

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Isolasi Bakteri

Mikroorganisme terestrial (bumi) dijumpai dimana-mana, disegala lingkungan hidup manusia. Populasi tersebut ada di tanah, lingkungan akuatik, berkisar dari aliran sampai pada lautan dan atmosfer (Hajoeningtjas, 2012). Mikroorganisme yang terdapat pada suatu lingkungan alami merupakan populasi campuran dari berbagai jenis, baik mikroorganisme pada tanah, air, udara, makanan, maupun yang terdapat pada tubuh hewan dan tumbuhan. Pemisahan bakteri dari populasi campuran diperlukan untuk mengetahui berbagai jenis, mempelajari kultural, morfologi, fisiologi, dan karakteristik dari bakteri tersebut. Teknik pemisahan tersebut disebut isolasi yang disertai dengan pemurnian (Soeroso,1999).

Isolasi bakteri merupakan suatu proses pengambilan bakteri dari medium atau lingkungan asalnya lalu menumbuhkannya pada medium buatan sehingga dapat memperoleh biakan bakteri yang murni (Singleton & Sainsbury, 2006). Cara atau metode yang dapat dilakukan untuk memperoleh mikroorganisme yang murni dari suatu biakan campran yaitu metode cawan gores dan metode cawan tuang (Hadioetomo, 1993).

A. Metode Cawan Gores

Metode cawan gores dalam isolasi bakteri bertujuan untuk membuat garis sebanyak mungkin pada permukaan medium biakan menggunakan jarum ose.

Mikroba yang terlepas pada garis-garis goresan tersebut semakin lama semakin sedikit, sehingga pada garis terakhir koloni yang terbentuk akan terpisah agak jauh dan sebagai koloni tunggal. Koloni tunggal adalah koloni yang timbul dan tumbuh secara terpisah dari satu sel atau beberapa sel. Pada umumnya koloni sel memiliki ukuran kecil-kecil (Irianto, 2012).

B. Metode cawan tuang

Metode cawan tuang yang dilakukan dalam isolasi bakteri bertujuan untuk menentukan perkiraan jumlah bakteri hidup dalam suatu sampel dan isolasi mikroorganisme. Hasil perhitungan jumlah bakteri dengan cara ini dinyatakan dalam bentuk koloni (Irianto, 2012). Menurut Hadioetomo (1993) metode cawan tuang digunakan untuk memperoleh koloni murni dari populasi campuran mikroorganisme.

C. Metode pengenceran (dilution method).

Metode pengenceran (dilution method) pada prinsipnya adalah cara untuk melarutkan sampel ke dalam akuades steril sehingga lebih mudah dalam isolasi mikroorganisme. Suspensi sampel yang berupa campuran bermacam-macam spesies diencerkan dengan medium steril dengan harapan pada akhirnya akan diperoleh pertumbuhan dari satu sel (Stanier, 1982).

D. Metode cawan tebar

Metode cawan tebar pada umumnya sama dengan metode gores dengan menggunakan ose steril yang dicelupkan ke dalam suspensi organisme yang diencerkan, lalu dibuat serangkaian goresan sejajar yang tidak saling menutupi di atas permukaan medium yang telah memadat (Stanier, 1982).

2.2. Identifikasi Bakteri

Identifikasi merupakan upaya mengelompokkan makhluk hidup kedalam suatu kelompok tertentu berdasarkan karakteristik persamaan dan perbedaan yang dimiliki oleh masing-masing makhluk hidup. Untuk mengidentifikasi mikroorganisme dilakukan dengan membandingkan ciri-ciri satuan yang ada yang belum diketahui dengan satuan-satuan yang sudah dikenal. Identifikasi mikroorganisme yang baru diisolasi memerlukan perincian, deskripsi, dan perbandingan yang cukup dengan deskripsi yang telah dipublikasikan untuk jasad-jasad lain yang serupa (Pelczar & Chan, 1986).

Identifikasi suatu biakan murni bakteri yang diperoleh dari hasil isolasi dapat dilakukan melalui pengamatan ciri-ciri morfologi koloni serta pengujian fisiologi dan biokimianya. Bakteri dapat diidentifikasi dengan mengetahui reaksi biokimia tersebut. Sifat metabolisme dalam reaksi uji biokimia dapat dilihat dari interaksi metabolit-metabolit yang dihasilkan dengan reagen kimia yang digunakan (Waluyo, 2007).

Menurut Wiluyandari (2013) identifikasi merupakan penentuan atau penetapan nama suatu makhluk hidup berdasarkan karakteristik persamaan dan perbedaan yang dimiliki oleh masing-masing makhluk hidup. Berdasarkan pengertian identifikasi dari berbagai pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa identifikasi bakteri merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat ataupun ciri-ciri yang dimiliki bakteri, sehingga dapat menetapkan golongan atau jenis bakteri yang telah teridentifikasi sesuai dengan yang telah dikenal atau kunci identifikasi.

Mengidentifikasi bakteri dapat dilakukan dengan uji biokimia, mengamati karakteristik makroskopis dan karakteristik mikroskopis bakteri tersebut. Uji biokimia yang bisa dilakukan yaitu pengujian katalase (untuk mengetahui bakteri yang dapat menghasilkan enzim katalase), pengujian oksidase fermentatif (untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menguraikan glukosa), pengujian oksidase (untuk mengetahui adanya enzim oksidase pada bakteri), pengujian H₂S (untuk mengetahui kemampuan bakteri untuk memproduksi H₂S), pengujian hidrolisis glatin (untuk mengetahui kemampuan bakteri menghasilkan enzim glatinase), pengujian indol dan ornithin (untuk mengetahui kemampuan bakteri menghasilkan indol dari tryptophan), pengujian *Methyl Red* (untuk mengetahui kemampuan bakteri memprementasikan glukosa untuk menghasilkan asam), pengujian vogest proskauer (untuk mengetahui kemampuan bakteri yang mampu menghasilkan acetymethyl carbinol dari fermentasi glukosa) (Irianto, 2012).

Menurut Cappuccino & Sherman (1987) uji biokimia yang dilakukan yaitu uji indol (mengetahuan kemampuan bakteri dalam mendegradasi asam amino triptofan sehingga menghasdilkkan indol), uji fermentasi karbohidrat (mengetahui terjadinya fermentasi karbohidrat/tidak), uji *Methyl Red* (mengetahui kemampuan bakteri dalam mengoksidasi glukosa sehingga menghasilkan asam), uji *Voges poskouler* (untuk mendeteksi adanya bakteri penghasil asetil metil karbonil dari asam organik dalam metabolisme glukosa), uji penggunaan sitrat (melihat kemampuan mikroorganisme sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi), uji katalase (untuk mengetahui bakteri yang mampu menghasilkan enzim katalase), uji urease (untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam mendegradasi

urea dengan enzim urease, dan uji hydrogen Sulfida (mengamati kemampuan bakteri dalam mengubah asam amino alanin dan H₂S).

Karakteristik makroskopis yang dapat diamati meliputi bentuk koloni (titik, bulat, tidak teratur, seperti akar, berfilamen, serta berbentuk kumparan. Tepi koloni dapat berbentuk utuh, berombak, berbelah, bergerigi, berbenang dan keriting. Warna koloni terdiri dari keputihan, kekuningan, kemerahan, coklat, jingga, orange, ping, hijau dan ungu. Elavansi koloni meliputi rata, timbul, datar melengkun, dan cembung. Struktur koloninya halus mengkilat, kasar, berkerut, atau kering seperti bubuk. Selain itu ukuran yang beragam yang dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter dari koloni bakteri yang tumbuh (Irianto, 2012).

Karakteristik mikroskopis bakteri terdiri dari bentuk sel, ukuran sel, dan pewarnaan. Bentuk sel bakteri yaitu bentuk basil, bentuk kokus dan bentuk spiral. Pengukuran bakteri secara mikroskopis dilakukan menggunakan mikrometer. Pewarnaan yang dilakukan meliputi pewarnaan gram dan pewarnaan endospora (Carg, 2005).

2.2.1. Pewarnaan Bakteri

Sel bakteri pada umumnya bersifat tembus cahaya, hal tersebut disebabkan karena banyak bakteri yang tidak mempunyai zat warna (Waluyo, 2007). Kontras antara sel dan latar belakangnya dapat dipertajam dengan cara mewarnai sel-sel tersebut dengan zat-zat warna. Pewarnaan yang paling umum digunakan adalah pewarnaan sederhana (Hadioetomo, 1993).

Pewarnaan sederhana memungkinkan dibedakanya bakteri dengan bermacam-macam tipe morfologi (kokus, basilus, vibrio, spirulum, dan sebagainya) dari bahan-bahan lainya yang ada pada olesan yang diwarnai.

Disamping itu dapat pula diamati struktur-struktur tertentu seperti endospora (Hadioetomo, 1993). Menurut Pelczar & Chan (2007) bakteri lebih sering diamati dalam olesan terwarnai dengan suatu zat pewarna kimia agar mudah diamati atau dilihat dengan jelas dalam hal ukuran, bentuk, susunan dan keadaan struktur selnya. Sel bakteri dapat berbentuk seperti bola/elips, batang (silindris), atau spiral (heliks).

Pewarnaan bakteri bertujuan untuk memudahkan melihat bakteri dengan mikroskop, memperjelas ukuran dan bentuk bakteri, untuk melihat struktur luar dan struktur dalam bakteri seperti dinding sel dan vakuola, menghasilkan sifat-sifat fisik dan kimia yang khas daripada bakteri dengan zat warna, serta meningkatkan kontras mikroorganisme dengan sekitarnya. Teknik pewarnaan pada bakteri dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu pengecatan sederhana, pengecatan diferensial dan pengecatan struktural. Pemberian warna pada bakteri atau jasad- jasad renik lain dengan menggunakan larutan tunggal suatu pewarna pada lapisan tipis, atau olesan, yang sudah difiksasi, dinamakan pewarnaan sederhana. Prosedur pewarnaan yang menampilkan perbedaan di antara sel-sel mikroba atau bagian-bagian sel mikroba disebut teknik pewarnaan diferensial (Pelczar & Chan, 2007).

A. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram merupakan salah satu prosedur yang sangat penting dan paling banyak digunakan dalam klasifikasi bakteri. Atas dasar pewarnaan Gram bakteri dapat dipisahkan secara umum menjadi dua kelompok besar yaitu (1) organisme yang dapat menahan kompleks pewarna primer ungu kristal iodium sampai pada akhir prosedur (sel-sel tampak biru gelap atau ungu), disebut Gram

positif, (2) organisme yang kehilangan kompleks warna ungu kristal pada waktu pembilasan dengan alkohol namun kemudian terwarnai oleh pewarna tandingan, safranin (sel-sel tampak merah muda), disebut Gram negatif (Hadioetomo, 1993).

Pewarnaan Gram memerlukan sekurang-kurangnya 3 macam reagen bahan kimia yang dipakai. Zat kimia pertama disebut zat warna utama. Fungsi zat tersebut adalah untuk memberikan warna pada semua sel bakteri. Agar diperoleh warna yang kontras, zat kimia kedua yang dipakai adalah zat penghilang warna (*decolourizing agent*). Berdasarkan komposisi kimia komponen sel bakteri, maka zat kimia yang ke-2 tersebut dapat atau tidak dapat menghilangkan zat warna yang pertama dari semua bagian sel atau hanya dapat menghilangkan zat warna dari bagian sel tertentu dalam struktur bakteri. Zat kimia yang terakhir, yaitu lawan warna (*counterstain*) memiliki sifat warna yang kontras dengan zat warna yang pertama (Subandi, 2012b).

Setelah diberikan perlakuan dengan zat kimia yang ke-2 (*decolourization*), jika zat warna yang pertama tidak tercuci, maka zat warna lawan (*counterstain*) tidak dapat diabsorpsi dan sel bakteri atau komponen sel akan tetap berwarna seperti zat warna yang pertama. Akan tetapi, apabila zat warna yang pertama tercuci oleh zat kimia yang ke-2, maka sel bakteri atau komponen sel akan menerima warna dari zat warna lawan (Subandi, 2012b).

B. Pewarnaan endospora

Spora merupakan tubuh bakteri yang secara metabolik mengalami dormansi, dihasilkan pada fase lanjut dalam pertumbuhan sel bakteri yang sama seperti asalnya, yaitu sel vegetatif. Spora bersifat tahan terhadap tekanan fisik

maupun kimiawi. Bakteri yang dapat membentuk endospore ini dapat hidup dan mengalami tahapan-tahapan pertumbuhan sampai beberapa generasi, dan spora terbentuk melalui sintesis protoplasma baru di dalam sitoplasma sel vegetatifnya (Pelczar & Chan, 1986).

Pewarnaan endospora memerlukan dua jenis bahan kimia, yaitu zat pewarna primer dan zat pewarna lawan (*Counterstain*). Zat Pewarna Primer yang bisa digunakan adalah *malachite green*. Kondisi spora yang memiliki dinding sel yang kuat, tidak akan menerima zat pewarna primer dengan mudah. Perembesan zat warna dapat dibantu dengan pemanasan. Zat warna lawan (*Couterstain*), yaitu safranin. Zat warna merah safranin digunakan untuk mewarnai sel bakteri yang tidak berwarna setelah pelunturan dengan air. Air menjadi zat pelarut warna primer dan tidak dapat melunturkan zat warna yang telah terikat oleh spora. Zat yang luntur oleh air hanya zat warna primer yang berlebihan saja. Sel bakteri vegetatif akan menyerap warna safranin sehingga akan berwarna merah. Adapun spora bakteri akan tetap berwarna hijau warna dari zat warna primer (Subandi, 2012b).

2.2.2. Ukuran dan Bentuk Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal yang panjangnya beberapa mikrometer dan memiliki morfologi dari berupa tongkat (basil) , kokus sampai bentuk spiral (Subandi, 2012). Menurut Fardiaz, (1992), bakteri pada umumnya mempunyai ukuran sel 0,5-1.0 μm kali 2,0-5,0 μm dan terdiri dari 3 bentuk dasar yaitu: (1) bentuk bulat atau kokus, (2) batang atau basilus, (3) bentuk sepiral. Menurut Sutanto (2005) bakteri adalah organisme uniseluler (berukuran 1-10

mikron) yang dijumpai sebagai sel terisolasi, rantai dan koloni terutama disekitar perakaran (risosfer).

2.3. Medium Pertumbuhan Bakteri

Menurut Stanier (1982) mikroorganisme untuk tumbuh harus mengambil semua zat dari lingkungan yang diperlukan untuk sintesis bahan sel dan untuk pembentukan energi. Medium pertumbuhan mikrobia adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran nutrien yang diperlukan mikrobia untuk pertumbuhannya (Schlegel, 1993).

Menurut Hadieotomo (1993) medium adalah media yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme di atas atau didalamnya. Berdasarkan komposisi kimiawinya, dikenal medium non-sintetik atau kompleks dan medium sintetik. Komposisi medium non-sintetik tidak diketahui dengan pasti. Contohnya ialah bahan-bahan yang terdapat dalam kaldu nutrien, yaitu ekstrak daging dan pepton, mempunyai komposisi kimiawi yang tidak pasti. Komposisi medium sintetik diketahui dengan pasti dan biasanya dibuat dari bahan-bahan kimia yang kemurniannya tinggi dan ditentukan dengan tepat. Menurut Dwodjoseputro (2010) medium sintetik berupa ramuan-ramuan zat anorganik tertentu yang mengandung zat karbon dan nitrogen. Maka medium semacam ini dapat diulangi pembuatannya kapan saja dan akan diperoleh hasil yang sama.

Persyaratan nutrien mikroorganisme sangat beragam, namun sebagai makhluk hidup mikroorganisme mempunyai kebutuhan dasar yang sama, yaitu meliputi air, karbon, energi, mineral, dan faktor tumbuh (Hadioetomo, 1993).

2.4. Bakteri Tanah

Bakteri hidup di tanah, di perairan panas, air laut, di bawah permukaan tanah dan ada yang berkembang pada sampah zat radioaktif. Populasi bakteri dalam 1 gr tanah mencapai 40 juta sel bakteri dan pada 1 ml air jernih dapat mengandung 1 juta sel bakteri. Keberadaan bakteri sangat penting dalam kehidupan mulai dalam pembentukan zat atau substansi seperti peran dalam fiksasi dan siklus nutrisi, sampai penguraian serta dekomposisi atau pembusukan dan penghancurannya. Bakteri berinteraksi dengan lingkungan dan makhluk hidup lainnya dapat bersifat simbiosis mutualistik dapat juga bersifat parasitik sebagai patogen (Subandi, 2012a).

Bakteri tanah berdasarkan sumber karbonnya secara umum dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu (1) hetrotrof, dan (2) autotrof. Pada kelompok autotrof terdapat organisme seperti pembentuk nitrit, pembentuk nitrat, bakteri pengoksidasi belerang, pengoksidasi besi, dan organisme yang menggunakan hidrogen dan senyawanya (Foth, 1994).

A. Bakteri Heterotrof

Bakteri hetrotrof mayoritas hidup dalam tanah, pertumbuhannya tergantung dari bahan-bahan organik sebagai sumber-sumber energinya dan terutama berhubungan dengan dekomposisi selulosa dan hemiselulosa, zat-zat tepung, protein dan bahan-bahan nitrogen lainnya serta lemak sebagai bahan makanannya (Sutedjo *et al.*, 1991).

B. Bakteri Autotrof

Bakteri autotrop merupakan bakteri yang tidak berhijau daun yang membentuk zat karbon, lemak dan protein tanpa memerlukan sinar matahari. Dalam hal pembentukan zat karbohidrat misalnya, bakteri autotrof mampu memanfaatkan daya kemampuannya (jadi tanpa memerlukan sinar mata hari sebagai sumber energi) untuk mengoksidasikan membakar zat anorganis, seperti: zat besi, zat belerang, zat nitrogen, zat hidrogen, zat methan (CH₄), zat karbon monoksida (CO) (Sutedjo *et al.*, 1991).

2.5. Toleransi Bakteri

Toleran dalam kamus besar indonesia berarti menghargai, membiarkan ataupun mampu berbaur dengan lingkungan sekitar. Dalam hal ini mikroorganisme toleran berarti mikroorganisme yang mampu bertahan dalam suatu lingkungan tertentu yang didalamnya terdapat zat-zat yang membantu dalam kehidupannya (Nurbaeti, 2014)

Kehidupan mikroorganisme di bumi sebagian besar hidup secara langsung dan ada yang mampu berinteraksi dengan polutan. Lingkungan yang ekstrim akibat kontaminasi atau pencemaran oleh polutan mengharuskan bakteri untuk beradaptasi pada lingkungan yang tercemar. Adaptasi dari bakteri terhadap senyawa pencemar mampu menjadikan bakteri bersifat toleran dan mampu hidup dengan tenang pada lingkungan yang tercemar bahkan ada beberapa spesies bakteri yang mampu memetabolisasi polutan dengan mendegradasi senyawa polutan. Degradasi adalah semua bentuk perubahan, baik penyusunan maupun

perombakan senyawa. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa yang lebih stabil dari senyawa semula (Atlas & Bartha, 1993).

Aktivitas mikroba dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa kimia yang tidak diinginkan menjadi produk satu atau lebih senyawa kimia yang tidak berbahaya dan beracun. Sebagai contoh senyawa yang dapat digradasi oleh mikroba yaitu senyawa kimia fenol yang dapat diubah mejadi senyawa kimia CO₂ dan H₂O yang tidak berbahaya dengan bakteri pendegradasi *Pseudomonas* (Nurbaeti, 2014). Bakteri *Pseudomonas* tumbuh didalam pelarut yang berisi senyawa 50% toluene sebagai sumber karbon untuk energi mikroba tersebut (Suharto, 2011).

Menurut Alexander (1977) dalam Nurbaeti (2014) bakteri-bakteri yang dominan dalam mendegradasi hidrokarbon aromatik seperti fenol adalah spesies dari *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Acinobacter*, *ArthObacter*, dan *Bacillus*.

2.6. Pestisida

Menurut Martin & Woodcock (1983) dalam Triharso (1996) pestisida adalah substansi yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan hama dalam arti luas yaitu pembunuh (jazat pengganggu) yang bertujuan meracuni hama, tetapi kurang atu tidak meracuni tanaman atau hewan.

Menurut peraturan Pemerintah Republik Indonesia NO.7 tahun 1973 dalam Triharso (1996) definisi pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jizat renik dan virus yang dipergunakan untuk: (1) memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian tanaman atau hasil pertanaman, (2) memberantas rerumputan, (3) mengatur atau merangsang

tumbuhan yang tidak diinginkan, (4) memberantas atau mencegah hama luar pada hewan piaraan dan ternak, (5) memberantas atau mencegah hama air, (6) memberantas atau mencegah binatang dan jasad renik dalam bangunan rumah tangga, alat angkutan dan alat pertanian, (7) memberantas atau mencegah binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah dan air.

Definisi menurut The United States Federal Environmental Pesticide Control Act, dalam Triharso (1996) pestisida adalah semua zat atau campuran zat yang khusus untuk memberantas atau mencegah pengganggu serangga, binatang pengerat, nematoda, jamur, gulma virus, bakteri dan jasad renik yang dianggap hama. Menurut Sutanto (2005) pestisida meliputi substansi yang digunakan untuk mengendalikan atau memberantas serangga, penyakit, organisme dan gulma.

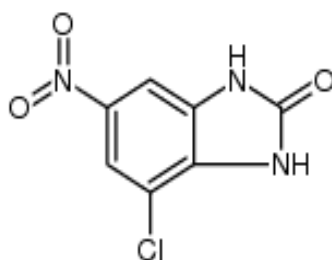
Berdasarkan pengertian pestisida dari berbagai pendapat para ahli dapat disimpulkan bahwa pestisida merupakan zat atau bahan kimia yang biasa digunakan oleh para petani dalam memberantas, mencegah atau mengendalikan hama dan penyakit yang dapat disebabkan oleh berbagai macam organisme pengganggu tanaman (OPT), sehingga pestisida dianggap dapat selalu meningkatkan kualitas hasil produksi hasil pertanian. Sutanto (2005) mengatakan, penggunaan pestisida yang rasional perlu mengetahui sifat kimia dan sifat fisika pestisida, biologi dan ekologi jasad pengganggu, serta musuh alami. Rasional dalam kamus besar bahasa Indonesia yaitu menurut pikiran dan pertimbangan yang logis. Jadi penggunaan pestisida yang menurut petani dianggap dapat meningkatkan kualitas hasil produksi hasil pertanian perlu mengetahui sifat kimia

dan sifat fisika pestisida, biologi dan ekologi jasad pengganggu, serta musuh alami yang akan di atasi.

2.6.1. Fungisida

Menurut Sudarmo (1991), fungisida adalah bahan kimia yang digunakan untuk membunuh atau menghentikan perkembangan jamur, sedangkan menurut Djojsumarto (2008) fungisida digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur atau fungi.

Tillo merupakan fungisida sistemik berbahan aktif tiofanat-metil turunan dari golongan kimia bendimidazol. Fungisida golongan tersebut apabila diaplikasikan maka akan diserap oleh tanaman, selanjutnya disebarkan keseluruh bagian tanaman yang lain (Sudarmo, 1991).



Gambar 2.1. Struktur kimia bendimidazol (Anonim, 2016).

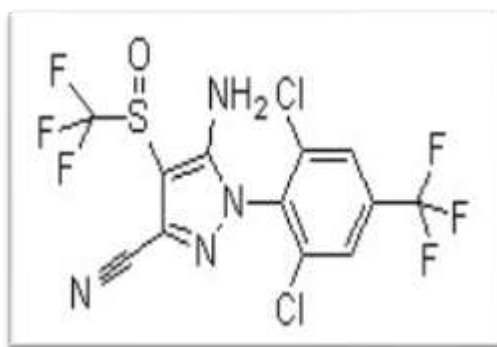
2.6.2. Insektisida

Insektisida merupakan pestisida yang digunakan untuk mengendalikan hama berupa serangga (Sudarmo, 1991). Insektisida adalah bahan kimia bersifat racun yang dipakai untuk membunuh serangga dan dapat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, tingkah laku, perkembangbiakan, kesehatan, sistem

hormon, sistem pencernaan, serta aktivitas biologis lainnya hingga berujung pada kematian serangga pengganggu tanaman (Anonim, 2016).

Regent merupakan insektisida sistemik yang bekerja secara kontak dan lambung yang dilengkapi dengan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). Pestisida berbahan aktif fipronil yang merupakan famili dari golongan kimia *phenilpyrazol*. Fipronil adalah insektisida yang mengganggu sistem saraf pusat dari serangga dengan cara memblokir gerbang asam gamma-aminobutirat pada sistem saraf sehingga ion klorida tidak dapat masuk dalam sel dan menyebabkan sel saraf keracunan Raymond *et al.*(2005) dalam Ahmad (2015).

Pada tanaman padi, *Regent* telah terbukti efektif dalam mengendalikan hama wereng coklat, walang sangit, dan penggerek batang. Aplikasi dengan dosis 1 – 2 ml/lt cukup untuk membuat tampilan padi lebih hijau, tanaman terlihat tinggi dan kokoh, serta memberikan peningkatan hasil panen yang cukup baik. Selain sebagai pengendali hama, *regent* 50g/l juga dapat diaplikasikan sebagai insektisida perendaman benih. Perendaman dengan larutan fungisida dapat dicampur dengan *regent* 50g/l, karena berdasarkan beberapa penelitian, ia menyatu sempurna dengan bahan aktif lain (Anonim,2016).



Gambar 2.2. Struktur Kimia fipronil NPIC (2009) dalam Ahmad (2015).

Anonim (2016) formulasi fipronil yaitu 97% Tc 80% wg 20% sc 5% sc atau lainnya, kemurnian dapat dicampur dengan produk lain. Menurut Ahmad (2015) dampak penggunaan fipronil pada alam adalah sebagai berikut,

- 1) Fipronil sangat beracun untuk ikan dan hewan air yang tidak bertulang belakang, tetapi sangat mudah berikatan dengan endapan air, dan kelarutannya dalam air yang kecil mengurangi potensi pencemaran air.
- 2) Fipronil beracun untuk lebah, sehingga penggunaannya tidak dianjurkan pada saat terdapat lebah.
- 3) Hasil metabolisme fipronol terbukti beracun pada burung, tetapi fipronil tidak berdampak pada burung.

2.7. Bioremediasi

Bioremediasi adalah strategi atau proses detoksifikasi (menurunkan tingkat racun) dalam tanah atau lingkungan lainnya dengan menggunakan mikroorganisme, tanaman, atau enzim mikroba dan tanaman (Handayanto & Hairiah, 2007). Pada saat proses bioremediasi berlangsung, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi struktur polutan beracun menjadi tidak kompleks sehingga menjadi metabolit yang tidak beracun dan berbahaya (Bambang, 2012).

Mikroba yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah bakteri, jamur, khamir, dan alga. bioremediasi dalam prosesnya mentransformasi senyawa beracun secara keseluruhan atau sebagian oleh mikroba, mineralisasi pada perubahan menyeluruh bahan organik polutan menjadi senyawa inorganik dan

metabolisme pada proses perubahan polutan tanpa mengubah karbon atau energi untuk mikroba pelapuk (Skipper, 1998 *dalam* Hajoeningtjas, 2012).

2.7.1. Kriteria Untuk Bioremediasi

Beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk penggunaan tindakan bioremediasi menurut Alexander (1994) *dalam* Handayanto & Hairiah (2007)

- a. Organisme yang digunakan harus mempunyai aktivitas metabolisme yang dapat mendegradasi kontaminan dengan kecepatan memadai sehingga dapat membuat konsentrasi kontaminan pada tingkat ambang batas aturan yang ada,
- b. Kontaminan yang dijadikan sasaran harus 'bioavailable' (tersedia untuk proses biologi),
- c. Tempat dilakukan bioremediasi harus mempunyai kondisi tanah yang kondusif untuk pertumbuhan mikroba atau tanaman atau untuk aktivitas enzim.
- d. Biaya bioremediasi harus lebih murah dari biaya penggunaan teknologi lain yang juga dapat mendetoksifikasi kontaminan.