

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) adalah tanaman semusim yang digolongkan ke dalam kingdom plantae (tumbuh-tumbuhan), divisi Spermatophyta (tumbuhan berbiji), sub divisi Angiospermae (berbiji tertutup), kelas Monocotyledone (berkeping satu), ordo Graminae (rumput-rumputan), famili Graminaceae, genus *Zea* dan spesies *Zea mays* L. (Warisno, 2007).

Jagung dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah sampai daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000-1800 m di atas permukaan laut. Daerah dengan ketinggian optimum antara 0-600 mdpl merupakan ketinggian yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung. Suhu yang dikehendaki tanaman jagung untuk pertumbuhan terbaiknya antara 27-32 °C (Warisno, 2007). Jagung termasuk tanaman yang membutuhkan air yang cukup banyak, terutama pada saat pertumbuhan awal, saat berbunga dan saat pengisian biji. Pertumbuhan tanaman memerlukan curah hujan ideal sekitar 85-200 mm/bulan selama masa pertumbuhan. (Suprpto dan Marzuki, 2002). Tanaman jagung memiliki umur sekitar 80-150 hari dan memiliki tahap pertumbuhan vegetatif di awal masa tanam dan generatif di akhir tanam. Susunan morfologi tanaman jagung terdiri dari akar, batang, daun, bunga dan buah (Wirawan dan Wahab, 2007).

Perakaran tanaman jagung terdiri dari 4 macam akar, yaitu akar utama, akar cabang, akar lateral dan akar serabut. Sistem perakaran tersebut berfungsi sebagai alat untuk menyerap air serta garam-garam mineral yang terdapat dalam tanah, mengeluarkan zat organik serta senyawa yang tidak diperlukan dan alat pernafasan. Akar jagung termasuk dalam akar serabut yang dapat mencapai kedalaman 8 m meskipun sebagian besar berada pada kisaran 2 m. Pada tanaman yang cukup dewasa muncul akar adventif dari buku-buku batang bagian bawah yang membantu menyangga tegaknya tanaman (Suprato dan Marzuki, 2002).

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku. Pada buku terdapat tunas yang berkembang

menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif, batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit (epidermis), jaringan pembuluh (bundles vaskuler) dan pusat batang (pith) (Paliwal, 2000).

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah (diklin) dalam satu tanaman (monoecious). Tiap kuntum bunga memiliki struktur khas bunga dari suku Poaceae yang disebut floret. Bunga jantan tumbuh di bagian puncak tanaman, berupa karangan bunga (inflorescence). Serbuk sari berwarna kuning dan beraroma khas. Bunga betina tersusun dalam tongkol yang tumbuh diantara batang dan pelepah daun. Pada umumnya, satu tanaman hanya dapat menghasilkan satu tongkol produktif meskipun memiliki sejumlah bunga (Suprpto dan Marzuki, 2002). Buah jagung terdiri dari tongkol, biji dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna dan kandungan endosperm yang bervariasi, tergantung pada jenisnya. Umumnya buah jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus dan berjumlah antara 8-20 baris biji (Warisno, 2007).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung dibagi menjadi dua periode pertumbuhan yaitu pertumbuhan vegetatif dan generatif. Tanaman jagung mulai berkecambah 4-5 hari setelah tanam, perkecambahan terjadi ketika radikula muncul dari kulit biji. Benih jagung akan berkecambah jika kadar air benih pada saat di dalam tanah meningkat > 30% (Williams, 1999). Fase vegetatif mulai berlangsung sampai pada saat tanaman jagung berumur 10-18 hari setelah berkecambah, dimana jumlah daun yang terbuka sempurna 3-5 helai. Fase vegetatif terus berlangsung sampai pada saat tanaman jagung berusia 33-35 hari setelah berkecambah, dengan jumlah daun yang terbuka sempurna yaitu 11 helai sampai daun terakhir 15-18 helai. Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan unsur hara akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol nantinya. Tahap terakhir dari fase vegetatif disebut fase tasseling, berkisar antara 45-52 hari setelah berkecambah. Fase tasselling ditandai dengan munculnya bunga jantan, terjadi setelah daun terakhir terbuka sempurna. Pada fase ini akan dihasilkan biomassa maksimum dari bagian vegetatif tanaman yaitu sekitar 50% dari bobot kering tanaman (Lee, 2007).

Fase generatif dimulai pada fase silking, ialah terjadi 2-3 hari setelah fase tasseling. Fase ini ditandai dengan munculnya bunga betina berupa rambut dari tongkol yang terbungkus kelobot. Fase berikut setelah fase silking ialah fase blister, terjadi pengisian biji, dimana pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, kemudian berubah seperti susu. Pada fase ini, akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat 35-45 hari setelah silking, seluruh biji sudah terbentuk sempurna, embrio sudah masak sedangkan akumulasi bahan kering biji akan segera terhenti. Tanaman jagung memasuki tahap masak fisiologis 55-65 hari setelah silking. Pada tahap ini, biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum (Subekti, 2008).

2.2 Persaingan Gulma dengan Tanaman Jagung

Keberadaan gulma pada lahan budidaya jagung tidak jarang menurunkan hasil dan mutu tanaman budidaya. Gulma dapat menurunkan mutu hasil akibat kontaminasi dengan bagian-bagian gulma, mengeluarkan senyawa allelopati yang dapat mengganggu tata guna air, meningkatkan biaya usaha tani serta menurunkan produksi (Sukman dan Yakup, 2002). Secara umum gulma yang berada diantara tanaman jagung ialah *Cyperus rontundus* (teki), *Echinochia colona* (rumput bebek), *Cynodon dactylon* (rumput bermuda), *Eleusine indica* (lulungan), *Digitaria sanguinalis* (putihan), *Echinochloa crusgalli* (jawan), *Portulaca oleracea* (krokot) dan *Fimbristylis milaceae* (das-dasan) (Moenandir, 2010). Gulma-gulma tersebut menimbulkan persaingan dengan tanaman budidaya. Persaingan antara gulma dan tanaman jagung adalah persaingan interspesifik karena terjadi antara spesies tumbuhan yang berbeda, sedangkan persaingan intraspesifik adalah persaingan yang terjadi antara spesies tumbuhan yang sama (Sukman dan Yakub, 2002). Persaingan diartikan sebagai perjuangan dua organisme atau lebih untuk memperebutkan objek yang sama. Baik gulma maupun tanaman mempunyai keperluan dasar yang sama untuk pertumbuhan dan perkembangan yang normal. Persaingan terjadi bila unsur penunjang pertumbuhan tersebut tidak tersedia dalam jumlah yang cukup bagi keduanya.

Kemampuan tanaman bersaing dengan gulma ditentukan oleh spesies gulma, kepadatan gulma, saat dan lama persaingan, cara budidaya, varietas yang ditanam serta tingkat kesuburan tanah. Perbedaan spesies akan menentukan kemampuan bersaing karena perbedaan fotosintesis, kondisi-kondisi perakaran dan bersamaan dengan tanaman yang dikelola, berakibat besar terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman jagung.

Kehadiran gulma pada tanaman budidaya memberikan dampak negatif hanya pada siklus hidup tertentu saja, atau yang disebut dengan periode kritis. Pengendalian gulma yang dilakukan saat memasuki periode kritis tanaman lebih selektif dan efisien. Tanaman jagung cenderung berproduksi tinggi bila bebas gulma selama pertumbuhan dan masa produksi biji kering, hal ini dapat dicapai pada tanaman bebas gulma 60 hari pertama. Periode kritis jagung anantara hari ke 20 dan 45 (Moenandir, 2010). Tanaman jagung sangat peka terhadap persaingan dengan gulma selama periode kritis, ialah pada saat stadia pertumbuhan jagung dimana daun ke-3 dan ke-8 telah terbentuk. Sebelum periode kritis, gulma hanya mengganggu tanaman jagung, jika gulma tersebut lebih tinggi dan lebih besar dari tanaman jagung, maka akan terjadi persaingan memperebutkan unsur hara dan ruang tumbuh, dan tanaman jagung akan terganggu pertumbuhannya, untuk itu tanaman jagung membutuhkan periode yang tidak tertekan oleh gulma. Sedangkan setelah periode kritis, tanaman telah cukup besar sehingga menaungi dan menekan pertumbuhan gulma. Penurunan hasil akibat gulma pada tanaman jagung hingga mencapai lebih dari 50% (Fadhly dan Tabri, 2008).

2.3 Herbisida Campuran

Herbisida merupakan bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan gulma karena dapat mematikan pertumbuhan atau menghambat pertumbuhan normalnya. Penggunaan herbisida sebagai salah satu cara mengendalikan pertumbuhan gulma telah dilakukan sejak lama, penelitian mengenai herbisida kimia telah dimulai pada awal abad ke-20. Penggunaan herbisida ini terus dilakukan karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan pengendalian gulma dengan cara lain. Karena sifat dari herbisida yang efektif, selektif dan sistemik itulah maka petani dengan cepat menerima penggunaan herbisida dalam kegiatan pengendalian gulma (Sembodo, 2010). Menurut Vencill *et al.* (2002) penggunaan suatu jenis herbisida secara terus-menerus dalam waktu yang lama dapat mengakibatkan munculnya gulma yang resisten terhadap herbisida yang digunakan tersebut. Dengan demikian, dosis pemakaian herbisida akan terus ditingkatkan untuk mempertahankan efektivitas penggunaan herbisida karena gulma yang telah resisten akan semakin sulit untuk dikendalikan.

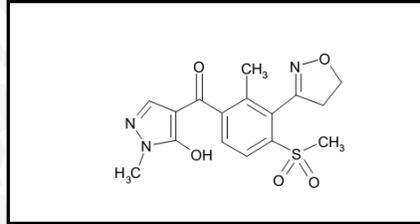
Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pencampuran herbisida yang dapat mempertinggi pengendalian gulma baik secara efektif dan ekonomis, sehingga dosis aplikasi dapat ditekan lebih rendah dibanding dosis herbisida yang diaplikasi secara terpisah (Zimdhal, 2007). Beberapa herbisida yang diformulasikan untuk pengendalian gulma pada tanaman jagung, diantaranya herbisida berbahan aktif Topramezon dan Atrazin. Kedua herbisida ini memiliki persistensi yang cukup singkat (Syngenta, 2010) dan telah dibuktikan memiliki hubungan yang sinergis sehingga dapat digunakan sebagai herbisida campuran pada areal tanaman jagung (Hardiastuti dan Metusala, 2009). Herbisida Topramezon adalah herbisida menghambat fungsi dari enzim yang esensial bagi kehidupan tanaman yaitu enzim HPPD (*p*-hidroksi-fenil-piruvat dehidrogenase) yang menyebabkan pigmen karotenoid tidak terbentuk, sehingga mengganggu fotosintesis yang pada akhirnya akan menimbulkan gejala *bleaching* kemudian mati (Soltani *et al.*, 2007), sedangkan herbisida Atrazin termasuk golongan triazina yang dapat diaplikasi secara pra tumbuh maupun pasca tumbuh dengan cara kerja menghambat transpor elektron pada fotosistem II (Hardiastuti dan Metusala, 2009)

Ditambahkan juga bahwa campuran herbisida ini dapat mengendalikan gulma berdaun lebar dan rerumputan yang diaplikasikan sebelum dan sesudah tumbuh gulma pada tanaman jagung (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2010). Oleh karena herbisida atrazin dan topramezon tersebut berasal dari dua golongan yang berbeda serta memiliki mekanisme kerja yang berbeda diharapkan mekanisme kerja kedua jenis herbisida tersebut dapat saling melengkapi dan meningkatkan efektivitas masing-masing bahan aktif.

Respon dari pengkombinasian herbisida dibagi menjadi tiga jenis. Respon pertama itu bersifat aditif, yang ditandai dengan samanya hasil yang diperoleh terhadap pengendalian gulma baik ketika herbisida tersebut diaplikasikan tunggal maupun dicampur herbisida dengan bahan aktif yang berbeda. Respon kedua yaitu bersifat antagonis, hal ini terjadi jika campuran kedua bahan aktif memberikan respon yang lebih rendah dari yang diharapkan. Sedangkan respon yang ketiga adalah bersifat sinergis, dimana respon dari pencampuran herbisida lebih tinggi dari pada respon yang diharapkan (Craft dan Robbins *dalam* Tampubolon, 2009).

2.4 Herbisida Topramezon

Herbisida Topramezon adalah herbisida yang telah banyak digunakan negar-negara Eropa untuk mengendalikan gulma pada tanaman jagung. Di Indonesia herbisida dengan bahan aktif Topramezon ini masih terbilang baru. Topramezon adalah herbisida berspektrum luas yang efektif dalam mengendalikan gulma berdaun lebar dan rumput. Topramezone adalah nama umum untuk ISO [3-(4,5-dihidro-1,2-oxazol-3-il)-4-mesyl-o-tolil] (5-hidroksi-1-methylpyrazol-4-yl) methanone (IUPAC). Zat aktif sebelumnya dikodekan sebagai BAS 670 H (EFSA, 2014). Topramezon adalah herbisida pertama milik kelas kimia yang disebut pyrazolones. Dalam spesies tanaman tertentu, Topramezon menghambat enzim HPPD (*p*-hidroksi-fenil-piruvat dehidrogenase). Topramezon mempunyai nama Kimia (3-(4,5-dihydro-isoxazol-3-yl)-4-methanesulfonyl-2-methylphenyl)-(5-hydroxyl-1-methyl-1H-pyrazol-4-yl methanone), dengan nama dagang Armezon. Rumus bangun herbisida Topramezon menurut (BASF, 2013) seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rumus Bangun Herbisida Topramezon (BASF, 2013)

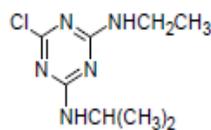
Topramezon bersifat sistemik dan selektif yang tinggi. Karena sifatnya yang selektif maka herbisida ini tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman jagung, Topramezon memiliki tingkat selektivitas yang sangat baik khususnya untuk semua jenis gandum, bahkan jenis gandum yang sensitif terhadap semua jenis herbisida lain. Herbisida Topramezon bersifat sistemik. Tanaman jagung adalah tanaman yang cepat memetabolisme senyawa kimia seperti herbisida, karena itu senyawa Topramezon memiliki selektivitas yang sangat baik. Hasil uji *in vitro* menunjukkan bahwa aktivitas penghambat Topramezon 10 kali lebih tinggi dari enzim HPPD (*p*-hidroksi-fenil-piruvat dehidrogenase) dibandingkan tanaman jagung. Topramezon diambil oleh tunas dan akar, kemudian didistribusikan ke dalam tanaman. Topramezon memiliki sifat toksitologi yang menguntungkan, yang memiliki tingkat kelarutan dan persistensi dalam tanah yang cukup baik, sehingga dapat juga mengendalikan gulma melalui serapan tanah dan herbisida Topramezon adalah herbisida yang aman dan tidak mengganggu pertumbuhan tanaman jagung, dibandingkan dengan herbisida 4-HPPD- lainnya. Pengendalian gulma menggunakan Topramezon sangat efektif terutama untuk jenis gulma rumput, seperti gulma yang terdapat di Eropa Tengah antara lain : *Echinochloa*, *Setaria*, *Digitaria*. Selain itu daftar gulma *Dicotyledoneous* yang dapat dikendalikan dengan efektif oleh herbisida Topramezon seperti spesies gulma di tanaman jagung yaitu : *Chenopodium*, *Atriplex*, *Amaranthus*, *Solanum* dan *Galinsoga* (Soltani *et al*, 2007).

Topramezon menghambat enzim HPPD (*p*-hidroksi-fenil-piruvat dehidrogenase) yang mengakibatkan terganggunya proses sintesis dan fungsi kloroplas, dimana klorofil dihancurkan oleh oksidasi. Proses ini menyebabkan tanaman mengalami gejala *bleaching* (pemutihan) daun dari jaringan tumbuh tunas,

nekrosis dan kematian tanaman. Efek pemutihan biasanya terlihat lima hari setelah aplikasi herbisida, kemudian pertumbuhan tanaman akan lambat. Di bawah pengaruh cahaya jaringan klorosis menjadi nekrotik, dan tanaman akan mati 7-14 hari setelah aplikasi herbisida (Soltani *et al*, 2007). Aplikasi herbisida Topramezon dilakukan hanya satu kali permusim, yaitu saat gulma berdaun 5 - 7 (tinggi gulma 10 – 13) atau pada saat umur jagung 14 – 21 hst (Glossman dan Ehrhardt, 2007). Topramezon ditranslokasi sistemik ke seluruh tubuh tanaman, ketika Topramezon diaplikasikan setelah tanaman jagung tumbuh, maka gulma mengambil atau menyerap herbisida melalui daun yang kemudian pertumbuhan gulma akan terhenti setelah aplikasi (BASF, 2013).

2.5 Herbisida Atrazin

Herbisida Triazin merupakan herbisida yang mulai ditemukan dan dikembangkan sejak tahun 1950 hingga 1970, salah satu herbisida di dalam golongan ini adalah herbisida Atrazin. Herbisida ini mampu mengendalikan gulma golongan daun lebar dan gulma rumput pada budidaya jagung, sorgum, tebu serta nanas (Rao, 2000). Atrazin merupakan salah satu herbisida yang diaplikasikan *preemergence* (sebelum gulma tumbuh) atau *postemergence* (setelah gulma tumbuh). Herbisida ini diserap oleh gulma bersamaan dengan air yang naik melalui xilem, setelah sampai pada *site of action* yaitu reseptor elektron di dalam klorofil, kemudian herbisida ini mengganggu kerja plastoquinon yang berperan dalam transfer elektron di klorofil P680. Plastoquinon merupakan sub unit dari protein D1 yang menjadi bagian dari fotosistem II yang bekerja sebagai penerima elektron (Vencill *et al*, 2002).



Gambar 2. Struktur molekul Atrazin (2-chloro-4-Ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine) (Rao, 2000)

Dalam menghambat fotosintesis, herbisida ini mengakibatkan klorosis pada daun yang akan diikuti oleh nekrosis jaringan daun. Herbisida ini dapat juga diaplikasikan melalui daun, meskipun pergerakan herbisida ini dalam daun terbatas dan sangat lambat. Herbisida Atrazin diakumulasikan pertama kali dibagian pembuluh daun, hingga akhirnya mencapai bagian tepian daun. Jumlah herbisida yang diserap dan ditranslokasikan dari akar menuju daun tergantung pada jumlah air yang diserap tanaman. Terhambatnya transpirasi memungkinkan akan menghambat laju translokasi herbisida ini. Gulma yang baru tumbuh tidak akan teracuni hingga gulma tersebut melakukan proses fotosintesis (Rao, 2000).

2.6 Pengendalian Gulma dengan Penyiangan

Gulma berinteraksi dengan tanaman melalui persaingan untuk mendapatkan satu atau lebih faktor tumbuh yang terbatas seperti cahaya, hara dan air. Tingkat persaingan akan bergantung pada curah hujan, varietas, kondisi tanah, kerapatan gulma, lamanya tanaman, pertumbuhan gulma, serta umur tanaman saat gulma mulai bersaing (Jatmiko *et al.*, 2002). Pembersihan gulma bertujuan untuk mengurangi tumbuhan pengganggu yang akan menjadi pesaing tanaman utama. Gulma merupakan inang alternatif dan tempat persembunyian hama penyakit.

Penyiangan dilakukan untuk membersihkan bedengan dari tanaman liar yang dapat mengganggu pertumbuhan dan hasil tanaman jagung dengan demikian tanaman dapat tumbuh tanpa adanya persaingan dari tanaman pengganggu. Penyiangan yang tepat dilakukan sebelum gulma memasuki fase generatif (Sukman dan Yakup, 2002). Sastroutomo (1990) juga menambahkan bahwa pada awal pertumbuhan belum terjadi kompetisi antara tanaman dengan gulma, namun pengendalian gulma pada periode ini paling efisien dan efektif karena memberikan kesempatan bagi tanaman budidaya untuk tumbuh serta dapat mempersingkat masa persaingan. Penyiangan yang dilakukan pada saat periode kritis mempunyai beberapa keuntungan. Misalnya frekuensi pengendalian menjadi berkurang karena terbatas diantara periode kritis tersebut dan tidak harus dalam seluruh siklus hidupnya, dengan demikian biaya,

tenaga dan waktu dapat ditekan sekecil mungkin dan efektivitas kerja menjadi meningkat.

Hasil penelitian Julu (2006) menunjukkan bahwa penyiangan berpengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun, produksi per tanaman, produksi per plot, produksi tongkol kedua plot dan produksi per hektar tanaman jagung. Waktu penyiangan 7, 14 dan 21 hari setelah tanam menyebabkan luas daun tidak berbeda nyata dengan perlakuan bebas gulma selama penelitian. Selanjutnya hasil penelitian Sagala (2007) menunjukkan bahwa perlakuan penyiangan mengakibatkan pergeseran gulma pada masing-masing perlakuan, dimana terdapat gulma yang mati dan juga terdapat gulma yang mampu tumbuh walaupun dilakukan penyiangan. Selain itu pengendalian dengan penyiangan memerlukan waktu cukup lama dan tenaga kerja lebih banyak (Duncar dan Brecke, 2002). Penyiangan yang terlalu dalam dapat merusak akar tanaman pokok serta membawa biji gulma ke permukaan tanah (Tu dan Randall, 2001). Mathers (2000) menyatakan bahwa penyiangan paling baik dilakukan pada saat cuaca kering dan panas, sehingga gulma yang tercabut tidak mampu tumbuh kembali. Penyiangan gulma dilakukan dalam keadaan tanah tidak boleh kering karena akan menimbulkan kerusakan struktur tanah dan tidak basah karena struktur tanah akan padat dan sulit dilakukan penyiangan.