

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

2.1. Tanaman Kentang

2.1.1. Morfologi tanaman kentang

Tanaman kentang merupakan tanaman dikotil tahunan berumur pendek yang ditanam sebagai tanaman budidaya untuk diambil umbinya. Tanaman kentang mempunyai daun yang rimbun dan letak daun yang berselang-seling mengelilingi batang. Helaian daun berbentuk oval agak bulat dengan ujung meruncing, mempunyai anak daun yang tersusun dalam tangkai daun secara berhadapan yang disebut daun majemuk menyirip. Warna daun hijau muda sampai hijau tua. Batang tanaman kentang berongga dan tidak berkayu. Bunga kentang adalah *zigomorph* (mempunyai bidang simetris), berjenis kelamin dua, warna *corolla* (mahkota bunga) putih, merah jambu atau ungu. Mahkota berbentuk terompet dengan ujung seperti bintang, 5 buah benang sari melingkari tangkai putik (Warsito, 1982).

Menurut Samadi (1997), tanaman kentang mempunyai dua sistem perakaran yaitu akar tunggang dan serabut. Akar tunggang dapat menembus tanah sampai kedalaman 45 cm, sedangkan akar serabut umumnya tumbuh menjalar ke samping dan menembus tanah dangkal. Akar tanaman berwarna keputih-putihan dan halus berukuran kecil. Diantara akar-akar tersebut akan ada yang berubah bentuk dan fungsi menjadi bakal umbi atau stolon yang selanjutnya akan menjadi umbi kentang. Proses pembentukan umbi ditandai dengan terhentinya pertumbuhan memanjang dari rhizome atau stolon yang diikuti pembesaran, sehingga rhizome membengkak. Umbi

berfungsi menyimpan cadangan makanan seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral dan air. Umbi kentang memiliki mata tunas sebagai alat perkembangbiakan yang akan menjadi tunas.

2.1.2. Klasifikasi

Menurut Tjitrosoepomo (1998), tanaman kentang dalam sistematika tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Klass	: Dicotyledoneae
Ordo	: Solanales
Famili	: Solanaceae
Genus	: Solanum
Spesies	: <i>Solanum tuberosum</i> Linn.

2.1.3. Syarat tumbuh

Tanaman kentang dapat tumbuh optimal pada daerah dengan curah hujan rata-rata 1500 mm/tahun, lama penyinaran untuk kegiatan fotosintesis adalah 9-10 jam/hari, suhu optimal untuk pertumbuhan adalah 18-21⁰C dengan kelembaban 80-90% (Anonim, 2003). Tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman kentang yaitu yang mempunyai struktur yang cukup halus atau gembur, drainase baik tanpa lapisan kedap air, remah dengan pH 5,5-6,5 (agak asam). Keasaman tanah lebih berpengaruh

pada tahap pertumbuhan tanaman dan perkembangan umbi (Smith, 1998). Menurut Rukmana (1997) tekstur dan kepadatan tanah berpengaruh terhadap bentuk, hasil dan kualitas umbi. Tanaman kentang dapat hidup di tanah vulkanis (andosol) yang gembur dan banyak mengandung humus.

Umur tanaman kentang bervariasi menurut varietasnya. Kentang varietas Genjah berumur 90–120 hari, varietas medium berumur 120–150 hari sedangkan varietas dalam berumur 150–180 hari. Tanaman kentang dapat tumbuh tegak dengan ketinggian 0,5–1,2 m tergantung pada varietasnya (Rukmana, 1997).

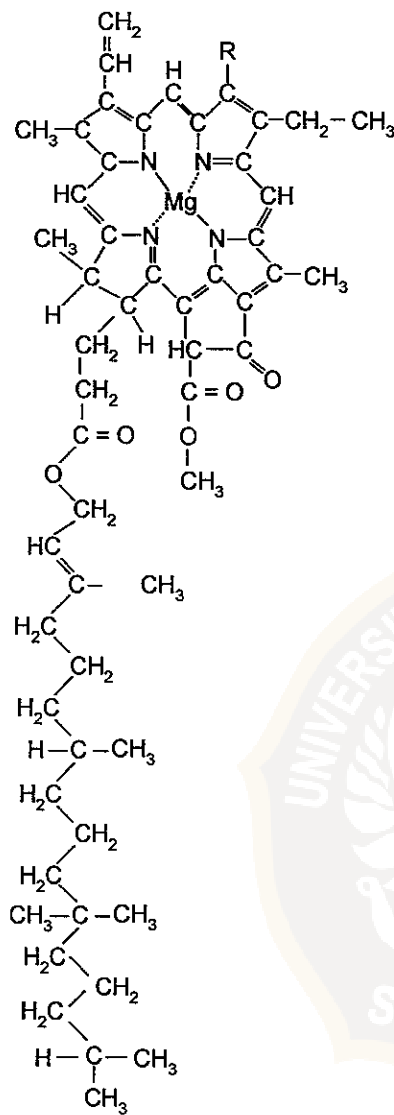
2.2. Pigmen Daun

2.2.1. Klorofil

Pigmen daun yang terdapat pada lembaran tilakoid adalah klorofil a, klorofil b dan karotenoid. Pigmen ini banyak terdapat di permukaan luar membran internal yang disebut tilakoid yang berbentuk bulat pipih seperti kantong yaitu kloroplas. Pengamatan kloroplas dengan mikroskop cahaya menunjukkan bentuk cakram. Jumlah kloroplas dalam tiap sel tergantung pada tipe tumbuhan. Pada posisi tertentu tilakoid akan menumpuk membentuk struktur yang disebut granum (Lakitan, 1993).

Menurut Lehninger (1982), sel fotosintetik tumbuhan tingkat tinggi selalu mengandung 2 jenis klorofil yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a berwarna hijau tua dan terdapat dalam kloroplas semua sel tumbuhan hijau dengan rumus molekul $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. Klorofil b berwarna hijau muda dengan rumus molekul $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. Menurut Lehninger (1982) dan Kimball (2000), 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 aldehid (CHO). Struktur klorofil disajikan pada gambar 1:



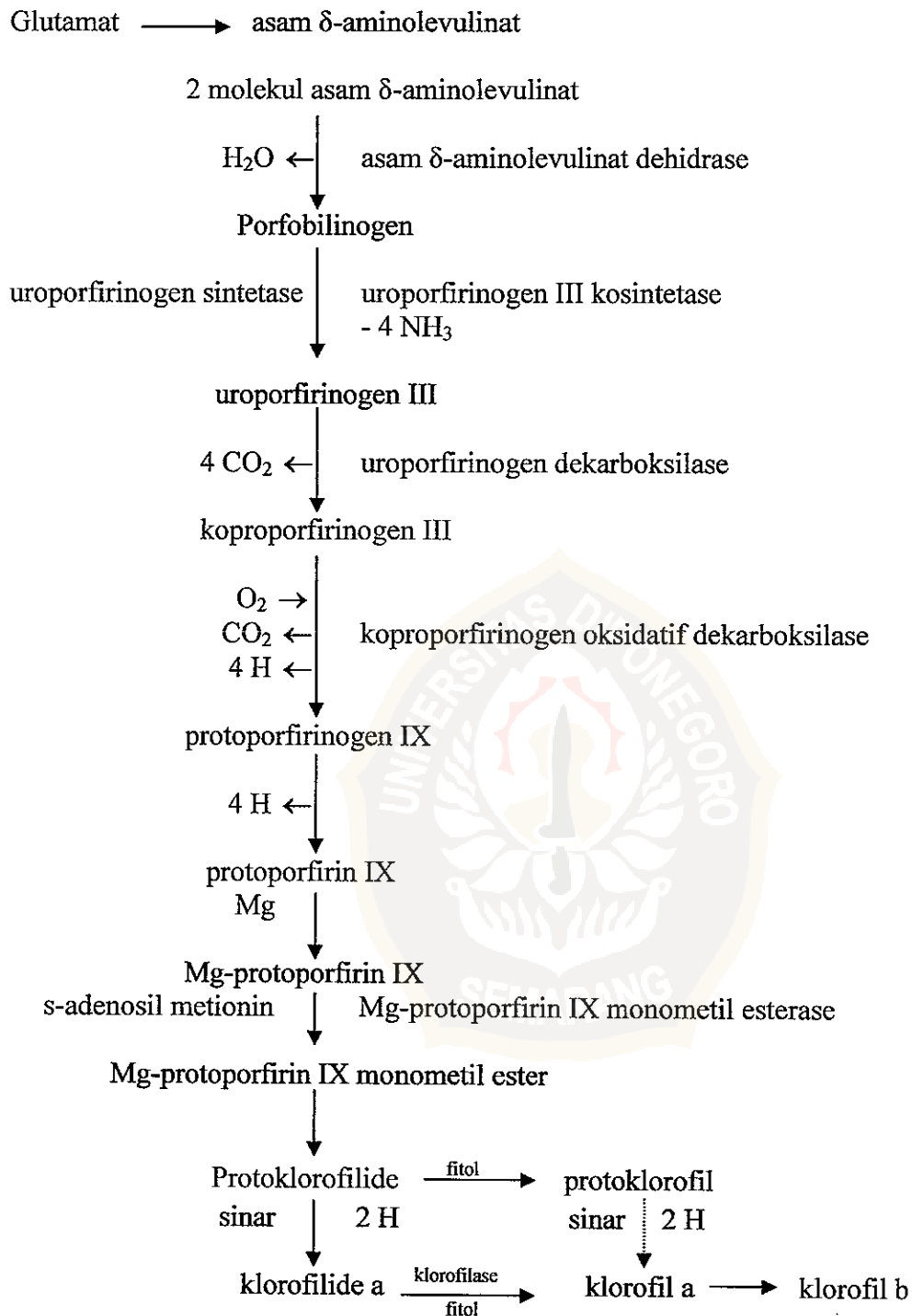
Gambar 1. Struktur Klorofil (Lehninger, 1982)

Perbandingan klorofil a dengan klorofil b pada tumbuhan tingkat tinggi yaitu antara 3:1 (Robinson, 1995). Menurut Stanier dkk (1984), klorofil menyerap cahaya

pada panjang gelombang 400 nm dan 600–800 nm. Klorofil tidak larut dalam air tetapi larut dalam etanol, metanol, eter, aseton, benzena dan kloroform.

Menurut 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 disajikan pada gambar 02 :



Gambar 02. Jalur Biosintesis Klorofil (Robinson, 1995)

Pembentukan klorofil dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti yang dinyatakan oleh Dwijoseputro (1978) yaitu :

a. Faktor genetik

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

b. Cahaya

Terdapat protoklorofil yang mirip dengan klorofil a dalam kloroplas. Protoklorofil mengandung kurang 2 atom H daripada klorofil a. Reduksi protoklorofil untuk menjadi klorofil a memerlukan cahaya efektif yaitu pada panjang gelombang 450 dan 650 nm, yang akan diserap oleh protoklorofil untuk mengubah dirinya menjadi klorofil a. Peristiwa ini disebut autotransformasi. Tetapi bila terlalu banyak cahaya akan berpengaruh buruk pada klorofil. Pada daun-daun yang terus menerus terkena cahaya matahari secara langsung akan menjadi hijau kekuning-kuningan. Tanaman yang secara alamiah tumbuh dalam cahaya dengan intensitas tinggi cenderung memiliki rasio klorofil a dan b yang lebih tinggi daripada tanaman yang tumbuh dalam intensitas cahaya yang rendah (Kirk, 1967 dalam Kartiko, 1994).

c. Oksigen

Tanaman yang ditumbuhkan di tempat gelap tidak mampu membentuk klorofil bila tidak ada oksigen.

d. Karbohidrat

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

e. Nitrogen, Magnesium dan Besi

Nitrogen, Magnesium dan Besi merupakan unsur pembentuk klorofil yang bila kekurangan unsur ini tanaman akan mengalami klorosis.

f. Unsur Mn, Cu dan Zn

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

g. Air

Air merupakan faktor utama dalam pembentukan klorofil. Bila tanaman kekurangan air akan mengakibatkan kerusakan pada klorofil.

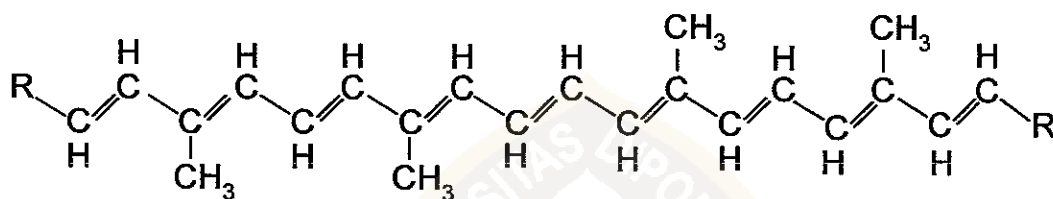
h. Temperatur

Kondisi yang baik untuk pembentukan klorofil pada kebanyakan tanaman yaitu antara 3–48⁰C dan optimum pada suhu 26–30⁰C.

Kandungan klorofil berbeda dari satu jenis tumbuhan dengan tumbuhan yang lain. Klorofil a dan b terdapat kira-kira 8% dari berat kering kloroplas bayam yang diisolasi dalam air. Kandungan klorofil juga dipengaruhi oleh lingkungan misalnya dengan adanya polutan. Kadar klorofil akan menurun sejalan dengan meningkatnya polusi udara (Fitter & Hay, 1995).

2.2.2. Pigmen pelengkap

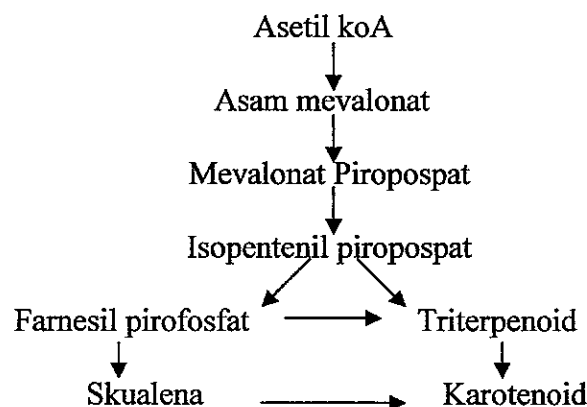
Menurut Lehninger (1982), membran tilakoid selain mengandung klorofil juga mengandung pigmen lain penyerap cahaya yang secara bersama-sama disebut pigmen pelengkap. Pigmen pelengkap ini meliputi bermacam-macam karotenoid yang berwarna kuning, merah atau ungu. Karotenoid yaitu tetraterpenoid C_{40} yang merupakan golongan pigmen yang larut lipid dan tersebar luas dalam semua jenis tumbuhan mulai dari bakteri sederhana sampai ke *Compositae* yang berbunga kuning (Harborne, 1987). Struktur karotenoid disajikan pada gambar 3 :



Gambar 3. Struktur Karotenoid (Abidin, 1991)

Karotenoid terletak di dalam kloroplas sama seperti klorofil. Karotenoid terdiri atas dua golongan yaitu golongan karoten dan golongan karotinol atau xantofil dengan perbandingan 1:2. Karoten adalah suatu persenyawaan hidrokarbon, berwarna merah dan mempunyai rumus kimia $C_{40}H_{56}$. Xantofil kebanyakan merupakan alkohol berwarna kuning. Luteol atau lutein juga banyak terdapat pada daun-daunan dengan rumus kimia $C_{40}H_{54}(OH)_2$, berwarna kuning. Zeaxantol $C_{49}H_{54}(OH)_2$ pada jagung berwarna kuning (Dwidjoseputro, 1978).

Jalur biosintesis karotenoid disajikan pada gambar 4 :



Gambar 4. Jalur Biosintesis Karotenoid (Robinson, 1995)

Isolasi karotenoid dari ekstrak tumbuhan tinggi sebagian besar adalah betakaroten, karena senyawa ini paling umum yang ditemukan. Pembentukan karotenoid dalam tumbuhan diperkirakan 108 ton setiap tahun (Harborne, 1987).

Menurut Stanier dkk (1984), karotenoid mempunyai daerah luas untuk penyerapan cahaya yaitu diantara 450 nm dan 550 nm. Hal ini menunjukkan bahwa spektrum absorpsi cahayanya berbeda dengan klorofil. Karotenoid berfungsi menyerap energi cahaya dan mengirimnya dengan laju yang sangat tinggi ke setiap pusat reaksi tunggal tempat terjadinya proses fitokimia yaitu klorofil a, sebagai pewarna bunga dan buah dan melindungi klorofil dengan menyaring panjang gelombang yang berbahaya (fotoproteksi) (Bregman, 1990).

Jumlah relatif karotenoid bervariasi secara khas pada spesies tanaman yang satu dengan tanaman yang lain. (Harborne, 1987). Variasi proporsi pigmen ini menyebabkan perbedaan yang khas pada warna sel fotosintetik dari hijau-biru gelap seperti pada pucuk cemara, warna kehijau-hijauan seperti daun maple sampai merah

coklat atau bahkan warna ungu pada berbagai spesies alga multiseluler dan daun-daun tanaman hias (Lehninger, 1982).

2.3. Sulfur dan peranannya bagi tumbuhan

Tiap makhluk hidup membutuhkan sulfur. Sulfur merupakan unsur hara esensial yaitu unsur hara yang sangat diperlukan bagi tumbuhan dan fungsinya tidak dapat digantikan oleh unsur lain, sehingga bila tidak terdapat dalam jumlah yang cukup dalam tanah, tanaman tidak dapat tumbuh normal. Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan tanaman, sulfur termasuk unsur hara makro. Unsur hara makro adalah unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak (Hardjowigeno, 1995).

Sulfur pada tumbuhan terdapat dalam bentuk protein khususnya asam amino sistein, glutathion dan metionin yang merupakan bagian pembangun protein. Senyawa esensial lain yang mengandung sulfur adalah vitamin, tiamin, biotin, dan ko-enzim A, yaitu suatu senyawa penting dalam respirasi dan dalam sintesis dan pemecahan asam lemak (Salisbury & Ross, 1995).

Pada awal mulanya sulfur terdapat dalam tanah. Gunung berapi menyediakan sulfur dalam bentuk gas dan zat padat di sekitar kawah (Dwidjoseputro, 1994). Kawah gunung berapi merupakan sumber sulfur dalam bentuk SO_2 dan H_2S . Komponen anorganik dari sulfur tanah adalah dalam bentuk sulfat dan hanya menyusun sebagian kecil dari keseluruhan kandungan dalam tanah. Hilangnya sulfur dari tanah disebabkan karena diserap oleh tanaman, pelindian sulfat dan penguapan SO_4^- menjadi H_2S (Rao, 1994).

Menurut Salisbury & Ross (1995) sulfur diserap dalam bentuk anion sulfat valensi dua (SO_4^{--}). Sulfur dimetabolismekan oleh akar sebanyak yang diperlukan saja dan sebagian besar sulfat ditranslokasikan tanpa perubahan ke tajuk melalui xilem. Proses asimilasi sulfat di daun berlangsung di kloroplas. Asimilasi sulfat di semua sel menghasilkan adenosin-5-fosfosulfat dan pirofosfat (Ppi) yang kemudian membentuk ATP. Sulfur dapat pula diserap oleh daun melalui stomata dalam bentuk gas sulfur dioksida (SO_2).

2.4. Fitotoksisitas gas sulfur dioksida (SO_2)

Gas sulfur dioksida merupakan pencemar lingkungan yang terutama dihasilkan dari pembakaran batu bara, kayu dan minyak (Salisbury & Ross, 1995). Menurut Wardana (1995) gas sulfur dioksida berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO_3 bersifat sangat reaktif. Gas SO_3 mudah bereaksi dengan uap air yang ada di udara untuk membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat sangat reaktif, mudah bereaksi dengan benda-benda lain yang mengakibatkan kerusakan seperti proses pengkaratan (korosi). Konsentrasi gas SO_2 di udara akan mulai terdeteksi oleh indra manusia pada konsentrasi antara 0,3 - 1 ppm.

Menurut Benert & Hill (1974) dalam Fitter & Hay (1994), tingkat konsentrasi polutan SO_2 yaitu 0,2 ppm dimana depresi laju fotosintesis dapat dideteksi. Banyak penelitian memperlihatkan bahwa SO_2 menyebabkan penurunan kecepatan fotosintesis, sesuai spesies dan faktor genetisnya. Penurunan kecepatan fotosintesis ini terjadi jauh sebelum gejala klorosis terlihat (Kozlowski, 1991 dalam Fitter & Hay, 1994). Konsentrasi SO_2 yang tinggi menyebabkan pelukaan daun. Gas SO_2

dapat menyebabkan stomata membuka meskipun daun dalam keadaan stress air, sehingga akan mengarah pada bertambahnya absorpsi SO_2 dan hilangnya air (Mansfield, 1976 dalam Fitter & Hay 1994). Menurut Connel & Miller (1995) asam sulfit dan bisulfit dapat menghilangkan ion magnesium dari cincin tetrapirrol pada molekul klorofil sehingga mengubah klorofil menjadi phaeopitin, yaitu suatu pigmen yang tidak aktif terhadap fotosintesis.

Gejala toksisitas sulfur meliputi klorosis pada seluruh daun dan berkas pembuluhnya. Pada beberapa spesies, sulfur tidak mudah dipindahkan dari jaringan dewasa (Salisbury & Ross, 1995). Pada konsentrasi 0,00035 mg/l, gas SO_2 dapat menyebabkan robeknya membran kloroplas sehingga klorofil rusak (Hopkins, 1995 dalam Nurhidayah dkk, 2001).

2.5. Kawah Sikidang

Kawah Sikidang terletak pada ketinggian ± 2000 dpl, merupakan salah satu dari sekian banyak kawah di Dataran Tinggi Dieng yang secara terus menerus mengeluarkan gas sulfur. Selain terdapat kawah-kawah yang masih aktif mengeluarkan gas sulfur, di sekitar kawah juga terdapat solfatar-solfatar sehingga daerah ini mengeluarkan SO_2 ke udara dalam jumlah yang relatif besar (Prawiro, 1988).

2.6. Hipotesis

Kawah Sikidang Dieng mengeluarkan gas sulfur dalam bentuk SO_2 dan H_2S dengan konsentrasi yang tinggi. Gas sulfur akan terdifusi di udara dan terakumulasi di dalam tanah kemudian diabsorpsi tanaman melalui daun maupun akar.

Menurut Abidin (1991) pada tanaman tingkat tinggi terdapat dua pigmen yaitu klorofil dan karotenoid. Klorofil merupakan pigmen daun yang berfungsi dalam fotosintesis sedangkan karotenoid sebagai pelindung klorofil. Kadar sulfur yang tinggi di dalam sel dapat merusak klorofil.

Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa penambahan jarak lokasi penanaman dari kawah akan meningkatkan kadar klorofil dan menurunkan kadar karotenoid.

