

BAHAN AJAR BAB 11

POKOK BAHASAN

PENGENDALIAN KIMIAWI

PENDAHULUAN

Bab ini membicarakan permasalahan yang berhubungan dengan sifat dan pengelompokan pestisida khususnya insektisida, dampak negatif penggunaan pestisida kimia yang tidak tepat, dan penggunaan pestisida secara benar sebagai salah satu komponen PHT

PENYAJIAN

Pengendalian hama secara kimiawi adalah penggunaan pestisida kimia untuk mengendalikan hama agar hama tidak menimbulkan kerusakan bagi tanaman yang dibudidayakan.

Pestisida mungkin merupakan bahan kimiawi yang dalam sejarah umat manusia telah memberikan banyak jasanya bagi keberhasilan dalam banyak bidang pembangunan termasuk pertanian, kesehatan, pemukiman, dan kesejahteraan masyarakat. Berkat pestisida umat manusia telah dapat dibebaskan dari ancaman penyakit manusia yang membahayakan seperti malaria dan demam berdarah yang ditularkan oleh nyamuk. Di bidang pertanian penggunaan pestisida mampu menekan kehilangan hasil tanaman akibat serangan hama dan penyakit yang memungkinkan peningkatan produksi pertanian dapat dicapai. Karena keberhasilan tersebut di dunia pertanian, pestisida seakan-akan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari budidaya segala jenis tanaman baik tanaman hortikultura, pangan maupun perkebunan. Pestisida sedemikian melekatnya pada kegiatan pertanian di Indonesia. Hal ini dapat dibuktikan dari reaksi petani apabila menghadapi terjadinya serangan hama tentu akan menanyakan pestisida apa yang tepat digunakan dan dimana dapat diperolehnya?

Kecenderungan peningkatan penggunaan pestisida secara global sejak tahun 1960an juga terjadi di Indonesia. Sejak dicanangkannya program pembangunan nasional di sektor pertanian, penggunaan pestisida meningkat dengan sangat pesat. Sekitar tahun 1970 sampai 1980-an pestisida paling banyak digunakan dalam program intensifikasi pangan terutama dalam program



swasembada beras melalui program nasional BIMAS. Bila pada tahun 1970 penggunaan pestisida untuk padi kurang dari 1000 ton pada tahun 1986 pestisida untuk padi sudah mencapai 18.000 ton. Peningkatan penggunaan pestisida ini juga terjadi pada komoditi pertanian lainnya. Namun setelah Pemerintah mencabut subsidi pestisida pada tahun 1989 serta diterapkannya konsep PHT oleh petani padi, penggunaan pestisida khususnya insektisida di tanaman padi cenderung menurun. Tanaman pertanian pangan di Indonesia yang saat ini masih banyak menggunakan insektisida adalah kedelai, sayuran dataran rendah dan sayuran dataran tinggi, sedangkan pada tanaman perkebunan adalah pada tanaman kapas. Seiring dengan perdagangan bebas yang semakin terbuka, saat ini berbagai jenis pestisida generik memasuki Indonesia sehingga pada tahun 2002 jumlah formulasi pestisida yang telah terdaftar di Indonesia sudah melampaui 1000 formulasi. Jumlah pestisida yang diproduksi pada tahun 2000 sekitar 60.000 ton.

Meskipun pestisida kimia memiliki banyak keuntungan ekonomi bagi petani dan masyarakat, tetapi risiko yang berupa dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan semakin lama semakin nyata dirasakan oleh masyarakat luas. Salah satu cara agar risiko pestisida dapat ditekan serendah mungkin yakni Pemerintah di semua negara melakukan pengaturan terhadap semua produksi, peredaran, perdagangan, penggunaan, penyimpanan dan pengawasan pestisida. Banyak kesepakatan dan standar pengaturan yang telah ditetapkan secara internasional dan harus diterapkan oleh semua negara. Tujuan pengaturan pestisida oleh pemerintah adalah untuk melindungi kesehatan masyarakat dan lingkungan hidup terhadap dampak samping penggunaan pestisida, serta untuk menjaga tingkat efektivitas pestisida dalam pengendalian hama sasaran.

A. PENGELOMPOKAN PESTISIDA

Kata insektisida secara harafiah berarti pembunuh serangga yang berasal dari kata **insekta**=serangga dan kata Latin **cida** yang berarti pembunuh. Insektisida merupakan salah satu kelompok pestisida. Pestisida adalah pembunuh hama yang berasal dari kata **pest**=hama dan **cida**=pembunuh. Sedangkan kelompok pestisida lainnya antara lain rodentisida (pembunuh rodent tikus), akarisisida (pembunuh tungau), nematisida (pembunuh nematoda), fungisida (pembunuh jamur), herbisida (pembunuh gulma). Tabel 1 menjelaskan nama kelompok pestisida berdasar pada kelompok organisme sasaran. Karena jumlah kelompok, jenis dan produksi insektisida saat ini lebih banyak daripada kelompok-kelompok pestisida lain, biasanya yang dimaksud dengan pestisida adalah insektisida.



Tabel 1. Pengelompokan pestisida berdasar pada kelompok hama yang dikendalikan

No	Nama kelompok pestisida	Kelompok hama yang dikendalikan
1.	Akarisida	Tungau, pinjal dan laba-laba
2.	Adultisida	Serangga dewasa
3.	Algisida	Alga
4.	Arborisida	Pepohonan, semak-semak
5.	Avisida	Burung
6.	Bakterisida	Bakteri
7.	Fungisida	Jamur
8.	Insektisida	Serangga dan juga pinjal dan tungau
9.	Ixosida	Pinjal
10.	Larvisida	Larva
11.	Mitisida	Tungau, pinjal, dan laba-laba
12.	Moluskisida	Moluska terutama siput dan keong
13.	Nematisida	Nematoda
14.	Ovisida	Telur
15.	Piscisida	Ikan
16.	Predasida	Vertebrata hama
17.	Rodentisida	Tikus
18.	Silvisida	Pepohonan dan semak
19.	Termitisida	Rayap, semut

B. PEMBERIAN NAMA PESTISIDA

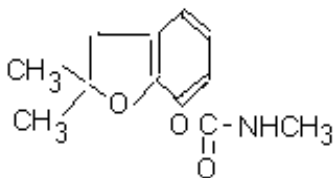
Nomenklatur atau cara pemberian nama suatu jenis pestisida ada ketentuannya. Suatu jenis pestisida ditandai oleh 3 cara penamaan yaitu **nama umum**, **nama dagang**, dan **nama kimiawi**. Nama dagang ditetapkan oleh produsen atau formulator insektisida yang membuat dan memperdagangkan pestisida tersebut. Karena satu jenis pestisida dapat dibuat oleh beberapa perusahaan sehingga untuk pestisida tersebut mempunyai beberapa nama dagang. Nama kimia merupakan nama yang digunakan oleh ahli kimia dalam menjelaskan suatu senyawa kimia sesuai dengan rumus bangun senyawa insektisida tersebut.



Suatu contoh diambil jenis insektisida yang sampai saat ini masih digunakan untuk pengendalian penggerek batang padi di Indonesia.

1. Nama umum : karbofuran
2. Nama dagang : Furadan®, Currater®, Indofur®, Dharmafur®.
3. Nama kimia : 2,3-dihidro 2,2,-dimeti l-7-benzonil metilkarbamat

4. Rumus bangun senyawa tersebut adalah sbb:



Carbofuran

Gambar 1. Rumus bangun Karbofuran

Dalam praktek penggunaan sehari-hari terutama oleh petani, biasanya nama dagang lebih populer. Dalam forum ilmiah seperti publikasi seminar atau tesis, dll. digunakan nama umum. Dalam pembicaraan khusus tentang aspek-aspek kimiawi pestisida nama kimia pestisida digunakan.

C. PENGGOLONGAN INSEKTISIDA

Insektisida kimia dapat dikelompokkan dalam beberapa cara menurut pengaruhnya terhadap serangga sasaran, menurut cara masuknya dalam tubuh serangga, dan menurut sifat kimianya.

1. Pengelompokan Insektisida Berdasarkan Pengaruhnya Terhadap Hama

Insektisida dapat dikelompokkan menurut pengaruh yang merugikan bagi hama sasaran yang akhirnya dapat menurunkan populasi hama. Pengelompokan insektisida menurut pengaruh pada serangga sasaran seperti terlihat pada Tabel 2.



Tabel 2. Pengelompokan pestisida berdasarkan pengaruhnya pada serangga

Kelompok Pestisida	Pengaruh pada hama
Antifidan (<i>anti-feedant</i>)	Menghambat nafsu makan sehingga serangga kelaparan yang akan menyebabkan kematian
Antitranspiran (<i>Anti-transpirant</i>)	Mengurangi sistem transpirasi serangga
Atraktan (<i>attractant</i>)	Penarik hama, seperti atraktan seks
Khemosterilan (<i>chemosterilant</i>)	Menurunkan kemampuan reproduksi hama
Defolian (<i>defoliant</i>)	Merontokkan bagian tanaman yang tidak diinginkan, tanpa membunuh seluruh bagian tanaman
Desikan (<i>desiccant</i>)	Mengeringkan bagian tanaman dan serangga
Disinfektan (<i>disinfectant</i>)	Merusak atau mematikan organisme berbahaya
Perangsang makan (<i>feeding stimulant</i>)	Menyebabkan serangga lebih giat makan
Pengatur pertumbuhan (<i>growth regulator</i>)	Menghentikan, mempercepat, atau memperlambat proses pertumbuhan tanaman atau serangga
Repelen (<i>repellent</i>)	Mengarahkan serangga agar menjauh dari yang diperlakukan
Semiokimia	Feromon, alomon dan kairomon; zat kimia yang dikeluarkan oleh tanaman atau hewan, yang merangsang atau menghambat perilaku serangga
Sinergis (<i>synergist</i>)	Meningkatkan efektivitas bahan aktif

2. Pengelompokan Menurut Cara Masuk ke Tubuh Serangga

Dilihat dari cara masuknya (*mode of entry*) ke dalam tubuh serangga insektisida dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu **racun perut**, **racun kontak**, dan **fumigan**.

a. Racun Perut (stomach poison)

Insektisida memasuki tubuh serangga melalui saluran pencernaan makanan (perut). Serangga terbunuh bila insektisida tersebut termakan oleh serangga. Jenis-jenis insektisida lama umumnya merupakan racun perut, sedangkan insektisida modern sangat sedikit yang merupakan racun perut.

b. Racun Kontak (contact poison)

Insektisida memasuki tubuh serangga bila serangga mengadakan kontak dengan insektisida atau serangga berjalan diatas permukaan tanaman yang telah mengandung insektisida. Di sini insektisida masuk ke dalam tubuh serangga



melalui dinding tubuh. Insektisida modern pada umumnya merupakan racun kontak. Apabila permukaan tanaman yang mengandung insektisida tersebut dimakan serangga, racun tersebut juga memasuki tubuh serangga melalui saluran pencernaan. Contoh insektisida racun kontak adalah BHC dan DDT.

c. *Fumigan*

Fumigan merupakan insektisida yang mudah menguap menjadi gas dan masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernafasan serangga atau sistem trachea yang kemudian diedarkan ke seluruh jaringan tubuh. Karena sifatnya yang mudah menguap fumigan biasanya digunakan untuk mengendalikan hama simpanan yang berada di ruang atau tempat tertutup dan juga untuk mengendalikan hama yang berada di dalam tanah. Contoh fumigan adalah hidrogen sianida (HCN), fosfin dan metil bromida.

3. Pengelompokan Menurut Sifat Kimianya

Pengelompokan insektisida yang paling penting adalah menurut sifat kimianya. Insektisida kimia konvensional secara garis besar dapat dibagi menurut sifat dasar senyawa kimianya yaitu dalam **insektisida anorganik** yaitu insektisida yang tidak mengandung unsur Karbon dan **insektisida organik** yang mengandung unsur Karbon.

Insektisida-insektisida lama yang digunakan sebelum tahun 1945 umumnya merupakan insektisida anorganik. Contoh insektisida anorganik adalah **kalsium arsenat, Pb arsenat, sodium fluorid, kriolit, dan belerang**. Kelemahan insektisida anorganik adalah toksisitas tinggi untuk mamalia termasuk manusia, residu di lingkungan lama atau persisten, fitotoksitas tinggi, masalah ketahanan hama terhadap insektisida, dan umumnya memiliki efikasi lebih rendah bila dibandingkan insektisida organik sintetik.

Sedangkan insektisida kimia setelah masa Perang Dunia II setelah ditemukannya DDT umumnya merupakan **insektisida organik**. Insektisida organik masih dapat dibagi menjadi **insektisida organik alami** dan **insektisida organik sintetik**. Insektisida organik alami merupakan insektisida yang terbuat dari tanaman (insektisida botani/nabati) dan bahan alami lainnya. Sedangkan insektisida sintetik merupakan hasil buatan pabrik dengan melalui proses sintesis kimiawi.

Pembagian insektisida organik sintetik konvensional menurut susunan kimia bahan aktif (senyawa yang memiliki sifat racun) terdiri dari 6 kelompok besar yaitu 1) **organoklorin (OK)**, 2) **organofosfat (OP)**, 3) **karbamat**, 4) **piretroid sintetik**, 5) **kloronikotinil** dan 6) **IGR (Insect Growth Regulator)**. Kecuali 6 kelompok besar tersebut masih ada beberapa kelompok insektisida baru yang mulai banyak digunakan dalam praktek pengendalian hama saat ini, seperti **heterosiklik, dinitrofenol, tiosianat** dan **sulfanat**.



a. **Organo Klorin (OK)**

Insektisida Organo Klorin atau sering disebut Hidrokarbon Klor merupakan kelompok insektisida sintetik yang pertama dan paling tua dan dimulai dengan ditemukannya DDT oleh ahli kimia Swiss Paul Mueller pada tahun 1940-an. Setelah DDT ditemukan kemudian berhasil dikembangkan banyak jenis insektisida baru dengan susunan kimia dasar yang mirip dengan DDT dan kemudian dikelompokkan dalam golongan Hidrokarbon Klor.

Insektisida kelompok ini merupakan racun kontak dan racun perut, efektif untuk mengendalikan larva, nimfa, dan imago dan kadang-kadang untuk pupa dan telur. Insektisida yang termasuk OK pada umumnya memiliki toksisitas sedang untuk mamalia. Masalah yang paling merugikan bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat adalah sifat persistensinya yang sangat lama di lingkungan baik di tanah maupun di jaringan tanaman dan dalam tubuh hewan. Misal di daerah sub tropis DDT dalam kurun waktu 17 tahun residunya masih 39 % yang berada di dalam tanah, sedangkan residu endrin pada 14 tahun setelah perlakuan ternyata masih dijumpai sebanyak 40% dari residu semula. Persistensi OK di lingkungan menimbulkan dampak negatif seperti perbesaran hayati dan masalah keracunan khronik yang membahayakan kesehatan masyarakat. Permasalahan lain yang timbul akibat digunakannya DDT secara besar-besaran adalah berkembangnya sifat resistensi serangga sasaran seperti nyamuk dan lalat terhadap DDT.

Oleh karena bahayanya insektisida golongan OK sejak tahun 1973 tidak boleh digunakan untuk pengendalian hama pertanian di Indonesia. Sedangkan di bidang kesehatan DDT tidak lagi digunakan untuk mengendalikan vektor penyakit malaria sejak 1993.

b. **Organofosfat (OP)**

Insektisida OP dengan unsur P meliputi semua ester asam fosforik (H_3PO_4) sebagai inti yang aktif saat ini merupakan kelompok insektisida yang terbesar dan sangat bervariasi jenis dan sifatnya. Saat ini telah tercatat sekitar 200.000 senyawa OP yang pernah dicoba dan diuji untuk mengendalikan serangga.

OP merupakan insektisida yang sangat beracun bagi serangga dan bersifat baik sebagai racun kontak, racun perut maupun fumigan. Berbeda dengan OK, OP di lingkungan kurang stabil sehingga lebih cepat terdegradasi dalam senyawa-senyawa yang tidak beracun. Daya racun OP mampu menurunkan populasi serangga dengan cepat, persistensinya di lingkungan sedang sehingga OP secara bertahap dapat menggantikan OK. Sampai saat ini OP masih merupakan kelompok insektisida yang paling banyak digunakan di seluruh dunia.

Kebanyakan insektisida OP adalah penghambat bekerjanya enzim asetilkoline sterase.

OP memiliki berbagai bentuk alkohol yang melekat pada atom-atom P dan berbagai bentuk ester asam fosforik. Ester-ester ini mempunyai kombinasi Oksigen, Karbon, Sulfur, dan Nitrogen. OP yang dikembangkan dari kombinasi tersebut dapat dibagi menjadi 3 kelompok derivat yaitu **alifatik**, **fenil**, dan **heterosiklik**. **Derivat alifatik** meliputi insektisida-insektisida yang antara lain



TEPP, malation, dimetoat, oksidemetonmetil, dikrotofos, disulfoton, metamidofos, triklorfon, asefat, forat, terbufos, etoprop, dikloruos, mevinfos, naled, monotrotofos, fosfamidin. Insektisida OP yang termasuk dalam **derivat fenil** adalah *paration, metil paration, etil paration, stirofos, fention, fonofos, profenofos, isofenfos, fenitrothion, triazofos, dan fentoat.* Insektisida OP **derivat heterosiklik** banyak jenisnya. Dari kelompok ini insektisida yang terkenal adalah *diazinon* dan lainnya seperti *asinfos, klorpirifos, fention, fosmet, stirofos, temefos, metidation, fosmet, kuinalfos,* dll.

c. Karbamat

Karbamat merupakan insektisida yang berspektrum lebar dan telah banyak digunakan secara luas untuk pengendalian hama tanaman. Insektisida karbamat relatif baru bila dibandingkan dengan 2 kelompok insektisida OK dan OP. Cara karbamat mematikan serangga sama dengan insektisida OP yaitu melalui penghambatan aktivitas enzim kolinesterase pada sistem syaraf. Insektisida tersebut cepat terurai dan hilang daya racunnya dari jaringan binatang, sehingga tidak terakumulasi dalam jaringan lemak dan susu seperti OK. Beberapa karbamat memiliki toksisitas rendah bagi mamalia tetapi ada yang sangat beracun.

Pestisida karbamat dapat dikelompokkan dalam 3 kelas yaitu 1) metil karbamat dengan bangunan cincin fenil. Yang termasuk dalam kelas ini adalah *BPMC, MICP, Isokarb,* dll; 2) metil karbamat dan dimetil karbamat dengan struktur heterosiklik seperti dijumpai pada *bendiokarp, karbofuran, dioxakarb,* dll; 3) metil karbamat dari oksin yang mempunyai struktur rantai. Termasuk dalam kelas ini adalah *aldikarb, metomil,* dan yang lain. *Aldikarb* merupakan insektisida karbamat yang paling beracun juga merupakan insektisida sistemik yang digunakan untuk pengendalian serangga dan nematoda. Karena toksisitas sangat tinggi *aldikarb* sekarang dilarang di Indonesia. Propoksur merupakan insektisida yang umum digunakan di dalam rumah untuk pengendalian serangga rumah tangga seperti nyamuk, kecoa, lalat, dll.

d. Sintetik Piretroid (SP)

Piretroid merupakan kelompok insektisida organik sintetik konvensional yang baru digunakan secara luas sejak tahun 1970-an dan saat ini perkembangannya sangat cepat. Keunggulan piretroid sintetik (PS) karena memiliki pengaruh *knock down* atau kemampuan menjatuhkan serangga dengan cepat dan tingkat toksisitas rendah bagi manusia dan mamalia. Kelompok Piretroid Sintetik merupakan tiruan dari bahan aktif insektisida nabati ***piretrum*** yaitu ***sinerin*** yang berasal dari ekstrak bunga *Chrysanthemum cinerariaefolium*.

PS seringkali dikelompokkan menurut generasi perkembangannya di laboratorium. Biasanya generasi yang lanjut merupakan perbaikan sifat PS generasi sebelumnya. Sampai saat ini sudah dikenal 4 generasi PS. Salah satu anggota generasi pertama adalah *alletrin*, generasi kedua adalah *resmetrin*. Yang paling banyak digunakan sekarang adalah generasi PS yang ketiga dan keempat. Generasi PS ketiga antara lain *fenvalerat* dan *permetrin* banyak digunakan untuk



pengendalian hama-hama kapas, kedelai dan sayuran. Untuk memperoleh efektivitas yang sama dosis aplikasi insektisida PS generasi baru lebih kecil bila dibandingkan dengan aplikasi OP dan OK. Generasi PS keempat lebih hemat lagi dibandingkan dengan generasi ketiga. Untuk lahan seluas 1 ha hanya diperlukan 10-40 g bahan aktif. Beberapa PS yang termasuk generasi keempat yang saat ini juga sudah diijinkan di Indonesia antara lain *sipermetrin*, *flusitrinat*, *fenpropatrin*, *fluvalinat*, *sihalotrin*, *deltametrin* dan *siflutrin*.

Pada umumnya PS menunjukkan toksisitas rendah bagi mamalia tetapi sangat beracun bagi ikan dan lebah. Residu PS di hasil-hasil pertanian tidak menjadi masalah. Meskipun daya mematikan hama sasaran sangat tinggi dan PS sedikit menghadapi permasalahan lingkungan, namun insektisida PS menghadapi permasalahan utama yaitu percepatan perkembangan strain hama baru yang tahan.

e. Kloronikotinil

Kloronikotinil merupakan kelas baru insektisida sintetik. Bila piretroid merupakan tiruan produk alami piretrum, kloronikotinil juga merupakan tiruan atau analog produk nikotin. Kelas insektisida ini sampai sekarang baru diwakili oleh satu bahan aktif yaitu *imidakloprid* yang telah diijinkan di Indonesia. *Imidakloprid* merupakan insektisida sistemik dan kontak dengan sasaran hama yang mempunyai tipe mulut pencucuk dan pengisap seperti aphid, wereng, trips dan kutu daun. Juga efektif untuk mengendalikan rayap, serangga tanah dan beberapa jenis kumbang. Karena cara aksi terhadap serangga sasaran berbeda dengan kelompok-kelompok insektisida kimia lain, kloronikotinil dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan jenis hama yang telah resisten terhadap kelompok/jenis insektisida tertentu.

f. Pengatur Pertumbuhan Serangga (IGR = *Insect Growth Regulator*)

Kelompok insektisida lain yang memiliki sifat selektivitas fisiologi yang tinggi adalah kelompok insektisida baru yang tidak termasuk dalam kelompok insektisida konvensional. Kelompok insektisida baru adalah yang termasuk dalam golongan **IGR** (*Insect Growth Regulator*) atau Zat Pengatur Pertumbuhan Serangga. IGR pada hakekatnya mengganggu aktivitas normal sistem endokrin serangga. Pengaruh IGR tersebut dapat terjadi pada waktu perkembangan embrionik, perkembangan larva atau nimfa, metamorfosis, proses reproduksi, ataupun perilaku diapause.

Yang termasuk dalam IGR adalah ecdison (hormon penggantian kulit), hormon juvenil (JH), mimik atau tiruan hormon juvenil, analog hormon juvenil (JHA), antihormon juvenil serta insektisida penghambat khitin. Agonis ecdison merupakan IGR yang paling baru tetapi sudah cukup tersedia di pasar. Contoh IGR ini adalah *tebufenozoid*, *metoxyfenozoid*, dan *halofenozoid*. Hormon juvenil yang sekarang telah dipasarkan dan digunakan untuk pengendalian serangga di Amerika Serikat adalah *metoprin*, *kinoprin*, *hidroprin*, dan *venoksikarb*, sedangkan insektisida penghambat sintesis khitin adalah *diflubenzuron*, *bensoil finil ureas*,



teflubenzuron, *triflumuron*, *klorfluazuron*. Sejak tahun 1986 untuk pengendalian hama wereng padi terutama wereng coklat kita mulai menggunakan salah satu senyawa penghambat khitin yaitu *buprofezin*. Sampai tahun 2002 ini sebagian insektisida IGR tersebut telah terdaftar di Indonesia seperti *tebufenozide*, *methoxyfenozide*, dan *halofenozide*. *Tebufenozide* dan *methoxyfenozide* untuk mengendalikan Lepidoptera sedangkan *halofenozide* untuk Coleoptera.

Karena cara kerja IGR terhadap serangga sasaran adalah dengan mempengaruhi sistem hormonal serangga yang khas, pada dasarnya IGR memiliki sifat selektivitas fisiologi yang tinggi terhadap serangga sasaran sehingga sangat sesuai dengan prinsip-prinsip PHT. Misalkan diflubenzuron sangat efektif terutama untuk Lepidoptera dan Diptera, sedangkan buprofezin khas untuk wereng daun dan wereng batang serta serangga-serangga Homoptera lainnya. Untuk kelompok serangga lainnya seperti serangga predator dan parasitoid insektisida tersebut kurang berpengaruh. Berbeda dengan insektisida konvensional yang mempengaruhi sistem syaraf sehingga mematikan serangga dalam waktu cepat, IGR bekerjanya lambat dan lembut serangga akan mati beberapa hari setelah diperlakukan dengan IGR. Dengan cara membunuh hama yang demikian, tekanan seleksi terhadap serangga hama juga lemah sehingga timbulnya sifat resistensi dari serangga hama dapat dihambat.

g. Insektisida Botanik

Bila insektisida sintetis merupakan hasil buatan pabrik dengan melalui proses sintesis kimiawi, maka insektisida botani atau insektisida nabati merupakan insektisida yang terbuat dari tanaman. Insektisida botanik atau insektisida nabati merupakan insektisida alami diambil secara langsung dari tanaman atau dari hasil tanaman. Insektisida jenis ini termasuk insektisida yang paling tua dan banyak digunakan untuk pengendalian hama sebelum insektisida organik sintetis ditemukan. Karena kesulitan dalam melakukan ekstraksi, dan kurang stabil karena mudah terurai, penggunaannya semakin berkurang terutama setelah pestisida kimia sintetis ditemukan dan digunakan.

Namun akhir-akhir ini setelah timbul kekhawatiran mengenai dampak samping pestisida kimia, penggunaan pestisida botanik kembali memperoleh perhatian dari pemerintah dan petani sebagai solusi alternatif bagi pestisida kimia. Pestisida botanik telah lama dikenal sebagai pestisida yang risikonya kecil bagi kesehatan dan lingkungan hidup.

Direktorat Perlindungan Perkebunan telah melakukan inventarisasi mengenai berbagai jenis tanaman yang ada di sekitar lahan petani untuk dijadikan pestisida nabati. Petunjuk mengenai cara penyiapan, ekstraksi dan penggunaan pestisida nabati telah dibuat dan diedarkan kepada para petani pekebun. Dalam kegiatan pelatihan SLPHT-Perkebunan Rakyat juga diberikan pelatihan penggunaan pestisida nabati. Dari inventarisasi yang dilakukan oleh Direktorat Jendral Bina Perkebunan yang memuat daftar jenis-jenis tanaman di Indonesia yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati (Lampiran).



Beberapa jenis insektisida botanik yang sudah lama dikenal dan digunakan adalah *piretrum* yang diambil dari bunga *Chrysanthemum*. Demikian juga *rotenon* diambil dari akar tanaman leguminosaea *Derris elliptica* atau tuba. Rotenon dapat berupa racun kontak dan perut tetapi pengaruhnya tidak pada sistem syaraf. Pestisida nabati yang prospektif dan banyak diteliti oleh para pakar pada dua dekade akhir ini adalah *Azadirachtin* salah satu bahan aktif yang diambil dari tanaman mimba atau mimba (*Azadirachta indica*). Tanaman mimba sejak lama telah dikenal dan digunakan sebagai pestisida nabati. Lebih dari 200 spesies serangga hama dapat dikendalikan secara efektif dengan ekstrak tanaman tersebut. Karena tanaman mimba sudah banyak tumbuh di Indonesia dan sangat sesuai dengan kondisi tanah dan cuaca di sini, maka prospek penggunaannya untuk pengendalian hama sangat baik, apalagi bila teknik ekstraksi dan penggunaannya telah dikuasai petani.

Dari banyak hasil penelitian telah diketahui beberapa cara kerja insektisida mimba yaitu 1) Mengusir dan menghambat nafsu makan serangga, 2) menghambat metamorfosis, 3) Mengurangi kesehatan dan daya reproduksi 4) Menghambat daya bertelur. Cara kerja ekstrak mimba tersebut di atas hampir sama dengan cara kerja insektisida IGR. Bagian tanaman mimba yang sering digunakan adalah tepung biji, ampas biji dan daun. Penyiapannya dilakukan dengan cara menggerus biji atau daun dan membuat ekstrak sederhana dengan dicampur air dan kemudian disemprotkan dengan menggunakan alat penyemprot biasa. Untuk memperoleh hasil yang baik dapat ditambahkan minyak dan pengemulsi. Teknologi sederhana tersebut sangat mudah dilakukan oleh petani dengan biaya yang sangat murah. Namun untuk keberhasilan pengendalian perlu diperhatikan waktu dan frekuensi penyemprotan yang tepat sesuai dengan sifat ekobiologi hama sasaran. Karena efektivitas dan cara aksinya berbeda dengan pestisida kimia konvensional, penyemprotan dengan pestisida nabati sebaiknya dilakukan dengan frekuensi yang lebih banyak dan sewaktu populasi hama masih belum jauh melampaui Ambang Pengendaliannya.

Beberapa keuntungan penggunaan mimba yaitu efektivitas tinggi, ancaman terhadap timbulnya resistensi hama relatif kecil karena mengandung banyak zat yang semuanya mempunyai cara kerja yang berlainan. Ekstrak mimba mempunyai risiko kecil bagi kesehatan manusia, tidak berbahaya bagi lebah madu, ikan, burung dan binatang bermanfaat lainnya. Persistensi ekstrak mimba rendah, sehingga cepat terurai menjadi zat-zat yang tidak berbahaya. Sampai saat ini belum dilaporkan adanya pencemaran tanah dan air akibat dari mimba.

D. FORMULASI PESTISIDA

Dalam pabrik pembuat insektisida dihasilkan bahan aktif insektisida dalam bentuk murni. Bahan tersebut belum dapat langsung digunakan untuk kegiatan pengendalian hama. Agar dapat dimanfaatkan di lapangan dan diperdagangkan bahan teknis harus diproses lagi menjadi bahan formulasi insektisida. Proses formulasi insektisida merupakan proses untuk memperbaiki sifat-sifat bahan teknis agar sesuai untuk keperluan penyimpanan, penanganan, aplikasi,



peningkatan efektivitas, atau keamanan bagi manusia dan lingkungan. Sebelum dipasarkan bahan teknis perlu dicampurkan dengan bahan-bahan tambahan tertentu. Bahan-bahan tambahan yang tidak bersifat meracuni serangga (insektisidal) secara umum disebut bahan *inert* atau *inert material*. Menurut fungsinya bahan inert dapat berupa bahan surfaktan, seperti sabun atau deterjen untuk peningkatan daya sebar, daya emulsi dan pembasahan pada permukaan, Pelarut atau *solvent*, untuk formulasi pestisida cair agar dapat meningkatkan daya larut, Pembawa atau *carrier* digunakan untuk formulasi padat seperti serbuk dan butiran agar dapat mengikat/menyerap serta Bahan tambahan khusus seperti a) penstabil (*stabilizers*), b) *sinergis*, bahan yang dapat meningkatkan aktifitas, c) pembasah (*wetters*), untuk mencegah degradasi bahan, d) minyak untuk meningkatkan aktifitas biologi insektisida, e) *odorants* untuk memberi bau, f) cat dan *pigment*, g) penebal (*thickeners*), h) *colouring agents* (zat pewarna), dan l) zat anti mikroba.

Pengetahuan dan teknologi pembuatan bahan aktif dan formulasi pestisida berkembang sangat cepat sehingga ditemukan banyak jenis dan formulasi pestisida. Agar tidak membingungkan pengguna dan konsumen di pandang perlu dilakukan harmonisasi atau pembakuan kode formulasi pestisida yang berlaku di tingkat internasional.

Sistem kode formulasi pestisida mulai dibakukan pada tahun 1978 yang kemudian direvisi pada tahun 1989. Inisiatif pembakuan kode formulasi ini dilakukan oleh asosiasi industri pestisida global yaitu Crop Life International (dulu **GCPF**). Kode formulasi tersebut diusahakan sederhana, sedapat mungkin terdiri dari dua huruf besar yang merupakan singkatan. Sekitar 71 kode formulasi pestisida telah dibakukan. Berikut nama-nama 10 kode formulasi insektisida penting yang sudah digunakan dan dipasarkan di Indonesia.

1. *Emulsifiable Concentrates (EC)*
2. *Wettable Powders (WP)*
3. *Suspension Concentrate (SC)*
4. *Water Soluble Powder (SP)*
5. *Ultra Low Volume Liiquid (ULV)*
6. *Dustable Powder (DP)*
7. *Granules (GR)*
8. *Aerosol Dispenser (AE)*
9. *Bait (RB)*
10. *Capsule Suspension (CS)*

E. TOKSISITAS PESTISIDA

Pestisida tidak hanya beracun (*toxic*) atau berbahaya bagi serangga hama sasaran juga berbahaya bagi serangga-serangga musuh alami, binatang-binatang lain, manusia dan komponen-komponen lingkungan hidup. Toksisitas pestisida dapat dikelompokkan menjadi toksisitas akut, toksisitas kronik dan toksisitas subkronik. Toksisitas akut adalah pengaruh meracuni atau merugikan yang timbul segera setelah pemaparan dengan dosis tunggal suatu pestisida, atau pemberian



dosis ganda dalam waktu kurang lebih 24 jam. Toksisitas kronik adalah pengaruh yang merugikan yang timbul sebagai akibat pemberian takaran harian berulang pestisida dalam jumlah sedikit atau pemaparan oleh pestisida yang berlangsung sebagian besar rentang hidup suatu organisme (misal, mamalia).

Keracunan akut merupakan kesakitan atau kematian akibat terkena dosis tunggal insektisida. Keracunan ini biasanya terjadi pada pekerja yang langsung bekerja dengan insektisida baik di pabrik, tempat penyimpanan maupun di lapangan. Keracunan terjadi biasanya karena kecerobohan sewaktu penanganan pestisida atau sewaktu penyemprotan atau yang sengaja meminum insektisida untuk bunuh diri. Keracunan khronik merupakan keracunan karena penderita terpapar racun dalam jangka waktu panjang dengan dosis yang sangat rendah. Gejala keracunan ini baru terlihat selang beberapa waktu (bulan atau tahun) setelah penderita terpapar pestisida. Keracunan khronik yang saat ini oleh masyarakat dunia yang paling menjadi keprihatinan masyarakat dunia karena semakin tingginya kesadaran terhadap keperluan adanya lingkungan yang tidak tercemar. Bahaya akibat keracunan kronik karena terpapar insektisida dapat bersifat ***carsinogenic*** (pembentukan jaringan kanker), ***mutagenic*** (kerusakan genetik untuk generasi yang akan datang), ***teratogenic*** (kelahiran anak cacat dari ibu yang keracunan), ***endocrine destruptor*** (gangguan hormon endokrin).

1. Pengujian Toksisitas Insektisida

Cara masuk insektisida ke dalam tubuh binatang atau manusia dapat melalui mulut (rute **oral**), melalui kulit (rute **dermal**), atau melalui saluran pernafasan (rute respiratori, rute inhalasi). Toksisitas akut melalui oral atau dermal merupakan indikasi bahaya insektisida bagi mamalia dan manusia. Unit pengukuran adalah miligram (mg) bahan aktif per kilogram (kg) berat tubuh binatang uji (tikus, tikus putih, kelinci, dan marmut). Binatang uji tersebut dipelihara dalam laboratorium dengan kondisi standar yang ditetapkan.

Metode untuk menentukan toksisitas relatif pestisida yang telah disepakati adalah dengan menggunakan dosis median letal (LD_{50}). Nilai LD_{50} adalah suatu dosis insektisida yang diperlukan untuk membunuh 50% dari individu-individu spesies binatang uji dalam kondisi percobaan yang telah ditetapkan. Penghitungan mortalitas biasanya dilakukan 24 jam dan 48 jam setelah binatang uji terpapar oleh insektisida. Satuan nilai LD_{50} adalah miligram bahan racun per kg berat tubuh binatang uji (mg/kg). Pengujian tingkat toksisitas terhadap binatang uji dilakukan dengan memberikan melalui makanan (**oral**), aplikasi kulit (**dermal**) melalui pernafasan (respiratori, inhalasi). Dari uji laboratorium ini diperoleh nilai LD_{50} oral dan LD_{50} dermal dan LD_{50} inhalasi. Semakin rendah nilai LD_{50} semakin tinggi toksisitas insektisida tersebut.

2. Tingkat Bahaya Pestisida

Meskipun sangat sulit mengekstrapolasi nilai LD_{50} binatang mamalia seperti tikus atau kelinci untuk menilai tingkat toksisitas pestisida bagi manusia, namun sudah disepakati secara internasional bahwa nilai dosis letal mamalia tersebut



digunakan untuk melihat tingkat bahaya akut suatu jenis pestisida bagi manusia. Menurut Bahan Kesehatan Dunia (WHO - *World Health Organization*) kategori tingkat bahaya pestisida adalah seperti tabel 3.

Contoh bahan aktif yang termasuk kategori I adalah aldicarb dengan LD₅₀ oral untuk tikus adalah 0,93 mg/kg dan LD₅₀ dermal untuk kelinci adalah 5 mg/kg. karbofuran LD₅₀ oral untuk tikus 8-14 mg/kg. Propoksur termasuk kategori II karena LD₅₀ oral, untuk tikus adalah 100 mg/kg, LD₅₀ diazinon untuk tikus adalah 108 mg/kg, LD₅₀ DDT untuk tikus adalah 113 mg/kg. Yang termasuk kategori III (sedikit beracun) antara lain sipemetrin (SP) dengan LD₅₀ tikus antara 303-4123 mg/kg. Sejak tahun 2000 Pestisida yang termasuk dalam kategori Ia dan Ib termasuk pestisida dilarang atau tidak boleh didaftarkan di Indonesia.

Tabel 3 . Tingkat bahaya insektisida menurut ketentuan WHO

Kategori	LD50 Oral		LD50 Dermal		Keterangan yang perlu dicatat di dalam label			
	Padat (mg/kg)	Cair (mg/kg)	Padat (mg/kg)	Cair (mg/kg)	Pernyataan bahaya	Warna	Simbol bahaya	Simbol dan Kata
Ia Sangat berbahaya sekali	< 5	<20	<10	<40	Sangat beracun	Coklat tua		 Sangat beracun
Ib Berbahaya Sekali	5-50	20-200	10-100	40-400	Beracun	Merah tua		 Beracun
II Berbahaya	50-500	200--2000	100--1000	400--4000	Berbahaya	Kuning tua		 Berbahaya
III Cukup berbahaya	500-2000	2000-3000	>1000	>4000	Perhatian	Biru muda		Perhatian
IV Tidak berbahaya pada penggunaan normal	>2000	>3000				Hijau		



F. PENGGUNAAN PESTISIDA SECARA SELEKTIF

Dalam kerangka penerapan PHT penggunaan pestisida harus hati-hati seminimal mungkin serta selektif dengan sasaran mengurangi populasi hama sampai pada aras yang tidak merugikan tanpa dengan sesedikit mungkin membahayakan kesehatan pengguna, masyarakat termasuk konsumen serta lingkungan hidup. Karena itu penggunaan pestisida harus dilakukan secara lebih selektif. Selektivitas penggunaan insektisida dapat dibagi menjadi

1. **selektivitas fisiologi atau selektivitas intrinsik**
2. **selektivitas ekologi**
3. **selektivitas melalui formulasi dan aplikasi**

1. Selektivitas Fisiologi

Selektivitas fisiologi insektisida di sini adalah penggunaan jenis insektisida yang secara intrinsik hanya mematikan serangga-serangga hama tetapi tidak membahayakan serangga-serangga yang berharga termasuk musuh alami dan serangga penyerbuk bunga. Karena sifatnya, maka insektisida yang memiliki selektivitas fisiologis berspektrum sempit dengan serangga sasaran yang khas.

Meskipun banyak insektisida OP, karbamat yang kurang selektif terhadap predator hama-hama padi tetapi ada juga insektisida OP seperti piridafention dan tertraklorvinpos yang lebih beracun bagi hama sasaran yaitu wereng hijau padi *Nephotettix* spp. dan kurang berbahaya bagi predator laba-laba serigala *Lycosa pseudoannulata*. Pengujian tentang selektivitas berbagai jenis insektisida yang saat ini digunakan di Indonesia terhadap hama dan musuh alaminya perlu dilakukan agar kita mengetahui seberapa jauh tingkat bahaya insektisida tersebut bagi serangga bukan sasaran yang bermanfaat seperti musuh alami.

Insektisida bakteri seperti *Bacillus thuringiensis* dan insektisida biologis lainnya termasuk jenis insektisida yang memiliki selektivitas tinggi bila dibandingkan dengan insektisida konvensional. *Bt* umumnya ditujukan untuk mengendalikan hama yang termasuk ordo Lepidoptera.

2. Selektivitas Ekologi

Dengan mempelajari sifat biologi dan ekologi hama sasaran dapat diketahui waktu dan cara aplikasi insektisida yang tepat dan efektif. Dengan mempelajari neraca kehidupan hama, perilaku hama, kisaran inang hama kita dapat menentukan bagaimana aplikasi insektisida yang tepat. Aplikasi terutama ditujukan pada bagian yang lemah pada kehidupan hama yaitu sewaktu hama berada pada stadium hama yang peka terhadap insektisida dan dalam keadaan yang "terbuka" terhadap perlakuan insektisida diusahakan sedapat mungkin serangga parasitoid dan predator dapat terhindar dari perlakuan insektisida.

Dalam praktek di lapangan selektivitas ekologi perlakuan insektisida dapat dalam beberapa cara yaitu:

- a. Penetapan waktu aplikasi yang tepat.



- b. Perlakuan insektisida secara parsial atau *spot treatment* yang meliputi penyemprotan hanya di pesemaian, pada tanaman batas, atau penyemprotan hanya pada bagian tanaman atau pertanaman yang terserang.
- c. Perlakuan insektisida pada tanaman perangkap.
- d. Perlakuan insektisida pada tanaman inang alternatif harus yang berupa gulma.
- e. Perlakuan benih dapat mengurangi perlakuan insektisida pada pertanaman.
- f. Aplikasi insektisida melalui tanah atau air pengairan untuk mengurangi terbunuhnya musuh alami.

3. Selektivitas Melalui Penentuan Formulasi dan Cara Aplikasi

Selektivitas insektisida di sini adalah dalam menentukan dan memilih formulasi insektisida dan teknik aplikasi yang tepat, efektif dalam mengendalikan hama sehingga kurang membahayakan eksistensi musuh alami hama. Yang termasuk dalam selektivitas ini adalah:

- a. Penggunaan formulasi butiran atau *Granule* dengan insektisida sistemik diharapkan dapat efektif untuk mengendalikan hama penggerek tanaman dan membatasi pengaruh yang merugikan bagi serangga predator dan parasitoid dewasa.
- b. Penggunaan formulasi ULV (*Ultra Low Volume*) yang tepat dapat membatasi "drift" insektisida sehingga dapat mengurangi risiko pencemaran dan membatasi terbunuhnya musuh alami.
- c. Cara aplikasi di lapangan yang kurang tepat dapat mengakibatkan peningkatan kematian organisme bukan sasaran. Oleh karena itu petani perlu dilatih tentang bagaimana cara penyemprotan insektisida yang benar.





Lampiran

Daftar tumbuhan di Indonesia yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati

No	Nama Spesies	Nama Umum	Nama Daerah	Bagian yang digunakan
1	<i>Achalypha indica</i>	Indian nettle	Rumput bolong	Daun, kulit
2	<i>Acarus columus</i>		Delinggo	Daun
3	<i>Allium cepa</i>	Red onion	Bawang merah	Daun
4	<i>Allium sativum</i>	Garlic	Bawang putih	Daun
5	<i>Andropogon nordus</i>	Citronella	Serai wangi	Daun
6	<i>Annona muricata</i>		Sirsak	Daun, biji
7	<i>Annona reticulata</i>	Custard apple	Buah nina	Kulit, buah
8	<i>Annona squamosa</i>	Sugar apple	Srikaya, delima	Akar, buah
9	<i>Azadirachta indica</i>	Neem tree	Nimba	Seluruh bagian
10	<i>Bischofia javanica</i>		Glintungan	Daun
11	<i>Chrysanthemum sp.</i>	Chrysant	Piretrum	Bunga
12	<i>Cinnamomum burmanii</i>	Cinnamon leaf	Kayu manis	Daun, kulit, buah
13	<i>Citrus aurantium</i>	Sour orange	Jeruk	Daun
14	<i>Citrus hystrix</i>	Lemon	Jeruk purut	Daun, kulit, buah
15	<i>Cocos nucifera</i>	Coconut	Kelapa	Daging
16	<i>Coleus sp.</i>		Daun jinten	Daun
17	<i>Coriandum sativum</i>		Ketumbar	Biji
18	<i>Croton triglium</i>		Kamalakian	Biji
19	<i>Crynura sp.</i>		Beluntas Cina	Daun
20	<i>Cucumis sativus</i>	Cucumber	Mentimun	Daun
21	<i>Cucurbita moschata</i>		Labu besar	Daun, biji
22	<i>Cymbopogon sp.</i>	Lemon grass	Serai dapur	Daun
23	<i>Dahlia sp.</i>	Frenchmarigold	Dahlia	Daun
24	<i>Derris elliptica</i>		Tuba	Akar
25	<i>Derris malaccensis</i>		Tuba laut	Akar
26	<i>Eclipta alba</i>		Urang aring	Akar, tangkai
27	<i>Eugenia syzigium</i>	Clove	Cengkeh	Daun, bunga
28	<i>Eunymus japonicus</i>	Spindle tree	Kumbang	Daun
29	<i>Eupatorium triplinerpe</i>		Ayapana	Daun
30	<i>Ficus carica</i>	Fong tree		Daun
31	<i>Geranium sp.</i>		Daun ambrei	Daun
32	<i>Hedera nodosa</i>		Pepaya hutan	Daun
33	<i>Impatiens sultani</i>	Zingiber balsam	Pacar air	Daun
34	<i>Ipomea batatas</i>	Batate, patate	Ubi jalar	Daun
35	<i>Lonchocarpus nicou</i>		Timbo, neku	Akar
36	<i>Lycopersicum sp.</i>		Leunca, komir	Seluruh bagian
37	<i>Mammea Americana</i>	Mamey		Akar, ubi, kulit
38	<i>Mundulae suberosa</i>		Mundula	Kulit, akar, batang
39	<i>Nerium oleander</i>	Common oleander	Oleander, jure	Akar, kulit, batang
40	<i>Nicotiana tabaccum</i>	Tobacco	Tembakau	Daun
41	<i>Oxalis deppei</i>	Lucky clover	Celincing	Daun
42	<i>Pachyrrhizus erosus</i>	Chinesse yan	Bengkuang	Seluruh bagian
43	<i>Pangium edulo</i>		Kapayang	Dahan, daun
44	<i>Pelargonium sp.</i>	Geranium	Keranyam	Daun, batang
45	<i>Peperomia sp.</i>		Saladaan	Daun



46	<i>Piper nigrum</i>	Black pepper	Lada	Biji
47	<i>Pogostemon cablin</i>	Cublin	Nilam	Daun
48	<i>Punica granatum</i>	Ponegranate	Delima	Daun
49	<i>Ricinus communis</i>	Costa bean	Jarak, kaliki	Biji
50	<i>Rosa sp.</i>		Mawar	Daun
51	<i>Sepindus rarak</i>		Rerek, lerek	Daun
52	<i>Solanum tuberosum</i>	Iris potato	Kentang	Daun
53	<i>Tephrosia vogelii</i>	Vogel teprosia		Daun, biji
54	<i>Zingiber officinale</i>	Ginger	Jahe	Rimpang

Sumber : DirJen Bina Produksi Perkebunan, Departemen Pertanian

