

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Bibit kelapa sawit pertama kali masuk ke Indonesia tahun 1848 yang berasal dari Mauritius dan Amsterdam sebanyak empat tanaman yang kemudian ditanam di Kebun Raya Bogor dan selanjutnya disebarkan ke Deli Sumatera Utara. Perkebunan kelapa sawit pertama dibangun di Tanahitam, Hulu Sumatera Utara oleh Schad (Jerman) pada tahun 1911 (Lubis, 2008). Adapun taksonomi kelapa sawit adalah:

Divisi : Spermatophyta  
Sub divisi : Angiospermae  
Kelas : Angiospermae  
Sub kelas : Monocotyledoneae  
Ordo : Spadiciflorae  
Keluarga : Palmaceae  
Sub keluarga : Coccoideae  
Genus : *Elaeis*  
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

## **2.1.1 Morfologi Kelapa Sawit**

### **2.1.1.1 Akar**

Calon akar muncul dari biji kelapa sawit yang dikecambahkan disebut radikula, panjangnya dapat mencapai 15 cm, dan mampu bertahan sampai 6 bulan. Akar primer yang tumbuh dari pangkal batang (*bole*) ribuan jumlahnya, diameternya berkisar antara 8 dan 10 mm, panjangnya dapat mencapai 18 cm. Akar sekunder tumbuh dari akar primer, diameternya 2 – 4 mm. Dari akar sekunder tumbuh akar tersier berdiameter 0,7 – 1,5 mm dan panjangnya dapat mencapai 15 cm (Lubis, 2008).

### **2.1.1.2 Batang**

Batang kelapa sawit tumbuh tegak lurus (*phototropi*) dibungkus oleh pangkal pelepah daun (*frond base*). Batang ini berbentuk silindris berdiameter 0,5 m pada tanaman dewasa, tidak memiliki kambium, dan umumnya tidak bercabang. Pada ujung batang terdapat titik tumbuh membentuk daun-daun dan memanjangkan batang dengan bagian bawah umumnya berukuran lebih besar (Lubis, 2008).

### **2.1.1.3 Daun**

Produksi pelepah pada tanaman selama setahun dapat mencapai 20 – 30 pelepah, kemudian berkurang menjadi 18 hingga 25 pelepah tergantung umur tanaman. Panjang pelepah daun dapat mencapai panjang 9 m, panjang pelepah dipengaruhi oleh varietas dan kesuburan tanah. Pada pohon dewasa umumnya dijumpai

pelepah sebanyak 40 hingga 50 buah yang diisi oleh anak daun di kiri dan kanan tulang daun yang utama atau disebut *rachis*. Jumlah anak daun tiap pelepah dapat mencapai jumlah 125 hingga 200 dengan bobot pelepah mencapai 4,5 kg bobot kering (Lubis, 2008).

#### **2.1.1.4 Bunga**

Tanaman kelapa sawit mulai berbunga pada umur 12 – 14 bulan, tetapi baru ekonomis untuk dipanen pada umur 2,5 tahun (Lubis, 2008). Bunga kelapa sawit merupakan *monoecious*, bunga jantan dan bunga betina dalam satu pohon. Satu inflor dibentuk dari ketiak setiap daun setelah diferensiasi dari pucuk batang. Jenis kelamin jantan atau betina ditentukan selama 9 bulan setelah inisiasi dalam selang 24 bulan baru inflor bunga berkembang sempurna. Bunga-bunga betina dalam satu inflor membuka dalam tiga hari dan siap dibuahi selama 3 – 4 hari. Sedangkan bunga yang berasal dari inflor jantan melepaskan serbuk sarinya dalam lima hari. Penyerbukan yang umum terjadi biasanya penyerbukan silang namun kadang juga sendiri (Mangoensoekardjo dan Semangun, 2008).

#### **2.1.1.5 Buah**

Buah kelapa sawit adalah buah batu yang *sessile drup* yaitu menempel dan menggerombol pada tandan buah. Jumlah per tandan dapat mencapai 1600, berbentuk lonjong membulat. Panjang buah 2 – 3 cm, beratnya 30 gram. Bagian-bagian buah terdiri atas eksokarp atau kulit buah dan mesokarp atau sabut dan biji. Eksokarp dan mesokarp disebut perikarp. Biji terdiri atas endocarp atau

cangkang, dan inti atau kernel. Sedangkan inti tersebut terdiri atas endosperma dan embrio (Mangoensoekardjo dan Semangun, 2008).

### ***2.1.2 Tipe Kelapa Sawit***

Kelapa sawit memiliki banyak jenis, berdasarkan ketebalan cangkangnya kelapa sawit dibedakan menjadi Dura, Pisifera dan Tenera. Dura merupakan sawit yang buahnya memiliki cangkang tebal sehingga dianggap dapat memperpendek umur mesin pengolah namun biasanya tandan buahnya besar-besar dan kandungan minyak berkisar 18%. Pisifera buahnya tidak memiliki cangkang namun bunga betinanya steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah. Tenera adalah persilangan antara induk Dura dan Pisifera. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa tenera unggul persentase daging per buahnya dapat mencapai 90% dan kandungan minyak pertandannya dapat mencapai 28% (Kiswanto *et al.*, 2008).

Menurut PANECO (2010), pembagian tipe kelapa sawit didasarkan pada warna buah (kulit, eksocarp) dan ketebalan cangkang. Berdasarkan warna buah, tipe kelapa sawit dibedakan sebagai berikut:

1. Nigrescens: buah muda berwarna ungu kehitam-hitaman, sedangkan buah masak jingga kehitam-hitaman.
2. Virescens: buah muda berwarna hijau, sedangkan buah masak jingga kemerahan, tetapi ujung buah tetap hijau.
3. Albescens: buah muda berwarna keputih-putihan, sedangkan buah masak kekuning-kuningan dan ujungnya ungu kehitaman.

## 2.2 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Lama penyinaran matahari yang baik untuk kelapa sawit antara 5 – 7 jam/hari. Tanaman ini memerlukan curah hujan tahunan 1.500 – 4.000 mm dengan temperatur optimal 24 – 28°C. Ketinggian tempat yang ideal untuk sawit antara 1 – 500 m dpl (di atas permukaan laut). Kelembaban optimum yang ideal untuk tanaman sawit sekitar 80 – 90% dan kecepatan angin 5 – 6 km/jam untuk membantu proses penyerbukan. Kelapa sawit dapat tumbuh pada jenis tanah podzolik, latosol, hidromorfik kelabu, alluvial atau regosol, tanah gambut saprik, dataran pantai dan muara sungai. Tingkat keasaman (pH) yang optimum untuk sawit adalah 5,0 – 5,5. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase (beririgasi) baik dan memiliki lapisan solum cukup dalam (80 cm) tanpa lapisan padas. Kemiringan lahan pertanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari 15° (Kiswanto *et al.*, 2008).

## 2.3 Pembibitan Kelapa Sawit

Pembibitan kelapa sawit dapat dilakukan dengan satu atau dua tahap kegiatan. Pembibitan pertama yaitu kecambah kelapa sawit langsung ditanam di polibag besar atau langsung di pembibitan utama (*main nursery*). Pembibitan kedua yaitu penanaman kecambah dilakukan di pembibitan awal (*prenursery*) terlebih dahulu menggunakan polibag kecil serta naungan, kemudian dipindahkan ke *main nursery* ketika berumur 3 – 4 bulan menggunakan polibag yang lebih besar. Pembibitan awal lebih banyak digunakan dan memiliki keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan pembibitan utama. Jika menggunakan pembibitan dua tahap, luasan pembibitan menjadi lebih kecil dan memungkinkan untuk dibuat

naungan. Keuntungan lainnya, penyiraman menjadi mudah, jadwal pemupukan menjadi mudah, dan bibit terhindar dari penyinaran matahari secara langsung sehingga risiko kematian tanaman menjadi kecil (Dalimunthe, 2009).

#### **2.4 Pengendalian Gulma Pada Kelapa Sawit**

Menurut Pahan (2008), kehadiran gulma di perkebunan kelapa sawit dapat menurunkan produksi akibat bersaing dalam pengambilan air, hara, sinar matahari, dan ruang hidup. Gulma juga dapat menurunkan mutu produksi akibat terkontaminasi oleh bagian gulma, mengganggu pertumbuhan tanaman, menjadi inang bagi hama, mengganggu tata guna air, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Untuk mengurangi segala bentuk kerugian adanya gulma maka dengan demikian diperlukan tindakan pengendalian gulma.

Selanjutnya Hakim (2007) menambahkan bahwa kelapa sawit mempunyai masalah gulma yang tinggi sebab salah satu faktornya adalah jarak tanam tanaman ini lebih lebar, sehingga penutupan tanah oleh kanopi lambat membuat cahaya matahari masuk mencapai permukaan tanah yang kaya dengan potensi gulma. Dengan demikian tujuan pengendalian gulma adalah mengurangi jumlah populasi gulma sampai ambang batas yang tidak merugikan bagi pertumbuhan tanaman budidaya.

Keuntungan pengendalian gulma secara kimia dibandingkan manual adalah pekerjaan lebih cepat dan menggunakan tenaga kerja lebih sedikit, kerusakan pada akar tanaman akibat pengendalian secara manual dapat dihindari, erosi tanah terjadi lebih kecil dan dapat menghindari terbentuknya cekungan pada piringan.

Kelemahan pengendalian secara kimia adalah biaya pengendalian sangat dipengaruhi oleh biaya herbisida, dibutuhkan tenaga kerja yang terampil, berkurangnya lapangan pekerjaan, dan adanya kemungkinan tanaman pokok teracuni (Madkar *et al.*, 1986).

Komposisi gulma pada suatu perkebunan tergantung pada jenis komoditas, cara pengelolaan kebun dan kondisi lingkungan. Gulma yang biasa terdapat di perkebunan kelapa sawit yang belum menghasilkan yaitu *Chromolaena odorata* (L.), *Imperata cylindrica* (L.) Beauv., *Axonophus compressus* (SW.) P.B., *Echinochloa colonum* (L.) LK., *Panicum repens* L., *Scleria sumatrensis* Retz., *Kyllingia monocephala* Rottb., *Mikania micrantha* H.B.K., *Ageratum conyzoides* L., *Lantana camara* L., *Mimosa invisa* Mart. Ex colla., dan *Ottochloa nodosa* (Kunth) Dandy (Lubis, 2008).

## **2.5 Panen**

Tanaman kelapa sawit mulai berbuah setelah 2,5 tahun dan masak 5,5 bulan setelah penyerbukan. Kelapa sawit dapat dipanen jika tanaman telah berumur 31 bulan, sedikitnya 60% buah telah matang panen dari 5 pohon terdapat 1 tandan buah matang panen. Ciri tandan matang panen adalah sedikitnya ada 5 buah yang lepas/jatuh (brondolan) dari tandan yang beratnya kurang dari 10 kg atau sedikitnya ada 10 buah yang lepas dari tandan yang beratnya 10 kg atau lebih. Selain itu, ada kriteria lain tandan buah yang dapat dipanen apabila tanaman berumur kurang dari 10 tahun, jumlah brondolan yang jatuh kurang lebih 10 butir, jika tanaman berumur lebih dari 10 tahun, jumlah brondolan yang jatuh sekitar

15 – 20 butir. Waktu panen yang tepat akan diperoleh kandungan minyak maksimal, tetapi pemanenan buah kelewat matang akan meningkatkan asam lemak bebas (ALB), sehingga dapat merugikan karena sebagian kandungan minyaknya akan berubah menjadi ALB dan menurunkan mutu minyak. Sebaliknya pemanenan buah yang masih mentah akan menurunkan kandungan minyak, walaupun nilai ALB rendah. Cara pemanenan tandan buah yang matang dipotong sedekat mungkin dengan pangkalnya, maksimal 2 cm. Tandan buah yang telah dipanen diletakkan teratur di piringan dan brondolan dikumpulkan terpisah dari tandan. Kemudian tandan buah atau TBS (tandan buah segar) dan brondolan tersebut dikumpulkan di tempat pengumpulan hasil (TPH). TBS hasil panen harus segera diangkut ke pabrik untuk diolah lebih lanjut. Pada buah yang tidak segera diolah, maka kandungan ALB akan semakin meningkat. Untuk menghindari hal tersebut, maksimal 8 jam TBS setelah dipanen harus segera diolah (Kiswanto *et al.*, 2008).

## **2.6 Fitotoksisitas**

Kerusakan tanaman akibat aplikasi pestisida untuk tanaman dikenal sebagai fitotoksisitas. Fitotoksisitas biasanya muncul dalam beberapa bentuk, adapun 5 jenis kerusakan yang paling sering terjadi yaitu:

1. Terbakar, jenis kerusakan mungkin muncul di ujung daun seperti bintik-bintik atau seluruh permukaan daun dapat terlihat seperti terbakar.
2. Nekrosis (kematian jaringan tanaman), mirip dengan terbakar dan mempengaruhi tanaman dengan cara yang sama.



3. Klorosis (menguning atau efek pemutihan), mungkin muncul sebagai bintik-bintik, ujung menguning, atau sebagai klorosis diseluruh daun.
4. Distorsi daun, mungkin muncul sebagai *curling*, kerutan, atau *cupping* daun.
5. Pengerdilan atau pertumbuhan abnormal lainnya.

Fitotoksisitas sangat umum menghasilkan kombinasi dari dua atau lebih dari lima gejala tersebut di atas. Efek fitotoksisitas dapat diamati pada tanaman selama pertumbuhan atau dapat diekspresikan pada saat panen. Gejala keracunan dapat mempengaruhi seluruh tanaman atau bagian dari akar, tunas, daun, bunga, buah, dan bagian tanaman lainnya (Ornamentals Northwest Archives, 1981).

Fitotoksisitas merupakan suatu sifat yang menunjukkan potensi pestisida untuk menimbulkan efek keracunan pada tanaman yang ditandai dengan pertumbuhan abnormal setelah aplikasi pestisida. Pestisida yang sebaiknya digunakan adalah dengan fitotoksisitas rendah. Keracunan tanaman (fitotoksisitas) mengacu pada penyerapan bahan kimia berbahaya ke dalam struktur penting dari jaringan tanaman, seperti akar atau sistem reproduksi. Salah satu gejala fitotoksisitas adalah terhambatnya pertumbuhan. Gejala keracunan tanaman kelapa sawit akibat herbisida yaitu klorosis, kerdil, kelainan tumbuh, dan jaringan mati atau kering. Penggunaan satu herbisida dapat menyebabkan satu atau lebih gejala keracunan pada tanaman (Riadi, 2011).

Adapun percobaan yang dirancang untuk menentukan fitotoksisitas tiga herbisida preemergen (herbisida oksadiason, oxyflourfen + oryzalin, dan oxyfluorfen + pendimetalin) diterapkan pada 1, 2, atau 4 kali direkomendasikan tarif empat jenis pohon hias. Percobaan kedua mengamati fitotoksisitas glifosat diterapkan pada

11 atau 21 ml l<sup>-1</sup> langsung ke dedaunan dari 10 spesies pohon sawit. Dua herbisida preemergen (oxyfluorfen + oryzalin dan pendimethalin + oxyfluorfen) menunjukkan fitotoksisitas pada daun yang baru muncul dari semua spesies sawit bila diterapkan pada tingkat yang direkomendasikan. Herbisida oksadiazon toleran terhadap glifosat meskipun pengerdilan dan deformasi pada daun baru, hampir semua pohon tumbuh dari gejala ini setelah beberapa minggu (Donselman dan Broschat, 1981).

## **2.7 Herbisida**

Menurut Wudianto (2006), herbisida adalah senyawa beracun yang dimanfaatkan untuk membunuh atau mengendalikan gulma. Herbisida ini dapat mempengaruhi satu atau lebih proses seperti proses pembelahan sel, perkembangan jaringan, pembentukan klorofil, fotosintesis, dan sebagainya yang sangat diperlukan tumbuhan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Herbisida yang diaplikasikan dengan dosis tinggi akan mematikan seluruh bagian tumbuhan dan sebaliknya pada dosis rendah, herbisida akan membunuh tumbuhan dan tidak merusak tumbuhan lainnya.

Menurut Moenandir (1993), dasar pengklasifikasian herbisida berdasarkan cara kerja, penggunaan, cara aplikasi, struktur kimiawi, formulasi, dan selektivitas. Berdasarkan cara kerja, herbisida dikategorikan sebagai herbisida kontak dan sistemik. Herbisida kontak dikenal karena mengakibatkan efek bakar yang langsung dapat dilihat terutama pada dosis tinggi, seperti asam sulfat 70%, besi sulfat 30%, dan tembaga sulfat 40%. Herbisida kontak merusak bagian tumbuhan yang terkena langsung dan tidak ditranslokasikan ke bagian lain. Sedangkan

herbisida sistemik dapat ditranslokasikan ke seluruh tubuh tumbuhan sehingga pengaruhnya luas, jenis herbisida yang termasuk golongan ini diantaranya amitrol, arsen, golongan triazin, substitusi urea, urasil, amida, karbamat, 2,4-D, dicamba, dan picloram.

Menurut tipe gulma yang dikendalikan herbisida dibagi menjadi dua kelompok, yaitu herbisida selektif dan herbisida nonselektif. Herbisida selektif adalah herbisida yang bila diaplikasikan dalam suatu komunitas campuran akan mematikan tumbuhan atau gulma tertentu dan relatif tidak mengganggu tumbuhan lain, sedangkan herbisida nonselektif mematikan seluruh tumbuhan (Crafts dan Robbins, 1973).

Penggunaan herbisida harus memperhatikan efektivitas, efisiensi, dan keamanan serta efek samping yang mungkin timbul. Herbisida yang dibutuhkan adalah herbisida yang mempunyai selektivitas tinggi. Menurut Klingman *et al.* (1982), herbisida yang selektif adalah herbisida yang hanya mematikan gulma dan tidak mematikan tanaman pokok. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas herbisida adalah herbisida itu sendiri (formulasi, kalkulasi, aplikasi, dan kalibrasi); gulma sasaran; tanah (kelembaban, keremahan, sifat fisik tanah); cuaca (suhu, cahaya, hujan); dan pelarut (kejernihan).

### ***2.7.1 Herbisida Aminosiklopiraklor***

Aminosiklopiraklor adalah herbisida asam karboksilat pirimidin yang secara struktural mirip dengan aminopiraklor. Satu perbedaan struktural antara aminopiraklor dan aminosiklopiraklor adalah bahwa aminopiraklor memiliki atom

klorin pada posisi 2 karbon sedangkan aminosiklopiraklor memiliki kelompok siklopropil. Selain itu, aminosiklopiraklor didasarkan pada cincin pirimidin (dua atom nitrogen dalam struktur cincin) dan aminopirialid didasarkan pada cincin piridin (satu atom nitrogen dalam struktur cincin) (Durkin, 2012).

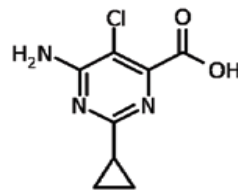
DPX-MAT28 (MAT28) adalah herbisida berbahan aktif aminosiklopiraklor yang sedang dalam tahap pengujian oleh PT. DuPont Crop Protection. MAT28 dengan cepat diserap oleh daun dan akar dan translokasi ke daerah meristematik tanaman.

Aminosiklopiraklor aktif pada kebanyakan spesies gulma berdaun lebar.

Herbisida ini menghentikan pertumbuhan tanaman dengan mengganggu keseimbangan hormon yang diperlukan untuk perkembangan akar.

Aminosiklopiraklor merupakan famili dari asam karboksilat pirimidin yang memiliki berat molekul 213, 62 g mol<sup>-1</sup> dengan rumus molekul C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>ClN<sub>3</sub>O<sub>2</sub>.

Nama kimia 6-amino-5-kloro-2-cyclopropyl-4-pyrimidine carboxylic acid dengan struktur kimia seperti pada Gambar 1.



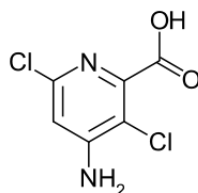
Gambar 1. Rumus bangun aminosiklopiraklor (Finkelstein *et al.*, 2008).

Adapun hasil penelitian mengenai residu herbisida aminosiklopiraklor pada konsentrasi rendah dapat menyebabkan fitotoksisitas pada tanaman seperti alfalfa, kapas, kedelai, dan bunga matahari walaupun sudah 1 tahun herbisida tersebut berada di dalam tanah. Hasil menyatakan bahwa konsentrasi aminosiklopiraklor

diperkirakan menyebabkan 25% fitotoksisitas untuk alfalfa, kapas, kedelai, dan bunga matahari sebesar 5,4; 3,2; 2,0; dan 6,2, masing-masing penyerapan aminosiklopiraklor yaitu 20 sampai 60 kali lebih besar dari batas deteksi (LOD) metode analisis yang tersedia untuk analisis tanah (Strachan *et al.*, 2011). Dengan demikian, konsentrasi rendah aminosiklopiraklor di dalam tanah yang bertahan dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan fitotoksisitas tanaman nontarget.

### 2.7.2 *Herbisida Aminopirialid*

Aminopirialid adalah herbisida auksin sintetis dari famili asam karboksilat bahan aktif piridin yang memiliki berat molekul  $207,026 \text{ g mol}^{-1}$  dengan rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}_2$ . Nama kimia aminopirialid adalah 4-amino-3,6-dichloropyridine-2-carboxylic acid dengan struktur kimia seperti Gambar 2. Herbisida ini bersifat sistemik dan diaplikasikan pascatumbuh sehingga mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman. Aminopirialid menyebabkan gejala keracunan tanaman seperti batang melengkung dan memutar, daun berkerut, daun sempit dengan jaringan kalus, dan akar membesar (Dow AgroSciences, 2008).



Gambar 2. Rumus bangun aminopirialid (Dow AgroScience, 2008).

Setelah diserap, herbisida aminopirialid bergerak secara sistemik ke seluruh jaringan tanaman dan mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman, melalui sel

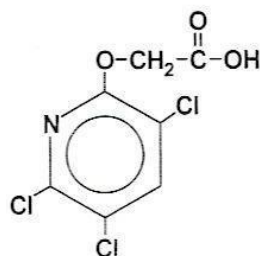
yang tidak merata dalam pembelahan dan pertumbuhan. Aminopirialid mengikat pada reseptor normal yang digunakan oleh hormon pertumbuhan alami tanaman, sehingga rentan terjadi kematian spesies tanaman. Dengan demikian herbisida aminopirialid dengan cepat diserap oleh daun dan akar tanaman. Aminopirialid tidak beracun untuk burung, ikan, lebah madu, cacing tanah, dan invertebrata air. Aminopirialid sedikit beracun untuk tiram timur, ganggang, dan vaskular air tanaman. Herbisida aminopirialid berada di dalam tanah berkisar antara 32 – 533 hari, dengan rata-rata lamanya waktu yaitu 103 hari. Herbisida ini larut dalam air dan memiliki mobilitas tinggi dengan kemampuan mencemari tanah dan air. Aminopirialid adalah herbisida yang stabil dalam air tetapi akan memecah dengan cepat apabila di bawah sinar matahari dengan perkiraan waktu 0,6 hari (Dow AgroSciences, 2011).

Adapun penelitian yang dilakukan di Kanada untuk mengetahui perbedaan dalam penyerapan, translokasi, atau metabolisme aktivitas biologis aminopirialid dan clopiralid pada daun tanaman *rossete*. Translokasi clopiralid (39%) dari daun secara signifikan lebih tinggi daripada aminopirialid (17%) dalam 192 jam setelah perlakuan (Hour After Treatment). Translokasi clopiralid ke atas jaringan (27%) dan akar (12%), sedangkan translokasi aminopirialid ke atas jaringan (10%) dan akar (7%) dalam 192 jam setelah perlakuan (HAT). Hasil ini menunjukkan bahwa struktur kimia aminopirialid mungkin menyediakan aktivitas biologis yang lebih besar daripada clopiralid, sehingga penyerapan aminopirialid pada daun tanaman *rossete* lebih rendah dibandingkan clopiralid (Bukun *et al.*, 2009).

### 2.7.3 Herbisida Triklopir

Triklopir adalah herbisida sistemik selektif untuk gulma berdaun lebar. Triklopir mengendalikan gulma target dengan meniru hormon auksin (*indole acetic acid*) tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak terkendali. Jenis herbisida ini membunuh gulma target ketika diberikan pada dosis yang efektif sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak terkendali dan tidak terorganisir yang mengarah ke kematian tanaman. Triklopir memiliki berat molekul  $256,46 \text{ g mol}^{-1}$  dan rumus molekul  $\text{C}_7\text{H}_4\text{Cl}_3\text{NO}_3$ . Nama kimia [(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl)oxy] acetic acid dengan struktur kimia seperti pada Gambar 3. Gejala khas triklopir yaitu epinasti, tangkai batang memutar dan membungkuk, batang bengkak, serta daun mengeriting (Antunes *et al.*, 2004).

Konsentrasi rendah triklopir dapat merangsang RNA, DNA, dan sintesis protein menyebabkan pembelahan sel yang tidak terkendali dan pertumbuhan, dan, akhirnya kerusakan jaringan pembuluh darah. Sebaliknya, konsentrasi tinggi triklopir dapat menghambat pembelahan sel dan pertumbuhan (Tu *et al.*, 2003).

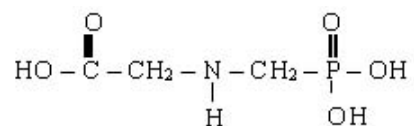


Gambar 3. Rumus bangun triklopir (Antunes *et al.*, 2004).

### 2.7.4 *Herbisida Glifosat*

Herbisida glifosat merupakan golongan herbisida pascatumbuh yang bersifat nonselektif dan bersifat sistemik yaitu herbisida ditranslokasikan dari tempat terjadinya kontak pertama dengan tumbuhan ke bagian tubuh lainnya. Translokasi herbisida glifosat dalam tumbuhan berlangsung secara simplastik yaitu melalui jaringan hidup dengan pembuluh utama floem bersamaan dengan hasil fotosintesis (Ross dan Lembi, 1985). Herbisida ini bergerak sejalan dengan arah translokasi hasil fotosintat dan transpor dipicu adanya perbedaan nilai potensial osmotik dalam floem antara *source* dan *sink* (Ashton dan Crafts, 1981).

Glifosat diformulasikan sebagai garam isopropilamina glifosat yang diaplikasikan sebagai herbisida pascatumbuh. Glifosat memiliki nama kimia *N-(phosponomethyl) glycine* dengan rumus molekul  $C_3H_8NO_5P$ . Glifosat dapat mempengaruhi pigmen sampai terjadi klorotik, pertumbuhan terhenti, dan tumbuhan dapat mati. Herbisida ini juga menghambat lintasan biosintetik asam amino aromatik (Triharso, 1994). Rumus bangun glifosat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rumus bangun glifosat (Ashton dan Crafts, 1981).

Herbisida glifosat diserap melalui daun dan diangkut ke dalam semua jaringan tumbuh. Pengaruh penyemprotan akan terlihat setelah 2 – 4 hari pada gulma semusim dan 7 – 10 hari pada gulma tahunan. Cara kerja herbisida glifosat yaitu



menghambat aktivitas enzim 5-enolpyruvylshikimic sintase asam-3-fosfat (EPSP), yang diperlukan untuk pembentukan asam amino aromatik yaitu tirosin, triptofan, dan fenilalanin (Miller *et al.*, 2010).

Glifosat menghambat pemanjangan akar kecambah, karena masuknya herbisida glifosat ke dalam tubuh tumbuhan melalui akar menghambat pertumbuhan terutama pemanjangan akar dan mencegah pertumbuhan akar lateral (Moenandir, 1993).

Menurut Ashton dan Crafts (1981), glifosat di dalam tanah dianggap nonfitotoksisitas atau tidak meracuni tanaman karena senyawa herbisida tersebut terikat kuat pada partikel tanah. Pencucian herbisida glifosat oleh air hujan dalam selang waktu 2 jam setelah aplikasi, tidak mengurangi efektivitas daya bunuh herbisida (Girsang, 2005).

Menurut Sukman dan Yakup (1995), glifosat termasuk ke dalam golongan herbisida sistemik yang jika diberikan pada pertumbuhan kemudian diserap oleh jaringan daun lalu ditranslokasikan ke seluruh bagian tumbuhan seperti titik tumbuh, akar, dan rimpang maka tumbuhan tersebut akan mengalami kematian total.

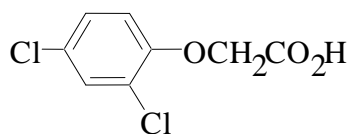
Menurut Sastroutomo (1992), glifosat merupakan herbisida sistemik tidak selektif termasuk golongan organofosforus yang merupakan turunan asam amino glisin. Senyawa ini diserap melalui daun dan diangkut ke semua jaringan tumbuhan dan mempengaruhi metabolisme asam nukleat dan sintesis protein. Glifosat bekerja

saat pertumbuhan daun aktif sehingga dapat menyerap bahan aktif yang ditranslokasikan ke seluruh bagian tumbuhan.

Herbisida glifosat selain menanggulangi gulma, juga memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Penggunaan herbisida isopropilamina glifosat dapat meningkatkan laju permeabilitas, ketersediaan P dan KTK (Kapasitas Tukar Kation) tanah (Lamid *et al.*, 1996). Budidaya tanpa olah tanah dengan aplikasi herbisida glifosat, ketersediaan N dan C organik serta mikroba tanah meningkat (Niswati *et al.*, 1995).

### 2.7.5 Herbisida 2,4-D

2,4-D adalah herbisida selektif yang cara kerjanya meniru hormon auksin pertumbuhan (*indole acetic acid*), yang menyebabkan pertumbuhan tidak terkendali dan akhirnya terjadi kematian tanaman rentan herbisida. Herbisida ini memiliki rumus molekul  $C_8H_6Cl_2O_3$ , berat molekul  $221,04 \text{ g mol}^{-1}$ , nama kimia (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid dengan struktur kimia seperti Gambar 5 (Tomlin, 2003).



Gambar 5. Rumus bangun 2,4-D (Tomlin, 2003).

Konsentrasi rendah 2,4-D dapat merangsang RNA, DNA, dan sintesis protein menyebabkan pembelahan sel yang tidak terkendali dan akhirnya kerusakan jaringan tumbuhan. Sebaliknya, konsentrasi tinggi 2,4-D dapat menghambat pembelahan sel dan pertumbuhan (Tu *et al.*, 2003). Gejala keracunan tanaman

yang ditimbulkan oleh herbisida 2,4-D antara lain yaitu terjadinya epinasti, terbentuknya jaringan tumor, batang melengkung dan mudah patah, serta daun menggulung (Sriyani, 2013).

Menurut Moenandir (1990), herbisida dengan bahan aktif 2,4-D akan menghambat pertumbuhan gulma dengan mempercepat respirasi, menyebabkan adanya bahan aktif dapat mempercepat kematian gulma. Cara kerja herbisida dengan mengganggu keseimbangan produksi bahan-bahan kimia yang diperlukan tumbuhan. Penambahan konsentrasi herbisida mampu mempercepat proses kematian gulma.

Zat pengatur tumbuh (ZPT) dari golongan auksin dapat meningkatkan daya kecambah beberapa jenis tanaman. Salah satu senyawa yang tergolong auksin adalah ZPT 2,4-D. Senyawa tersebut pada konsentrasi rendah dapat mendorong pembelahan sel, mendorong pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan daya kecambah benih. Pengaruh Konsentrasi ZPT 2,4-D 0,72 ppm (*part per million*) menghasilkan presentase benih berkecambah dan kecepatan benih berkecambah tertinggi, serta jumlah akar terbanyak sedangkan konsentrasi ZPT 2,4-D 1,20 ppm menghasilkan pertambahan tinggi terbanyak, panjang akar terpanjang, berat basah, dan berat kering tanaman tertinggi (Podesta *et al.*, 2008).

Hasil dari penelitian penggunaan herbisida tunggal ametrin (dosis 3 l ha<sup>-1</sup>), 2,4-D (dosis 3 l ha<sup>-1</sup>) serta herbisida campuran 2,4-D + ametrin (dosis 2 l ha<sup>-1</sup> + 3 l ha<sup>-1</sup>) apabila diaplikasikan 1 kali maupun 2 kali lebih efektif mengendalikan gulma dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman tebu vegetatif tanaman tebu jika dibandingkan tanpa pengendalian gulma (Puspitasari, 2013).