

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pestisida Organofosfat.**

Berdasarkan peraturan Pemerintah RI No.7 Tahun 1973, yang dimaksud dengan pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit tanaman, memberantas gulma, memberantas atau mencegah hama air, memberantas atau mencegah binatang dan jasad renik dalam rumah yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Sesuai dengan definisi tersebut di atas, maka pestisida dapat berupa insektisida, herbisida, fungisida, rodentisida, nematisida dan lainnya (Sudarmo, 1991).

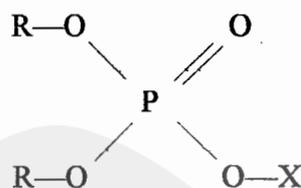
Pestisida organofosfat merupakan pestisida organosintetik, yang ditemukan pertama kali oleh seorang ilmuwan Jerman, Gerhard Schrader. Pada saat ini ditemukan sekitar 100.000 senyawa organofosfat yang dapat digunakan untuk memberantas hama penyakit. Dari jumlah tersebut terdapat 100 jenis lebih yang telah dipasarkan. Penelitian tentang pestisida organofosfat terus dilakukan untuk menemukan jenis baru yang dapat menggantikan pestisida organoklorin (Hassall, 1990).



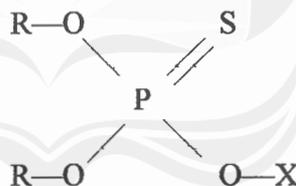
Hassall (1990), menggolongkan pestisida organofosfat dalam enam kelompok berdasarkan struktur kimianya, yaitu :

1. Golongan Ortofosfat, dicirikan dengan atom O pada ikatan rangkap, kedudukannya bersifat tetap (tidak dapat diganti dengan atom S).

Struktur kimia golongan ini adalah

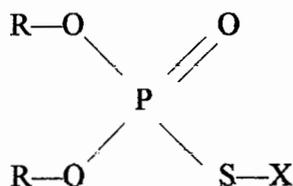


2. Golongan Tionfosfat, dicirikan dengan kedudukan atom O pada ikatan rangkap diganti dengan atom S. Struktur kimia golongan ini adalah :

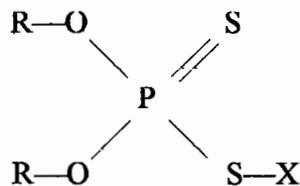


3. Golongan Tiolfosfat, dicirikan dengan posisi dimana salah satu dari atom O (pada ikatan yang tunggal) kedudukannya diganti oleh atom S.

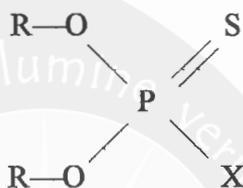
Struktur kimia golongan ini adalah :



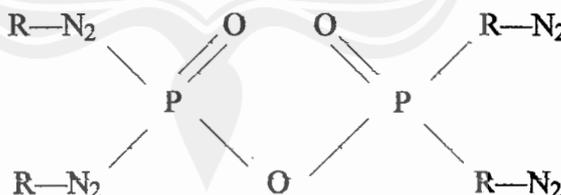
4. Golongan Ditiofosfat, dicirikan dengan kedudukan dari dua atom O diganti dengan atom S. Struktur kimia golongan ini adalah :



5. Golongan Fosfonat, dicirikan dengan gugus X langsung berikatan dengan atom fosfat. Struktur kimia golongan ini adalah :



6. Golongan Pirofosforamid, dicirikan dengan perubahan ikatan R-O-P menjadi RN<sub>2</sub>-P. Struktur kimia golongan ini adalah :



## B. Herbisida Glifosat

Herbisida adalah salah satu jenis pestisida, yaitu senyawa kimia yang dapat menghentikan pertumbuhan gulma sementara atau seterusnya bila diperlakukan pada dosis yang tepat. Bersamaan dengan penggunaan pupuk,



Glifosat merupakan herbisida yang sangat aktif, tidak selektif, diserap melalui daun dan ditranslokasikan ke daerah tumbuh. Bersifat efektif membasmi gulma semusim dan menahun tetapi lebih ditujukan untuk membasmi gulma menahun yang memiliki perakaran mendalam, khususnya rumput-rumputan yang berakar rhizome (Rao, 1994).

### **C. Toksisitas Senyawa Glifosat Terhadap Organisme.**

Semua organisme apabila dikenai senyawa asing akan berusaha bertahan dan mengubah senyawa tersebut menjadi senyawa lain yang tidak merugikan. Pada dasarnya senyawa glifosat bersifat tidak mudah terurai dalam tanah (persisten), sehingga glifosat bersifat toksik pada organisme hidup. Toksisitas ini terjadi karena glifosat :

- Diasimilasi oleh tumbuhan dan terakumulasi pada bagian yang dapat dimakan.
- Melekat (menempel) pada bagian makanan (mineral) dari tanaman.
- Ditransformasikan dengan pengikisan partikel tanah pada jalan air yang terdekat.
- Terakumulasi pada hewan cacing dan kemudian dilanjutkan pada tingkatan hewan yang lebih tinggi, misalnya pada burung pemakan cacing.

(Reed dan Rahm, 1987).

Menurut Marx (1991), senyawa glifosat mempunyai toksisitas yang tinggi terhadap tumbuhan dan bersifat rendah terhadap mamalia. Pada tumbuhan glifosat menghambat biosintesis asam amino aromatik, yaitu sebagai zat penghambat enzim 5-enolpiruvilsikimat-3-fosfat (EPSP) sintase. Casarett dan Dowll's (1986), menunjukkan bahwa glifosat mempunyai toksisitas yang rendah terhadap mamalia, tetapi jika terakumulasi berlebihan dapat menyebabkan kematian. Toksisitas ini bervariasi pada setiap jenis hewan, diantaranya : pada dosis 472 – 2000 ppm dapat menimbulkan LD<sub>50</sub> pada ayam dan burung, pada dosis 564 – 2000 ppm menyebabkan LD<sub>50</sub> pada bebek. Sedangkan untuk hewan perairan konsentrasi 100 ppm dapat menyebabkan LC<sub>50</sub> selama 96 hari pada berudu.

#### **D. Biodegradasi Pestisida Organofosfat Oleh Bakteri**

Atlas dan Bartha (1992), mendefinisikan degradasi sebagai semua bentuk perombakan senyawa. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa yang lebih stabil dari senyawa semula sedangkan Alexander (1994) mendefinisikan bahwa degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme disebut biodegradasi.

Biodegradasi suatu senyawa organik biasanya akan diikuti oleh pertumbuhan mikrobial yang berperan. Mikrobial yang berperan akan memanfaatkan senyawa organik tersebut sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya (Alexander, 1977).

Menurut Pipke dan Amrhein (1988), senyawa dengan ikatan karbon dan fosfor yang stabil secara ekstensif dipergunakan sebagai pestisida organofosfat. Senyawa organofosfat sintetik ini bersifat persisten terhadap degradasi, tetapi beberapa bakteri tanah mampu melakukan proses degradasi terhadap senyawa tersebut. Moore *et al.* (1983), menyatakan bahwa adanya kemampuan mendegradasi senyawa organofosfat oleh bakteri dikarenakan bakteri mempunyai sistem enzim katabolik spesifik. Sedangkan Munnecke dan Hsieh (1975) menyatakan bahwa bakteri mendegradasi senyawa organofosfat karena senyawa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya.

Menurut Zeleznick dalam Moore *et al.* (1983), bakteri dapat mempergunakan pestisida organofosfat sebagai satu-satunya sumber fosfor, karbon atau nitrogen. Hal tersebut tergantung pada jenis bakterinya, misalnya *E. coli* dapat memanfaatkan organofosfat sintetik (metil fosfonat dan etil fosfonat) sebagai sumber fosfor. Lanauze *et al.* (1970), menunjukkan bahwa *Bacillus cereus* dapat memanfaatkan 2-phosphonoasetaldehyd sebagai sumber fosfor. Sedangkan hasil penelitian dari Cook *et al.* (1977) menunjukkan bahwa isolat *Pseudomonas putida* dapat memanfaatkan amino etil fosfonat sebagai sumber karbon, nitrogen dan fosfor. Reaksi tersebut dikatalisis oleh enzim fosfonatase. Hasil penelitian Munnecke dan Hsieh (1976) membuktikan bahwa *Pseudomonas* sp. dapat memanfaatkan parathion sebagai sumber karbon, reaksi ini dikatalisis oleh enzim parathion hidrolase.

Menurut Hassall (1990), sifat senyawa pestisida organofosfat hasil degradasi umumnya berbeda dengan senyawa asalnya yang meliputi toksisitas, volatilitas dan karakteristik absorpsinya. Hal tersebut tergantung dari jenis senyawa pestisida, aktivitas bakteri tanah dan faktor-faktor lingkungan.

#### **E. Mekanisme Degradasi Senyawa Glifosat Oleh Bakteri**

Kishore dan Jacob (1987), menyatakan bahwa metabolisme perombakan senyawa glifosat oleh bakteri terjadi melalui pemutusan ikatan karbon dan fosfor pada senyawa tersebut. Pada metabolisme perombakan tersebut bakteri menghasilkan suatu senyawa metabolit.

Hasil penelitian Balthazor dan Hallas (1985) menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diisolasi dari lumpur aktif limbah glifosat dan diidentifikasi sebagai *Flavobacterium* sp. strain GD1 dapat memanfaatkan senyawa glifosat sebagai satu-satunya sumber fosfor. Metabolisme perombakan senyawa glifosat tersebut, menghasilkan senyawa metabolit berupa  $PO_4$ ,  $NH_4$ ,  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Sebelum senyawa metabolit dihasilkan, terbentuk suatu senyawa antara berupa AMPA (Amino Metil Phosphonic Acid). Reaksi ini dikatalisis oleh enzim phosphonatase.

Moore *et al.* (1983), menunjukkan bahwa isolat *Pseudomonas* PG 2982 yang merupakan mutan dari isolat *Pseudomonas aeruginosa*, dapat memanfaatkan 1,0 mM senyawa glifosat sebagai sumber fosfor untuk pertumbuhannya. Sedangkan dari hasil penelitian Kishore dan Jacob (1987) menunjukkan bahwa metabolisme perombakkan senyawa glifosat oleh *Pseudomonas* PG 2982, menghasilkan senyawa metabolit berupa glisin, satu unit karbon dan fosfor. Senyawa metabolit tersebut terbentuk melalui senyawa antara berupa sarcosine (N-metil amino acetic). Reaksi ini dikatalisis oleh enzim sarcosine dehidrogenase. Hasil penelitian Pipke dan Amrhein (1988) menunjukkan bahwa *Arthrobacter* GLP1 melakukan metabolisme perombakkan senyawa glifosat seperti pada *Pseudomonas* PG 2982 (melalui sarcosine).

#### **F. Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Degradasi Senyawa Glifosat Oleh Bakteri.**

Degradasi senyawa glifosat oleh bakteri, dikatalisis oleh sistem enzimatik katabolik yang spesifik. Faktor lingkungan yang mempengaruhi aktivitas bakteri dalam degradasi senyawa glifosat, diantaranya adalah suhu dan pH. Nilai optimum dari masing-masing faktor tersebut berbeda-beda, tergantung dari enzim katabolik yang dihasilkan oleh bakteri.

## 1. Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas enzim katabolik glifosat. Setiap kenaikan suhu 10°C dalam kisaran toleransi menyebabkan aktivitas enzim meningkat dua kali. Jika kenaikan suhu melebihi batas suhu optimum maka enzim akan terdenaturasi. Degradasi senyawa glifosat oleh enzim sarcosine dehidrogenase bersifat stabil pada suhu kamar dan aktivitasnya mencapai optimal pada suhu 30°C (Atlas, 1992 dan Moore *et al.*, 1983).

## 2. pH

Setiap enzim mempunyai titik elektris yang berbeda sehingga pH untuk setiap jenis enzim katabolik glifosat adalah spesifik. Hasil penelitian Pipke dan Amrhein (1987) menunjukkan bahwa degradasi senyawa glifosat oleh sarcosine dehidrogenase mencapai optimal pada pH 6 – 7.

## G. Hipotesis

Bakteri tanah terutama isolat *Pseudomonas* sp. yang tumbuh pada media diperkaya glifosat dapat mendegradasi senyawa glifosat dengan memanfaatkannya sebagai sumber fosfor.