menyebabkan klorosis besi dalam hubungannya dengan pergerakan ion pada tanaman yaitu berat total besi dalam jaringan ion bikarbonat dan karbonat, aerasi dan status air dalam tanah, bahan-bahan organik, interrelasi dengan unsur hara lain, dan faktor genetik tanaman (Tisdale *et al.*, 1990).

Unsur Fe tergolong tidak mudah bergerak dan kekurangan unsur ini pertama kali terlihat pada daun muda. Secara visual, daun yang kekurangan unsur Fe akan terlihat hijau dengan bercak-bercak di sekitar tulang daun; secara molekuler jumlah thylakoid di dalam daun akan mereduksi jika tanaman mengalami kekurangan terhadap unsur besi (Terry & Rao, 1991).

B. Pemanfaatan Khelat Fe Sebagai Pupuk

Menurut Jowett (1958 dalam Epstein, 1972) suatu penelitian tentang toleransi tanaman terhadap beberapa logam berat dan cara penyerapannya, dikemukakan hipotesis yang menyatakan bahwa tumbuhan yang memiliki kisaran toleransi akan mensintesis senyawa pengkelat (*chelating compound*) yang membentuk suatu kompleks ikatan antara ion logam berat dengan ligan organik (*organic ligands*). Khelat berikatan dengan ion bebas dari logam dalam suatu media membentuk suatu kompleks yang dapat diserap oleh tumbuhan (Viets & Lindsay, 1980).

Tabel 1. Beberapa sumber Fe

Sumber	Formula
<i>Ferrous Sulfate</i>	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
<i>Ferric Sulfate</i>	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
<i>Ferrous oxide</i>	FeO
<i>Ferric oxide</i>	Fe_2O_3
<i>Ferrous Ammonium Phosphate</i>	$\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
<i>Ferrous Ammonium Sulfate</i>	$(\text{NH}_4)_2 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
<i>Iron Ammonium Polyphosphate</i>	$\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{HP}_2\text{O}_7$
<i>Iron Chelates</i>	NaFeEDTA
	NaFeHEDTA
	NaFeEDDHA
	NaFeDTPA

Sumber : Tisdale et al. (1990).

Khelat diberikan dalam bentuk cairan, dapat melalui tanah ataupun ke daun melalui penyemprotan dengan frekuensi pemberian tiap 7 atau 14 hari. Stabilitas kelat-Fe di dalam tanah menjadi sangat diminati karena dapat diberikan dalam berbagai bentuk atau kondisi tanah dan dalam kisaran pH yang besar (Gauch, 1973).

Menurut Tisdale *et al.* (1990), salah satu metode yang efektif untuk mengetahui defisiensi Fe di daerah berkapur dan kandungan pH yang tinggi adalah membuat daerah akar menjadi asam. Beberapa produk senyawa kimia seperti ammonium thiosulfat akan mengurangi pH tanah dan secara simultan akan berfungsi sebagai agen untuk mengubah ion feri ke dalam bentuk yang lebih mudah diserap.

C. Biologi dan Ekologi Sengon

1. Morfologi

Menurut Atmosuseno (1998), sengon berdaun majemuk ganda, yang merupakan ciri bagi sub familia mimosaceae, seperti halnya putri malu (*Mimosa pudica*), petai cina (*Leucaena glauca*). Berbunga sepanjang tahun dan berbuah pada bulan juni-nopember (umumnya pada akhir musim kemarau). Bunga tersusun dalam bentuk malai dengan ukuran daun mahkota kecil sekitar 0,5 – 1 cm. Benang sari menonjol lebih panjang dari daun mahkota. Warna bunga putih kekuningan. Kuntum bunga yang mekar berisi bunga jantan dan bunga betina. Penyerbukan biasanya dibantu oleh serangga

dan angin. Buah berbentuk polong, pipih dan tipis. Berwarna hijau dan coklat ketika masak. Panjang buah sekitar 6-12 cm. Setiap polong buah berisi 15-30 biji, bila sudah masak biasanya akan terlepas dari polongnya. Biji berbentuk elips (seperti perisai kecil). Pohon sengon berbatang lurus, tidak memiliki banir, kulit berwarna kelabu keputihan, licin tidak mengelupas dan memiliki batang bebas cabang mencapai 20 meter. Tajuk yang tidak lebat memungkinkan perdu tumbuh baik di bawahnya. Sengon memiliki sistem perakaran yang terbentang lebar. Seperti halnya dengan anggota familia leguminosaeae, sengon memiliki bintil akar (nodul akar) yang berguna di dalam memperluas bidang penyerapan untuk mengikat nitrogen bebas dari udara yang akan diubah menjadi NH_3 (Atmosuseno, 1998).

Berdasarkan ciri-ciri di atas maka sengon memiliki kedudukan taksonomi menurut Atmosuseno (1998) sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Sub-Classis	: Choripetalae gol. Dialypetalae
Ordo	: Rosales
Familia	: Leguminosae
Sub-Familia	: Mimosaceae
Genus	: <i>Paraserianthes</i>
Spesies	: <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielson

2. Penyebaran Geografis dan Syarat Pertumbuhan

Penyebaran geografis dan syarat pertumbuhan sengon menurut Atmosuseno (1998), adalah sebagai berikut :

i. Temperatur

Sengon memerlukan kisaran pertumbuhan optimal antara 22-29°C .

ii. Topografi

Tumbuh di areal dengan ketinggian tempat antara 0-1500 mdpl (optimal pada kisaran 10-800 mdpl). Dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang terletak antara 10°LS-3°LU yang memiliki 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering, curah hujan rata-rata tahunan antara 2.000-2.700 mm/tahun.

iii. Tanah

Tumbuh baik pada pH netral hingga basa dan membutuhkan posfat dalam jumlah besar, hal tersebut perlu diperhatikan mengingat karena tranpor hara di dalam tanah sangat tergantung dari pH tanah. Untuk jenis tanah dengan sifat terlalu asam, maka kedalamnya dapat ditambahkan kapur (pengapuran), sebaliknya dengan tanah yang terlalu basa, perlu ditambahkan sulfur (belerang).

D. Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR)

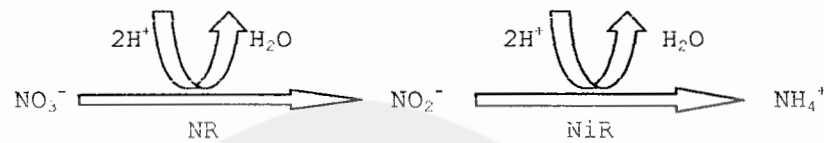
Nitrogen merupakan salah satu elemen esensial yang diperlukan tanaman untuk menyusun asam amino, protein, asam nukleat, basa organik, enzim dan klorofil (Bidwell, 1979; Noggle & Fritz, 1979). Sebagian besar tanaman menyerap unsur nitrogen dalam bentuk ion nitrat, ion ammonium, senyawa nitrogen seperti asam amino dan urea dari dalam tanah. Nitrat merupakan senyawa nitrogen terbesar ketersediaannya dan paling mudah diserap oleh tanaman (Bidwell, 1979).

Nitrogen organik terdapat dalam bentuk gas dan ion. Nitrat dan nitrit terdapat dalam bentuk ion bebas, sedangkan ammonium dalam keadaan tidak dapat ditukar. Ion ammonium yang terdapat di dalam tanah berasal dari fiksasi nitrogen secara biologis, hasil pemupukan yang dilakukan oleh manusia (Epstein, 1979).

Reduksi nitrat menjadi ammoniak berlangsung dalam dua tahap, yaitu :

- a. Reaksi nitrat menjadi nitrit dengan biokatalisator enzim nitrat reduktase.
- b. Reduksi nitrit menjadi hiponitrit yang kemudian menjadi hidrosilamin, kemudian diubah lagi menjadi ammoniak sebagai hasil akhirnya dan dikatalisis oleh enzim nitrit reduktase (Noggle & Fritz, 1979; Bidwell, 1979).

Menurut Loveless (1991), reduksi nitrat menjadi ammoniak di dalam tumbuhan terjadi dalam tiga (3) tahap menurut jalur berikut :



Proses reduksi nitrat oleh tumbuhan dapat terjadi di akar dan daun, kuncup daun dan tunas batang (Noggle & Fritz, 1979; Bidwell, 1979). Pada tumbuhan berkayu seperti apel, reduksi nitrat lebih banyak terjadi di daerah akar (Halliwell, 1981)

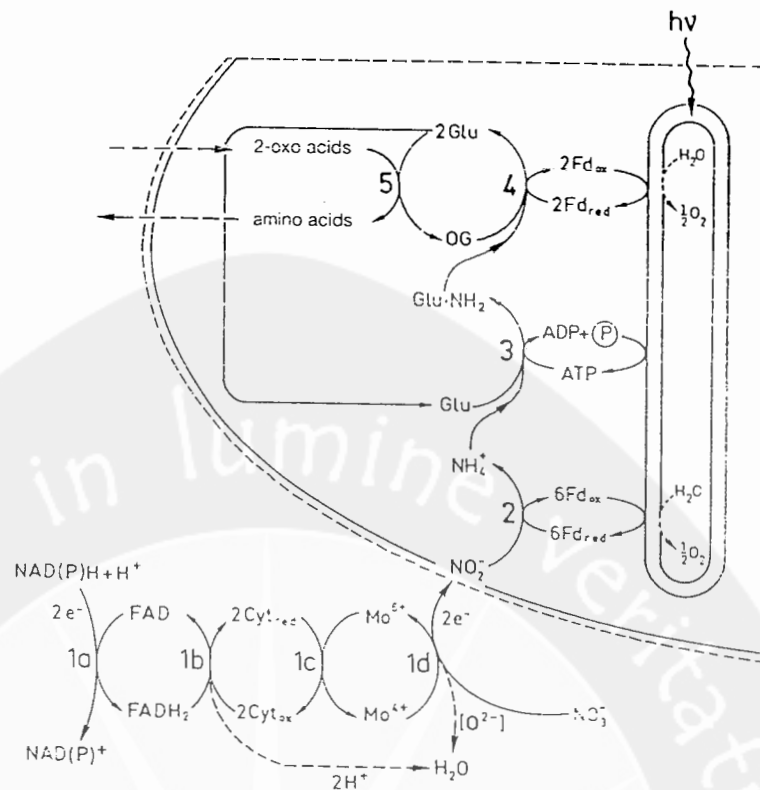
Menurut Halliwell (1981), nitrat reduktase adalah enzyme yang sangat kompleks yang mengandung FAD, molybdenum (Mo), dan satu sitokrom (b₅₅₇) sebagai komponen-komponen esensial untuk aktivitasnya. Urutan aliran elektron selama aktivitas enzim menurut Hewitt (1974 dalam Halliwell, 1981), adalah sebagai berikut :



Aktivitas nitrat reduktase dipengaruhi oleh banyak faktor. Menurut Hartiko (1983), faktor tersebut dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Faktor luar : nutrisi, temperatur, kelembaban, cahaya, pH dan sebagainya.
- b. Faktor dalam : umur, jenis, hormon, energi pereduksi, struktur anatomi daun.

Kandungan air yang optimal dalam sel akan meningkatkan ANR, sedangkan tekanan air yang menyerap nitrat oleh akar menjadi berkurang (Morilla *et al.*, 1973 dalam Hartiko, 1983).



Gambar 1. Transpor Elektron selama proses reduksi nitrat dalam daun (Mohr & Schoper, 1994)

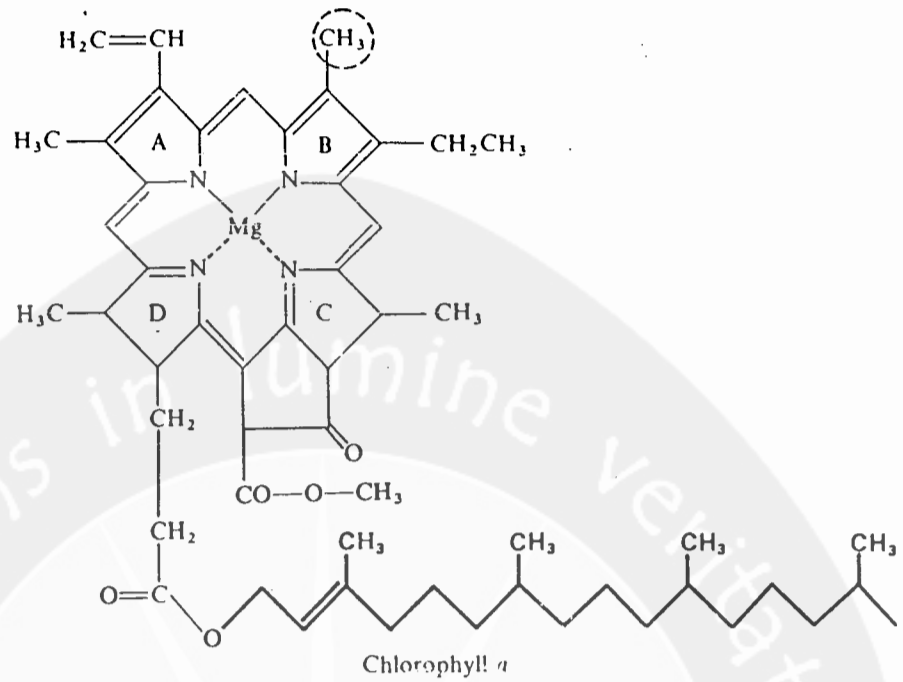
E. Klorofil

Menurut Salisbury & Ross (1992), klorofil adalah pigmen yang terdapat sebagai butiran hijau daun pada membran thylakoid kloroplas. Klorofil pada tanaman tingkat tinggi khususnya banyak terdapat dalam dua jenis yaitu klorofil a dan klorofil b; selain itu juga terdapat karotenoid. Menurut Dwdijoseputro (1988), rumus molekul kedua jenis klorofil tersebut

adalah Klorofil a : $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (berwarna hijau tua)

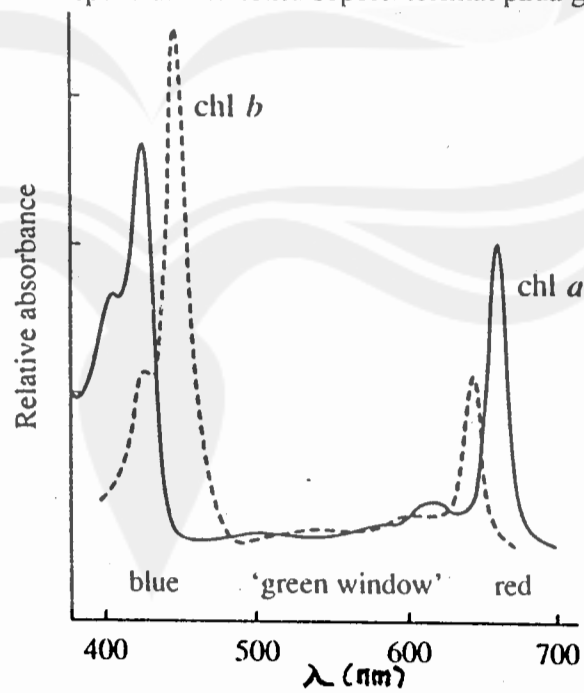
Klorofil b : $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ (berwarna hijau muda).

Rumus bangunnya berupa suatu cincin yang terdiri atas 4 pirol dengan Mg sebagai inti, seperti pada gambar berikut :



Gambar 2. Struktur klorofil a (klorofil b gugus metil (-CH₃) diganti gugus aldehyd (-CHO))

Menurut Salisbury & Ross (1992), daun tumbuhan menyerap $\pm 90\%$ sinar matahari dalam spektrum tertentu seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Spektrum cahaya yang diserap klorofil a dan b

Klorofil berwarna hijau karena tidak efektif menyerap gelombang cahaya hijau sebaliknya memantulkan atau memancarkannya kembali (Salisbury & Ross, 1992). Klorofil a yang berwarna hijau tua ketika merefleksikan cahaya akan tampak berwarna merah darah, sedangkan klorofil b yang berwarna hijau muda akan berwarna merah coklat. Klorofil tidak larut dalam air, melainkan larut dalam etanol, metanol, eter, aseton, bensol dan kloroform. Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil (Dwidjoseputro, 1994) adalah :

a. Faktor pembawaan (genetis) :

Regulasi oleh suatu gen tertentu di dalam kromosom.

b. Cahaya :

Kecambah beberapa tanaman angiospermae, klorofil dapat terbentuk dengan tidak memerlukan cahaya. Terlalu banyak sinar berpengaruh buruk terhadap pembentukan klorofil, hal ini dapat terlihat pada daun-daun yang terus menerus kena sinar langsung sehingga warna mereka menjadi hijau kekuning-kuningan.

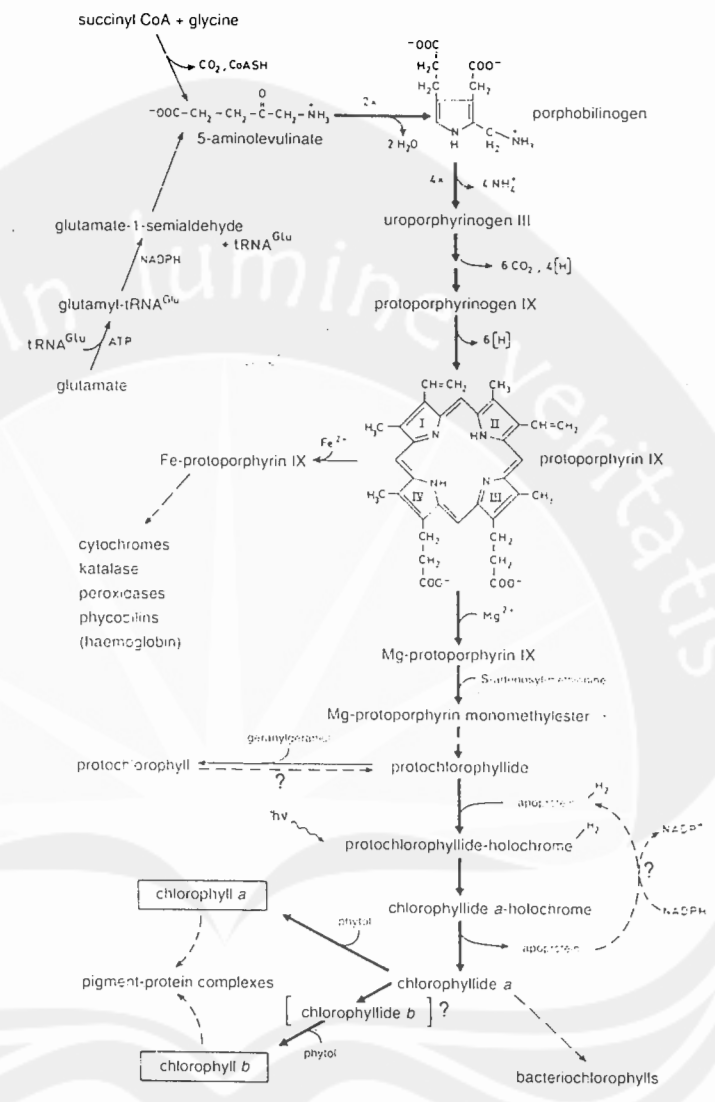
c. Oksigen :

Kecambah yang ditumbuhkan di dalam gelap, kemudian ditempatkan di cahaya tidak mampu membentuk klorofil, jika tidak diberikan oksigen.

d. Karbohidrat :

Pemberian gula di dalam membantu proses pemanjangan batang sebagai respon terhadap cahaya.

- e. Unsur-unsur *N*, *Mg* dan *Fe* yang menjadi bahan pembentuk klorofil, defisiensi salah satu unsur tersebut tadi akan mengakibatkan klorosis pada tanaman. Unsur-unsur *Mn*, *Cu*, *Zn* yang meskipun dalam jumlah yang relatif sedikit, juga membantu pembentukan klorofil.
- f. Air :
Kekurangan air mengakibatkan desintegrasi dari klorofil seperti terjadi pada rumput dan pohon-pohonan di musim kering.
- g. Temperatur :
Temperatur optimal bagi pembentukan klorofil adalah 26°C-30°C dengan kisaran antara 3°C - 48°C.



Gambar 4. Proses Pembentukan klorofil (Mohr & Schoper, 1994)