

PENGETAHUAN PESTISIDA

Oleh : MS. Widodo

ORGANISME PENGGANGGU TANAMAN (OPT)

1. Golongan insekta atau serangga
 - § ulat dan larva
 - § serangga pengisap
 - § akarina / tungau
 - § penggerek
2. Golongan mikroorganisme
 - § Bakteri, aktinomiset
 - § Jamur, kapang
3. Golongan virus
4. Golongan moluska
5. Golongan rodent atau hewan pengerat
6. Golongan nematoda
7. Gulma

PESTISIDA

Pestisida = bahan yang digunakan untuk “mengendalikan” organisme pengganggu tanaman (*pest & diseases control*).

“Mengendalikan” bisa berarti membunuh, mengusir, membatasi dan menghambat perkembangbiakannya, dan memikat untuk kemudian dibunuh.

Agar aplikasi pestisida pada pertanian efektif, aman dan efisien pengguna harus mengetahui jenis, klasifikasi dan karakteristik pestisida yang dipakai. Tanpa memahami factor-faktor tersebut maka ada beberapa kemungkinan negatif berkaitan dengan hasil aplikasi pestisida :

1. Hama dan penyakit tidak mempan karena bahan aktif yang digunakan tidak sesuai.
2. Timbulnya kekebalan akibat penggunaan satu jenis bahan aktif secara terus menerus.
3. Punahnya musuh alami hama yang justru menguntungkan bagi petani.
4. Rusaknya lingkungan dan keracunan bagi pengguna maupun hewan ternak.
5. Gangguan pertumbuhan tanaman akibat kelebihan dosis.
6. Pestisida yang digunakan tidak efektif karena kombinasi lebih dari satu bahan aktif yang bersifat antagonis atau eliminatif (saling melemahkan).
7. Pemborosan biaya, waktu dan tenaga.

Dampak lain akibat penggunaan pestisida secara besar-besaran dan menyeluruh adalah munculnya *resurgensi* hama yaitu munculnya strain-strain hama baru karena hama yang lama mengalami mutasi genetik / adaptasi genetik. Strain-strain baru ini lebih tahan dan mampu menyesuaikan diri terhadap tekanan dan lebih presisten terhadap bahan-bahan kimia. Sehingga dibutuhkan bahan aktif baru untuk mengendalikannya.

PENGGOLONGAN PESTISIDA SECARA UMUM

DARI SASARANNYA :

1. **Insektisida** : racun untuk mengendalikan hama dari golongan serangga.
2. **Fungisida** : racun untuk mengendalikan jamur atau fungi.
3. **Akarisida** : racun untuk pengendali hama serangga khusus dari golongan tungau (akarina atau mite). Disebut juga mitisida.
4. **Bakterisida** : untuk mengendalikan bakteri yang merugikan tanaman.
5. **Herbisida** : racun untuk mengendalikan tanaman pengganggu atau gulma
6. **Moluskisida** : racun untuk mengendalikan hama golongan siput
7. **Nematisida** : racun untuk mengendalikan nematoda atau cacing parasit dalam tanah.
8. **Rodentisida** : racun untuk mengendalikan tikus dan binatang pengerat lain.
9. **Plant Activator** : yaitu senyawa kimia untuk mengaktifkan system kekebalan pada tanaman, dan sebenarnya tidak termasuk dalam golongan pestisida, tetapi lebih ditujukan untuk mengendalikan serangan hama dan penyakit melalui pertahanan alamiah tanaman.
10. **Desinfektan** : bahan kimia untuk sterilisasi lahan dan perangkat dari mikroorganisme yang menginvestasi lahan pertanian.

Investasi = tersimpannya sisa-sisa bibit patogen dalam tanah dalam keadaan dorman (tidur) dan punya kemampuan bertahan selama bertahun-tahun.

Patogen = istilah untuk menyebut organisme yang menjadi penyebab terganggunya tanaman.

DARI UNSUR KIMIA PENYUSUN BAHAN AKTIFNYA :

1. **Pestisida organik** : jenis pestisida yang susunan senyawa bahan aktifnya mengandung karbon (C) hydrogen (H), dan oksigen (O). Mayoritas pestisida yang beredar saat ini dari jenis organik.
2. **Pestisida anorganik** : yang dalam susunan senyawa bahan aktifnya tidak mengandung ketiga unsure diatas. Sebagian besar jenis ini merupakan pestisida generasi terdahulu yang saat ini pemakaiannya dibatasi maupun dilarang oleh komisi pestisida mengingat daya racunnya yang sangat kuat dan sulit terurai.

Yang sudah dilarang antara lain senyawa-senyawa arsenik, sianida, merkuri. Sedangkan yang masih boleh dipergunakan hingga sekarang seperti beberapa fungisida tembaga (tembaga oksida, tembaga hidroksida, tembaga oksid sulfat), sulfur, asam fosfida, asam borat (insektisida), zinc fosfida (rodentisida) dan ammonium sulfamat (herbisida).

DARI ASAL DAN CARA PEMBUATAN BAHAN AKTIFNYA :

1. **Pestisida alami (natural)** : yang bahan aktifnya berasal dari bahan-bahan alami. Kalangan umum menyebut jenis ini dengan istilah pestisida organik (istilah ini kurang tepat karena saat ini banyak pestisida non natural yang termasuk organik karena mengandung C, H, O).

Dibagi menjadi 2 :

- § **Botanical** -- yang bahan aktifnya berasal dari tanaman misalnya piretrin dari *crysanthemum pirethrum*, azadirachtin dan nimbidin dari mimba, rotenone dari ekstrak tuba, dan nikotin dari ekstrak tembakau. Ada lagi limbah penggilingan jagung yang disebut gluten sebagai herbisida.

Keunggulan :

- Lebih aman bagi pemakai
- Tidak mempunyai efek residu panjang,
- Ramah lingkungan
- Fitotoksisitas & batas lethal effect rendah sehingga aman bagi tanaman.
- Berspektrum luas.

Kelemahan :

- Dosis aplikasi relative tinggi.
- Knock down effect-nya rendah sehingga hama sasaran tidak langsung mati.
- Tidak dapat disimpan dalam waktu lama setelah kemasan dibuka.
- Sumber bahan bakunya terbatas.
- Kurang spesifik untuk OPT tertentu.

- § **Biological** -- yang bahan aktifnya berasal dari isolate metabolit sekunder / sekresi mikroorganisme (bakteri, jamur, virus), contohnya *delta endotoksin* dari sekresi bakteri *Bacillus Thuringensis*, *gliovirin* (fungisida) dari cendawan *Gliocladium*, *streptomisin* (bakterisida dan antibiotik) dari *streptomyces griceus*. Sedangkan yang berupa virus yaitu *SpL-NPV* (*Spodoptera Litura* – Nuclear Polyhedrosis Viruses) untuk mengendalikan ulat *spodoptera litura*. Yang terbaru yaitu *abamectin*, *emamectin*, *ivermectin* dan *spinosad* (dihasilkan bakteri) dan *azoksistrobin*.

Keunggulan :

- Bersifat antibiotic sehingga daya bunuhnya lebih kuat.
- Mudah dimetabolismekan oleh sel-sel tanaman jika sistemik.
- Dapat mengatasi OPT yang telah resisten terhadap pestisida kimia sintetik.

Kelemahan :

- OPT sasaran lebih mudah dan cepat resisten.
- Harganya relative lebih mahal.

2. **Pestisida sintetis** : yang dibuat oleh manusia melalui serangkaian reaksi kimia dari bahan-bahan kimia teknis. Banyak diantaranya meniru senyawa yang terdapat pada pestisida alami botanical misalnya *synthetic pirethroid* (golongan piretroid) yang meniru susunan senyawa

kimia piretrin pada *chrysanthemum piretrum*. Atau acibenzolar s-methyl yang meniru senyawa fenol pada tanaman.

Keunggulan :

- Daya racunnya lebih tinggi
- Sasarannya lebih spesifik
- Dosisnya lebih rendah.
- Mudah didapat di pasaran, dan lebih tahan lama disimpan.

Kelemahan :

- Terurai lebih lama, menimbulkan residu pada hasil panen,
- Aplikasi yang terlalu intensif akan menimbulkan resistensi hama sasaran dan merusak lingkungan,
- Membunuh predator alami (musuh alami hama).
- Variasinya lebih banyak sehingga perlu pengetahuan untuk memilih.

DARI BENTUK FISIK FORMULASINYA :

1. EMULSIFIABLE CONCENTRATE (EC / E)

Berbentuk cairan pekat. Bahan aktifnya yang masih murni tidak bisa bercampur dengan air (hidrofobik) seperti minyak. Agar dapat dicampur dengan air saat diaplikasikan maka dalam formulasinya ditambahkan emulsifier sehingga hasil campuran tersebut dinamakan emulsi. Emulsi merupakan butir-butir cairan bahan aktif berukuran mikro yang tersebar dalam air. Saat mengenai sasaran, air yang membungkus butiran akan menguap, bahan aktif menyebar dan mengenai OPT target. Pestisida EC mempunyai kemampuan yang cukup baik untuk menembus jaringan kulit hama sasaran. Kandungan bahan pembawanya berbahaya jika terkena mata. Formulasi EC ini mudah rusak oleh suhu yang tinggi dan inaktif pada suhu yang terlalu rendah (dingin).

2. WETTABLE POWDER (WP)

Beberapa bahan aktif pestisida mempunyai efek fitotoksik (beracun bagi tanaman) terserap ke dalam jaringan tanaman. Agar dapat meracuni pathogen tanpa meracuni tanaman dibuatlah suatu bentuk formula yang tidak terserap tanaman (atau terserap tetapi dengan perlahan) yaitu yang tidak dapat larut dalam air. Formula ini disebut wettable powder, artinya tepung yang dapat dibasahi. Di dalam air partikel-partikel tepung tersebut menyebar rata dan selalu bergerak (tersuspensi). Dilengkapi bahan pembasah (wetting agent) dan bahan penyebar (dispersant) sehingga tepung lebih lama mengambang atau tidak cepat mengendap dalam air. Semakin halus dan ringan partikel tepungnya kualitasnya semakin baik karena tidak cepat mengendap dalam tangki selama diaplikasikan. Saat membuka kemasan pestisida ini harus hati-hati karena debunya mudah menyebar di udara dan terhirup lewat pernafasan. Contoh pestisida jenis ini adalah fungisida Antracol 70 WP, Antila 80 WP, Dithane M-45 80 WP, insektisida Larvin 75 WP, Mipcin 50 WP, herbisida Amexone 80 WP

3. FLOWABLE CONCENTRATE (F)

Bentuk WP menimbulkan resiko terhisap melalui pernafasan karena bentuknya yang sangat halus dan mudah bertebaran di udara. Karena itu bentuk WP diperbaiki dengan formula F yang bentuknya pekat seperti pasta. Sifat dan efikasinya sama seperti WP tetapi lebih mudah meyebar dalam air. Selain itu lebih aman bagi pengguna karena saat kemasan dibuka tidak menimbulkan debu. Konsentrasi bahan aktif lebih rendah dari WP. Penggunaannya dengan cara disemprotkan. Sayangnya formula ini belum banyak dikenal petani. Contohnya fungisida DITHANE 430 F.

4. SOLUBLE POWDER (SP)

Berbentuk tepung kristal yang bisa larut dalam air. Aplikasinya juga lebih mudah karena hanya diperlukan sekali pengadukan pada saat pencampuran pestisia dengan air. Konsentrasi bahan aktifnya biasanya tinggi . Ada yang bersifat sistemik, dan sebagian bersifat kontak serta racun lambung Contoh : PADAN 50 SP, KARDAN 50 SP.

5. DUST (D) / tepung hembus

Berbentuk tepung halus menyerupai bedak talk yang terdiri dari bahan aktif dan bahan pembawa (*carrier*) yang biasanya berupa talk, mineral profit dan bentoit. Kandungan aktifnya biasanya rendah antara 2 – 10 %. Cara aplikasinya dengan ditaburkan atau dihembuskan dengan alat penghembus tanpa dicampur air. Pestisida ini digunakan untuk hama gudang, rodentisida, atau membunuh semut. Contohnya Sevin 5 D dan Manzate D.

6. GRANULAR (G)

Bentuknya butiran padat dengan ukuran bervariasi. Ada yang berbentuk coated yaitu pasir kuarsa yang dilapisi bahan aktif dan pembawa. Aplikasinya dengan cara ditaburkan di tanah. Bahan aktif pestisida ini akan larut sedikit demi sedikit (*slow release*) di tanah sehingga efeknya dapat bertahan lama. Kandungan aktifnya rendah tidak sampai 10 %. Pestisida jenis ini umumnya bersifat sistemik untuk membunuh ulat penggerek batang dan pengisap daun, atau untuk membunuh gulma. Contohnya insektisida Furadan 3 G, Regent 0.3 G, dan herbisida kontak pratumbuh Goal 2 G.

7. WATER DISPERSIBLE GRANULARS (WDG)

Berbentuk butiran yang jika dicampur air akan pecah, menyebar dan membentuk suspensi ataupun larutan sejati. Aplikasinya dapat dicampur dengan air dengan cara penyemprotan atau dicampurkan dengan pupuk. Bentuk WDG ini dibuat dengan tujuan agar aman bagi pengguna saat membuka kemasan dan mencampur pestisida karena tidak menimbulkan debu-debu yang berterbangan.. Contohnya fungisida KOCIDE 54 WDG, herbisida ALLY 20 WDG.

8. WATER SOLUBLE CONCENTRATE (WSC)

Berbentuk cairan yang pekat. Jika diencerkan dengan air akan membentuk larutan sejati.

9. AQUAEOUS SOLUTION (AS)

Berbentuk cairan pekat yang dapat larut dalam air. Pelarut yang digunakan dalam formulanya adalah air murni. Formula AS ini biasanya digunakan dalam pestisida sistemik yang berbentuk cair, terutama pada herbisida yang mensyaratkan penetrasi ke dalam jaringan. Untuk meningkatkan daya penetrasi bentuk AS dilengkapi dengan bahan penetrant atau surfactant yang berfungsi sebagai biological activator. Contohnya herbisida Roundup.

10. SOLUBLE CONCENTRATE (SC)

Berbentuk cairan yang sangat pekat seperti susu atau cat tembok, tetapi akan larut saat dicampur dengan air. Kebanyakan bersifat sistemik.

11. POWDER CONCENTRATE (PC / P) / KONSENTRAT TEPUNG

Berbentuk tepung yang cara aplikasinya dengan dicampur umpan. Contohnya Racumin, Phospit, Diphacin.

12. READY MIX BAIT (RMB)

Artinya umpan siap pakai. Berbentuk blok atau pellet dengan kandungan bahan aktif rendah (0.003 – 0.005 %). Jenis ini digunakan khusus untuk umpan racun tikus (rodentisida) siap pakai yang bersifat antikoagulan. Contohnya Petrokum RMB, Klerat RMB.

13. SEED TREATMENT (ST)

Berbentuk tepung, diaplikasikan pada benih untuk mencegah hama dan jamur parasit. Benih yang akan ditreatment dibasahi dengan sedikit air terlebih dulu kemudian ditaburi pestisida ini dan diaduk sampai semua benih terlapsi oleh pestisida. Contohnya insektisida Marshal 25 ST, fungisida Saromyl.

14. EMULSION IN WATER (EW) / PEKATAN YANG DAPAT DIEMULSIKAN DALAM AIR

Berupa emulsi hidrofobik. Seperti EC tetapi sudah dicampur dengan air di dalam kemasannya sehingga berbentuk cairan putih pekat seperti susu. Formula ini lebih stabil apabila disimpan pada suhu rendah. Apabila hendak diaplikasikan harus dikocok dahulu.

INSEKTISIDA

Penggolongan berdasar komposisi dan struktur senyawa kimia :

1. Organoklorin (Organochlorine)

Tersusun dari unsure utama Chlor (Cl) yang terikat pada gugus organik (C) dan ion hydrogen (H). Ikatan senyawa ini sangat kuat, tidak mudah terurai sehingga punya efek residu panjang dan dapat terakumulasi pada rantai makanan. Merupakan insektisida generasi lama yang

pernah beredar di pasaran, namun sejak tahun 1980 sebagian besar mulai ditarik peredarannya oleh FAO dan pemerintah, terutama pada tanaman pangan dan hortikultura.

Terdiri dari beberapa spesies :

- **Diphenyl Aliphatic** -- merupakan generasi insektisida yang tertua, terdiri dari *DDT*, *DDD*, *dicofol*, *ethylan*, *chlorobenzilate*, and *methoxychlor*. Ditemukan pertama tahun 1939 dan dicabut registrasinya pada 1973.
- **Hexachlorocyclohexane (HCH)** -- ditemukan 1940 oleh ilmuwan Perancis dan Inggris. Merupakan perbaikan dari Diphenyl Aliphatic dengan daya racun yang lebih kuat. Jenis ini dikenal dengan nama *lindane*. Ijin penggunaannya dicabut pada tahun 2002.
- **Cyclodiene** -- ditemukan setelah perang dunia II, diantaranya *chlordane* (1945), *aldrin* dan *dieldrin* (1948), *heptachlor* (1949) *endrin* (1951), *mirex* (1954), *endosulfan* (1956), dan *chlordecone* (1958). Kebanyakan merupakan insektisida tanah dan termitisida. Merupakan insektisida organoklorin paling presisten dan racunnya terakumulasi dalam rantai makanan. Registrasinya dicabut secara bertahap sejak 1975 hingga 1988.
- **Polychloroterpene** -- terdiri dari 2 bahan aktif yaitu *toxaphene* (ditemukan pada 1947), dan *storbane* (1953). Presistensi pada tanah dan permukaan tanaman hingga 4 bulan. Residunya pada rantai makanan tidak sebesar *Diphenyl Aliphatic*, *HCH* dan *Cyclodiene*. Registrasinya dicabut pada 1983

Di Indonesia golongan organoklorin yang hingga saat ini masih diijinkan penggunaannya adalah *dicofol* dan *endosulfan* dengan persyaratan-persyaratan dan batasan-batasan tertentu.

2. Organofosfat (OP)

Tersusun dari unsure Fosforus (P) sebagai atom pusat yang mengikat gugus organik (C, H, O) sehingga disebut pula fosfat organik. Disintesis dari turunan asam fosfat (*phosphoric acid*) Karena dapat terurai menjadi gas, OP mudah dikenali lewat baunya. Pada awalnya disintesis untuk menggantikan insektisida nikotin yang bahan bakunya makin sulit tersedia. Pada perang dunia II pernah digunakan oleh NAZI sebagai senjata kimia dengan nama gas *sarin*, *soman* dan *tabun* yang merusak susunan syaraf.

Pada umumnya sangat beracun bagi hewan bertulang belakang, namun mempunyai sifat kurang stabil dan non presisten. Ikatan kimianya lebih lemah dibanding organoklorin sehingga dibuat untuk menggantikan organoklorin yang sudah presisten.

Mode of action : dengan menghambat enzim vital pada system syaraf (*cholinesterase / ChE*). Enzim ini akan terfosforilasi setelah bereaksi dengan insektisida OP menyebabkan akumulasi acetylcholine (ACh) pada neuron menyebabkan kelumpuhan hingga paralysis.

Terdiri dari 3 grup :

- **Aliphatics** – diantaranya *TEPP* (1946) *malathion*, *trichlorfon*, *monocrotophos*, *dimethoate*, *oxydemetonmethyl*, *dicrotophos*, *disulfoton*, *dichlorvos*, *mevinphos*, *methamidophos*, dan *acephate*.
- **Derivat Phenyl** – Jenis ini lebih stabil dari aliphatic sehingga efek residunya lebih panjang. Diantaranya *parathion/ethyl parathion* (1947), *methyl parathion*, *profenofos*, *sulprofos*, *isofenphos*, *fenitrothion*, *fenthion*, dan *famphur*.

- **Derivat Heterocyclic** – diantaranya *diazinon (1952)*, *azinphos-methyl*, *azinphos-ethyl*, *chlorpyrifos*, *methidathion*, *phosmet*, *isazophos*, dan *chlorpyrifos-methyl*.

3. Organosulfur

Tersusun dari unsure dua struktur cincin phenyl mirip modifikasi DDT dengan Sulfur (S) sebagai atom pusat yang terikat pada gugus organik (C, H, O). Efektif untuk akarisisida dan ovisida tetapi kurang beracun untuk membunuh serangga terutama jenis ulat. Termasuk golongan in idiantaranya *tertradifon*, *fenson*, *ovex*, *propargite*

4. Karbamat (n-methyl carbamat)

Merupakan derivat carbamic acid dengan atom Nitrogen (N) yang mengikat gugus organik (C, H, O).

Mode of action -- mirip dengan OP yaitu menghambat enzim *cholinesterase* sehingga mengganggu syaraf vital hama sasaran. Selain itu karbamat juga menghambat enzim *aliesterase* (enzim vital yang belum diketahui fungsinya). Efeknya pada kedua enzim ini disebut *ter-karbamilasi*. Bedanya dengan OP, karbamat punya spectrum lebih luas dan lebih reversible (tidak terakumulasi dalam rantai makanan. Toksisitasnya rendah untuk binatang menyusui. Sebagian insektisida golongan karbamat merupakan insektisida sistemik.

Jenisnya : *carbaryl (pendahulu)*, *methomyl*, *carbofuran*, *aldicarb*, *oxamyl*, *thiodicarb*, *methiocarb*, *propoxur*, *fipronyl*, *BPMC*, *bendiocarb*, *carbosulfan*, *aldoxycarb*, *promecarb*, dan *fenoxycarb*, yang terbaru (2002) yaitu *pirimicarb*, *indoxacarb*, *alanycarb* dan *furathiocarb*.

5. Formamidine

Hanya sebagian kecil insektisida yang termasuk golongan ini. Digunakan untuk mengatasi presistensi terhadap OP dan karbamat.

Mode of action : menghambat aktivitas enzim monoamine oxidase, yang berakibat menurunnya pengiriman sinyal norepinephrine dan serotonin. Hasil akumulasi senyawa ini dikenal sebagai *biogenic amines*. Akibatnya serangga lumpuh total dan mati.

Jenisnya : *chlordimeform*, *formetanate*, *amitraz (Rotraz, Mitac)*

6. Dinitrophenol

Senyawa dinitrophenol baku mempunyai spectrum toksisitas yang luas, sebagai insektisida, herbisida, ovisida dan fungisida. Karena toksisitas yang sulit dihilangkan, golongan ini kemudian dicabut dari peredaran.

Mode of action : Memecah atau menghambat fosforilasi oksidatif sehingga menggagalkan pembentukan senyawa fosfat berenergi tinggi yaitu ATP (adenosine triphosphate).

Jenisnya : *binapacryl* dan *dinocap*.

7. Organotins

Golongan ini terdapat pada insektisida maupun fungisida.

Mode of action : kombinasi dari OP dengan dinitrophenol, yaitu menghambat oksidasi fosforilasi, di sisi lain menghambat pembentukan ATP. Gugus trialkil dalam senyawa ini juga mampu menghambat fosforilasi kloroplas sehingga dapat digunakan sebagai algasida.

Bahan aktif : *cyhexatin (akarisisida)* dan *fenbutatin oxide*

8. Botanical

Terbuat dari ekstrak metabolit sekunder tanaman (fenol, alkaloid) yang bersifat toksik bagi OPT. Insektisida jenis ini mudah terurai, reversible, tidak terakumulasi dalam jaringan, dan compatible dengan sel-sel tanaman. Biasanya mempunyai spectrum yang sangat luas. Daya racunnya bisa ditolerir oleh tanaman sehingga kurang menimbulkan fitotoksisitas. Bahan aktif insektisida botanical juga tidak bisa bertahan lama setelah kemasannya dibuka.

Beberapa macam diantaranya *nicotine (tembakau)*, *azadirachtin (mimba)*, *nimbidin*, *rotenon*, *piretrin*, *jasmolin*, *anabasin*, *CNSL* dan *sabadilla*.

9. Synthetic Pyrethroid .

Dinamakan *synthetic pirethroid* karena struktur senyawa kimianya meniru senyawa *pirethrin* pada tanaman *chrysanthemum pyrethrum*, yang merupakan insektisida botanical paling populer karena toksisitasnya paling tinggi dibanding insektisida botanical lainnya. Sayangnya *pirethrin* alami ini mahal dan tidak stabil oleh sinar matahari. Sehingga dibuat tiruannya yang disebut *synthetic pyrethroid* (selanjutnya disebut *piretroid*).

Dalam konsentrasi bahan aktif yang sama insektisida ini lebih beracun dibanding golongan organofosfat dan karbamat. Oleh karenanya konsentrasi formulanya lebih rendah daripada keduanya.

Sejarah *piretroid* mengalami perkembangan selama 4 generasi :

- Generasi pertama – hanya 1 *piretroid* yang dikembangkan yaitu *allethrin* (1949) yang merupakan *piretroid* tertua. Proses sintesisnya cukup panjang dan rumit melalui 22 reaksi kimia.
- Generasi kedua -- *tetramethrin* (1965), *resmethrin* (1967, efeknya 20 x lipat *pyrethrum*), *bioresmethrin* (1967, 50 x lipat *pyrethrum*), *bioallethrin* (1969), *phonothrin* (1973).
- Generasi ketiga – *fenvalerate* dan *permethrin* (1972 – 1973). Merupakan *piretroid* pertama yang digunakan pada tanaman yang stabil terhadap sinar. Efikasi residunya bisa bertahan sampai 4 – 7 hari.
- Generasi keempat – Dosis aplikasinya lebih kecil dibanding generasi terdahulu, diantaranya *bifenthrin*, *lambda-cyhalothrin*, *cypermethrin*, *cyfluthrin*, *deltamethrin*, *esfenvalerate*, *fenpropathrin*, *flucythrinate*, *fluvalinate*, *prallethrin*, *tau-fluvalinate*, *tefluthrin*, *tralomethrin*, *zeta-cypermethrin*. Generasi ini lebih stabil dan efikasi residunya bertahan diatas 10 hari. Melengkapi generasi keempat muncul bahan aktif *acrinathrin*, *imiprothrin*, *gamma-cyhalothrin*.

Mode of action – mirip dengan DDT yaitu meracuni axon, membuka kanal sodium pada membrane neuron, merangsang pembongkaran sel berulang-ulang dan menyebabkan serangga lumpuh sebentar kemudian mati.

10. Nicotinoid

Sejak ditemukannya patikel virus mosaik pada tembakau, pestisida alami yang berasal dari tembakau mulai ditinggalkan dan senyawa aktif berupa nikotin disintesis disebut nicotinoid. Golongan ini mempunyai spectrum luas, paling efektif untuk jenis serangga berkulit lunak seperti aphids. Mayoritas nicotinoid bekerja secara sistemik. Dapat diaplikasikan lewat akar, daun, maupun perlakuan benih.

Mode of action : menyerang susunan syaraf pusat serangga.

Jenisnya : *acetamiprid* , *thiamethoxam*, *nitenpyram*, *clothianidin*, *dinotefuran*, *thiacloprid*, *imidacloprid* (*Confidor*, *Winder*).

11. Antibiotic Insecticide

Merupakan insektisida biologi yang bahan aktifnya berasal dari isolate racun yang dihasilkan oleh bakteri tertentu. Kelebihan golongan ini efikasinya sangat tinggi dan mampu mengatasi hama-hama yang sudah kebal terhadap insektisida sintetik lainnya. Mempunyai efek sistemik local atau translaminar. Sebagian dari jenis ini mampu merangsang aktivitas biologis tanaman untuk memperbaiki sebagian jaringan sel-sel yang telah rusak karena serangan hama. Sedangkan kelemahannya lebih cepat menimbulkan resistensi jika digunakan terlalu sering, tanpa variasi insektisida sintetik lainnya.

Ada beberapa grup antara lain:

- *Avermectin* – merupakan hasil isolate produk fermentasi *streptomyces avermitilis* (famili actinomycete). Mode of action dengan memblokir pengirim sinyal syaraf (γ -aminobutyric acid (GABA) pada sambungan neuromuscular junction serangga dan tungau. Avermectin ini cepat terdegradasi oleh sinar matahari :
 - *Abamectin* – campuran antara 80 % avermectin B1a and 20% avermectin B1b, berfungsi sebagai akarisida sekaligus insektisida. Bekerja secara sistemik local.
 - *Emamectin Benzoate* – analog dengan abamectin, untuk pengendalian serangga pada stadia larva atau ulat, bekerja secara kontak dan racun lambung. Ulat / larva yang terkena RB segera berhenti makan dan akan mati dalam 2 – 4 hari.
- *Spinosyn* – merupakan isolate metabolit *Saccharopolyspora spinosa*, actinomycete penghuni tanah. Yang termasuk kelompok ini adalah *spinosad*, gabungan spinosyn A dan spinosyn D (spinos-AD). Berspektrum luas, baik untuk golongan ulat / larva, pengisap, thrips, maupun rayap. Efek residualnya lebih lama. Mode of action dengan membongkar ikatan acetylcholine, suatu senyawa vital pada syaraf serangga.
- *milbemycin* yang terdiri dari *lepimectin*, *milbemectin*, *milbemycin oxime*, *moxidectin*

12. Fiprole (Phenylpyrazoles)

Tergolong jenis insektisida baru. Diperkenalkan pada 1990, merupakan insektisida sistemik, kontak dan racun lambung. Dlaplikasikan pada daun, tanah maupun seed dressing. Satu-satunya golongan ini adalah **fipronil** yang efektif mengendalikan serangga yang sudah resisten / toleran terhadap organofosfat, pyrethroid maupun carbamat.

Mode of action : memblokade pengaturan saluran (γ -aminobutyric acid (GABA) pada neuron, sebagian ada kemiripan dengan mode of action golongan *cyclodiene*.

13. Pyroles

Satu-satunya anggota golongan ini sementara adalah *chlorfenapyr*. Bekerja secara kontak dan racun lambung terhadap serangga maupun tungau. Mempunyai daya racun telur terhadap beberapa spesies. Jenis ini diduga kuat beracun bagi unggas termasuk burung.

Mode of action : mirip dengan *dinitrophenols*.

14. Pyridazinon

Pyridaben adalah satu-satunya anggota golongan ini. Merupakan insektisida dan akarisisida kontak selektif yang efektif mengendalikan thrips, aphid, kutu kebul, dan golongan pengisap daun lainnya. Efek residualnya panjang, knock down effect-nya cepat dan tidak terpengaruh oleh suhu.

Mode of action – menghambat metabolisme dengan memutus pengangkutan electron pada mitochondria.

15. Quinazolines

Fenazaquin adalah satu-satunya anggota golongan ini. Merupakan insektisida kontak dan racun lambung serta mempunyai aktivitas racun telur. Efek *knock down*-nya cepat untuk semua stadia tungau.

Mode of action – menghambat metabolisme dengan memutus pengangkutan electron pada mitochondria (mirip golongan *pyridazinone*).

16. Benzoylurea

Mengandung gugus urea pada susunan kimianya. Jika kebanyakan golongan insektisida lainnya bekerja dengan meracuni syaraf serangga, *benzoylurea* lebih merupakan insect growth regulators / IGRs (pengatur tumbuh serangga). Golongan ini bekerja dengan mempengaruhi pembentukan chitin, dan masuk melalui pernafasan, bukan kontak. Efektif terhadap golongan ulat dan serangga pada stadia larva. Diperkenalkan pertama kali pada 1978 oleh Bayer, dengan nama dagang Alsystin berbahan aktif triflumuron. Kemudian pada 1985 digunakan secara besar-besaran di Amerika tengah untuk mengendalikan *Spodoptera spp.*, *Trichoplusia spp.* yang mewabah setelah ovisida *chlordimefon* ditarik dari peredaran karena menyebabkan resistensi terhadap insektisida lain.

Mode of action : bekerja pada stadia larva dengan cara menghambat sintesis chitin, suatu zat vital yang pada kulit / cangkang (*exoskeleton*) serangga yang biasanya sulit dirusak. Dengan

demikian proses ganti kulit pada larva / ulat gagal. Demikian pula pada telur akan gagal menetas.

Jenisnya : *triflumuron*, *chlorfluazuron* (Atabron®), *teflubenzuron* (Nomolt®, Dart®), *hexaflumuron* (Trueno®, Consult®), *flufenoxuron* (Cascade®), *flucycloxuron* (Andalin®), *flurazuron*, *novaluron*, and *diafenthiuron*, *bistrifluron*, *noviflumuron*, *iufenuron*, *hexaflumuron*, *novaluron*.

17. Fumigansia

Berupa material yang akan menguap menjadi gas pada suhu diatas 40 °F. Biasanya mengandung unsure halogen (Cl, Br atau F). Digunakan untuk fumigasi tanah yang terinvestasi bibit pathogen, atau pada tempat yang tertutup untuk mencegah kontaminasi bakteri dan jamur parasit. Misalnya untuk pengepakan produk pertanian seperti buah-buahan dan biji-bijian. Aplikasinya memerlukan alat khusus berupa fogger yang mengeluarkan asap beracun.

Bahan aktif : methyl bromide, ethylene dibromide, hydrogen cyanide, ethylene dichloride, sulfuryl fluoride, chlorothene, ethylene oxide,

18. Microbial (Bio agensia / agensia hayati)

Berbahan dasar isolate bakteri, jamur atau virus (dalam kondisi dorman) yang bersifat antagonis (melawan) serangga dan jamur patogen. Mikroorganisme ini mempunyai kemampuan membunuh serangga dengan cara memproduksi senyawa toksik yang merusak sel-sel tubuh serangga. Karena agensia hayati tersebut hidup dan berkembang biak dalam tubuh serangga sehingga dia dapat terus menular ke serangga yang lain sehingga agensia hayati ini bisa disebut sebagai penyakitnya serangga. Contoh agensia hayati yang terkenal diantaranya *Nuclear Polyhedrosis Viruses* (NPV) untuk mengendalikan ulat *heliiothis sp.*, *Bacillus Thuringensis* yang memproduksi *alfa endotoksin* untuk mengendalikan wereng dan ulat, dan *Beauveria Basiana* yang memproduksi *beauvericyn*, *bassianolide*, *isarolides* dan *beauverolides* yang efektif untuk mengendalikan walang sangit, wereng, dan penggerek batang, serta cendawan *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan jenis uret.

19. Insect Reppellent

Jenis ini tidak membunuh serangga melainkan hanya menolak dengan aromanya yang khas yang tidak disukai oleh hama.

Jenisnya : citronella, dimethyl phthalate, dibutyl phthalate, diethyl toluamide, benzyl benzoate, dimethyl carbate, diethyl toluamide.

20. Anorganik (Inorganic)

Merupakan insektisida yang molekulnya tidak mengandung carbon (C). Biasanya berbentuk kristal yang stabil, tidak menguap. Kebanyakan merupakan senyawa logam berat atau mineral beracun. Golongan ini terdiri dari senyawa logam arsenic, senyawa boron, senyawa silica,

thallium, antimony, selenium, dan *fluoride*. Senyawa-senyawa ini sulit terurai dan terakumulasi pada rantai makanan.

21. Insect Growth Regulators (IGRs)

Jenis ini bukan digolongkan berdasarkan struktur molekul kimianya tetapi pada *mode of action*-nya yang berbeda dengan golongan-golongan lain, yaitu dengan cara mempengaruhi atau menghambat pertumbuhan serangga sasaran. IGRs menghambat pembentukan zat chitin yang merupakan bagian vital dari eksoskeleton serangga pada stadia larva / ulat. Akibatnya terjadi kegagalan proses molting, dan larva tidak bisa melanjutkan hidup pada stadia berikutnya.

Termasuk jenis ini diantaranya : *buprofezin, cyromazine, metophrene, fonoxycarb (gol. Carbamate), tebufenozide, methoxyfenozide* serta dari golongan *benzoylureas*.

22. Nereistoxin Analogue

Merupakan golongan baru diluar golongan yang tersebut di atas. Dikembangkan di Jepang, terinspirasi oleh racun alami (biotoxin) yang dihasilkan cacing laut *Lumbriconereis heteropoda* yang kemudian senyawanya disintesis untuk keperluan insektisida. Beberapa diantaranya berspektrum luas dengan aktivitas kontak, sistemik, racun lambung sekaligus racun telur, misalnya *Cartap (Padan, Kardan)*. Sedangkan yang lainnya bersifat selektif untuk golongan serangga coleopteran dan Lepidoptera, misalnya *bensultap (Bancol)*, dan *thiosultap-sodium (Pilarhope)*.

Menurut cara aktivitasnya insektisida dibagi menjadi :

1. *Insektisida racun kontak*, meracuni hama melalui kontak langsung dengan kulit atau tubuh serangga. Mekanismenya ada yang dengan merusak system syaraf serangga, mengganggu metabolisme tubuh serangga, ada pula yang merusak zat khitin yang terdapat pada kulit serangga. Mempunyai daya bunuh cepat (*knock down effect*) sehingga hama yang terkena akan mati dalam waktu singkat.

Daya guna :

- Untuk mengendalikan hama serangga yang menyerang dari luar tubuh tanaman.
- Beberapa diantaranya dapat merusak telur serangga.
- Mengendalikan hama yang telah menyerang di atas ambang ekonomis.

Kelemahannya :

- Kurang efektif untuk serangga yang bisa terbang dan lincah.
- Tidak mampu membunuh hama yang berada dalam tubuh tanaman.

Insektisida racun kontak harus diaplikasikan secara rutin untuk memutus siklus hidup hama dan mengendalikan hama pendatang baru.

2. *Insektisida sistemik*, yang bekerja dengan cara terserap oleh tanaman dan disalurkan ke dalam jaringan sehingga tanaman tersebut menjadi beracun bagi hama.

Ada 3 macam :

- Sistemik local (localized systemic), atau yang biasa disebut translaminar, yang hanya terserap pada jaringan daun.
- Sistemik acropetal, yang diserap tanaman dan disalurkan dari bagian bawah organ tanaman ke bagian atas.
- Sistemik basipetal, yang disalurkan dari bagian atas organ tanaman ke organ bagian bawah.

Daya guna :

- Dapat mengendalikan hama yang mengisap cairan dalam tubuh tanaman misalnya *thrips* dan *aphids*, *tungau*, atau hama yang berada di dalam tubuh tanaman misalnya ulat penggerek batang, larva *liriomyza* dan *sundep*.
- Melindungi tanaman dari serangan hama pendatang.

Kelemahannya :

- Tidak boleh digunakan pada tanaman yang menjelang panen.
- Daya bunuhnya lebih lambat dibanding insektisida kontak.

3. *Insektisida racun perut atau lambung*, yang bekerja dengan cara merusak alat pencernaan serangga apabila hama memakan bagian tanaman yang telah disemprot.

Daya guna :

- Mengendalikan hama dari jenis ulat yang memakan bagian tubuh tanaman.
- Melindungi tanaman dari serangan hama pendatang.

Kelemahannya :

- Tidak dapat membunuh hama dengan seketika. Biasanya memerlukan waktu 2 hari.
- Jika aplikasi tidak merata kemungkinan masih ada hama yang luput.

4. *Insektisida racun pernafasan (fumigantia)*, yang bekerja dengan cara merusak alat pernafasan serangga. Masuk ke dalam tubuh serangga melalui uap atau gas yang terhisap. Insektisida ini berbentuk fumigant atau insektisida yang berbau tajam.

Daya guna :

- Mengendalikan hama dengan jangkauan yang lebih luas.
- Mampu mengendalikan serangga bersayap yang bisa terbang.

Kelemahannya :

- Mudah tersapu oleh angin.

5. *Atraktan*, yang bekerja dengan cara menjebak hama. Atraktan mengandung senyawa yang baunya merangsang hama untuk mendekat. Begitu hama mendekat akan terjadi kontak dengan racun yang terkandung dalam atraktan dan hama pun mati. Contoh atraktan yaitu Petrogenol yang mengandung methyl euginol, senyawa turunan minyak cengkeh yang berbau seperti lalat buah betina dan berfungsi sebagai *sex pheromone* (aroma pemikat lawan jenis). Lalat buah jantan akan tertarik dan mendekati sumber bau dan akhirnya mati terkena racun. Kelemahannya hanya mengendalikan satu jenis hama (spectrum sempit).

6. *Repellent*, bersifat penolak hama karena bau yang tidak disukai hama. Contohnya yang mengandung bahan aktif *dibutylphthalate* dan *dimethylphthalate*.

Menurut varians jenis hama sasarannya :

1. *Insektisida spectrum luas*, adalah insektisida yang dapat mengendalikan lebih dari satu jenis hama, misalnya untuk ulat sekaligus *thrips* dan *aphids*.

Penggunaan :

- Jika terdapat beberapa jenis hama yang semuanya belum menyerang secara dominant.
 - Untukantisipasi jika disekitar lahan terdapat tanaman-tanaman sefamili yang dapat menjadi inang (host) bagi hama potensial.
 - Untuk aplikasi rutinitas terhadap hama yang bukan merupakan hama dominan.
2. *Insektisida spectrum sempit*, adalah insektisida yang hanya dapat mengendalikan jenis hama yang spesifik misalnya untuk golongan ulat saja atau untuk golongan *thrips* atau *aphids* saja.
 - Untuk mengendalikan hama yang sudah jelas jenisnya dan dominan, dan bersifat endemis.

FUNGISIDA

Organosulfur

1. Organosulfur (dithiocarbamate)

Golongan ini dapat pula dikategorikan golongan karbamat. Mengandung sulfur (thiol), asam carbamic, beberapa diantaranya mengandung logam. Fungisida golongan ini umumnya berbentuk WP, racun kontak dengan toksitas golongan IV. Organosulfur lebih tepat digunakan untuk langkah preventif atau pencegahan, dan tidak efektif untuk jamur yang sudah menginfeksi tanaman.

Bahan aktif : Mancozeb, Maneb, Zineb, Propineb, Thiram, Methiram, Ziram, Ferbam

2. Benzena (aromatic)

Dinamakan demikian karena diturunkan dari benzena, suatu senyawa fenol yang mempunyai struktur kimia rantai karbon melingkar. Fenol sendiri merupakan suatu zat alami pada tanaman yang berfungsi untuk melawan penyakit. Karbol termasuk salah satu diantaranya. Bahan pengawet makanan sodium benzoate juga merupakan fungisida benzene. Golongan benzena lebih tepat digunakan untuk perlindungan tanaman.

Bahan aktif : chlorothalonil, PCNB (pentachloro nitrobenzene), dicloran

3. Benzimidazole

Merupakan golongan fungisida yang paling penting dengan cara kerja sistemik. Karena aktivitasnya yang sistemik maka golongan ini mampu mengendalikan jamur yang telah menginfeksi tanaman. Jenis ini merupakan gabungan dari benzena, imides dan azole.

Bahan aktif : benomyl, thiabendazole, methyl thiophanate, carbendazim.

4. **Thiazole**

Merupakan modifikasi senyawa golongan sulfur dengan azole. Kebanyakan bersifat sistemik dan fungsi azole sebagai pengatur tumbuh.

Bahan aktif : ethaboxam, etridiazole, metsulfovax, octhilinone, thiabendazole, thiadifluor, thifluzamide, ethazole,

5. **Triazines**, misalnya *anilazine* untuk mengendalikan bercak daun.

6. **Aliphatic Nitrogen**

Bahan aktif : bentaluron, pencycuron, quinazamid

7. **Dicarboximide** (sulfenimide), misalnya *captan, folpet, captafol*.

8. **Oxathins**,

Bahan aktif : carboxin dan oxycarboxin, merupakan fungisida sistemik.

9. **Piridin**,

Bahan aktif : boscalid, buthiobate, dipyrithione, fluazinam, fluopicolide, pyridinil, pyrifenox, pyroxychlor, pyroxyfur dimethirimol, ethirimol, bupirimate, merupakan fungisida sistemik.

10. **Pirimidin**

Bahan aktif : bupirimate, cyprodinil, diflumetorim, dimethirimol, ethirimol, fenarimol, ferimzone, mepanipirim, nuarimol, pyrimethanil, triarimol

11. **Organofosfat**,

Merupakan fungisida sistemik yang mengandung fosfat.

Bahan aktif : ampropylfos, ditalimfos, edifenphos, fosetyl, hexylthiofos, iprobenfos, phosdiphen, pyrazophos, tolclofos-methyl, triamiphos, IBP, merupakan fungisida sistemik

12. **Antibiotic Fungicide**

Bahan aktif : aureofungin, blastocidin-S, cycloheximide, griseofulvin, kasugamycin, natamycin, polyoxins, polyoxorim, streptomycin, validamycin, strobilurin (Amistar), spinosad (Tracer).

13. **Acylalanin**, misalnya *metalaxyl* (Ridomil, Dual, Saromyl, Starmyl), *furalaxyl* merupakan fungisida sistemik yang efektif untuk mengendalikan *phytium* dan *phytophthora*.

14. **Piperazine**, misalnya *triforine* merupakan fungisida sistemik..

15. **Imide**, misalnya *procymidone, iprodione* (Rovral 50 WP) dan *vinclozolin*

16. **Quinone**, misalnya *chloranil* dan *dichlone*.

17. **Organotins**, misalnya *fentin hydroxide*.

18. **Cationic Surfactant**, yang merupakan bahan bermuatan ion positif (kation), misalnya *Benzalkonium Chloride (BKC)*, *Ammonium Quaternaire*. Jenis ini tidak dapat dicampur dengan bahan-bahan pestisida lainnya.

19. **Bicarbonate**,

Bahan aktif : Potassium (kalium) bicarbonate, natrium bicarbonat (baking soda)

Merupakan golongan fungisida yang paling aman digunakan karena mudah terurai menjadi karbon dioksida. Fungisida bicarbonat bersifat alkalis sedang. Mekanisme kerjanya dengan cara mengurangi keasaman pada permukaan tanaman, sehingga spora jamur tidak mampu tumbuh pada kondisi tersebut. Oleh karenanya fungisida ini digunakan untuk pencegahan.

20. Anorganik,

Golongan ini populer di sekitar tahun 80-an. Mempunyai efek fungitoksik yang kuat, namun juga mempunyai kisaran fitotoksisitas yang sempit, artinya kelebihan dosis sedikit saja bisa mempengaruhi metabolisme tanaman bahkan meracuni.

Bahan aktif : Cooper (tembaga) oksida / hidroksida / oksisulfat / oksiklorida, sulfur (belerang)

Fungisida menurut cara kerjanya :

1. **Fungisida kontak**, bekerja dengan cara membunuh jamur melalui kontak langsung dengan jamur patogen tersebut.

Daya guna :

- a. Mencegah pertumbuhan dan penyebaran spora jamur di permukaan tanaman.
- b. Menciptakan kondisi yang tidak memungkinkan bagi jamur patogen untuk tumbuh.

Kelemahannya :

- a. Kurang efektif untuk mematikan jamur yang menginfeksi di dalam tubuh tanaman.

2. **Fungisida sistemik**, bekerja dengan cara diserap oleh tubuh tanaman melalui daun atau akar dan ditranslokasikan ke bagian tubuh yang lain.

Daya guna :

- a. Efektif untuk mengendalikan spora jamur yang memasuki tubuh tanaman dan sebagai langkah perlindungan terhadap kemungkinan serangan.
- b. Dapat mengatasi serangan jamur yang menginfeksi tanaman.

Kelemahannya :

- a. Tidak boleh diaplikasikan pada tanaman menjelang panen karena residunya masih tersisa pada hasil panen.
- b. Lebih mudah menyebabkan kekebalan pada jamur patogen.
- c. Tidak dapat dicampur dengan pestisida kontak karena perbedaan ion dan pH.