

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

2.1. Biologi Tanaman Kubis

2.1.1. Klasifikasi Kubis

Asal-usul tanaman kubis budidaya diduga berawal dari kubis liar yang tumbuh di sepanjang pantai Laut Tengah, Inggris, Denmark, dan sebelah utara Perancis Barat, serta Pantai Glamorgan (Rukmana, 1994). Masing-masing spesies dibedakan berdasarkan ukuran, warna, dan bentuk krop (Kelly & Thompson, 1987).

Klasifikasi tanaman kubis, menurut Jones & Arlene (1986), adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Ordo	: Brassicales
Familia	: Cruciferae (Brassicaceae)
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>capitata</i>

2.1.2. Morfologi Kubis

Tanaman kubis yang dibudidayakan umumnya tumbuh semusim (annual) ataupun dua musim (biennial) yang berbentuk perdu (Rukmana, 1994). Sistem perakaran relatif dangkal yaitu pada kedalaman 30-35 cm dari permukaan tanah. Akar tunggang terlihat bercabang-cabang dan memiliki banyak cabang atau serabut akar (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Batang umumnya pendek dan banyak mengandung air (*herbaceous*) (Rukmana, 1994).

Kubis telur (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) memiliki daun tunggal berbentuk bulat telur sampai lonjong, tebal, agak keras, tertutup zat lilin, tepi daun rata, serta tulang daun menyirip (Arief, 1990; Rukmana, 1994; Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Warna daun hijau kebiruan dan berukuran besar dengan panjang mencapai 50 cm atau lebih. Duduk daun tersebar pada batang berdekatan satu sama lain sehingga seolah-olah beruas. Daun pertama bertangkai panjang, semakin lama memendek dan akhirnya membentuk roset (Pracaya, 1981). Pembentukan krop dimulai dari daun luar ke dalam. Daun akan saling menutup dan membentuk bulatan seperti bola/telur (krop) yang berwarna putih bersih. Fase dewasa (generatif) dimulai pada waktu tanaman kubis membentuk krop (Sunarjono & Soemartono, 1992 dan Rukmana, 1994).

Tipe bunga tandan memanjang (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Bunga Brassicaceae adalah bunga sempurna yang mempunyai ciri 4 helai daun kelopak berwarna hijau, 4 helai daun mahkota berwarna kuning muda, 4 helai benangsari

bertangkai panjang, 2 helai benangsari bertangkai pendek, dan 1 buah putik yang beruang dua. Selama 1-2 bulan dapat berbunga terus dan jumlah bunga yang dihasilkan lebih dari 500 kuntum. Pembungaan kubis di Indonesia hanya dapat dilakukan di dalam *green house* dengan pengaturan suhu rendah (vernalisasi) pada suhu 0° - 4° C selama 1-2 bulan. Tangkai bunga akan keluar dari ketiak daun ke arah atas (Rukmana, 1994).

Buah berbentuk ramping dengan diameter 3-5 mm dan panjang 50-100 mm, serta sering pecah ketika matang. Biji terdapat dalam buah polong, berjumlah banyak, kecil, bundar, dan berwarna coklat (Rubatzky & Yamagutchi, 1997).

Kubis dapat tumbuh dengan baik di daerah Indonesia pada iklim dingin yang lembab dengan ketinggian 600-2000 m dpl (Pracaya, 1981). Kelembaban yang diperlukan adalah 80%-90%, dengan suhu berkisar antara 15° - 20° C, serta cukup mendapat sinar matahari (Rukmana, 1994). Tanaman kubis dapat ditanam pada hampir semua jenis tanah namun jenis tanah yang ideal adalah tanah liat berpasir dan cukup bahan organik. Keasaman (pH) tanah harus berada dalam kisaran 6-8. Waktu panen kubis yaitu 60-90 hari setelah penyemaian benih (Rubatzky & Yamagutchi, 1997).

2.2. Pigmen Kloroplas

Pigmen dalam membran tilakoid kloroplas sebagian besar terdiri dari dua jenis klorofil hijau yaitu klorofil a dan klorofil b. Pigmen lainnya adalah karotenoid

yang berwarna kuning sampai jingga. Semua klorofil dan karotenoid melekat di dalam tilakoid dan menempel pada molekul protein (Salisbury & Ross, 1995b).

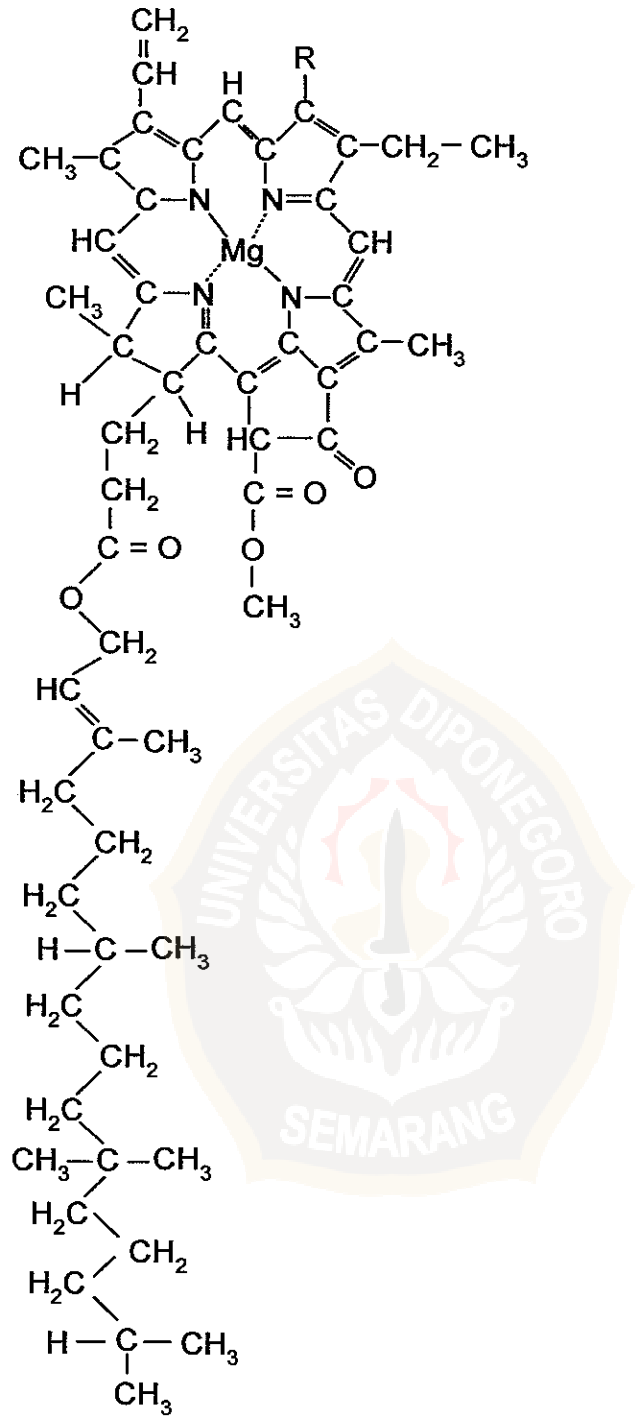
2.2.1. Pigmen Klorofil

Pada tumbuhan tingkat tinggi terdapat dua jenis klorofil yaitu klorofil a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) yang berwarna hijau kebiru-biruan dan klorofil b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) yang berwarna hijau kekuning-kuningan (Sutrian, 1992). Perbandingan klorofil a dengan klorofil b pada tumbuhan tingkat tinggi yaitu antara 3:1 (Robinson, 1995).

Klorofil a berperan secara langsung dalam reaksi terang yang mengubah energi matahari menjadi energi kimiawi. Klorofil b merupakan pigmen pelengkap yang berfungsi untuk menyerap cahaya dan menyalurkan energinya ke klorofil a yang kemudian digunakan dalam reaksi terang pada fotosintesis (Campbell dkk, 2002).

Klorofil terdapat dalam jumlah banyak di dalam kloroplas dan mudah diekstraksi ke dalam pelarut lipid seperti aseton dan eter (Harborne, 1984). Klorofil menyerap cahaya pada panjang gelombang sekitar 400 nm dan 600-800 nm (Stanier dkk, 1984).

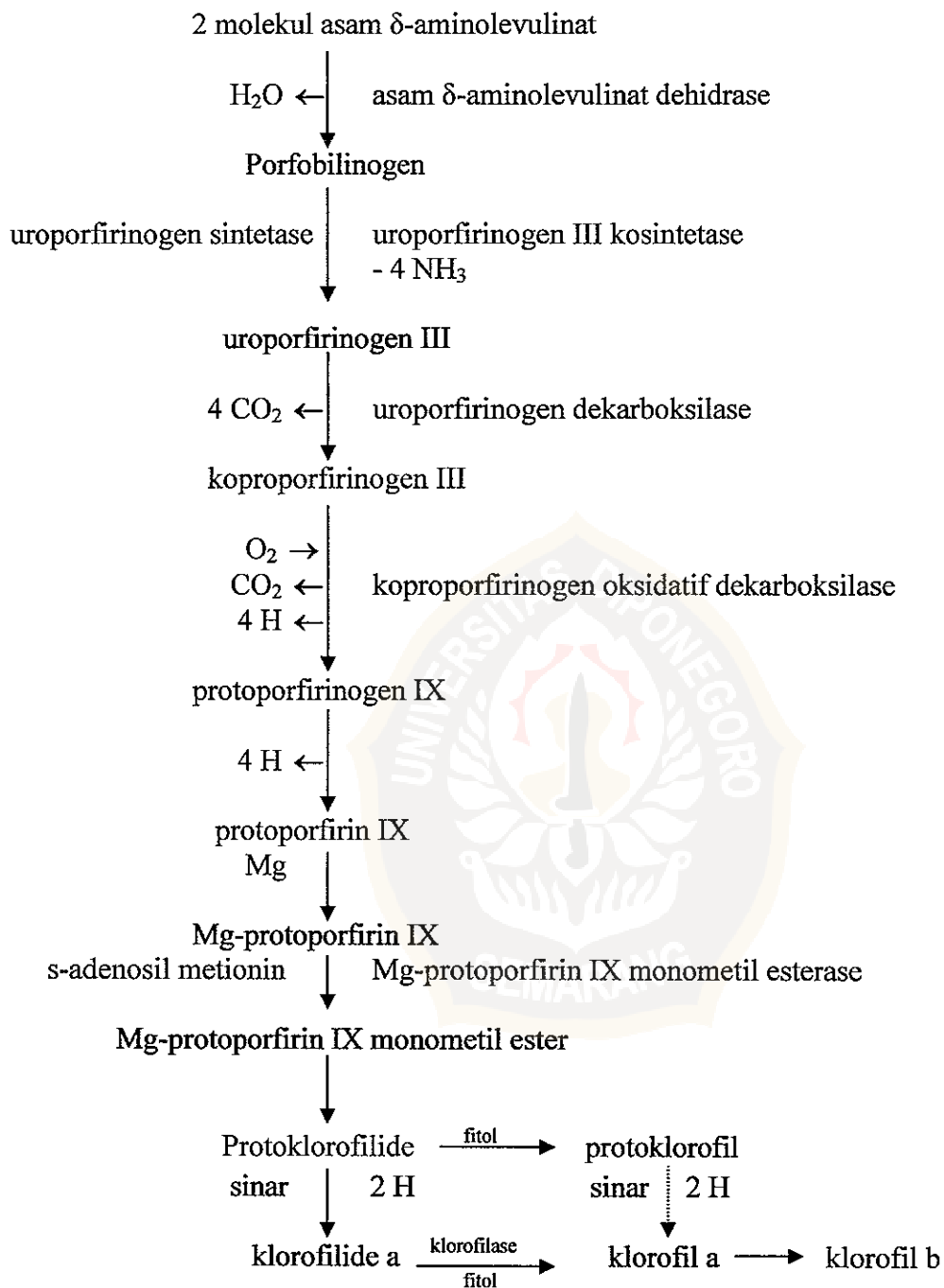
Menurut Lehninger (1982) struktur klorofil terdiri atas cincin porfirin dengan atom magnesium yang berada di tengahnya dan rantai fitol. Gugus R pada klorofil a adalah gugus metil (CH_3) dan pada klorofil b adalah gugus aldehyd (CHO). Struktur klorofil disajikan pada gambar 01.



Gambar 01. Struktur klorofil (Lehninger, 1982)

Menurut Abidin (1991) dan Robinson (1995) biosintesis klorofil dimulai dari pengubahan glutamat menjadi asam δ -aminolevulinat. Adanya enzim asam δ -aminolevulinat dehidrase dan 2 molekul asam δ -aminolevulinat membentuk porfobilinogen. 4 molekul porfobilinogen membentuk uroporfirinogen III dengan bantuan enzim uroporfirinogen sintetase dan uroporfirinogen III kosintetase. 4 substituen asam asetat dan uroporfirinogen III didekarboksilasi dengan bantuan uroporfirinogen dekarboksilase menghasilkan koproporfirinogen III. Adanya koproporfirinogen oksidatif dekarboksilase pada kondisi aerob akan membentuk protoporfirinogen IX dari koproporfirinogen III. Oksidasi dari protoporfirinogen IX membentuk protoforpirin IX yang kemudian bergabung dengan magnesium menghasilkan Mg-protoporfirin IX. S-adenosil metionin dan enzim Mg-protoporfirin IX metil esterase mengkatalisis pembentukan 1 gugus metil menjadi Mg-protoporfirin IX monometil ester. Perubahan terjadi pada Mg-protoporfirin IX monometil ester menjadi protoklorofilide. Protoklorofilide berubah menjadi klorofilide a bila terkena sinar kemudian enzim klorofilase akan mengkatalisis esterisasi gugus fitol pada klorofilide a sehingga terbentuk klorofil a. Klorofil a tersebut dapat berubah menjadi klorofil b misalnya disebabkan karena daun terlindungi dari cahaya. Protoklorofil juga dapat dibentuk sebagai hasil penambahan gugus fitol ke dalam protoklorofilide. Jalur biosintesis klorofil tersebut disajikan pada gambar 02.

Glutamat \longrightarrow asam δ -aminolevulinat



Gambar 02. Jalur biosintesis klorofil (Abidin, 1991 dan Robinson, 1995)

Menurut Dwidjoseputro (1978) dan Salisbury & Ross (1995b), faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil yaitu :

a. Faktor genetis

Pembentukan klorofil dan pigmen lain dibawakan oleh suatu gen tertentu di dalam kromosom. Jika gen itu tidak ada maka akan tampak putih (albino).

b. Cahaya

Tanaman yang tumbuh pada tempat gelap tidak berhasil membentuk klorofil (terjadi klorosis).

c. Oksigen

Kecambah yang ditumbuhkan dalam gelap kemudian ditempatkan di tempat terang tidak mampu membentuk klorofil bila tidak ada oksigen.

d. Karbohidrat

Karbohidrat, terutama dalam bentuk gula, membantu pembentukan klorofil dalam daun yang mengalami etiolasi.

e. Nitrogen, magnesium, besi dan sulfur

Nitrogen, magnesium, dan besi merupakan bahan pembentuk klorofil. Tanaman akan mengalami klorosis apabila kekurangan bahan tersebut.

f. Unsur Mn, Cu, dan Zn

Unsur Mn, Cu, dan Zn membantu dalam pembentukan klorofil, meskipun dibutuhkan dalam jumlah sedikit.

g. Air

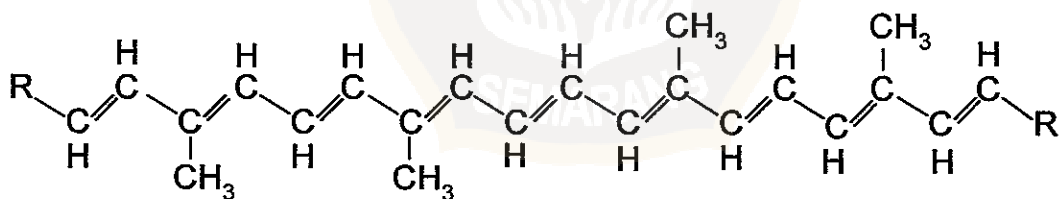
Air merupakan faktor utama dalam pembentukan klorofil. Kekurangan air mengakibatkan kerusakan klorofil.

h. Temperatur

Kondisi yang baik untuk pembentukan klorofil pada kebanyakan tanaman yaitu pada temperatur 3° - 48° C, namun temperatur yang paling baik adalah 26° - 30° C.

2.2.2. Pigmen Karotenoid

Karotenoid adalah pigmen pelengkap dalam proses fotosintesis yang terdapat di dalam kloroplas dengan rata-rata berat molekul 545. Pigmen ini menampilkan warna merah, oranye, atau kuning (Hendry & Grime, 1993 dan Campbell dkk, 2002). Menurut Stanier dkk (1984) karotenoid mampu menyerap cahaya pada panjang gelombang antara 450-550 nm. Struktur karotenoid disajikan pada gambar 03.



Gambar 03. Struktur karotenoid (Stanier, 1984)

Karotenoid dibagi menjadi karoten dan xantofil yang mengandung 40 atom karbon. Perbandingan antara karoten dan xantofil adalah 1:2. Karoten dan xantofil

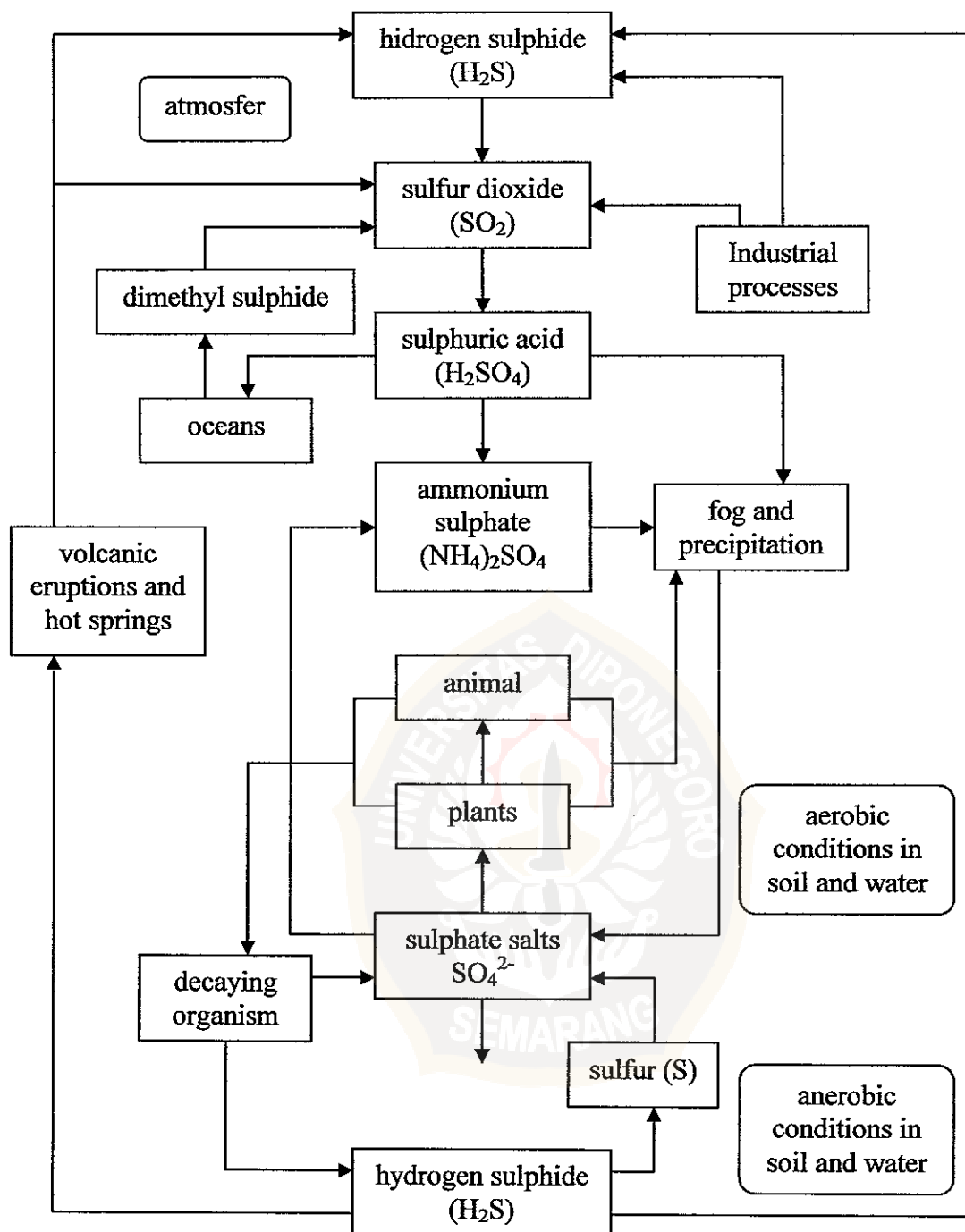
mempunyai peranan yang berbeda pada proses fotosintesis. Karoten melindungi kerusakan yang terjadi pada klorofil, sedangkan xantofil berperan dalam mengabsorpsi cahaya untuk proses fotosintesis (Abidin, 1991). Energi yang diserap selanjutnya diteruskan kepada klorofil a untuk digunakan dalam proses fotosintesis (Kimball, 2000). Jalur biosintesis karotenoid disajikan pada gambar 04.



Gambar 04. Jalur biosintesis karotenoid (Robinson, 1995)

2.3. Sulfur Dalam Tanaman

Sulfur berasal dari bahan organik tanah dan juga garam-garam anorganik, seperti kalsium sulfat dan magnesium sulfat. Atmosfer mengandung gas sulfur (SO_2), begitu juga air hujan (hujan asam) (Gardner dkk, 1970). Siklus sulfur di alam disajikan pada gambar 05.



Gambar 05. Siklus Sulfur (Anonim, 2005)

Sulfur diserap dari dalam tanah dalam bentuk anion sulfat valensi dua (SO_4^{2-}). Sulfur diserap oleh akar sebanyak yang diperlukan saja dan sebagian besar sulfat ditranslokasikan tanpa perubahan ke tajuk melalui xilem (Salisbury & Ross, 1995a). Sulfur juga diserap melalui daun dalam bentuk SO_2 dengan jumlah yang kecil, namun pada dasarnya merupakan racun bagi tanaman (Nyakpa dkk, 1998).

Reduksi sulfat berlangsung di akar maupun batang tumbuhan, tapi sebagian besar sulfur diangkut melalui xilem ke daun dalam bentuk SO_4^{2-} nonreduksi. Proses reduksi sulfat di daun berlangsung di kloroplas, sedangkan proses reduksi sulfat di akar berlangsung di proplastid. Sulfat (SO_4^{2-}) akan bereaksi dengan ATP menghasilkan adenosin-5'-fosfosulfat (APS) dan pirofosfat (PPi). Gugus sulfat APS diangkut ke atom sulfur dari molekul penerima (XSH) yang diduga adalah glutathion atau tioredoksin yang kemudian berubah menjadi X-S- SO_3^- . Reduksi sulfur terjadi pada gugus SO_3^- dalam X-S- SO_3^- oleh feredoksin yang akan menghasilkan XSSH dan sulfida bebas. Sulfida yang dihasilkan akan diubah menjadi sistein dan metionin (Salisbury & Ross, 1995b).

Sulfur merupakan penyusun asam amino sistein dan metionin. Sulfur juga mengaktifkan enzim proteolitik tertentu dan merupakan penyusun koenzim A, glutathion dan vitamin-vitamin tertentu. Anggota-anggota familia Cruciferae mungkin mengandung sulfur lebih dari 1%. Minyak pada beberapa tanaman kaya akan sulfur, terutama minyak mustard pada Cruciferae dan bawang merah (Gardner dkk, 1970 dan Nyakpa dkk, 1998).

2.4. Kawah Sikidang Dieng

Kawah Sikidang terletak pada ketinggian \pm 2000 m dpl dan merupakan salah satu dari sekian banyak kawah di Dataran Tinggi Dieng yang terus menerus mengeluarkan gas sulfur (Prawiro, 1988). Komponen penyusun gas sulfur yang terdapat di sekitar Kawah Sikidang yaitu SO_2 dan H_2S (Firdaus, 1994 dalam Suwondo dkk, 1996).

Aktivitas kawah dapat meningkatkan kadat polutan udara, terutama oksida sulfur yaitu SO_2 dan H_2S , sehingga akan mempengaruhi lingkungan (Larcher, 1995). Sulfur dioksida dan hujan asam mempunyai bermacam-macam hubungan timbal balik dengan fisiologi dan biokimia tanaman. Asam sulfit dan atau bisulfit dapat menghilangkan ion Mg^{2+} dari cincin tetrapireol pada molekul klorofil sehingga mengubah klorofil menjadi feofitin yaitu pigmen yang tidak aktif terhadap fotosintesis (Connell & Miller, 1995).

Gas sulfur yang dikeluarkan dari kawah terdifusi ke atmosfer dengan arah vertikal maupun horizontal. Kecepatan dan arah penyebaran gas itu ditentukan oleh kadar gas sulfur di permukaan kawah, keadaan cuaca khususnya angin, dan keadaan topografi setempat. Proses penurunan kadar sulfur di udara terjadi pada saat gas sulfur terdifusi. Hal ini disebabkan karena sebagian gas itu terdeposit, baik dalam keadaan basah maupun kering, pada permukaan setiap benda yang dikenainya sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kadar gas sulfur dan atau keasaman habitat sepanjang arah difusi gas (Nasir dkk, 1994 dalam Suwondo dkk, 1996).

2.5. Hipotesis

Klorofil dan karotenoid merupakan pigmen yang terdapat di dalam daun. Klorofil berperan dalam proses fotosintesis, sedangkan karotenoid membantu proses fotosintesis dengan cara memperluas daerah penyerapan cahaya dan melindungi klorofil terhadap kerusakan akibat cahaya oleh sinar bergelombang pendek (Campbell dkk, 2002).

Penelitian Firdaus & Nasir (1995) dalam Nurhidayah dkk, (2001) menyatakan bahwa gas sulfur yang dikeluarkan Kawah Sikidang akan terdifusi ke atmosfer. Sebagian gas sulfur tersebut kemudian terdeposit pada permukaan setiap benda yang dikenainya sehingga terjadi penurunan kadar gas sulfur dan atau keasaman habitat sepanjang arah difusi gas.

Tanaman kubis (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) banyak ditanam di lahan pertanian sekitar Kawah Sikidang. Gas sulfur mampu menyebabkan tanaman yang tumbuh di daerah sekitar kawah mengalami klorosis. Hal ini menimbulkan dugaan bahwa seiring dengan penambahan jarak lokasi penanaman dari kawah akan menyebabkan peningkatan kadar klorofil dan penurunan kadar karotenoid.