

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Gulma

Gulma adalah tumbuhan yang tumbuh pada areal yang tidak dikehendaki yakni tumbuh pada areal pertanaman. Gulma secara langsung maupun tidak langsung merugikan tanaman budidaya. Gulma dapat merugikan tanaman budidaya karena bersaing dalam mendapatkan unsur hara, cahaya matahari, dan air. Pengenalan suatu jenis gulma dapat dilakukan dengan melihat keadaan morfologi, habitat, dan bentuk pertumbuhannya (Gupta, 1984).

Menurut Sutidjo (1981) ditinjau dari segi ekologi gulma merupakan tumbuhan yang mudah beradaptasi dan memiliki daya saing yang kuat dengan tanaman budidaya. Karena gulma mempunyai sifat mudah beradaptasi dengan tempat lingkungan tumbuhnya maka gulma memiliki beberapa sifat diantaranya:

(1) mampu berkecambah dan tumbuh pada kondisi zat hara dan air yang sedikit, biji tidak mati dan mengalami dorman apabila lingkungan kurang baik untuk pertumbuhannya, (2) tumbuh dengan cepat dan mempunyai pelipat gandaan yang relatif singkat apabila kondisi menguntungkan, (3) dapat mengurangi hasil tanaman budidaya dalam populasi sedikit, (4) mampu berbunga dan berbiji banyak, (5) mampu tumbuh dan berkembang dengan cepat, terutama yang berkembang biak secara vegetatif (Mercado, 1979).

Tanaman pokok yang lebih dominan dari pada gulma dan tingkat kepadatan gulma yang rendah, tidak terlalu berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Jika gulma mempunyai tingkat kerapatan yang tinggi, akan menyebabkan terjadinya kompetisi antara tanaman pokok dan gulma, sehingga dapat menurunkan kuantitas hasil pertanian. Penurunan tersebut akibat dari persaingan antara gulma dan tanaman pokok untuk mendapatkan sinar matahari, air tanah, unsur hara, ruang tumbuh, dan udara (Sukman, 2003).

2.2. *Asystasia intrusa*

Nama lain *Asystasia intrusa* adalah *Asystasia gangetica*. Dalam dunia tumbuhan termasuk ke dalam famili Acanthaceae, genus *Asystasia*. Asal tumbuhan ini dari Afrika. *Asystasia intrusa* merupakan gulma penting di perkebunan (Gambar 1).



Gambar 1. Morfologi *Asystasia intrusa* (foto koleksi pribadi).

Asystasia intrusa dapat ditemukan di daerah sampai 500 meter di atas permukaan laut. Dapat tumbuh baik pada daerah ternaungi maupun daerah

terbuka. Pada daerah yang ternaungi seperti daerah perkebunan dengan tanaman yang relatif tinggi, tanaman ini banyak menghasilkan daun dan menghasilkan organ vegetatif. Merupakan rumput liar subur dan kompetitif yang membutuhkan unsur hara tinggi terutama N dan P. Menghasilkan biji dengan baik dengan viabilitas hingga 85% yang dapat bertahan hingga 8 bulan didalam tanah.

Pada kondisi alami biji dapat berkecambah pada 30 hari setelah pecah, dan 10 minggu setelah perkecambahan dapat tumbuh cepat, kemudian menghasilkan buah polong dengan biji setelah 8 bulan atau lebih (Haryatun, 2008).

2.2.1. Akar *Asystasia intrusa*

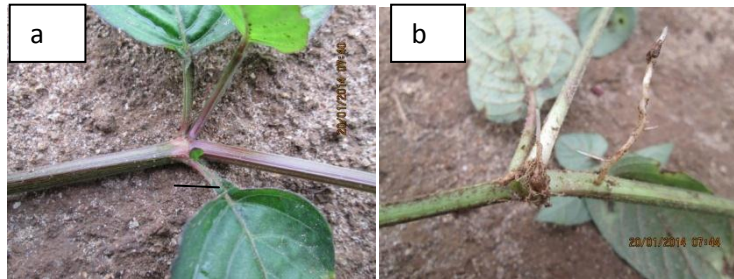
Akar *Asystasia intrusa* melekat pada cabang. Sistem perakaran tunggang, bercabang kecil dan memiliki bulu-bulu akar. Akar berwarna putih kecoklatan



Gambar 2. Akar *Asystasia intrusa*
(a. Akar b. Cabang Akar)(foto koleksi pribadi).

2.2.2. Batang *Asystasia intrusa*

Asystasia intrusa merupakan tanaman herba yang tumbuh cepat dan mudah berkembang biak. Berbatang lunak, berwarna hijau kecoklatan dan dapat tumbuh dalam keadaan yang kurang baik (gambar 3).



Gambar 3. Batang *Asystasia intrusa*

- a. Batang b. Stolon (batang yang menempel pada tanah)
(foto koleksi pribadi).

2.2.3 Daun *Asystasia intrusa*

Duduk daun berhadapan, berbentuk bulat panjang, pangkal bulat, ujung runcing, pertulangan daun menyirip dan bertangkai (gambar 4).



Gambar 4. Daun *Asystasia intrusa* (foto koleksi pribadi).

2.2.4 Bunga *Asystasia intrusa*

Bunga tersusun dalam tandan yang rapat seperti bulir, berwarna putih atau keungu-unguan, kelopak bunga menutupi ovary (gambar 5).



Gambar 5. Bunga *Asystasia intrusa* (foto koleksi pribadi).

2.2.5 Buah *Asystasia intrusa*

Buah kotak, 2-3 cm panjangnya, dalam satu buah kotak berbiji empat atau kurang. Saat buah belum masak kulit buah berwarna hijau, namun saat buah sudah masak maka kulit buah berwarna coklat (gambar 6).



Gambar 6. Buah *Asystasia intrusa* (→) (foto koleksi pribadi)

2.2.6 Biji *Asystasia intrusa*

Biji *Asystasia intrusa* kecil berwarna hitam kecoklat-coklatan, kecil dan ringan sehingga mudah diterbangkan oleh angin. Biji ini pecah dari polong dengan keadaan lingkungan yang tepat baik dari suhu dan penyinaran yang cukup. Bila penyinaran matahari lama saat biji pecah maka jarak loncat biji semakin jauh dari pohonnya (gambar 7).



Gambar 7. Biji *Asystasia intrusa* (a. Polong b.biji) (foto koleksi pribadi).

2.2.7 Klasifikasi *Asystasia intrusa*

Klasifikasi *Asystasia intrusa* (Cronguist, 1981)

Regnum : Plantae

Divisio : Magnoliophyta/Spermatophyta

Classis : magnoliopsida/Dicotyledoneae

Ordo : Scrophulariales

Familia : Acanthaceae

Genus : *Asystasia*

Species : *Asystasia intrusa*

2.3 Pengendalian Gulma

Pengendalian gulma dapat didefinisikan sebagai proses membatasi infestasi gulma sedemikian rupa sehingga tanaman budidaya lebih produktif. Dengan kata lain pengendalian bertujuan hanya menekan populasi gulma sampai tingkat populasi yang tidak merugikan secara ekonomi atau tidak melampaui ambang ekonomi, sehingga sama sekali tidak bertujuan menekan populasi gulma sampai nol. Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pada dasarnya ada enam macam metode pengendalian gulma, yaitu : mekanis, kultur teknis, fisik, biologis, kimia dan terpadu. Pengendalian gulma dengan cara kimia lebih diminati akhir-akhir ini, terutama untuk lahan pertanian yang cukup luas (Sukman et al, 1991).

Pengendalian dengan cara kimia ini adalah dengan menggunakan herbisida. Menurut Tjitrosoedirdjo *et al.* (1984), pengendalian dengan menggunakan herbisida memiliki beberapa keuntungan yaitu penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit dan lebih mudah dan cepat dalam pelaksanaan pengendaliannya. Salah satu pertimbangan yang penting dalam pemakaian herbisida adalah untuk mendapatkan pengendalian yang selektif, yaitu mematikan gulma tetapi tidak merusak tanaman budidaya. Keberhasilan aplikasi suatu herbisida dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : jenis herbisida, formulasi herbisida, ukuran butiran semprot, volume semprotan dan waktu pemakaian (pra pengolahan, pra tanam, pra tumbuh atau pasca tumbuh). Faktor lainnya yang mempengaruhi keberhasilan aplikasi herbisida adalah sifat kimia dari herbisida itu sendiri, iklim, kondisi tanah dan aktivitas mikroorganisme. Teknik

penyemprotan dan air pelarut yang digunakan juga mempengaruhi efektivitas herbisida yang diaplikasikan (Utomo *et al*, 1998).

2.4 Herbisida

Herbisida merupakan suatu bahan atau senyawa kimia yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan atau mematikan tumbuhan. Herbisida ini dapat mempengaruhi satu atau lebih proses-proses (seperti pada proses pembelahan sel, perkembangan jaringan, pembentukan klorofil, fotosintesis, respirasi, metabolisme nitrogen, aktivitas enzim dan sebagainya) yang sangat diperlukan tumbuhan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya.

Herbisida bersifat racun terhadap gulma atau tumbuhan pengganggu juga terhadap tanaman yang dibudidayakan. Herbisida yang diaplikasikan dengan konsentrasi tinggi akan mematikan seluruh bagian dan jenis tumbuhan. Pada dosis yang lebih rendah, herbisida akan membunuh tumbuhan dan tidak merusak tumbuhan yang di budidayakan (Sjahril dan Syam'un, 2011).

Menurut Sukman dan Yakup (1991) terdapat beberapa keuntungan menggunakan herbisida diantaranya : dapat mengendalikan gulma sebelum mengganggu tanaman budidaya, dapat mencegah kerusakan perakaran tanaman yang dibudidayakan, lebih efektif dalam membunuh gulma, dalam dosis rendah dapat berperan sebagai hormon tumbuh, dan dapat meningkatkan produksi tanaman budidaya dibandingkan dengan perlakuan pengendalian gulma dengan cara yang lain. Pemakaian suatu jenis herbisida secara terus menerus akan membentuk gulma yang resisten sehingga akan sulit mengendalikannya.

2.4.1 Klasifikasi Herbisida

1. Klasifikasi herbisida berdasarkan pada perbedaan derajat respon tumbuh-tumbuhan terhadap herbisida (selektivitas).

Herbisida selektif merupakan herbisida yang bersifat lebih beracun untuk tumbuhan tertentu dari pada tumbuhan lainnya. Contoh herbisida selektif adalah 2,4-D, ametrin, diuron, oksifluorfen, klomazon, dan karfentrazon. Sedangkan herbisida nonselektif merupakan herbisida yang beracun bagi semua spesies tumbuhan yang ada. Herbisida selektif sangat penting bagi sistem produksi tanaman. Dengan adanya sifat tersebut dapat dipilih herbisida yang mampu mengendalikan gulma dengan baik namun tidak meracuni tanaman yang dibudidayakan (Sjahril dan Syam'un, 2011).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi selektivitas suatu herbisida yakni faktor fisik dan faktor biologi atau hayati.

- a. Faktor-fisik yang mempengaruhi selektivitas yaitu semua faktor yang dapat mempengaruhi kontak antara herbisida yang diaplikasikan dengan permukaan gulma yang akan dikendalikan serta retensi atau pengikatan herbisida tersebut pada permukaan. Supaya efektif dalam mengendalikan gulma, maka herbisida yang diaplikasikan harus tetap kontak atau melekat atau berada pada tumbuhan sasaran atau gulma dan bertahan dalam waktu yang cukup lama serta dalam jumlah yang dapat mematikan gulma tersebut. Selektivitas ini dipengaruhi oleh dosis dan formulasi herbisida. Jumlah atau dosis herbisida yang diaplikasikan dan dapat

diserap oleh gulma akan menentukan selektivitas herbisida tersebut.

Semua jenis herbisida bersifat tidak selektif apabila diaplikasikan dengan dosis yang tinggi. Formulasi herbisida, misalnya adanya perekat atau tidak, akan menentukan jumlah herbisida yang mampu melekat pada permukaan gulma (Sjahril dan Syam'un, 2011).

- b. Faktor biologi yang menentukan selektivitas herbisida berkaitan dengan sifat morfologi, fisiologi, dan metabolisme tumbuhan. Permukaan daun yang berlilin, halus, atau berambut lebat akan lebih sulit terbasahi oleh herbisida yang diaplikasikan dengan pelarut air bila dibandingkan dengan permukaan yang tidak berlilin atau berambut. Posisi daun yang tegak juga akan menampung lebih sedikit herbisida yang diaplikasikan dibandingkan daun yang posisinya horisontal atau datar. Herbisida yang telah masuk dalam sel, sebagian ada yang tidak mobil dan yang lainnya dapat ditranslokasikan ke sel-sel lainnya. Sifat mobilitas herbisida dalam sel ini juga memiliki kontribusi terhadap selektivitas herbisida. Selektivitas antar spesies tumbuhan dapat pula disebabkan karena tumbuhan tertentu mampu mendetoksifikasi (membuat tidak beracun) herbisida yang diaplikasikan dibandingkan spesies lainnya.

Fase tumbuh gulma menentukan tingkat kerentanan gulma tersebut terhadap herbisida. Secara umum, pada fase kecambah gulma rentan terhadap herbisida. Dengan demikian, herbisida yang diaplikasikan pada gulma yang lebih muda akan bersifat kurang selektif bila dibandingkan

dengan gulma yang sudah tua dengan dosis yang direkomendasikan (Sjahril dan Syam'un, 2011).

2. Klasifikasi herbisida berdasarkan pada waktu aplikasinya

Ada dua tipe herbisida berdasarkan aplikasinya yaitu herbisida pratumbuh (*preemergence herbicide*) dan herbisida pascatumbuh (*postemergence herbicide*). Yang pertama disebarakan pada lahan setelah diolah namun sebelum benih ditebar. Biasanya herbisida jenis ini bersifat nonselektif, yang berarti membunuh semua tumbuhan yang ada. Yang kedua diberikan setelah benih memunculkan daun pertamanya. Herbisida jenis ini harus selektif, dalam arti tidak mengganggu tumbuhan pokoknya (Sjahril dan Syam'un, 2011).

3. Klasifikasi herbisida berdasarkan media atau jalur aplikasinya

Herbisida tertentu dapat diaplikasikan melalui daun. Herbisida yang termasuk dalam kelompok ini adalah herbisida pasca tumbuh, yaitu herbisida yang diaplikasikan pada saat gulma sudah tumbuh. Beberapa contoh herbisida pasca tumbuh adalah glifosat, paraquat, glufosinat, propanil, dan 2,4-D. Jalur aplikasi herbisida yang lain adalah melalui tanah, baik dilakukan dengan cara penyemprotan pada permukaan tanah maupun dicampur/diaduk dengan tanah. Herbisida yang diaplikasikan melalui tanah diarahkan untuk mengendalikan gulma sebelum gulma tersebut tumbuh (Sjahril dan Syam'un, 2011).

4. Klasifikasi berdasarkan tipe translokasi herbisida dalam tumbuhan

Secara umum herbisida dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu herbisida kontak (tidak ditranslokasikan) dan sistemik (ditranslokasikan).

- a. Herbisida kontak dapat mengendalikan gulma dengan cara mematikan bagian gulma yang terkena/kontak langsung dengan herbisida karena sifat herbisida ini tidak ditranslokasikan atau tidak dialirkan dalam tubuh gulma. Semakin banyak organ gulma yang terkena herbisida akan semakin baik daya kerja herbisida tersebut. Oleh sebab itu, herbisida kontak umumnya diaplikasikan dengan volume semprot tinggi sehingga seluruh permukaan gulma dapat terbasahi. Daya kerja herbisida tersebut kurang baik bila diaplikasikan pada gulma yang memiliki organ perkembangbiakan dalam tanah.
- b. Herbisida sistemik merupakan suatu herbisida yang dialirkan atau ditranslokasikan dari tempat terjadinya kontak pertama dengan herbisida ke bagian lainnya, biasanya akan menuju titik tumbuh karena pada bagian tersebut metabolisme tumbuhan paling aktif berlangsung. Herbisida ini dapat diaplikasikan melalui daun /pasca tumbuh ataupun melalui tanah/pratumbuh.

2.4.2. Mekanisme Kerja Herbisida

Pada umumnya herbisida bekerja dengan mengganggu proses anabolisme senyawa penting seperti pati, asam lemak atau asam amino melalui kompetisi dengan senyawa yang "normal" dalam proses tersebut. Herbisida menjadi

kompetitor karena memiliki struktur yang mirip dan menjadi kosubstrat yang dikenali oleh enzim yang menjadi sasarannya. Cara kerja lain adalah dengan mengganggu keseimbangan produksi bahan-bahan kimia yang diperlukan tumbuhan (Sjahril dan Syam'un, 2011).

2.4.3. Faktor Yang Mempengaruhi Respon Tanaman Terhadap Herbisida

Salah satu pertimbangan yang penting dalam pemakaian herbisida adalah untuk mendapatkan pengendalian yang selektif, yaitu mematikan gulma tetapi tidak merusak tanaman budidaya. Keberhasilan aplikasi suatu herbisida dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : jenis herbisida, formulasi herbisida.

Formulasi herbisida adalah bentuk herbisida yang dapat mempengaruhi daya larut, daya penguapan, daya meracun pada tanaman dan sifat-sifat lainnya (Moenandir, 1988).

Pada umumnya hanya sejumlah kecil herbisida yang diperlukan untuk mengendalikan gulma secara efisien. Tetapi justru ini yang sangat perlu agar jumlah yang kecil itu dapat disebarkan secara merata keseluruh bagian gulma yang ada. Apabila tidak merata atau terlalu sedikit, tidak dapat mematikan gulma, sedang bila terlalu banyak mungkin dapat menjadi racun bagi tanaman budidaya. Oleh karena itu herbisida harus diformulasikan sedemikian rupa agar mudah mengaturnya, aman dan efektif.

Herbisida diformulasikan untuk memudahkan pengaturan, penyimpanan dan pemakaian agar lebih aman serta meningkatkan keefektifan dalam mematikan gulma sasaran. Pemilihan formulasi yang akan digunakan harus disesuaikan

dengan kemudahan aplikasi, peralatan yang tersedia, jenis gulma sasaran, jenis tanaman budidaya dan keefektifannya (Wudianto, 2004).

Menurut Akobundu (1975), herbisida yang diformulasikan dalam bentuk cair lebih mudah digunakan karena mudah dalam proses pengukuran jika dibandingkan dengan formulasi dalam bentuk padat. Herbisida dalam bentuk cair lebih efektif dari herbisida yang diformulasikan dalam bentuk padat karena partikel-partikel dari bahan aktif yang terkandung dalam formulasi ini lebih halus sehingga proses penyebaran dan penyerapan herbisida ke permukaan tanah dan gulma lebih baik. Faktor lainnya yang mempengaruhi keberhasilan aplikasi herbisida adalah sifat kimia dari herbisida itu sendiri, iklim, kondisi tanah.

Kelemahan dari penggunaan herbisida adalah dapat menimbulkan efek samping seperti mengakibatkan resistensi beberapa spesies gulma, menimbulkan populasi gulma resisten yang dominan, dan residunya dapat meracuni tanaman. Keanekaragaman spesies dan kepadatan gulma telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir akibat semakin berkembangnya penggunaan herbisida yang memiliki tingkat efektivitas tinggi.

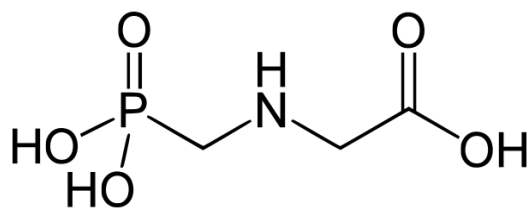
Jumlah (dosis) herbisida yang digunakan dapat dikurangi dengan mempersempit jarak antar tanaman budidaya, karena kunci keberhasilan untuk mengurangi kepadatan gulma dan mengurangi dosis herbisida yang digunakan adalah pengaturan jarak tanaman yang dibudidayakan (Tollenar et al, 1994).

2.4.4. Aplikasi herbisida

Aplikasi herbisida dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal adalah faktor yang terdapat pada gulma itu sendiri yaitu fase pertumbuhan gulma. Berdasarkan faktor internalnya, waktu aplikasi herbisida yang paling tepat adalah pada saat gulma masih muda dan belum memasuki pertumbuhan generatif. Pada fase ini, penyerapan bahan aktif herbisida yang diaplikasikan dapat berlangsung lebih efektif. Faktor eksternal adalah faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi keefektifan dan efisiensi aplikasi herbisida, misalnya curah hujan, angin, sinar matahari (cahaya), temperatur dan kelembaban udara. Curah hujan dapat menyebabkan bahan aktif herbisida tercuci, angin yang kencang dapat menerbangkan butiran-butiran larutan herbisida dan sinar matahari yang terik dapat menyebabkan terjadinya penguapan larutan herbisida yang diaplikasikan (Djojsumarto, 2008).

2.5 Bahan Aktif Glifosat

Nama kimia dari glifosat adalah N-(phosphonmethyl) glycine atau garam isopropylamine. Glifosat memiliki berat molekul 169.07, tidak berbau, dan berwarna putih jernih (kristal bening). Titik lebur 230 °C dengan massa jenis 0,5 g/cm³ (Landardale dan Savannah, 1998).

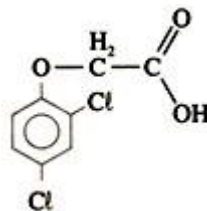


Gambar 8. Struktur kimia Glifosat (Riadi,2011)

Glifosat bersifat sistemik, yaitu mengendalikan gulma dengan cara menghambat proses metabolisme protein (Sukman dan Yakup, 1991). Herbisida ini bekerja dengan cara menghambat biosintesis asam-asam amino aromatik, seperti fenilalanin, tirosin, dan triptofan (Cremllyn, 1991). Gejala keracunan terlihat agak lambat, dimana daun akan terlihat layu menjadi coklat dan akhirnya mati. Glifosat merupakan herbisida pasca tumbuh non-residual yang bersifat non-selektif (Landardale dan Savannah, 1998).

2.6. Bahan Aktif 2,4-D (*2,4-dichlorophenoxy acetic acid*)

2,4-D merupakan senyawa hormon tumbuhan sintetik yang bekerja seperti indol asam asetat. 2,4-D adalah salah satu herbisida yang paling banyak digunakan di seluruh dunia sebagai pengendali gulma berdaun lebar. 2,4-D bersifat selektif dan sistemik, diserap melalui daun atau akar, ditranslokasikan dan akan terakumulasi pada jaringan muda (meristem) pucuk dan akar (Djojsumarto, 2008).



Gambar 9. Struktur kimia 2,4-D (Riadi,2011)

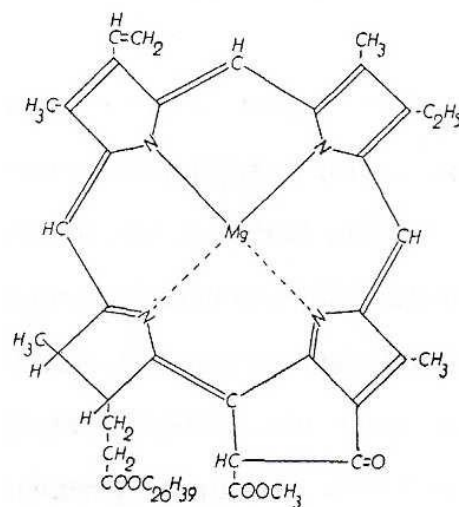
2,4-D mengendalikan gulma dengan cara mengganggu pembelahan sel meristem secara cepat dan menghentikan perpanjangan sel. Gulma yang terkena 2,4-D akan mengalami kematian secara perlahan, karena gulma akan mengalami kehilangan kemampuan akar untuk menyerap air dan

hara, proses fotosintesis terhambat, dan tersumbatnya pembuluh floem. Gangguan tersebut akan membunuh gulma (Ashton dan Crafts, 1981).

2.7. Klorofil

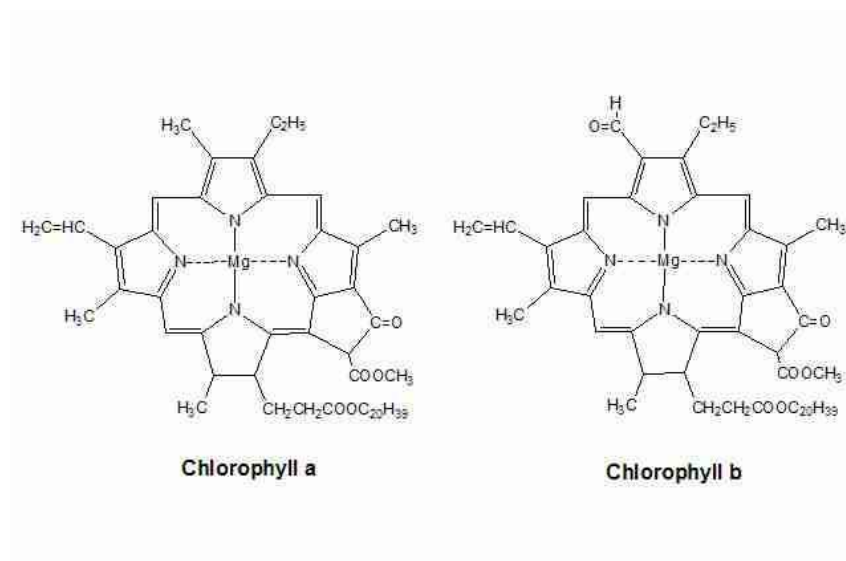
Klorofil merupakan pigmen yang ditemukan di semua daun. Menurut Winarno (2004), klorofil merupakan pigmen berwarna hijau yang terdapat di dalam kloroplas bersama-sama dengan karoten dan xantofil. Menurut Harborne (1987) klorofil merupakan katalisator fotosintesis yang penting. Klorofil tersebut terdapat dalam kloroplas dalam jumlah banyak, sering terikat longgar dengan protein, tetapi mudah diekstraksi ke dalam pelarut lipid seperti aseton dan eter.

Klorofil terdiri dari molekul empat cincin pirol, satu dengan lainnya dihubungkan oleh gugus metana (-CH=). Pada inti molekul terdapat atom magnesium yang diikat oleh nitrogen dari dua cincin pirol dengan ikatan kovalen serta oleh dua buah atom nitrogen dari dua cincin pirol lain dengan ikatan koordinat kovalen (Rothemund, 1956)



Gambar 10. Molekul Klorofil (Rothemund, 1956)

Tswett dalam Rothemund (1956) menetapkan bahwa beberapa tumbuhan mengandung dua pigmen hijau, yaitu klorofil a sebagai blue-green chlorophyll dan klorofil b sebagai yellow-green chlorophyll. Beberapa tumbuhan lebih banyak mengandung klorofil a daripada klorofil b. Kedua klorofil tersebut menurut Harborne (1987) memiliki perbedaan yang terletak pada struktur klorofil a yang memiliki gugus metil, sedangkan klorofil b memiliki gugus aldehida yang terikat di kanan atas cincin pirol.



Gambar 11. Struktur Klorofil a dan Struktur Klorofil b (Winarno, 2004)

Faktor yang berpengaruh terhadap pembentukan klorofil (Dwijoseputro, 1980):

a. Faktor pembawaan

Pembentukan klorofil sama halnya dengan pembentukan pigmen-pigmen lain pada hewan dan manusia yang dibawa oleh suatu gen tertentu di dalam kromosom.

b. Cahaya

Tanaman yang disimpan didalam gelap tidak akan berhasil membentuk klorofil, kecuali pada beberapa tanaman Angiospermae. Jika tanaman tidak terkena cahaya akan terdapat protoklorofil yang mirip dengan klorofil a. Reduksi protoklorofil untuk menjadi klorofil a memerlukan sinar untuk mengubah dirinya sendiri menjadi klorofil a, peristiwa ini disebut autotransformasi.

c. Oksigen

Oksigen sangat diperlukan dalam pembentukan pada masa perkecambahan.

d. Karbohidrat

Karbohidrat terutama dalam bentuk gula ternyata diperlukan dalam pembentukan klorofil dalam daun-daun yang tumbuh dalam keadaan gelap (etiolasi).

e. Nitrogen, magnesium, besi

Unsur-unsur tersebut sudah menjadi keharusan dalam pembentukan klorofil. Kekurangan akan unsur-unsur tersebut akan menyebabkan klorosis pada tumbuhan.

f. Air

Kekurangan air mengakibatkan desintegrasi klorofil.

g. Suhu

Suhu yang baik untuk pembentukan klorofil berkisar antara 26° - 30° C.

Energi matahari diserap oleh klorofil dan digunakan untuk menguraikan molekul air, membentuk gas oksigen, dan mereduksi molekul NADP menjadi NADPH. Energi cahaya juga digunakan untuk membentuk molekul-molekul ATP, NADP dan ATP digunakan untuk reaksi-reaksi yang menghasilkan glukosa.

Klorofil merupakan pigmen yang berwarna hijau yang terdapat pada kloroplas sel tanaman. Pigmen klorofil sangat berperan dalam proses fotosintesis dengan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia (Kusmita dan Limantara, 2009).

2.8. Bagan Warna Daun (BWD)

Bagan warna daun (BWD) pertama kali dikembangkan di Jepang, dan kemudian peneliti-peneliti dari Universitas Pertanian Zhejiang-Cina mengembangkan suatu BWD yang lebih baik dan mengkalibrasinya untuk padi indica, japonica dan hibrida. Alat ini kemudiannya menjadi model bagi BWD yang didistribusikan oleh Crop Resources and Management Network (CREMNET) - IRRI untuk tanaman padi; suatu alat yang sederhana, mudah digunakan, dan tidak mahal untuk menentukan waktu pemupukan N pada tanaman padi.

BWD terdiri dari empat warna hijau, dari hijau kekuningan (No. 2 pada kartu) sampai hijau tua (No. 5 pada kartu). BWD tak dapat menunjukkan perbedaan warna hijau daun yang terlalu kecil sebagaimana pada khlorofil meter (Gani, 2006).

Cara pengukuran

Pilih daun termuda yang telah kembang sempurna dan sehat dari suatu tanaman untuk pengukuran warna daun. Ukur warna dari tiap daun yang terpilih dengan memegang BWD dan menempatkan bagian tengah daun di atas standar warna untuk dibandingkan.

Selama pengukuran, tutupi daun yang sedang diukur dengan badan karena pembacaan warna daun dipengaruhi oleh sudut matahari dan intensitas cahaya matahari. Jangan memotong ataupun merusak daun, dan bila mungkin sebaiknya pengukuran dilakukan oleh orang yang sama pada waktu yang sama di hari-hari pengamatan. Bila warna daun nampaknya berada diantara dua standar warna, ambil rata-rata dari keduanya sebagai pembacaan warna daun. Contoh; bila warna suatu daun padi terletak antara No. 3 dan No. 4, maka bacaan warna daun adalah 3,5 (Gani, 2006).