

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bakteri *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) adalah kelompok bakteri menguntungkan yang agresif 'menduduki' (mengkolonisasi) rizosfir (lapisan tanah tipis antara 1-2 mm di sekitar zona perakaran). Aktivitas PGPR memberi keuntungan bagi pertumbuhan tanaman, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pengaruh langsung PGPR didasarkan atas kemampuannya menyediakan dan memobilisasi atau memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu tumbuh. Sedangkan pengaruh tidak langsung berkaitan dengan kemampuan PGPR menekan aktivitas patogen dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit seperti antibiotik dan siderofor (Kloepper *et al.*, 1991; Kloepper, 1993; Glick, 1995). Bakteri *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan bakteri-bakteri yang berkoloni di daerah perakaran tanaman yang memberikan efek menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Secara umum, mekanisme PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah sebagai bioprotektan atau biokontrol yang merupakan pengendali patogen secara hayati dengan menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen seperti siderofor, B-1,3-glukanase, kitinase, antibiotik, dan sianida (Kloepper, 1993). PGPR mampu berkoloni pada perakaran tanaman dengan baik, sehingga akar dapat menyerap sekresi mikroba yang bermanfaat bagi pertumbuhan akar dan menghambat invasi patogen (Soesanto, 2008).

PGPR berperan dalam meningkatkan produksi tanaman dengan cara, (1) memacu atau merangsang pertumbuhan (biostimulan) dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (fitohormon) seperti IAA, giberelin, sitokinin, dan etilen dalam lingkungan akar, (2) sebagai penyedia hara (biofertilizer) dengan memfiksasi N_2 dari udara secara asimbiosis dan melarutkan hara P yang terkait didalam tanah, (3) sebagai pengendali patogen yang berasal dari tanah (bioprotektan) dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen (McMillan, 2007). Beberapa PGPR yang telah dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai agen pengendali biologi yaitu, *Actinopales*, *Alcaligenes*, *Agrobacterium*, *Amorphosporangium*, *Athrobacter*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Hafnia*, *Micromonospora*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* dan *Bradyrichobium*, *Serratia*,

Streptomyces, dan *Xanthomonas* (McMillan, 2007). PGPR memiliki berbagai macam peran, diantaranya sebagai berikut.

- a. PGPR sebagai biostimulan dan pertumbuhan dan ketahanan tanaman krisan terhadap penyakit

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dapat dimanfaatkan guna mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman. Nutrisi tanaman yang terpenuhi secara optimal menjadikan tanaman dapat tumbuh baik. Perlakuan penelitian terdiri dari aplikasi mikroba tunggal, masing-masing adalah *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., dan perlakuan konsorsium dari keempat mikroba, perlakuan pupuk organik cair (POC) sebagai pembanding dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman dan kontrol sesuai dengan perlakuan petani krisan. Dari penelitian diperoleh hasil yang berbeda nyata antara perlakuan mikroba tunggal dengan konsorsium mikroba PGPR terhadap pertumbuhan dan kualitas bunga krisan (Abadi dan Sektiono, 2017).

- b. Rizobakteri indigenus terseleksi untuk pengendalian *Ralstonia solanacearum* sebagai pemacu pertumbuhan cabai

Rizobakteri dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) berperan juga sebagai agens biokontrol untuk pengendalian hama dan penyakit serta pemacu tumbuh tanaman. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 17 perlakuan. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa semua isolat rizobakteri terseleksi untuk pengendalian *Ralstonia solanacearum* juga mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai (Habazar *et al.*, 2017).

PGPR terdiri dari berbagai macam bakteri. Beberapa bakteri yang termasuk dalam PGPR adalah sebagai berikut:

- a. *Bacillus subtilis*

B. subtilis termasuk dalam Kingdom: *Prokaryotae*, Divisio: *Firmicutes*, Kelas: *Firmibacteria*, Famili: *Bacillaceae*, Genus: *Bacillus*, Spesies: *B. subtilis*. Bakteri ini juga digolongkan sebagai bakteri heterotrofik, yaitu bersifat uniseluler dan termasuk dalam golongan mikroorganisme dekomposer. *Bacillus* mudah ditemukan di tanah dan air. Beberapa jenis dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks (Agrios, 2005).

B. subtilis merupakan bakteri gram positif, bergerak dengan flagel, bersifat aerobik atau fakultatif anaerobik, dan bersifat katalase positif. Bakteri ini tidak

dapat menyebabkan penyakit pada tanaman (Supriadi, 2006). *B. subtilis* termasuk bakteri yang mampu membentuk endospora. Endospora tersebut berbentuk bulat, oval, elips, atau silinder yang terbentuk di dalam sel vegetatif. Endospora yang dihasilkan oleh *Bacillus* memiliki ketahanan yang tinggi terhadap faktor kimia, fisika, seperti suhu ekstrim dan alkohol. Jenis-jenis tersebut *Dipicolimic Acid* (DPA) dan mereka mempunyai derajat dormansi unparalel pada bentuk kehidupan yang lain (Janse, 2005).

b. *Pseudomonas fluorescens*

Bakteri *P. fluorescens* termasuk dalam Kingdom: *Bacteria*, Filum: *Proteobacteria*, Kelas: *Gamma Proteobacteria*, Ordo: *Pseudomonales*, Famili: *Pseudomonaceae*, Genus: *Pseudomonas*, Spesies: *P. fluorescens*. Morfologi dari genus *Pseudomonas* ini adalah sel tunggal, batang lurus atau melengkung, namun tidak berbentuk heliks, pada umumnya berukuran 0.5-1.0 μm . Biasanya motil dengan flagelum polar, monotriks atau multitriks, bereaksi negatif pada pewarnaan (Agrios, 2005). *P. fluorescens* merupakan bakteri gram negatif yang sebagian besar bersifat non-patogenik dan saprofitik. Bakteri ini banyak ditemukan secara luas baik di tanah, air tawar, air laut, juga sering sekali ditemukan pada sebagian tanaman (permukaan daun dan akar), sisa tanaman yang membusuk atau sisa-sisa makanan yang membusuk, dan kotoran hewan (Supriyadi, 2006). *P. fluorescens* dapat mengeluarkan senyawa antibiotik (antifungal), siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang sifatnya dapat menghambat aktivitas jamur. Bakteri ini memproduksi pigmen biru kehijauan pada saat kandungan Fe (besi) yang rendah serta dapat tumbuh baik pada media yang mengandung garam-garam mineral dengan tambahan sumber karbon yang beragam (Ratdiana, 2007).

c. *Azotobacter* sp.

Bakteri ini berbentuk variatif yaitu berupa batang, koloid atau serupa jamur, berflagella yang tersusun secara peritriks, bersifat gram negatif yang aerob obligat, serta tumbuh baik pada media defisien N dalam menghasilkan lendir kapsuler jika diberikan glukosa sebagai sumber C. Spesies dari genus *Azotobacter* terdiri dari *A. chroococcum*, *A. vinelandii*, dan *A. agile*. Adanya akumulasi bakteri ini pada rizosfer merupakan cerminan adanya stimulasi eksudat akar muda berupa berbagai gula, yang mendorong migrasi dan pembelahan sel-selnya serta perkecambahan kiste (Hanafiah, 2013).

d. *Azospirillum* sp.

Bakteri genus *Azospirillum* dipilah menjadi 5 spesies, yaitu *A. lipoferum*, *A. brasiliense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, dan *A. irakense*. Ciri utamanya adalah mempunyai sel-sel yang bersifat sangat motil dan vibroid meski dalam kultur alkalin tua. Semua strain dalam kultur agar *broth* bersifat gram negatif dan menjadi gram variabel dalam kultur agar nutrisi (Dobreiner, 1991; Hanafiah, 2013). Bakteri *Azospirillum* sp. mampu menyediakan unsur N dan P bagi pertumbuhan tanaman, serta sekaligus sebagai bakteri pemantap agregat tanah.

Azospirillum juga dapat merombak bahan organik kelompok karbohidrat, seperti selulosa dan amilosa, serta bahan organik yang mengandung sejumlah lemak dan protein di dalam tanah (Widawati, 2011). Aktivitas fiksasi N₂ oleh *Azospirillum* sp. dipengaruhi oleh pH, potensial redoks, dan bahan organik. Asosiasi *Azospirillum* dengan akar tanaman (*rhizocoenoses*) tergantung pada keamatan interaksi mutualistik antara keduanya. Interaksi ini dapat terjadi dalam rizosfer atau jaringan akar, tetapi tanpa struktur spesifik seperti pada simbiosis *Rhizobium*. Asosiasi dapat terjadi terutama karena kemampuan spesies ini dalam memanfaatkan eksudat-eksudat akar secara selektif (Hanafiah, 2013).

2.2 Herbisida

Herbisida adalah bahan kimia yang digunakan untuk mematikan atau menghambat pertumbuhan gulma. Secara kasat mata, tanaman dan gulma memiliki morfologi yang sama namun memiliki peran yang berbeda dalam pertanian. Herbisida dapat digolongkan berdasarkan jenis gulma, cara kerja, waktu aplikasi dan susunan kimianya. Penggolongan menurut jenis gulma mengelompokkan herbisida atas herbisida untuk golongan gulma rumput, herbisida untuk golongan gulma berdaun lebar, herbisida untuk golongan teki, dan herbisida berspektrum luas. Misalnya, herbisida untuk gulma golongan rumput adalah propanil untuk mengendalikan gulma *Echinochloa crusgalli* pada pertanaman padi sawah. Herbisida untuk mengendalikan gulma golongan berdaun lebar adalah 2,4-D dan herbisida untuk mengendalikan lebih dari satu gulma adalah glifosfat (mengendalikan gulma rumput berdaun lebar) (Tim Dosen IPB, 2011).

2.2.1 Pengelompokan herbisida

Penggolongan herbisida berdasarkan cara kerja antara lain dibedakan menjadi herbisida kontak dan herbisida sistemik. Herbisida kontak adalah herbisida yang mematikan bagian gulma yang terkena butiran-butiran semprot yang disemurkan. Herbisida kontak hanya mematikan bagian gulma yang terkena larutan, jadi bagian gulma yang dibagian bawah tanah seperti akar atau rimpang tidak terpengaruh dan pada waktunya dapat kembali tumbuh. Salah satu contoh herbisida kontak adalah paraquat, molekul herbisida ini menghasilkan radikal hydrogen peroksida yang memecahkan membran sel dan merusak seluruh konfigurasi sel seperti pada umumnya pada herbisida kontak (Tim Dosen IPB, 2011).

Herbisida sistemik adalah herbisida yang ditranslokasikan dan berefek luas pada seluruh sistem tumbuhan. Herbisida sistemik efektif untuk mengendalikan gulma tahunan dan dapat bersifat selektif, dapat berspektrum pengendalian luas maupun sempit. Gejala kematian gulma terlihat pada 2-4 minggu setelah aplikasi (Tim Dosen IPB, 2011).

2.2.2 Persistensi herbisida di tanah

Kontak antara partikel tanah dan molekul herbisida dapat terjadi dengan beberapa cara, diantaranya berasal dari jatuhnya dari semprotan ke tanah, herbisida pra-tumbuh yang diaplikasikan melalui tanah, dan juga herbisida yang tidak terdegradasi oleh tumbuhan akan kembali ke tanah setelah tumbuhan itu mati dan membusuk. Apabila suatu herbisida mencapai tanah, ia akan bertemu dengan media yang sangat heterogen dan interaksi terjadi dalam berbagai bentuk. Persistensi atau derajat ketahanan herbisida dalam tanah merupakan akibat berbagai jenis interaksi antara tanah dan herbisida. Herbisida mungkin teradsorpsi dalam tanah secara reversibel atau terikat secara tetap dan irreversibel oleh partikel tanah. Pada kondisi pertama, herbisida masih dapat diserap oleh tanaman atau berubah lokasi karena pencucian, atau herbisida mengalami dekomposisi secara kimia atau secara biologis oleh jasad renik (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 1984). Lamanya waktu herbisida aktif tertinggal di dalam tanah disebut persistensi tanah (*persistence soil*) atau masa residu tanah (*soil residual life*). Keberadaan herbisida di dalam tanah setelah tugasnya terlaksana dapat disebut residu herbisida. Istilah residu herbisida mengacu pada keberadaan herbisida yang berlanjut di dalam tanah meskipun bukan dalam bentuk jumlah herbisida atau yang segera tersedia untuk diserap tanaman.

Secara umum, dekomposisi hasil samping dari herbisida dapat dikatakan sebagai residu herbisida, yang tidak atau dapat menimbulkan masalah bagi penggunaan lahan berikutnya (Anderson, 1983). Bahaya dari herbisida yang terlalu lama berada dalam tanah adalah bahaya *phyto-toxic after effect*, dimana tidak dapat diduga sebelumnya. Tanaman akan keracunan herbisida yang diberikan pada musim sebelumnya (Sumintapura dan Iskandar, 1980). Beberapa faktor yang diketahui berpengaruh terhadap persistensi herbisida dalam tanah (Sumintapura dan Iskandar, 1980) diantaranya adalah :

1. Dekomposisi oleh mikroorganisme

Mikroorganisme utama di dalam tanah terdiri atas bakteri, jamur, dan Actinomycetes. Bahan makanan dan energi dibutuhkan mikroorganisme untuk keperluan pertumbuhannya. Bahan makanannya terdiri dari bahan organik dan sebagian bahan anorganik. Mikroorganisme menggunakan semua bahan organik yang ada di dalam tanah untuk bahan makanannya termasuk juga herbisida. Mikroorganisme mampu merubah dan menghancurkan molekul-molekul organik herbisida yang mengakibatkan penonaktifan bahan kimia tersebut. Proses ini disebut dekomposisi mikrobial (Anderson, 1983). Dekomposisi herbisida sangat tergantung dari jenis herbisida, ada yang sulit terurai dan juga mudah terurai di dalam tanah.

2. Dekomposisi kimiawi (non-biologis)

Dekomposisi herbisida dapat terjadi pada tanah yang telah disterilisasi yang menunjukkan bahwa dekomposisi itu adalah non-biologis (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 1984). Dekomposisi kimiawi menyebabkan terurainya herbisida karena terjadi reaksi kimia. Proses dekomposisi kimiawi ini dapat berlangsung dengan adanya oksidasi, reduksi, hidrolisa, dan hidratisasi. Potassium cyanat apabila dilarutkan ke dalam air akan terjadi proses hidrolisa, dan herbisida ini akan terurai menjadi unsur-unsur kimia atau senyawa-senyawa kimia yang tidak berarti apa-apa bagi tumbuhan.

3. Pencucian (*leaching*)

Pencucian merupakan suatu proses merembesnya suatu senyawa kimia ke kedalaman yang lebih dalam atau berpindahnya senyawa tersebut dari tempatnya semula, sehingga menyebabkan hilangnya senyawa tersebut dari tempatnya semula. Pemakaian herbisida pada perlakuan pra-tumbuh (pre-emergence), apabila dalam bentuk butiran, biasanya disebar di permukaan tanah, dengan bantuan air, baik irigasi ataupun air hujan, herbisida tersebut

akan tercuci dan merembes ke dalam tanah. Ada beberapa jenis herbisida yang mudah tercuci di dalam tanah, ada pula yang dapat tercuci namun tidak merembes terlalu dalam, misalnya NaClO_3 . Mudah atau tidaknya herbisida tercuci dalam tanah tergantung dari kelarutan dari herbisida dalam tanah, banyaknya air yang merembes, dan banyaknya herbisida yang dapat diadsorpsi oleh tanah. Menurut Anderson (1983), secara umum adsorpsi merupakan faktor yang terpenting yang mempengaruhi proses pencucian di dalam tanah. Secara umum, herbisida dapat tercuci ke arah bawah di dalam tanah sampai kedalaman kurang dari 2,5 cm hingga lebih dari 1 m. Dua faktor di dalam tanah yang secara tidak langsung mempengaruhi pencucian herbisida adalah keasaman tanah (pH) dan koloid tanah (organik dan anorganik).

4. Adsorpsi oleh koloid tanah

Adsorpsi merujuk kepada daya tarik, adhesi, dan akumulasi molekul-molekul di air tanah atau pada batas udara tanah, yang mengakibatkan satu atau lebih lapisan ion atau molekul pada permukaan partikel tanah (Rao, 2000). Adsorpsi menentukan berapa banyak molekul herbisida akan tertinggal di permukaan tanah dan berapa banyak yang tercuci masuk ke strata tanah paling dalam. Adsorpsi dapat menjelaskan persistensi herbisida pada lapisan permukaan yang tidak dapat dijelaskan melalui proses pencucian dan kelarutan. Oleh karena itu bukan kelarutan yang menjadi faktor utama yang mengatur tingkat pergerakan herbisida di dalam tanah. Karena jenis tanah yang berbeda mengadsorpsi jumlah herbisida yang berbeda, dosis herbisida dapat dimodifikasi menurut kapasitas adsorptif dari jenis tanah yang berbeda (Mercado, 1979).

5. Fotodekomposisi

Fotodekomposisi adalah penguraian suatu senyawa kimia menjadi senyawa lainnya yang disebabkan oleh adanya cahaya matahari. Hal ini bisa juga terjadi pada herbisida. Pada suatu percobaan, herbisida monuron dilarutkan dalam akuades sebanyak 88,3 ppm. Larutan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabung gelas yang berwarna jernih dan dijemur dalam sinar matahari selama kurang lebih 24 jam. Setelah penjemuran tersebut, jumlahnya yang terkandung ternyata hilang sebanyak 83%. Fotodekomposisi merupakan mekanisme detoksifikasi herbisida yang penting pada tanah dibawah kondisi lapang terutama jika diberikan di atas permukaan tanpa

menerima air hujan maupun irigasi (Jordan *et al.*, 1964 dalam Rao, 2000). Beberapa faktor yang dapat membantu dan mempercepat fotodekomposisi adalah suhu permukaan tanah yang tinggi, kegiatan mikroba dalam tanah, reaksi kimia yang terjadi dalam tanah, dan adsorpsi oleh tanah.

6. Volatilisasi (penguapan)

Penguapan merupakan proses dimana suatu zat berubah dari keadaan padat atau cair menjadi keadaan gas (Anderson, 1983). Transformasi ini ditentukan oleh elevasi suhu dan pengurangan tekanan eksternal (Rao, 2000). Penguapan pada larutan herbisida menurut Sumintapura dan Iskandar (1980), adalah penguapan keseluruhan cairan tersebut, sehingga tidak meninggalkan sisa pada tempat bekasnya. Herbisida yang menguap beserta bahan aktifnya, dapat pula merupakan racun bagi tumbuhan yang terkena oleh uap tersebut. Ester dari 2,4-D juga dapat menguap, apakah penguapannya itu banyak atau tidak tergantung pada keadaan tanah, dimana herbisida ini diberikan, terutama pada suhu tanah. Apabila herbisida ini diberikan pada permukaan tanah yang sangat kering dan panas, maka sebagian besar dari herbisida ini akan menguap. Anderson (1983) menyatakan bahwa penguapan herbisida lebih cepat terjadi pada tanah yang kering dibanding tanah yang lembab karena herbisida pada umumnya diadsorpsi lebih kuat pada tanah yang kering. Selain itu, Tjitrosoedirdjo *et al.* (1984) juga menyatakan penguapan menyebabkan hilangnya sebagian herbisida yang dipakai, sehingga mengurangi jumlah yang dapat diserap oleh gulma.

2.2.3 Dampak negatif herbisida

Sebagian besar herbisida relatif bersifat non-toksik bagi manusia, karena cara kerja herbisida pada level molekular umumnya di tempat yang spesifik bagi tanaman, namun tidak bagi hewan tingkat tinggi. Namun bagaimanapun semua jenis bahan kimia, baik alami maupun sintesis, adalah beracun dan memerlukan penanganan khusus. Selain itu, bahaya kesehatan terbesar dari herbisida adalah terhadap orang-orang yang bekerja dengan herbisida atau terpapar dalam jumlah besar, misalnya pada pabrik industri, formulasi, dan bagian distribusi, serta mereka yang terlibat dalam aplikasi langsung di lapangan seperti pekerja yang menyemprotkan, mencampur, menggunakan dengan mesin atau dengan pesawat udara (Monaco *et al.*, 2002).

Efek yang ditimbulkan oleh herbisida pada manusia dapat berupa bintik-bintik merah pada kulit, keracunan perut (melalui pencernaan), ataupun

keracunan pernapasan (melalui hidung), hingga kematian. Cara serangan dapat ditimbulkan melalui konsumsi secara sengaja ataupun tidak sengaja, kesalahan penggunaan yang mengakibatkan herbisida masuk ke dalam tubuh manusia atau satwa, penghirupan melalui semprotan udara, atau konsumsi makanan sebelum ada interval berlabel pra panen. Selain itu dalam kondisi ekstrim, herbisida jugadapat terangkut melalui air limpasan permukaan yang dapat mencemari sumber air dalam. Sebagian besar herbisida terdekomposisi dengan cepat di dalam tanah melalui dekomposisi mikroba, hidrolisis, atau fotolisis (Tjitrosoedirdjo *et al.*, 1984).

Menurut Soerjani *et al.* (1977), kadar rendah dapat memberikan pengaruh resisten terhadap tumbuhan pengganggu, oleh karena itu penyemprotan yang tidak sempurna dapat memberikan pengaruh jangka panjang yang tidak terduga. Di samping itu secara tidak langsung penggunaan herbisida akan merangsang tumbuhan pengganggu lain yang bukan sasaran menjadi dominan. Hal ini terjadi di daerah yang alang-alangnya (*Imperata cylindrica*) berhasil ditekan pertumbuhannya, sehingga menyebabkan *Mikania micrantha* mendapat kesempatan untuk tumbuh dominan karena tidak adanya persaingan dengan alang-alang. Herbisida tidak hanya digunakan dalam usaha pertanian, tetapi juga dalam pengendalian tumbuhan air pengganggu di perairan terbuka (seperti rawa, danau, waduk) untuk kepentingan perikanan, pariwisata, pembangkit tenaga listrik, dan navigasi. Implikasinya adalah akibat penggunaan herbisida dalam perairan adalah terjadinya defisiensi oksigen berkaitan dengan banyaknya kandungan tumbuhan mati yang mengalami peruraian (Wardojo, 1977).

Menurut Frank (1970) dalam Wardojo (1977), pola umum pengaruh herbisida terhadap jasad-jasad perairan adalah sebagai berikut, mula-mula tumbuhan air mati dan plankton nabati jumlahnya menurun, diikuti dengan menurunnya jumlah jasad hewani renik (mikro-fauna), termasuk plankton hewani dan insekta yang hidup (menempel) pada akar tumbuhan. Jumlah bahan organik yang membusuk dan terurai akan meningkat, jumlah mineral yang terlarut dalam air meningkat pula. Hal ini menyebabkan peningkatan kembali populasi berbagai jenis jasad nabati dan hewani perairan. Waktu yang diperlukan mulai terjadinya sampai berakhirnya proses tersebut bervariasi tergantung pada jenis dan kadar senyawa herbisida serta habitat perairan. Umumnya dalam selang waktu 2 hingga 3 minggu.

2.2.4 Jenis-jenis herbisida yang sering digunakan di Indonesia

a. Paraquat Diklorida

Paraquat diklorida memiliki nama IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride. Paraquat masuk ke dalam golongan herbisida bipyridinium. Paraquat merupakan herbisida non-selektif, berspektrum pengendalian luas, dan membunuh semua jaringan berwarna hijau dan bersifat kontak. Herbisida ini bekerja dengan sangat cepat jika ada cahaya matahari. Dengan bantuan cahaya matahari dan oksigen, paraquat akan mempengaruhi fotosintesis dengan terbentuknya superoksida yang akan menghancurkan membran sel dan sitoplasma (Djojsumarto, 2008). Aktivitas paraquat sangat dipengaruhi oleh cahaya dan suhu. Suhu dengan intensitas tinggi akan mempercepat terjadinya klorosis setelah aplikasi paraquat atau dari golongan bipyridinium ini (Moenandir, 1998).

Paraquat terikat kuat pada partikel tanah dan cenderung tetap terikat untuk waktu yang lama dalam keadaan yang tidak aktif, meskipun dapat terdesorpsi lagi dan menjadi aktif. Waktu paruh di dalam tanah bisa mencapai 20 tahun (Watts, 2011). Meskipun hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanah seperti tekstur tanah, kelembaban, temperatur, kemasaman tanah, bahan organik, dan sebagainya.

b. Amonium glufosinat

Amonium glufosinat atau glufosinat termasuk dalam golongan organofosfat dengan nama IUPAC adalah *2-Amino-4(hydroxyl-methyl -phosphoryl) butanoic acid*. Glufosinat adalah nama pendek dari garam amonium, amonium glufosinat. Glufosinat merupakan herbisida kontak, non-selektif dan bekerja dengan menghambat sintesis asam amino glutamin serta menghambat fotosintesis (Djojsumarto, 2008). Glufosinat merupakan turunan dari fosfinothricin, mikroba alami bersifat racun yang diisolasi dari dua spesies jamur *Streptomyces*. US EPA (*United-States-Environmental Protection Agency*) mengklarifikasikan glufosinat dalam golongan persisten dan mudah berpindah. Degradasi glufosinat sebagian besar oleh aktivitas mikroba. Waktu paruh ditemukan pada berbagai studi laboratorium dari 3-42 hari sampai lebih dari 70 hari pada studi lainnya. Waktu paruh terpendek di tanah tergantung dari kandungan bahan organik dan liat yang tinggi (Jewell dan Buffin, 2001).

Produk hancuran utama glufosinat di dalam tanaman, hewan dan tanaman adalah *3-(methylphosphinyl) propionic acid* (MPPA-3) yang bersifat neurotoksin,

2-(*methylphopinyl*) *acetic acid* (MPPA-2), dan juga CO₂. Hasil metabolit glufosinat, MPPA-3 ditemukan lebih persisten dan lebih mudah berpindah dibandingkan dengan glufosinat. Di dalam percobaan dengan jumlah MPPA-3 tercuci lebih besar 20 kali dibandingkan dengan jumlah glufosinat yang tercuci (Jawell dan Buffin, 2001).

c. 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, dan ditranslokasikan dan akan terakumulasi pada jaringan muda (meristem) pucuk dan akar (Djojosemarto, 2008).

2.3 Perhitungan Bakteri

Bakteri merupakan organisme mikro uniseluler. Pada umumnya bakteri tidak mempunyai klorofil. Beberapa bakteri bersifat fotosintetik dan reproduksi aseksualnya secara pembelahan. Bakteri tersebar luas di alam, di dalam tanah, di atmosfer, di dalam endapan-endapan lumpur, di dalam lumpur laut, dalam air, pada sumber air panas, di daerah antartika, dalam tubuh manusia, hewan, dan tanaman. Jumlah bakteri tergantung pada keadaan sekitar. Misalnya, jumlah bakteri di dalam tanah tergantung jenis dan tingkat kesuburan tanah (Bibiana, 1994).

Pengamatan bakteri dapat dilakukan secara individual, satu per satu, maupun secara kelompok dalam bentuk koloni. Bila bakteri yang ditumbuhkan di dalam medium yang tidak cair, maka akan terjadi suatu kelompok yang dinamakan koloni. Bentuk koloni berbeda-beda untuk setiap spesies, dan bentuk tersebut merupakan ciri khas bagi suatu spesies tertentu (Waluyo, 2007).

Populasi bakteri dapat diukur tingkat kerapatannya menggunakan alat spektrofotometer. Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer dengan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih di deteksi dan cara ini diperoleh dengan alat pengurai

seperti prisma, grating atau celah optis. Pada fotometer filter dari berbagai warna yang mempunyai spesifikasi melewatkan trayek pada panjang gelombang tertentu (Gandjar dan Rohman, 2007).

Prinsip kerja spektrofotometer yaitu spektrum elektromagnetik dibagi dalam beberapa daerah cahaya. Suatu daerah akan diabsorpsi oleh atom atau molekul dan panjang gelombang cahayayang diabsorpsi dapat menunjukkan struktur senyawa yang diteliti. Spektrum elektro magnetik meliputi suatu daerah panjang gelombang yang luas dari sinar gamma gelombang pendek berenergi tinggi sampai pada panjang gelombang mikro (Marzuki, 2012).

Spektrum absorpsi dalam daerah-daerah ultra ungu dan sinar tampak umumnya terdiri dari satu atau beberapa pita absorpsi yang lebar, semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-tampak. Oleh karena itu mereka mengandung elektron, baik yang dipakai bersama atau tidak, yang dapat dieksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Panjang gelombang pada waktu absorpsi terjadi tergantung pada bagaimana erat elektron terikat di dalam molekul. Elektron dalam satu ikatan kovalen tunggal erat ikatannya dan radiasi dengan energi tinggi, atau panjang gelombang pendek, diperlukan eksitasinya (Wunas *et al.*, 2011).

