

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Isolasi Bakteri**

Mikroorganisme pada suatu lingkungan alami merupakan populasi campuran dari berbagai jenis, baik mikroorganisme pada tanah, air, udara, makanan, maupun yang terdapat pada tubuh hewan maupun tumbuhan. Pemisahan bakteri diperlukan untuk mengetahui jenis, mempelajari kultural, morfologi, fisiologi, dan karakteristik. Teknik pemisahan tersebut disebut isolasi yang disertai dengan pemurnian (Soeroso, 1999). Bakteri ada yang dapat hidup secara anaerob murni dan akan mati dengan adanya oksigen, ada yang bersifat aerob dan memerlukan oksigen untuk metabolismenya. Ada yang bersifat aerob fakultatif yaitu dapat hidup pada kondisi anaerob, tapi bila ada oksigen metabolismenya bersifat aerob (Betsy & Keogh, 2005).

Isolasi bakteri merupakan proses pengambilan bakteri dari medium atau lingkungan asalnya, dan menumbuhkan pada medium buatan sehingga diperoleh biakkan atau kultur murni hasil isolasi tersebut. Populasi bakteri dapat diisolasi menjadi biakkan atau kultur murni, terdiri dari satu jenis bakteri yang dapat dipelajari morfologi, sifat, dan kemampuan biokimianya (Singleton & Sainsbury, 2006).

Teknik kultur untuk mendapatkan biakkan murni terbagi menjadi tiga macam teknik, yaitu.

a. Cara penuangan (*pour plate*)

Isolasi bakteri dengan cara penuangan bertujuan untuk menentukan perkiraan jumlah bakteri hidup dalam suatu cairan. Hasil perhitungan jumlah bakteri dengan cara penuangan dinyatakan dalam koloni (Irianto, 2012).

b. Cara penggoresan (*streak*)

Isolasi bakteri dengan cara penggoresan bertujuan membuat garis sebanyak mungkin pada permukaan medium pembiakkan, dengan jarum ose yang terlepas pada garis-garis tersebut semakin lama semakin sedikit, sehingga pada garis terakhir koloni yang terbentuk akan terpisah agak jauh (Irianto, 2012). Cara penggoresan dilakukan dengan menuangkan terlebih dahulu medium agar pada cawan petri steril. Jarum ose yang digunakan dipanaskan dahulu sehingga memijar, setelah itu disentuh pada koloni bakteri yang diisolasi, kemudian digoreskan pada medium yang tersedia. Menginkubasi selama 2x24 jam pada suhu ruang, lalu melakukan pengamatan (Barrow & Feltham, 1993).

c. Cara penyebaran (*spread plate*)

Isolasi bakteri dengan penyebaran serupa dengan isolasi bakteri pada penuangan. Hal yang membedakan kedua teknik tersebut adalah teknik penuangan suspensi sampel dan medium. Isolasi penyebaran diawali dengan pengenceran sampel. Pengenceran sampel dilakukan seperti pada penuangan. Medium yang telah dipersiapkan dituangkan seperti pada penuangan. Medium yang telah dipersiapkan dituangkan kedalam cawan petri steril tunggu hingga memadat, setelah itu suspensi

sampel dituangkan di atas permukaan agar. Penyebaran suspensi sampel dilakukan dengan menyebarkan suspensi dengan batang Drugalsky yang telah dipanaskan terlebih dahulu (Waluyo, 2007).

## 2.2 Identifikasi Bakteri

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

Mengidentifikasi suatu bakteri dapat dilakukan dengan mengamati karakteristik makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia bakteri tersebut. Karakteristik makroskopis yang dapat diamati meliputi bentuk koloni yaitu berbentuk titik, bulat, tidak teratur, seperti akar, dan berfilamen atau berbenang, serta kumaran. Tepi koloni dapat berbentuk utuh, berombak, berbelah, bergerigi, berbenang, dan keriting. Warna koloni terdiri dari keputihan, kekuningan, kemerahan, cokelat, jingga, orange, pink, hijau, dan ungu. Elevasi koloni meliputi rata, timbul datar, melengkung, dan cembung. Struktur koloninya halus mengkilat, kasar, berkerut, atau kering seperti bubuk. Selain itu, ukurannya pun beragam dapat dilakukan dengan mengukur diameter dari koloni bakteri yang tumbuh (Irianto, 2012).

Karakteristik mikroskopis yang diamati meliputi bentuk sel, ukuran sel, dan pewarnaan. Bentuk sel bakteri seperti berbentuk batang (basil), bulat (kokus), dan spiral dengan masing-masing kombinasinya. Pengukuran sel bakteri secara mikroskopis dapat dilakukan dengan mikrometer sedangkan pewarnaan yang dilakukan meliputi pewarnaan Gram dan pewarnaan endospore (Cappuccino & Sherman, 1987).

### **2.2.1 Ukuran Bakteri**

Ukuran bakteri sangat kecil, umumnya bentuk tubuh bakteri dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1000x atau lebih. Satuan ukuran tubuh bakteri adalah micrometer atau micron. Satu micron ( $\mu$ ) sama dengan 1/1000 milimeter (mm). Panjang tubuh bakteri antara 1-2  $\mu$ , sedangkan lebarnya antara 2-5  $\mu$  (Pelczar & Chan, 2008). Bakteri yang berumur 2-6 jam umumnya lebih besar dari bakteri yang berumur lebih dari 24 jam. (Waluyo, 2004).

Bakteri berbentuk kokus mempunyai diameter 0,5  $\mu$  ada pula yang berdiameter 2,5  $\mu$ . Bakteri yang berbentuk basil (batang) mempunyai diameter 2-2,0  $\mu$ , sedangkan panjang 1-1,5  $\mu$ . Apabila terdapat ukuran bakteri yang menyimpang dari ketentuan ini, maka pengukuran besar kecilnya bakteri tersebut perlu didasarkan atas standar yang sama (Dwidjoseputro, 2009).

### **2.2.2 Bentuk Bakteri**

Sel-sel individu bakteri mempunyai beragam variasi bentuk seperti bola (kokus), batang (basil), dan spiral (spirillum). Masing-masing bentuk atau ciri dapat mencirikan morfologi suatu spesies (Pelczar & Chan, 2008).

#### **a. Kokus**

Bentuk sel bakteri yang berbentuk bulat seperti bola-bola kecil. Sel bakteri yang berbentuk kokus ini muncul dalam beberapa penataan yang khas bergantung pada spesiesnya (Pelczar & Chan, 2008). Kokus dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu : monokokus yang berbentuk bola tunggal, diplokokus yang membentuk bola bergandengan dua-dua, sarkina berbentuk bola berkelompok empat-empat menyerupai kubus, streptokokus bentuk bola berkelompok memanjang membentuk rantai, dan stafilokokus yang berbentuk bola berkoloni membentuk sekelompok sel tidak teratur sehingga mirip dompolan buah anggur (Irianto, 2009).

b. Basil

Bentuk sel bakteri yang berbentuk seperti batang dinamakan Basilus. Ujung beberapa basilus ada yang tampak persegi, ada yang bundar, dan ada pula yang meruncing, atau lancip seperti cerutu. Basilus juga ada yang saling melekat satu dengan lainnya, ujung dengan ujung, sehingga memberikan penampilan rantai (Pelczar & Chan, 2008). Basil dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok berdasarkan jumlah koloni, yaitu: monobasil yakni sel bakteri yang berbentuk satu batang tunggal, diplobasil yakni sel bakteri berbentuk batang bergandeng dua-dua, dan stretobasil yakni berbentuk batang yang bergandeng memanjang membentuk rantai (Irianto, 2012).

c. Spiral (Spirillum)

Bentuk sel bakteri yang berebentuk melilit atau berbengkok-bengkok dinamakan spirillum, ada tiga macam bentuk spiral, yaitu: spiral yakni sel bakteri yang bentuknya seperti spiral dan tubuhnya kaku, vibrio berbentuk koma dianggap

sebagai bentuk spiral tak sempurna, serta spirochaeta yakni sel bakteri yang berbentuk spiral dan tubuhnya bersifat lentur (Irianto, 2012).

### **2.2.3 Pewarnaan Bakteri**

Sebagian besar mikroorganisme tidak bewarna, maka untuk dapat melakukan pengamatan di bawah mikroskopis cahaya diperlukan pewarnaan mikroorganisme dengan menggunakan pewarna. Pewarnaan mikroorganisme pada dasarnya adalah prosedur mewarnai mikroorganisme menggunakan zat warna yang dapat menonjolkan struktur tertentu dari mikroorganisme menggunakan zat warna yang dapat menonjolkan struktur tertentu dari mikroorganisme. Sebelum mikroorganisme dapat diwarnai, mikroorganisme tersebut harus terlebih dahulu difiksasi agar terikat pada kaca objek. Tanpa adanya fiksasi, maka pemberian zat warna pada mikroorganisme yang dilanjutkan dengan prosedur pencucian zat warna dengan air mengalir dapat menyebabkan mikroorganisme ikut tercuci (Brown, 2005).

Pewarnaan diferensial menggunakan lebih dari satu pewarna dan memiliki reaksi yang berbeda untuk setiap bakteri, sehingga digunakan untuk membedakan bakteri. Pewarna diferensial yang sering digunakan adalah pewarna Gram. Pewarna Gram mampu membedakan dua kelompok besar bakteri, yaitu Gram positif dan Gram negatif. Pada pewarnaan Gram, bakteri yang telah difiksasi dengan panas dapat membentuk noda pada kaca objek diwarnai dengan pewarna basa yaitu kristal ungu. Karena warna ungu memenuhi semua sel, maka pewarnaan ini disebut pewarnaan primer. Selanjutnya pewarna dicuci dan pada noda spesimen ditetesi iodine yang merupakan mordant (penajam). Setelah iodine dicuci, baik bakteri Gram

positif maupun Gram negatif tampak bewarna ungu. Selanjutnya noda spesimen dicuci dengan alkohol yang merupakan senyawa peluntur warna yang pada spesies bakteri tertentu dapat menghilangkan warna ungu dari sel. Setelah alkohol dicuci, noda spesimen diwarnai kembali dengan safranin yang merupakan pewarna basa bewarna merah. Bakteri yang tetap bewarna ungu digolongkan ke dalam Gram positif, sedangkan bakteri yang bewarna merah digolongkan ke dalam Gram negatif. Perbedaan warna antara bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif disebabkan oleh adanya perbedaan struktur pada dinding selnya. Dinding bakteri gram positif banyak mengandung peptidoglikan, sedangkan dinding bakteri Gram negatif banyak mengandung lipopolisakarida. Kompleks kristal ungu-iodin yang masuk ke dalam sel bakteri Gram positif tidak dapat tercuci oleh alkohol karena adanya lapisan peptidoglikan yang kokoh pada dinding sel, sedangkan pada bakteri Gram negatif alkohol akan merusak lapisan lipopolisakarida. Kompleks kristal ungu-iodin pada bakteri Gram negatif dapat tercuci dan menyebabkan sel bakteri tampak transparan yang akan bewarna merah setelah diberi safranin (Pratiwi, 2008).

Pewarna khusus digunakan untuk mewarnai dan mengisolasi bagian spesifik dari mikroorganisme misalnya endospora, kapsul, dan flagella. Endospora bakteri tidak dapat diwarnai dengan metode pewarnaan sederhana seperti pada pewarnaan Gram. Hal ini disebabkan karena endospora memiliki selubung yang kompak sehingga zat warna sulit mempenetrasi dinding endospora dan diperlukan pemanasan dan mordant untuk mengikat zat warna (Pratiwi, 2008).

Uji biokimia dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifik dari bakteri dengan melihat aktifitas enzimatisnya, serta memperkuat data-data yang diperoleh sehingga mudah diidentifikasi. Beberapa uji biokimia yang diterapkan antara lain uji produksi indol, uji fermentasi karbohidrat, uji penggunaan sitrat, uji methyl red, uji voges proskauer, uji urease, uji katalase, dan uji H<sub>2</sub>S (Cappuccino & Sherman, 1987).

### **2.3 Bakteri Tanah**

Mikroorganisme melakukan aktivitas pembusukan atau merombak susunan kimia bahan organik tersebut menjadi gugusan senyawa kimia yang lebih sederhana. Di dalam tanah terjadi dinamika kimiawi, yaitu dari senyawa kimia akan terjadi rangkaian reaksi pertukaran kation atau anion dengan senyawa-senyawa atau unsur yang ada dalam kompleks tanah (Subandi, 2012).

Mikroorganisme yang hidup di dalam tanah bervariasi fungsi dan kegiatan hidupnya. Ada mikroorganisme yang bersifat merugikan terhadap kehidupan manusia ada juga yang menguntungkan. Aktivitas mikro atau mezo-organisme dapat berupa perubahan kimiawi dan perubahan fisik tanah. Tanah yang tidak terjadi dinamika kehidupan mikroorganisme akan menjadi tanah yang gersang. Tersediannya unsur hara tumbuhan banyak melibatkan peran aktivitas metabolisme mikroorganisme (Subandi, 2012).

### **2.4 Toleran Bakteri**

Sebagian besar organisme hidup secara langsung mampu berinteraksi dengan polutan. Lingkungan yang ekstrim akibat kontaminasi polutan mengharuskan

bakteri untuk beradaptasi. Adaptasi dari bakteri terhadap senyawa pencemar menjadikan bakteri bersifat toleran dan mampu hidup pada lingkungan yang tercemar bahkan beberapa spesies bakteri mampu memetabolisasi polutan dengan mendegradasi senyawa polutan. Degradasi adalah semua bentuk perubahan, baik perombakan senyawa. Reaksi tersebut menghasilkan senyawa yang lebih stabil dari senyawa semula (Atlas & Bartha, 1993).

Kontribusi mikroorganisme memetabolisasi senyawa polutan sehingga merubah sifat senyawa polutan di lingkungan dapat dilihat dengan adanya fenomena bahwa banyak mikroorganisme yang hidup di sebagian besar lingkungan tanah dan air yang tercemar polutan (Matsumura *dalam* Nurdin 2011). Menurut Hassall (1990), degradasi pestisida melibatkan beberapa proses metabolisme sehingga terjadi degradasi secara sempurna. Tingkat degradasi dan tingkat pertumbuhan mikroba selama degradasi dipengaruhi oleh struktur pestisida. Pestisida dengan struktur sederhana dengan daya larut air yang tinggi dan adsorpsi rendah dapat mendukung pertumbuhan mikroba dan mempercepat proses degradasi. Struktur pestisida yang mirip dengan zat alami yang digunakan mikroba sebagai sumber energi, dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroba jika pestisida tersebut diaplikasikan pada lingkungan. Sebaliknya, pestisida dengan struktur yang berbeda dari kebanyakan zat alami, sangat sulit terdegradasi oleh mikroba karena mikroba tidak memiliki gen degradasi cocok. Dalam kasus ini, degradasi oleh enzim mungkin masih terjadi namun masih lambat. Pada beberapa kasus degradasi, mikroorganisme tidak dapat memperoleh nutrisi atau energi dari degradasi pestisida dan dengan demikian menurunkan populasi atau tidak ada

pertumbuhan mikroba dan proses degradasi pun lambat (Robertson & Alexander, 1994).

Waktu regenerasi yang pendek dan plastisitas gen yang tinggi, memungkinkan bakteri untuk mengembangkan gen baru pada tingkat yang relatif tinggi. Hal tersebut yang menyebabkan bakteri mampu menurunkan konsentrasi hampir semua bahan organik (Johnson & Spain, 2003). Senyawa xenobiotic merupakan molekul yang disintesis oleh manusia yang sebelumnya tidak ada di lingkungan. Pencemaran senyawa xenobiotik seperti pestisida mengakibatkan bakteri tidak memiliki kesempatan untuk berkembang sehingga bakteri menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi senyawa tersebut. Tingkat degradasi senyawa sering lambat dan didominasi oleh reaksi yang tidak mendukung pertumbuhan mikroba (Seffernick & Wackett, 2001). Namun dalam beberapa kasus, beberapa tahun setelah pengenalan aplikasi senyawa xenobiotic ke lingkungan tanah, laju degradasi tampaknya bertambah disebabkan oleh evolusi dari jalur degradasi baru (Johnson & Spain, 2003).

## **2.5 Bioremediasi**

Mikroba yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah bakteri, jamur, khamir, dan alga. Biodegradasi merupakan proses yang termasuk bioremediasi dalam prosesnya mentransformasi senyawa beracun secara keseluruhan atau sebagian oleh mikroba, mineralisasi pada perubahan menyeluruh bahan organik polutan menjadi senyawa inorganik dan kometabolisme pada proses perubahan polutan tanpa mengubah karbon atau energi untuk mikroba pelapuk. (Skipper, 1998 *dalam* Hajoeningtjas, 2012). Proses degradasi, mikroba

menggunakan senyawa kimia yang beracun tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksi melalui berbagai proses oksidasi (Munir, 2006). Ada beberapa bahan kimia, seperti penggunaan pestisida untuk pertanian dan plastik (kimiaawi bukan merupakan zat alami) dapat terakumulasi dalam tanah dengan jumlah yang besar. Senyawa kimia sintetik sangat toleran untuk didegradasi oleh mikroba (Tortora *et al.*, 1986)

Kriteria penanganan kontaminan yang dipertimbangkan pada bioremediasi (Mullen, 1998 *dalam* Hajoeningtjas, 2012): (1.) Organisme yang digunakan harus mempunyai aktivitas katabolisme untuk menghancurkan kontaminan dengan laju yang mencukupi untuk membuat konsentrasi kontaminan menurun mencapai standar, (2.) secara biologis kontaminan dengan laju yang mencukupi untuk membuat konsentrasi kontaminan menurun mencapai standar, (3) lingkungan mendukung untuk pertumbuhan mikroba, tanaman, atau aktivitas enzimatik, (4) biaya bioremediasi lebih terjangkau dibandingkan teknologi lain.

Prinsip penawaran kontaminan dilakukan dengan menurunkan aktivitas kontaminan dalam lingkungan, dengan cara pembentukan senyawa atau unsur yang mempunyai sifat meracun lebih rendah, atau mengencerkan kontaminan tersebut dengan menyebarkan lebih luas hingga konsentrasinya dibawah ambang batas (Hajoeningtjas, 2012).

## 2.6 Pestisida

Pestisida berasal dari kata *pest* (hama) dan *sida* berasal dari kata *caedo* (pembunuh). Menurut USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) menyatakan pestisida sebagai zat atau campuran zat yang digunakan untuk

mencegah, memusnahkan, menolak, atau memusuhi hama dalam bentuk hewan, tanaman, dan mikroorganisme pengganggu (Soemirat, 2003).

Berdasarkan struktur kimianya, pestisida dapat dibagi sebagai berikut

a. Senyawa Golongan Organoklorin

Organoklorin merupakan senyawa insektisida yang mengandung atom karbon, klor, dan hidrogen, dan terkadang oksigen. Senyawa ini sering juga disebut sebagai hidrokarbon khlorinat. Senyawa organoklorin tergolong memiliki toksisitas yang relatif rendah namun mampu bertahan lama dalam lingkungan. Pada umumnya pestisida golongan ini berbentuk padat dan menggunakan air atau pelarut organik sebagai pelarut. Larutan pestisida organoklorin tahan terhadap pengaruh udara, cahaya, panas, dan karbondioksida. Pestisida jenis ini tidak dapat rusak oleh asam kuat, namun bisa rusak dengan basa menjadi tidak stabil dan mengalami deklorinasi (Untung, 1996).

b. Senyawa Golongan Organofosfat

Senyawa yang paling banyak memiliki anggota dan terdiri dari beberapa kelompok. Senyawa organofosfat tidak stabil sehingga dari segi lingkungan senyawa ini lebih baik dari pada organoklorin. Namun, senyawa organofosfat memiliki sifat lebih toksik terhadap hewan-hewan bertulang belakang jika dibandingkan dengan senyawa organoklorin. Senyawa organofosfat dapat mempengaruhi sistem saraf dan mempunyai cara kerja menghambat enzim kolinesterase. Chlorpyrifos merupakan salah satu contoh organofosfat insektisida non-sistemik, bekerja sebagai racun kontak, racun lambung, dan inhalasi.

Berdasarkan rantai karbon yang dimiliki, insektisida organosfosfat dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok:

- Turunan Alifatik

Senyawa organosfosfat yang memiliki rangkaian karbon yang lurus dan pendek. Sifat racun yang terdapat dalam turunan ini berbeda satu sama lainnya dan pada umumnya memiliki daya larut dalam air yang tinggi. Contoh dari turunan alifatik adalah Asefat, Diklorvos, Disulfoton, Malation, Etion, Metamidofos, Monokrotofos, dan Naled (Sastroutomo, 1992).

- Turunan Fenil

Golongan yang mengandung benzene dengan satu rantai hidrogennya diganti oleh atom lain. Turunan fenil biasanya lebih stabil dibandingkan dengan turunan alifatik, namun residu yang dimilikinya dapat bertahan lebih lama. Turunan fenil dapat ditandai dengan adanya cincin fenil pada rantai struktur molekulnya. Contoh dari turunan fenil adalah Paration-etil, Paration-metil, Izofenfos, dan Profenofos (Sastroutomo, 1992).

- Turunan heterosiklik

Senyawa heterosiklik merupakan senyawa yang memiliki struktur cincin yang memiliki atom-atom berbeda. Dalam senyawa ini, satu atau lebih atom karbon digantikan baik dengan oksigen, nitrogen atau sulfur sementara cincinnya dapat memiliki 3, 5, atau 6 atom. Pada umumnya senyawa ini memiliki aktifitas yang lebih lama jika dibandingkan dengan turunan alifatik atau fenil. Dikarenakan strukturnya yang kompleks sehingga bahan-bahan hasil metabolisemenya lebih banyak dan sulit untuk diidentifikasi di laboratorium. Contoh dari turunan

heterosiklik adalah Azinfos-metil, Fention, Chlorpyrifos, dan Metidation (Sastroutomo, 1992).

c. Senyawa Golongan Karbamat

Sifat-sifat dari senyawa tidak banyak berbeda dengan senyawa golongan organosfosfat baik dari segi aktivitas maupun daya racunnya. Kedua jenis golongan memiliki residu yang tidak dapat bertahan lama di alam. Senyawa karbamat merupakan turunan dari asam karbamik  $\text{HO-CO-NH}_2$ . Pada senyawa golongan organosfosfat, senyawa golongan karbamat menghambat kerja enzim cholinesterase. Contoh dari pestisida golongan karbamat adalah Baygon, Bayrusil, Karbaril, Karbofuran, dan Tiodikarb (Untung, 1996).

d. Piretroid

Senyawa aktif adalah piretrin I dan II, cinerin I dan II, dan jasmolin I dan II, yang merupakan ester dari tiga alkohol, pyrethrolone, cinerolone, dan jasmolone, dengan asam chrysanthemic dan pyrethric. Pada umumnya piretroid mengalami metabolisme pada mamalia melalui proses hidrolisis, oksidasi dan konjugasi. Tidak ada kecenderungan terjadinya akumulasi pada jaringan akibat paparan terhadap piretroid. Piretroid bersifat racun terhadap jaringan saraf, yakni dengan cara mempengaruhi permeabilitas membran terhadap ion, sehingga mengganggu impuls saraf. Contoh dari pestisida golongan pyretroid adalah Deltametrin, Permetrin, Fenvalerate, Difetrin, Sipermetrin, Fluvalinate, Siflutrin, Fenpropatrin, Tralometrin, Sihalometrin, Flusitrate, Alletrin, dan Bioresmetrin.

#### e. Fumigan

Senyawa atau campuran yang menghasilkan gas, uap atau asap untuk membunuh serangga, cacing, bakteri ataupun tikus. Fumigan biasanya memiliki berat molekul yang kecil, mudah menguap, dan dapat berubah menjadi gas pada suhu di atas 40°F. Biasanya lebih berat dari udara dan mengandung satu ataupun lebih unsur halogen (Cl, Br, dan F). Hampir semua senyawa ini mampu menembus jaringan kulit serangga dan juga bahan-bahan lainnya. Fumigan digolongkan sebagai narkotik. Cara kerja fumigan lebih banyak secara fisikal daripada kimiawi. Fumigan merupakan senyawa yang larut dalam lemak dan memiliki pengaruh yang tidak dapat dikembalikan lagi. Fumigan dapat menyebabkan narcosis, tidur, dan tidak sadar kemudian mematikan. Contoh pestisida golongan fumigan adalah Chlorofikrin, Ethylendibromide, Naftalene, Metylbromide, Formaldehyde, dan Fostin (Untung, 1996).

#### 2.7 Fungisida

\* Fungisida adalah bahan kimia yang dipergunakan untuk membunuh atau menghentikan perkembangan fungi. Fungisida Mancozeb 80% merupakan fungisida kontak berbentuk tepung berwarna kuning kehijauan dapat disuspensikan, digunakan untuk mengendalikan penyakit busuk daun (*Phytophthora infestans*) pada tanaman tomat. Komposisi pestisida formulasi tepung pada umumnya terdiri atas bahan aktif dan bahan pembawa seperti tanah liat atau talek (50-75%). Mancozeb bersifat protektan, artinya fungisida yang digunakan untuk melindungi tanaman dari serangan penyakit. Bahan aktif yang bersifat racun dari molekul dithiocarbamate adalah anion dialkyl dithiocabamidate masuk kedalam sel jamur

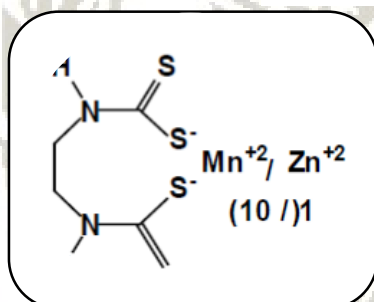
dan ikut berperan pada aktivitas enzimatik. Tidak menimbulkan fitotoksik pada tanaman utama. Untuk mengenal pestisida formulasi tepung, di belakang nama dagang tercantum singkatan WP (*wettable powder*) (Sudarmo, 1990). Konsentrasi formulasi anjuran 1,5 – 3 g/l. Cara aplikasi dan volume penyemprotan yaitu 500 L air / Ha. Waktu dan interval aplikasi saat terjadi gejala serangan dan interval aplikasi 7 hari. Sifat kimia fungisida mancozeb yaitu:

Nama kimia : Manganous ethylenebisdithiocarbamate

Nama umum : Maneb, Mancozeb

Nama dagang : Dithane M-24

Struktur formula : 
$$\text{--} \left[ \text{Mn} \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{S} \text{---} \text{C} \text{---} \text{N} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{N} \text{---} \text{C} \text{---} \text{S} \\ || \quad | \\ \text{S} \quad \text{H} \end{array} \right]_x \text{ [Zn}^{+2} \text{]}_y$$



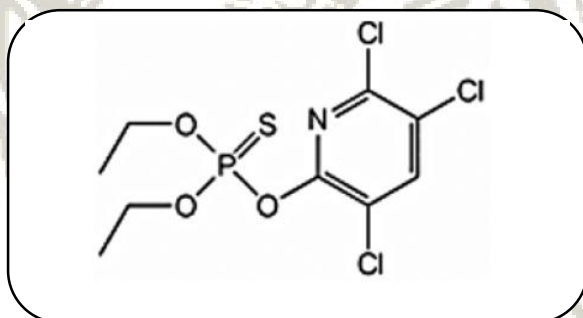
**Gambar 2.1** Rumus Bangun Mancozeb (Xu, 2000)

## 2.8 Insektisida

Insektisida adalah bahan kimia yang dipergunakan untuk membunuh atau menghentikan perkembangan serangga. Insektisida Chlorpyrifos merupakan insektisida racun kontak dan lambung berbentuk pekatan yang dapat diemulsikan berwarna kuning muda, digunakan untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera exigua*), kutu daun (*Apis medicaginis*), thrips (*Thrips* sp), penggorok daun (*Liriomyza huidobrensis*). Racun kontak merupakan pestisida yang bekerja dengan

cara masuk ke dalam tubuh serangga melalui kulit (kutikula) dan di transportasikan ke bagian tubuh serangga sedangkan racun lambung merupakan jenis pestisida yang membunuh serangga sasaran dengan cara merusak organ pencernaan. Pestisida cairan emulsi dapat dilihat pada nama dagang yang diikuti singkatan EC (*emulsifiable concentrate*). Komposisi pestisida cair terdiri dari tiga komponen, yaitu bahan aktif, pelarut serta bahan perata (Sudarmo, 1990). Sifat kimia Insektisida Chlorpyrifos yaitu

Nama kimia : O,O-diethyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridyl) phosphorothioate  
Molekul Formula :  $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$   
Nama umum : Chlorpyrifos  
Nama dagang : Dursban



**Gambar 2.2** Rumus Bangun Chlorpyrifos (Aydin *et al.*, 2010)

Chlorpyrifos tergolong derivat heterosiklik seperti fenil memiliki bangunan rantai tetapi perbedaannya satu atau beberapa atom C ditempati oleh O, N, atau S. Bangunan rantai Chlorpyrifos mempunyai 3, 5, atau 6 atom. Senyawa Chlorpyrifos paling stabil dan lama bertahan di lingkungan. Chlorpyrifos merupakan pestisida golongan organofosfat. Pestisida organofosfat merupakan pestisida organosintetik (Hassall, 1990).