



KEMENTERIAN  
PERTANIAN

Monografi No. 33  
ISBN : 978-979-8304-59-0



# PENGELOMPOKAN PESTISIDA BERDASARKAN CARA KERJA (MODE OF ACTION)

Oleh :  
*Abdi Hidayya dan Hadis Jayanti*



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN REPUBLIK INDONESIA**

2013



Monografi No. 33, Tahun 2013

ISBN: 978-979-8304-59-0

# **PENGELOMPOKAN PESTISIDA BERDASARKAN CARA KERJA (*MODE OF ACTION*)**

*Oleh :*

*Abdi Hidayya dan Hadis Jayanti*



KEMENTERIAN  
PERTANIAN



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN REPUBLIK INDONESIA**

**2 0 1 3**

Monografi No. 33, Tahun 2013

ISBN: 978-979-8304-59-0



## **PENGELOMPOKAN PESTISIDA BERDASARKAN CARA KERJA (*MODE OF ACTION*)**

*i – xi + 81 halaman, 16 cm x 21 cm, cetakan kedua pada tahun 2013 dalam bentuk electronic file dengan format Portable Document Format (PDF) oleh Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia*

**Oleh :**  
***Abdi Hudayya dan Hadis Jayanti***

**Penyunting :**  
***Tonny K. Moekasan dan Laksminiwati Prabaningrum***

**Alamat Penerbit :**

**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN**  
Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang - Bandung Barat 40391  
Telepon : 022 - 2786245; Fax. : 022 – 2786416; 022 - 2787676  
website : [www.balitsa.litbang.deptan.go.id](http://www.balitsa.litbang.deptan.go.id)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karuniaNya penyusunan buku dengan judul **“Pengelompokan Pestisida Berdasarkan Cara Kerja (Mode of Action)”** dapat diselesaikan. Cara kerja atau *Mode of action* pestisida adalah kemampuan pestisida dalam mematikan jasad sasaran menurut cara masuknya bahan racun ke dalam jasad sasaran tersebut. Dengan mengetahui kode cara kerja dari setiap pestisida tersebut akan memudahkan dalam melakukan pergiliran pestisida dengan cara menghindari penggunaan pestisida yang memiliki kode cara kerja yang sama. Dengan demikian, proses terjadinya resistensi OPT terhadap pestisida dapat dihambat

Monografi ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi bagi petani dan stake holder bidang pertanian dalam melakukan pergiliran penggunaan jenis pestisida serta dapat memberikan informasi tambahan mengenai bahan aktif pestisida, merk pestisida yang beredar di Indonesia, OPT sasaran pestisida, serta komoditasnya.

Kami menyambut terbitnya monografi ini dengan menyampaikan ucapan terima kasih kepada penulis, editor, seluruh pegawai di lingkup Balai Penelitian Tanaman Sayuran atas kerjasamanya dalam penyusunan monografi ini, namun demikian monografi ini masih jauh dari sempurna sehingga dengan kerendahan hati kami mengharapkan saran dan masukan untuk penyempurnaan monografi ini. Semoga monografi ini bermanfaat bagi petani, praktisi pertanian, dan khalayak yang memerlukan informasi mengenai pestisida

Lembang, Juni 2013

Kepala Balai Penelitian  
Tanaman Sayura,



*[Handwritten Signature]*  
Dr. Liferdi, SP, M.Si  
N.P. 19701007 199803 1 001



## DAFTAR ISI

Bab	Halaman
<u>KATA PENGANTAR .....</u>	v
<u>DAFTAR ISI .....</u>	vi
<u>DAFTAR GAMBAR .....</u>	viii
<u>DAFTAR TABEL .....</u>	ix
<u>DAFTAR LAMPIRAN .....</u>	x
I. <u>PENDAHULUAN .....</u>	1
II. <u>PENGUNAAN PESTISIDA DI INDONESIA .....</u>	3
2.1 <u>Kebutuhan dan Perilaku Petani terhadap             Pestisida .....</u>	3
2.2 <u>Dampak Negatif Penggunaan Pestisida .....</u>	4
III. <u>CARA KERJA INSEKTISIDA, FUNGISIDA, DAN           HERBISIDA .....</u>	7
3.1 <u>Cara Kerja (Mode of Action) Insektisida .....</u>	7
3.1.1 <u>Alternatif penggunaan insektisida dengan                     cara kerja yang berbeda .....</u>	9
3.1.2 <u>Mekanisme resistensi <i>non-target site</i> .....</u>	10
3.1.3 <u>Klasifikasi dan deskripsi insektisida                     berdasarkan MoA .....</u>	10
3.2 <u>Cara Kerja (Mode of Action) Fungisida .....</u>	20
3.2.1 <u>Mekanisme resistensi patogen .....</u>	20
3.2.2 <u>Rekomendasi pengelolaan resistensi                     terhadap fungisida .....</u>	20

---

3.3	<u>Cara Kerja (mode of action) Herbisida .....</u>	41
3.3.1	<u>Klasifikasi herbisida berdasarkan cara kerja</u>	41
IV.	<u>PERANGKAT LUNAK PENCARI PESTISIDA PER- TANIAN DAN KEHUTANAN .....</u>	55
V.	<u>PENUTUP .....</u>	59
	<u>DAFTAR PUSTAKA .....</u>	60
	<u>LAMPIRAN .....</u>	63

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 1.	<a href="#"><u>Tampilan awal menu perangkat lunak pencari pestisida pertanian dan kehutanan .....</u></a>	56
Gambar 2.	<a href="#"><u>Tampilan mencari pestisida untuk Ulat daun kubis .....</u></a>	57
Gambar 3.	<a href="#"><u>Tampilan hasil pencarian jenis pestisida untuk mengendalikan Ulat daun kubis .....</u></a>	58
Gambar 4.	<a href="#"><u>Tampilan data tidak ditemukan karena salah ejaan, salah menulis, atau menulis input yang tidak lengkap .....</u></a>	58

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 1.	<a href="#"><u>Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan <i>mode of action</i> menurut IRAC ....</u></a>	13
Tabel 2.	<a href="#"><u>Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan <i>mode of action</i> menurut FRAC ....</u></a>	27
Tabel 3.	<a href="#"><u>Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan <i>mode of action</i> menurut HRAC ...</u></a>	43

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	<a href="#"><u>Bahan Aktif Insektisida .....</u></a>	63
Lampiran 2.	<a href="#"><u>Bahan Aktif Fungisida .....</u></a>	71

## I. PENDAHULUAN

Usaha di bidang pertanian, khususnya komoditas hortikultura merupakan usaha yang berisiko tinggi. Kondisi iklim yang tidak menentu, tingginya serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) serta harga yang berfluktuasi merupakan beberapa kendala yang sering dihadapi. Serangan OPT yang terus menerus memaksa petani selalu menggunakan pestisida untuk mengatasinya. Aplikasi pestisida cenderung terus meningkat dalam jumlah, frekuensi, dosis, dan komposisi yang digunakan (Direktorat Perlindungan Hortikultura 2004). Praktik seperti itu telah mengakibatkan OPT menjadi resisten sehingga serangan OPT semakin menjadi masalah bagi petani.

Dalam beberapa tahun terakhir penggunaan pestisida oleh petani cenderung meningkat, karena hal tersebut dianggap cara paling efektif untuk mengendalikan OPT, sehingga permintaan pestisida di tingkat petani meningkat. Jumlah merk dagang pestisida yang beredar di Indonesia sangat banyak. Dalam buku pestisida untuk pertanian yang diterbitkan pada tahun 2012 (Kementerian Pertanian 2012) disebutkan 2.475 merk dagang dari 317 perusahaan yang terdaftar.

Beredarnya jenis pestisida dalam jumlah yang banyak, sementara informasi tentang penggunaan pestisida yang bijaksana masih terbatas, menyebabkan perilaku petani dalam penggunaan pestisida semakin tidak terkendali. Oleh karena itu, usaha mengurangi dampak negatif akibat penggunaan pestisida perlu terus diupayakan. Salah satu di antaranya ialah dengan melakukan pergiliran penggunaan pestisida menurut cara kerjanya untuk itu diperlukan pengelompokan pestisida yang beredar di Indonesia berdasarkan cara kerjanya. Dengan demikian praktisi pertanian dapat menggunakannya sebagai acuan dalam melakukan pergiliran pestisida, dalam rangka pengelolaan resistensi OPT.

Pengelompokan golongan pestisida berdasarkan cara kerja diadopsi dari IRAC (*Insecticide Resistance Action Committee*), FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*), dan HRAC (*Herbicide*

*Resistance Action Committee*). Dengan mengetahui cara kerja pestisida, penggunaan pestisida dari kelompok cara kerja yang sama secara berturut-turut dapat dihindari.

## II. PENGGUNAAN PESTISIDA DI INDONESIA

### 2.1. Kebutuhan dan Perilaku Petani terhadap Pestisida

Seiring dengan peningkatan serangan OPT, maka kebutuhan pestisida terus meningkat setiap tahun. Menurut data yang dikeluarkan oleh BPS (2006) pada tahun 1984 Indonesia menguasai 20% dari pangsa pasar pestisida dunia. Pada kurun waktu 1982 – 1987 terjadi peningkatan pemakaian pestisida sebesar 36% dibanding periode sebelumnya, sedangkan untuk herbisida peningkatan mencapai 70% dan total pemakaian insektisida pada tahun 1986 mencapai 1723 ton. Pada tahun 1996 penggunaan pestisida per musim tanam untuk satu hektar areal tanaman padi adalah sebesar Rp.24.354,- dan terus meningkat hingga pada tahun 2006 mencapai Rp. 250.000,-. Pertumbuhan pasar pestisida nasional tahun 2006 sebesar Rp. 2,16 Trilyun.

Hasil penelitian di areal pertanian di Sumatera Utara menunjukkan bahwa kebutuhan petani akan pestisida beragam. Dari segi merk dagang ada sekitar 26 merk golongan Piretroid yang dominan dipilih oleh petani, diikuti golongan Organofosfat 10 merk dagang, golongan Karbamat 6 merk dagang, golongan Neristoksin 2 merk dagang, sedangkan golongan Pirol dan Avermektin masing-masing 1 merk dagang.

Dalam memilih jenis pestisida yang digunakan, kebanyakan para petani sangat fanatik terhadap jenis pestisida tertentu, sehingga tidak mudah menerima jenis yang baru. Pola pikir seperti itu didasarkan pada pengalaman mereka yang merasa puas terhadap jenis pestisida tersebut dalam mengendalikan OPT (Herawaty & Nadhira 2009).

Menurut Herawaty dan Nadhira (2009) pada umumnya petani menggunakan lebih dari satu jenis pestisida dalam setiap aplikasi, yaitu sebanyak 68,70 % petani menggunakan dua macam pestisida untuk setiap penyemprotan, sedangkan petani yang menggunakan satu dan tiga macam (jenis) setiap aplikasi hanya 9,1 %. Alasan yang mereka kemukakan adalah dengan melakukan pencampuran diharapkan pestisida tersebut lebih efektif dan lebih ampuh membunuh OPT.

Jika dilihat dari dosis pestisida yang digunakan petani setiap aplikasi, diketahui bahwa terdapat 44,4 % petani menggunakan dosis melebihi anjuran, sedangkan yang menggunakan dosis sesuai anjuran sebanyak 36,4 % bahkan ada yang menggunakan dosis sampai 2 kali ukuran dosis anjuran sebanyak 12,1 %. Hal itu disebabkan oleh kekhawatiran bahwa penggunaan dosis sesuai anjuran tidak akan efektif dalam mengendalikan OPT (Herawaty & Nadhira 2009).

## **2.2 Dampak Negatif Penggunaan Pestisida**

Penggunaan pestisida yang berlebih menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, kesehatan, sosial dan ekonomi. Salah satu dampak penggunaan pestisida yang berlebih ialah timbulnya resistensi OPT terhadap pestisida yang memaksa petani harus mengeluarkan biaya pengendalian lebih tinggi. Kondisi ini secara ekonomi akan menimbulkan beban bagi masyarakat karena biaya produksi semakin tinggi menyebabkan meningkatnya harga jual yang akan membebani konsumen.

Timbulnya masalah resistensi OPT terhadap pestisida disebabkan oleh tindakan manusia dalam mengaplikasikan pestisida tanpa dilandasi oleh pengetahuan yang memadai tentang pestisida (Untung 2007). Petani akan meningkatkan dosis dan frekuensi penyemprotan jika pestisida yang digunakan tidak mampu membunuh OPT. Bila praktik tersebut tidak membuahkan hasil, mereka akan menggunakan jenis pestisida baru yang harganya lebih mahal dengan harapan pestisida tersebut lebih efektif dari jenis pestisida yang digunakan sebelumnya.

Beralihnya petani menggunakan pestisida baru tanpa adanya perubahan mendasar dalam filosofi dan strategi pengendalian hama dengan pestisida adalah solusi sementara, karena bukan tidak mungkin akan menimbulkan masalah baru yang lebih parah, yaitu terjadinya resistensi hama terhadap jenis pestisida yang baru tersebut.

Dari data penelitian dan pengalaman empirik dapat dibuktikan bahwa populasi hama yang sudah resisten terhadap satu atau lebih jenis pestisida biasanya dapat mengembangkan sifat resistensi terhadap

senyawa lain secara lebih cepat, khususnya bila senyawa baru itu mempunyai mekanisme resistensi yang sama atau berdekatan dengan senyawa-senyawa sebelumnya. Hal ini disebabkan sebagian besar serangga hama mampu mempertahankan dan mewariskan sifat resistensi pada keturunannya dalam waktu yang lama. Mekanisme resistensi penyakit terhadap fungisida dan resistensi gulma terhadap herbisida pada prinsipnya tidak jauh berbeda dengan mekanisme resistensi hama terhadap insektisida (Untung 2007).

Untuk menghambat timbul dan berkembangnya populasi OPT yang resisten dapat dilakukan dengan tiga macam strategi, yaitu : (1) sikap sedang (*moderation*), (2) penjenuhan (*saturation*) dan (3) serangan ganda (*multiple attack*). Pengelolaan dengan moderasi bertujuan mengurangi tekanan seleksi terhadap hama, antara lain dengan pengurangan dosis dan frekuensi penyemprotan yang lebih jarang. Pengelolaan dengan saturasi bertujuan memanipulasi atau mempengaruhi sifat pertahanan serangga terhadap insektisida, baik yang bersifat biokimiawi maupun genetik. Sedangkan pengelolaan dengan serangan ganda antara lain dilakukan dengan cara mengadakan rotasi atau pergiliran kelompok dan jenis insektisida yang mempunyai cara kerja atau *mode of action* yang berbeda (Georgiou & Taylor 1986). Dari ketiga cara tersebut yang paling mudah dan memungkinkan dilakukan seperti kondisi di Indonesia adalah dengan cara pergiliran kelompok jenis pestisida yang digunakan berdasarkan cara kerjanya. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai cara kerja pestisida mutlak diperlukan.

Pengelolaan resistensi OPT terhadap pestisida bertujuan untuk menghambat terjadinya resistensi OPT terhadap pestisida yang digunakan. Untuk kondisi di Indonesia dimana tingkat pengetahuan petani terhadap pestisida masih sangat rendah, maka pergiliran penggunaan pestisida berdasarkan cara kerjanya merupakan salah satu alternatif. Namun demikian, program tersebut akan sulit dilaksanakan jika pengetahuan tentang cara kerja pestisida tersebut sulit diakses oleh pengguna. IRAC (*Insecticide Resistance Action Committe*), FRAC (*Fungicide Resistance Action Committe*) dan HRAC (*Herbicide*

*Resistance Action Committee*) telah mengeluarkan kode cara kerja dari beberapa pestisida yang beredar di dunia. Dengan mengetahui kode cara kerja dari setiap pestisida tersebut akan memudahkan dalam melakukan pergiliran pestisida dengan cara menghindari penggunaan pestisida yang memiliki kode cara kerja yang sama. Dengan demikian, proses terjadinya resistensi OPT terhadap pestisida dapat dihambat.

### III. CARA KERJA INSEKTISIDA, FUNGISIDA, DAN HERBISIDA

#### 3.1. Cara Kerja (*Mode of Action*) Insektisida

Cara kerja atau *Mode of Action* adalah kemampuan pestisida dalam mematikan hama atau penyakit sasaran menurut cara masuknya bahan beracun ke organisme sasaran dan menurut sifat dari bahan kimia tersebut.

Berdasarkan cara masuknya ke dalam jasad sasaran, insektisida dibagi menjadi enam (6) golongan seperti uraian berikut ini :

1. **Racun perut/lambung** merupakan bahan beracun pestisida yang dapat merusak sistem pencernaan jika tertelan oleh serangga
2. **Racun kontak** merupakan bahan beracun pestisida yang dapat membunuh atau mengganggu perkembangbiakan serangga, jika bahan beracun tersebut mengenai tubuh serangga.
3. **Racun nafas** merupakan bahan racun pestisida yang biasanya berbentuk gas atau bahan lain yang mudah menguap (fumigan) dan dapat membunuh serangga jika terhisap oleh sistem pernafasan serangga tersebut.
4. **Racun saraf** merupakan pestisida yang cara kerjanya mengganggu sistem saraf jasad sasaran
5. **Racun protoplasmik** merupakan racun yang bekerja dengan cara merusak protein dalam sel tubuh jasad sasaran
6. **Racun sistemik** merupakan bahan racun pestisida yang masuk ke dalam sistem jaringan tanaman dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman, sehingga bila dihisap, dimakan atau mengenai jasad sasarannya bisa meracuni. Jenis pestisida tertentu hanya menembus ke jaringan tanaman (translaminar) dan tidak akan ditranlokasikan ke seluruh bagian tanaman (Gigih 2011).

---

Berdasarkan cara kerjanya (*Mode of action*), yaitu menurut sifat kimianya, insektisida dibagi menjadi empat 4 golongan besar seperti uraian berikut ini :

1. **Organoklorin** merupakan insektisida sintetik yang paling tua yang sering disebut Hidrokarbon Klor. Secara umum diketahui bahwa keracunan pada serangga ditandai dengan terjadinya gangguan pada sistem saraf pusat yang mengakibatkan terjadinya hiperaktivitas, gemetar, kemudian kejang hingga akhirnya terjadi kerusakan pada saraf dan otot yang menimbulkan kematian. Organoklorin bersifat stabil di lapangan, sehingga residunya sangat sulit terurai.
2. **Organofosfat** merupakan insektisida yang bekerja dengan menghambat enzim *asetilkolinesterase*, sehingga terjadi penumpukan asetilkolin yang berakibat pada terjadinya kekacauan pada sistem pengantar impuls saraf ke sel-sel otot. Keadaan ini menyebabkan impuls tidak dapat diteruskan, otot menjadi kejang, dan akhirnya terjadi kelumpuhan (*paralisis*) dan akhirnya serangga mati.
3. **Karbamat** merupakan insektisida yang berspektrum luas. Cara kerja Karbamat mematikan serangga sama dengan insektisida Organofosfat yaitu melalui penghambatan aktivitas enzim *asetilkolinesterase* pada sistem saraf. Perbedaannya ialah pada Karbamat penghambatan enzim bersifat bolak-balik *reversible* yaitu penghambatan enzim bisa dipulihkan lagi. Karbamat bersifat cepat terurai.
4. **Piretroid** merupakan piretrum sintesis, yang mempunyai sifat stabil bila terkena sinar matahari dan relatif murah serta efektif untuk mengendalikan sebagian besar serangga hama. Piretroid mempunyai efek sebagai racun kontak yang kuat, serta mempengaruhi sistem saraf tepi dan saraf pusat serangga. Piretroid awalnya menstimulasi sel saraf untuk memproduksi

secara berlebih dan akhirnya menyebabkan paralisis dan kematian.

Dengan mengetahui cara kerja suatu pestisida dapat dibuat strategi pengelolaan resistensi untuk menghambat terjadinya resistensi OPT terhadap pestisida yang umum digunakan. Hal ini disebabkan pada kebanyakan kasus, tidak hanya resistensi yang menyebabkan senyawa aktif tertentu menjadi tidak aktif, tetapi sering juga menyebabkan resistensi silang terhadap senyawa kimia lainnya. Hal itu terjadi karena senyawa dengan kelompok kimia spesifik biasanya bersinergi dengan hama target, begitu juga dengan mekanisme cara kerjanya. Biasanya hama akan mengembangkan mekanisme ketahanan tertentu dengan memodifikasi genetiknya terhadap target sasaran insektisida pada tubuhnya. Ketika hal itu terjadi, interaksi senyawa aktif dengan target akan terganggu dan pestisida akan kehilangan keefektifannya. Jika senyawa dalam berbagai sub-kelompok bahan kimia melakukan cara kerja yang sama, akan ada risiko bahwa mekanisme ketahanan oleh hama yang telah dikembangkannya secara otomatis akan memberikan resistensi silang untuk semua senyawa dalam sub-kelompok bahan kimia yang sama. Ini adalah konsep resistensi silang dalam kelompok bahan kimia untuk insektisida dan akarisida yang merupakan dasar dari klasifikasi cara kerja atau *MoA* oleh IRAC (IRAC 2011).

### **3.1.1. Alternatif penggunaan insektisida dengan cara kerja yang berbeda**

Tujuan pengelolaan resistensi insektisida ialah mencegah atau menunda evolusi resistensi terhadap insektisida, atau untuk membantu mendapatkan kembali kerentanan pada populasi serangga hama pada saat ketahanannya muncul. Pengelolaan resistensi OPT terhadap insektisida merupakan elemen penting dalam mempertahankan efikasi insektisida. Menurut pengalaman lebih mudah untuk secara proaktif mencegah resistensi itu terjadi daripada mengaktifkan kembali kerentanan. Klasifikasi cara kerja atau *MoA* yang disusun oleh IRAC

---

dapat memberikan panduan dalam merancang strategi pengelolaan resistensi insektisida.

Pengalaman telah menunjukkan bahwa semua insektisida dan akarisisida yang efektif dirancang melalui pelaksanaan strategi pengelolaan resistensi sebagai upaya meminimalkan seleksi untuk ketahanan satu jenis insektisida. Dalam prakteknya, pergantian, pengurutan atau rotasi senyawa bahan kimia dari kelompok yang berbeda dapat menjamin keberlangsungan dan keefektifan pelaksanaan pengelolaan resistensi insektisida. Dengan adanya pengelompokan berdasarkan cara kerja atau *MoA* maka pemilihan insektisida dari senyawa bahan kimia yang masih satu kelompok dan memiliki cara kerja yang sama dapat ditekan serendah mungkin.

### 3.1.2. Mekanisme resistensi *non-target site*

Resistensi serangga dan tungau terhadap insektisida dan akarisisida merupakan reaksi enzim di dalam tubuhnya. Ketika hama telah membentuk ketahanan metabolisme dan spektrum resistensi silang telah diketahui, ada kemungkinan pergiliran pestisida berdasarkan *MoA* tidak dapat digunakan. Demikian pula mekanisme melemahnya penetrasi pestisida ke jasad sasaran atau perubahan tingkah laku dapat juga mengakibatkan resistensi terhadap banyak grup *MoA*. Mekanisme yang dibentuk oleh hama sasaran tersebut diketahui dapat mengakibatkan resistensi silang antar kelompok *MoA*. Oleh karena itu penggunaan pestisida harus dimodifikasi secara tepat, dengan cara melakukan rotasi senyawa bahan aktif dengan kelompok *MoA* yang berbeda (IRAC 2011).

### 3.1.3. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *MoA*

Klasifikasi *MoA* dikembangkan dan didukung oleh IRAC berdasarkan pada *MoA* yang terbukti terbaik dari bahan aktif insektisida yang tersedia. Rincian daftar *MoA* telah disepakati oleh perusahaan dan disetujui oleh industri yang diakui secara internasional, akademisi, ahli toksikologi serangga dan ahli biokimia. IRAC bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna insektisida dan akarisisida memiliki

kesadaran terhadap pengelompokan *MoA* dan bahwa mereka memiliki dasar yang kuat untuk melaksanakan pengelolaan resistensi yang berkelanjutan sepanjang musim melalui penggunaan, urutan atau rotasi insektisida dengan *MoA* yang berbeda.

Untuk membantu menunda resistensi, sangat disarankan bahwa petani juga perlu memadukan metode pengendalian lainnya ke dalam program pengendalian hama.

IRAC membagi target sasaran insektisida sebagai berikut:

- 1) **Saraf dan otot.** Insektisida yang bereaksi pada saraf dan otot, umumnya bereaksi cepat.
- 2) **Pertumbuhan dan perkembangan.** Perkembangan serangga dikontrol oleh keseimbangan dua hormon utama, yaitu hormon juvenil dan ecdison. Pengatur pertumbuhan serangga bertindak dengan cara meniru salah satu hormon atau langsung dengan pembentukan kutikula/ deposisi lipid atau biosintesis. Insektisida yang bekerja pada individu target dalam sistem ini pada umumnya reaksinya lambat.
- 3) **Respirasi/pernafasan.** Respirasi mitokondria menghasilkan ATP, yang bertindak sebagai sumber energi bagi semua proses pada sel-sel vital. Dalam mitokondria, sebuah rantai transpor elektron menyimpan energi yang dilepaskan oleh oksidasi dalam bentuk gradien proton yang mendorong sintesis ATP. Beberapa insektisida diketahui mengganggu respirasi mitokondria oleh penghambatan transpor elektron dan/atau fosforilasi oksidatif. Insektisida yang bekerja pada target individu dalam sistem ini umumnya bereaksi cepat dan cukup tepat dalam menghambat pembentukan sel pada individu target.
- 4) **Saluran pencernaan tengah.** Pada daerah mesenteron atau saluran pencernaan tengah, yaitu tempat makanan akan dicerna (lambung) terdapat gastrik kaekum yang bentuknya seperti jari dan terletak di anterior dari ventrikulus dan menghasilkan enzim-enzim pencernaan (Batubara 2002). Pada Ordo Lepidoptera, saluran pencernaan tengah merupakan saluran khusus tempat berkembangnya dan

terekspresinya gen toksin dari tanaman transgenik. Gen toksin yang masuk ke saluran pencernaan tengah akan mereplikasi diri dengan cepat, sehingga memenuhi ruang sel pencernaan dan mematikan serangga.

- 5) **Tidak diketahui target spesifiknya.** Beberapa insektisida diketahui berdampak kurang efektif dalam melumpuhkan dan mengenali target spesifiknya atau untuk bereaksi terhadap non-spesifik target atau lebih dari satu target. Misalnya kelompok *MoA* no. 8 menghambat pembentukan sel, hanya mekanismenya belum diketahui.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
1	1 A (Karbamat)  1 B (Organofosfat)	Saraf dan otot	Menghambat asetilkolin	Menghambat AChE (acetylcholinesterase), menyebabkan <i>hyperexcitation</i> . AChE adalah enzim yang mengakhiri aksi rangsang neurotransmitter asetilkolin pada sinapsis saraf.
2	2 A (Siklodin organoklorin)  2 B (Fenilfrazol)	Saraf dan otot	Antagonis GABA (gamma-aminobutyric acid) pada sistem saraf	Memblokir saluran klorida aktivasi GABA menyebabkan <i>hyperexcitation</i> dan kejang-kejang. GABA adalah neurotransmitter inhibisi utama pada serangga.
3	3 A (Piretroid dan Piretrin)  3 B (DDT dan Metoksiklor)	Saraf dan otot	Mengganggu aliran Na <sup>+</sup> dalam sel saraf	Menyebabkan saluran natrium selalu terbuka, sehingga pada beberapa kasus menyebabkan reaksi berlebihan oleh saraf. Saluran natrium terlibat dalam penyebaran info potensial di sepanjang akson saraf.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
4	4 A (Neonikotinoid)  4 B (Nikotin)	Saraf dan otot	Menyerang sistem syaraf (spesifik pada nAChR)	Meniru tindakan agonis asetilkolin di nAChRs, menyebabkan <i>hyperexcitation</i> . Asetilkolin adalah neurotransmitter utama dalam sistem saraf serangga pusat.
5	Spinosin	Saraf dan otot	Menyerang sistem saraf (neurotransmitter)	Allosterically mengaktifkan nAChRs, menyebabkan <i>hyperexcitation</i> dari sistem saraf.
6	Avermektin dan Milbemisin	Saraf dan otot	Menghambat fungsi GABA pada saluran utama klorida	Allosterically mengaktifkan saluran utama klorida glutamat (GluCl <sub>s</sub> ), menyebabkan kelumpuhan. Glutamat adalah <i>inhibitory neurotransmitter</i> penting dalam serangga.
7	7 A (ZPT)  7 B (Fenoksikarb)  7 C (Piriprosifen)	Pertumbuhan dan perkembangan	Memanipulasi dengan meniru hormon juvenil.	Diterapkan di pra-metamorfik instar. Senyawa ini mengganggu dan mencegah metamorfosis.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
8	8 A (Alkil halida) 8 B (Kloropikrin) 8 C (Sulfuril fluorid) 8 D (Boraks) 8 E (Tartar emetik)	Belum diketahui	Menghambat pembentukan sel	Menghambat pembentukan sel, hanya mekanismenya belum diketahui.
9	9 B (Pimetrozin) 9 C (Flonikamid)	Saraf dan otot	Merusak proses pencernaan pada Ordo Homoptera	Menyebabkan penghambatan makan, selektif pada kutuputih dan kutudaun
10	10 A (Klofentezin, Heksitiazok, Diflovidazin) 10 B (Etoksazol)	Pertumbuhan dan perkembangan	Menghambat pertumbuhan tungau	Menghambat pertumbuhan tungau

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
11	<i>Bacillus thuringiensis</i> atau <i>Bacillus sphaericus</i>	Saluran pencernaan	Mikroba perusak membran pada saluran pencernaan bagian tengah ( <i>midgut</i> ) serangga	Racun protein yang mengikat pada reseptor pada membran saluran pencernaan tengah dan mendorong pembentukan pori-pori, mengakibatkan ketidakseimbangan ion dan septicaemia
12	12 A (Diafentiuoron) 12 B (Organotin mitisid) 12 C (Propargit) 12 D (Tetradifon)	Respirasi	Menghambat sintesis ATP	Menghambat enzim yang mensintesis ATP pada mitokondria
13	Klorfenapir, DNOC, Sulfuramid	Respirasi	Menghambat fosforilasi oksidatif untuk pembentukan energi	Gangguan pada gradien proton, sirkuit gradien proton (disebut : protonofores) yang pendek pada mitokondria sehingga ATP tidak dapat disintesis.
14	Nereistoksin analog	Saraf dan otot	Memblok saluran pada nAChR	Memblokir saluran ion nAChR, sehingga blok sistem saraf dan kelumpuhan. Asetilkolin adalah <i>excitatory neurotransmitter</i> (penghubung) utama dalam sistem saraf serangga pusat.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
15	Benzoilurea	Pertumbuhan dan perkembangan	Menghambat biosintesis kitin	Menghambat biosintesis kitin
16	Buprofezin	Pertumbuhan dan perkembangan	Menghambat biosintesis kitin	Menghambat biosintesis kitin pada beberapa serangga khususnya kutuputih
17	Siromazin	Pertumbuhan dan perkembangan	Mengganggu proses <i>moulting</i> (pergantian kulit)	Merontokkan kutikula saat proses pergantian kulit serangga
18	Diasilhidrazin	Pertumbuhan dan perkembangan	Mengaktivasi hormon ekdison	Meniru hormon ganti kulit (ekdison) menginduksi kutikula serangga dewasa agar rontok sebelum waktunya
19	Amitraz	Saraf dan otot	Mengaktifkan reseptor oktopamin	Mengaktifkan reseptor oktopamin, mengarah ke hyperexcitation (reaksi saraf berlebihan) . Oktopamin adalah hormon pada serangga yang menyerupai adrenalin, seperti neurohormon untuk pertahanan diri atau untuk terbang.
20	20 A (Hidrametilnon) 20 B (Asequinosil) 20 C (Fluacipirim)	Respirasi	Menghambat transpor elektron pada mitokondria (tipe III)	Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
21	21 A (METI akarisida dan Insektisida)  21 B (Rotenon)	Respirasi	Menghambat transpor elektron pada mitokondria (tipe I)	Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.
22	22 A (Indoksakarb)  22 B (Metaflumizon)	Saraf dan otot	Memblokir saluran natrium (Na <sup>+</sup> )	Memblokir saluran natrium, menyebabkan pemadaman sistem saraf dan kelumpuhan. Saluran natrium yang terlibat dalam penyebaran potensial aksi di sepanjang akson saraf.
23	Asam Tetronik dan Asam Tetramik	Pertumbuhan dan perkembangan	Menghambat asetil koenzim A karboksilase	Menghambat kerja asetil koenzim A karboksilase untuk mensintesis lipid yang merupakan langkah pertama dalam biosintesis lipid, sehingga menyebabkan kematian serangga.
24	24 A (Fosfin)  24 B (Sianida)	Respirasi	Menghambat transport elektron pada mitokondria (tipe IV)	Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.

Tabel 1. Klasifikasi dan deskripsi insektisida berdasarkan *mode of action* menurut IRAC (Lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
25	Turunan Beta- Ketonitril	Respirasi	Menghambat transpor elektron pada mitokondria (tipe II)	Menghambat transpor elektron pada mitokondria sehingga mencegah pemanfaatan energi oleh sel.
28	Diamida	Saraf dan otot	Mengaktifkan reseptor rianodin	Aktifnya otot reseptor rianodin, menyebabkan kontraksi dan kelumpuhan. Reseptor rianodin berperan melepaskan kalsium ke dalam sitoplasma dari sel intraseluler.
un	Azadiraktin Benzoksimat Bifenazat Bromopropilat Khinometionat Kriolit  Dikofol  Piridalil Pirifluquinazon	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui

---

## 3.2. Cara Kerja (*Mode of Action*) Fungisida

### 3.2.1 Mekanisme resistensi patogen

Informasi mengenai mekanisme ketahanan dan risiko resistensi perlu diketahui. Jika resistensi di lapangan diketahui terhadap salah satu kelompok *MoA*, kemungkinan besar ketahanan silang ke kelompok *MoA* lain dapat terjadi. Peningkatan derajat resistensi silang dapat berbeda antar anggota kelompok *MoA* dan antar spesies patogen atau bahkan di dalam spesies yang sama. Perlu juga diinformasikan tentang resistensi dan status resistensi silang patogen tertentu terhadap fungisida kombinasi, agar dapat diambil tindakan pengelolaan resistensi. Pengelolaan resistensi dipengaruhi oleh faktor intrinsik dari fungisida, risiko patogen dan risiko agronomi di lapangan.

FRAC membagi risiko resistensi fungisida menjadi beberapa tingkatan, yaitu (FRAC 2011c):

- 1) Resistensi tinggi, apabila terjadi penurunan keefektifan yang parah di areal yang luas akibat terjadinya perkembangan resistensi pada satu atau lebih patogen target di suatu wilayah tertentu dalam waktu beberapa tahun
- 2) Resistensi menengah, apabila terjadi penurunan keefektifan yang terdeteksi pada beberapa kondisi atau pada lingkup terbatas, dan isolat yang resisten diperoleh dari sampel patogen target
- 3) Resistensi rendah, apabila terjadi penurunan keefektifan atau terjadinya resistensi isolat tidak terdeteksi atau sangat jarang setelah bertahun-tahun penggunaan

### 3.2.2 Rekomendasi pengelolaan resistensi terhadap fungisida

Pengelolaan resistensi yang direkomendasikan oleh FRAC pada beberapa jenis fungisida disajikan dalam uraian berikut (FRAC 2011b)

#### 1) Pengelolaan resistensi terhadap Benzimidazol

Banyak jenis patogen yang mampu beradaptasi sangat cepat dengan bahan aktif Benzimidazol, misalnya patogen *Botrytis* sp., *Oculimacula* spp., dan *Rhynchosporium secalis*, penyebab penyakit

lodoh daun pada tanaman Barley (Kendal *et al.* 1993 dalam FRAC 2011b). Ketika resistensi terhadap Benzimidazol telah mapan, maka kemapanan akan berlanjut. Sebagai contoh kesuksesan dalam strategi penggunaan campuran Benzimidazol untuk pengendalian bercak daun *Cercospora* di Amerika Serikat. Di negara bagian Tenggara, dengan penggunaan benomil tunggal, resistensi praktis segera muncul. Di Texas, pencampuran Benzimidazol -mankozebe digunakan sejak awal, sehingga tidak ada resistensi yang berkembang selama bertahun-tahun kecuali pada plot percobaan yang hanya menggunakan Benzimidazol berulang kali (Smith 1988 dalam FRAC 2011b).

Kelompok kerja FRAC (sekarang Forum Ahli) mendukung penggunaan campuran atau pergantian secara umum dan menghindari penggunaan *eradicator* kecuali benar-benar diperlukan. Penggunaan fungisida Benzimidazol di seluruh dunia masih besar, meskipun kejadian resistensi luas sejak awal 1970-an. Dengan tidak adanya data, sulit untuk mengatakan sampai sejauh mana fungisida benzimidazole sekarang masih efektif, dan apakah digunakan pada skala ini adalah sepenuhnya dibenarkan.

Hasil pemantauan pada tahun 1997-2003 mengindikasikan terjadinya resistensi pada *Mycosphaerella graminicola* dan *Oculimacula* spp. akibat penggunaan Benzimidazol yang terlalu sering. Salah satu cara mengatasi resistensi terhadap Benzimidazol ialah dengan pencampuran fungisida Benzimidazol karbendazim dengan Dietofenkarb untuk mengendalikan *Botrytis* pada anggur dan tanaman lainnya.

Bahan Dietofenkarb menunjukkan resistensi silang yang negatif terhadap Benzimidazol. Dietofenkarb hanya menghambat strain resisten Benzimidazol pada patogen target dan tidak memberikan pengaruh pada strain yang sensitif terhadap Benzimidazol. Dalam prakteknya, campuran Benzimidazol karbendazim dengan Dietofenkarb yang diperkenalkan pada tahun 1987, awalnya memberikan pengendalian yang baik terhadap patogen *Botrytis*, terlepas dari apakah patogen tersebut resisten terhadap Benzimidazol atau tidak. Namun kemunculan dan penyebaran strain yang resisten terhadap kedua fungisida tersebut dapat

---

menimbulkan masalah kedepannya dan pencampuran tidak dapat lagi dilakukan.

## 2) Pengelolaan resistensi terhadap Fenilamid

Fungisida kelompok fenilamid pertama kali diperkenalkan pada tahun 1977. Cara kerjanya spesifik terhadap patogen jamur kelas Oomycetes dan tidak memberikan efek pada jamur kelas lain. Pada tahun 1980 kasus resistensi pertama terjadi secara tiba-tiba. Bahan Metalaksil yang diaplikasikan untuk mengendalikan penyakit tepung palsu pada mentimun di Israel dan pada pengendalian penyakit busuk daun di Eropa telah mengakibatkan resistensi patogen *Pseudoperonospora cubensis* dan *Phytophthora infestans*. Pada tahun-tahun berikutnya di Perancis dan Afrika Selatan terjadi juga resistensi pada patogen *Plasmopara viticola* penyebab penyakit tepung palsu dan di negara-negara Amerika tengah pada patogen cendawan biru *Peronospora tabacina*. Kejadian resistensi ini sangat tidak terduga, karena hasil percobaan yang dilakukan oleh perusahaan fungisida (Staub *et al* 1979 dalam FRAC 2011b) menunjukkan indikasi tingkat risiko yang rendah. Resistensi *P.infestans* berkaitan dengan penggunaan Metalaksil tunggal dan resistensi justru tidak terjadi pada negara-negara yang menggunakan campuran Metalaksil dan Mankozebe. Hal ini menyebabkan produsen segera mencabut produk fungisida berbahan tunggal dan merekomendasikan bahwa campuran *multi site* fungisida sebaiknya digunakan.

Rekomendasi FRAC secara singkat dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Fenilamid hanya digunakan sebagai protektan, bukan untuk aplikasi kuratif atau eradikasi
- Untuk aplikasi pada daun hanya digunakan campuran pra-kemas dengan fungisida pasangannya dengan dosis  $\frac{3}{4}$  dari dosis penuh, tetapi dosis fenilamid tergantung pada aktivitas intrinsik yang penjelasannya oleh masing-masing perusahaan produsen

- Fungisida yang diaplikasikan pada daun tidak boleh digunakan untuk aplikasi pada tanah
- Penyemprotan dibatasi 2-4 kali selama satu musim tanam, dengan interval maksimum 14 hari
- Fenilamid digunakan pada awal musim tanam atau periode pertumbuhan tanaman secara aktif, kemudian beralihlah ke produk non-fenilamid
- Fenilamid tidak boleh digunakan pada produksi benih kentang

Sejak resistensi terhadap Fenilamid pertama kali muncul, beberapa fungisida baru yang aktif untuk Oomycetes telah diperkenalkan, misalnya fungisida Qol, Fluazinam, Dimetomorf, Siazofamid dan Zoksamid, sehingga lebih banyak pilihan untuk program aplikasi diversifikasi. Pada kenyataannya rekomendasi FRAC tidak dapat bertahan lama setelah muncul *P.infestans* pada tanaman kentang hampir di seluruh dunia yang terdeteksi telah resisten. Meskipun demikian, bukti percobaan di lapangan menemukan bahwa pencampuran Fenilamid dan Mankozeb secara berkelanjutan menunjukkan hasil yang lebih baik daripada Mankozeb tunggal (Staub 1994 dalam FRAC 2011b).

Kelompok fungisida seperti Iprodion, Vinklozolin dan Prosimidon telah banyak digunakan sejak pertengahan tahun 1970-an terutama untuk mengendalikan jamur dari genus *Botrytis*, *Sclerotinia* dan *Monilinia*. Fungisida ini awalnya digunakan untuk menggantikan fungisida Benzimidazol yang sudah tidak efektif lagi. Resistensi terhadap Dikarboksimid sering muncul pada kultur di laboratorium, dan setelah sekitar tiga tahun penggunaan intensif, strain yang resisten terdeteksi juga di lapangan. Isolat dari lapangan telah menunjukkan derajat resistensi yang berbeda serta patogenisitasnya cenderung menurun, sementara tingkat resistensi meningkat.

Masalah serangan *Botrytis* sp. pada pertanaman anggur di Eropa mengalami peningkatan sejak tahun 1980-an. Berbagai campuran fungisida tidak mampu mengatasinya, sehingga FRAC membuat rekomendasi sebagai berikut:

- 
- Jangan mengaplikasikan Dikarboksimid lebih dari dua atau tiga kali per musim
  - Aplikasi hanya dilakukan pada saat terjadi serangan Botrytis yang tinggi
  - Melakukan pergiliran fungisida untuk menstabilkan pengendalian Botrytis

### **3) Pengelolaan resistensi terhadap SBIs (*Sterol Biosynthesis Inhibitors*) atau penghambat sintesis Sterol**

SBI merupakan kelompok terbesar fungisida yang terdiri dari 3 bagian berbeda, yaitu : (1) DMIS, penghambat Sterol C14- Dimethylation (misalnya Triazoles, Imidazoles, Fenarimol, Triforine); (2) Amina (jenis Morfoline misalnya Tridemorf, jenis Fenpropimorf misalnya Piperidines, jenis Fenpropidin, misalnya Spiroketalamines dan Spiroksamin); (3) Hidroksianilid (misalnya Fenheksamid). DMIS pertama kali digunakan pada tahun 1970-an, seperti Triforine, Triadimefon dan Imazalil. Sejak saat itu setidaknya lebih dari 30 DMIS telah digunakan dalam bidang pertanian. Pada saat FRAC terbentuk pada tahun 1982, laporan-laporan mengenai resistensi terhadap DMI sangat sedikit. DMI memiliki cara kerja yang spesifik pada target, dan mutan resisten mudah diperoleh oleh perlakuan mutagenik di laboratorium. Namun, mutasi telah mengurangi kekuatan patogenisitas, sehingga perkembangan resistensi praktis dianggap tidak mungkin (Fuchs & Drandarevski 1976 dalam FRAC 2011b).

FRAC membuat rekomendasi mengenai penggunaan fungisida SBI sebagai berikut :

- SBI tunggal hanya diaplikasikan dalam satu musim tanam, untuk mengendalikan patogen utama dalam satu areal dengan tingkat serangan yang tinggi
- Untuk mengendalikan patogen pada tanaman yang membutuhkan beberapa kali aplikasi penyemprotan, misalnya penyakit embun tepung dapat digunakan campuran atau pergiliran dengan

---

menggunakan fungisida jenis lain yang efektif dan tidak bersifat resistensi silang

- Jika pencampuran atau pergantian tidak memungkinkan, SBI dapat digunakan sebagai cadangan jika kondisi pertanaman sudah kritis
- Jika DMI atau Amina mengalami penurunan kinerja dan menjadi kurang sensitif terhadap patogen, SBI dapat digunakan dengan pencampuran atau pergantian menggunakan fungisida yang efektif dan tidak bersifat resistensi silang
- Penggunaan fungisida jenis lain sebagai pengganti dengan *mode of action* yang berbeda harus dimaksimalkan
- Gunakan fungisida sesuai dengan rekomendasi pada label kemasan, dan jangan mengurangi atau melebihi dosis
- Gunakan tindakan lain seperti penggunaan varietas tahan, praktek agronomi yang benar, dan menjaga kebersihan sekitar pertanaman

#### 4) Pengelolaan resistensi terhadap Anilinopirimidin

Fungisida ini meliputi jenis Siprodinil, Pirimetanil dan Mepanipirim. FRAC memfokuskan untuk merekomendasikan pengelolaan resistensi dalam mengendalikan *Botrytis cinerea* dan *Venturia inaequalis* pada apel, yang merupakan patogen dengan risiko resistensi tinggi dan juga merupakan patogen target yang komersialisasi pengendaliannya dengan fungisida jenis ini.

Strain resisten dari kedua patogen ini ditemukan pada kebun apel dan kebun anggur. Patogen ini bersifat resisten silang terhadap semua fungisida jenis Anilinopirimidin, tetapi tidak pada fungisida dari kelompok lain. Resistensinya ditemukan dalam frekuensi rendah dan kinerja Anilinopirimidin yang berkelanjutan dipantau menjadi lebih baik selama dua belas tahun penggunaan secara komersial.

#### 5) Pengelolaan resistensi terhadap Qols (*Quinone outside Inhibitors*, “strobilurins” /Penghambat keluarnya quinon “strobilurins”)

Fungisida kelompok ini terdiri dari 12 jenis fungisida, tetapi masih

dalam kelompok senyawa kimia yang berhubungan (misalnya Metoksiakrilat, Oksimino asetat) yang memiliki kinerja anti jamur, yaitu dengan menghambat transfer elektron di Qo site pada kompleks III mitokondria. Fungisida ini diperkenalkan sepuluh tahun yang lalu, dan telah banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai patogen.

Rekomendasi FRAC dalam penggunaan fungisida QoI adalah sebagai berikut :

- Aplikasikan fungisida QoI sesuai dengan rekomendasi pada label kemasan pabrik
- Batasi jumlah aplikasi total, baik pada pengaplikasian tunggal maupun pada pencampuran dengan fungisida lain
- Lakukan pergantian dengan fungisida selain QoI, baik secara tunggal maupun pencampuran dengan fungisida lain yang efektif dan non-resistensi silang kelompok lain.

#### **6) Pengelolaan resistensi terhadap CAAs (*Karboxylic Acid Amides/ Amida Asam Karboksilat*)**

FRAC dibentuk untuk memperkenalkan pengelolaan resistensi terhadap fungisida *Karboxylic Acid Amides* (CAA) / Amida Asam Karboksilat. Saat ini produk CAA yang sudah dikomersilkan antara lain Dimetomorf, Flumorf, Bentiavalikarb, Iprovalikarb dan Mandipropamid. Fungisida-fungisida tersebut memiliki cara kerja yang umum dan dikhususkan untuk mengendalikan jamur dari golongan Oomycetes. Tidak lama setelah fungisida CAA (Dimetomorf) diperkenalkan pada tahun 1993, fungisida tersebut direkomendasikan untuk dikombinasikan dengan fungisida lain yang memiliki cara kerja *multisite*. Ternyata hasilnya tidak berpengaruh nyata dalam menekan populasi *Plasmopara viticola* pada kebun-kebun anggur di Prancis dan Jerman. Keadaan ini mengindikasikan bahwa *Plasmopara viticola* telah resisten terhadap CAA.

CAA merupakan jenis fungisida yang memiliki risiko resistensi tinggi, sehingga diperlukan pedoman dalam penggunaannya secara bijak. Rekomendasi FRAC adalah sebagai berikut :

- Aplikasi tidak lebih dari 4 jenis fungisida CAA
- Aplikasi selalu dikombinasikan dengan fungisida *multisite* atau fungisida lain yang tidak berpotensi menimbulkan resistensi silang.

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
M1	Inorganik	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M2	Inorganik	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M3	Ditio-Karbamat	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M4	Ftalimid	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
M5	Kloronitrit (Ftalonitrit)	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M6	Sulfamid	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M7	Guanidin	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
M8	Triazin	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
M9	Quinon (Antraquinon)	Kontak pada banyak target	Terjadi aktivitas kontak bahan aktif fungisida pada banyak target.	Umumnya dianggap sebagai kelompok fungisida dengan risiko rendah tanpa ada tanda-tanda resistensi. Tidak ada resistensi silang antara anggota kelompok M1 sampai M9.
1	Benzimidazol	Menggangu mitosis dan pembelahan sel	Fase mitosis ( $\beta$ -tubulin)	Resistensi pada beberapa spesies jamur. Beberapa mutasi target, sebagian besar pada gen E198A/G/K, F200Y di $\beta$ -tubulin gen. Mempunyai resistensi silang antara kelompok yang sama, tetapi tidak memiliki resistensi silang pada N-Fenil Karbamat Memiliki risiko tinggi
	Tiofanat			
2	Dikarboksimid	Menggangu signal transduksi enzim	Transduksi sinyal	Resistensi umumnya pada spesies cendawan Botrytis dan beberapa patogen lainnya. Resistensi silang umumnya antara anggota kelompok. Memiliki risiko sedang sampai tinggi.

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
3	Piperazin	Menggangu sterol biosintesis pada membran	Biosintesis sterol di membran (demetilase)	Ada perbedaan besar dalam spektrum aktivitas fungisida. Resistensi diketahui pada beberapa spesies cendawan. Beberapa mekanisme resistensi yang diketahui meliputi target mutasi pada gen <i>cyp51</i> (ERG 11), misalnya V136A, Y137F, A379G, I381V; <i>cyp51</i> promotor, transporter ABC dan lain-lain. Resistensi silang antara fungisida kelompok ini aktif terhadap jamur yang sama. Fungisida DMI adalah inhibitor biosintesis sterol, tetapi tidak menunjukkan resistensi silang untuk kelas inhibitor lainnya. Memiliki risiko sedang.
	Piridin			
	Pirimidin			
	Imidazol			
	Triazol			
4	Asillalani	Menggangu sintesis asam nukleat	Sintesis asam nukleus (RNA polimerase)	Perlawanan dan resistensi silang diketahui di berbagai jenis cendawan Oomycetes tetapi belum diketahui mekanismenya. Memiliki risiko tinggi.
	Oksazolidinon			
	Butirolakton			

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
5	Morfolin	Menggangu sterol biosintesis pada membran	Sintesis membran dan Lipid (fosfolipid biosintesis)	Menyebabkan penurunan sensitivitas pada cendawan embun tepung. Resistensi silang dalam kelompok umumnya ditemukan tetapi tidak untuk kelompok Inhibitor Biosintesis Sterol lainnya. Berisiko sedang sampai rendah.
	Piperidin			
	Spiroketal-amin			
6	Fosforo-tiolat	Menggangu sintesis membran dan lipid	Sintesis membran dan lipid ( fosfolipid biosintesis)	Resistensi diketahui pada jenis jamur spesifik, berisiko rendah hingga sedang. Pengelolaan resistensi diperlukan jika digunakan untuk patogen berisiko resistensi.
	Ditiolan			
7	Fenil-benzamid	Menggangu proses respirasi	Respirasi (Kompleks II NADH suksinat dehidrogenase)	Resistensi diketahui pada spesies jamur di beberapa populasi mutan pada lapangan dan laboratorium. Target mutasi pada gen SDH, misalnya H / Y (atau H / L) 257, 267, 272 atau P225L, tergantung pada spesies jamur. Berisiko rendah hingga sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi.
	Piridinil-etil-benzamid			
	Furan- karboksamid			
	Oksatin- karboksamid			
	Tiazol- karboksamid			
	Pirazol- karboksamid			
	Piridin- karboksamid			

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
8	Hidroksi- (2-amino-) pirimidin	Mengganggu sintesis asam nukleat	Sintesis asam nukleus (RNA polimerase)	Resistensi silang diketahui pada cendawan embun tepung, Memiliki risiko sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi pestisida.
9	Anilino-pirimidin	Mengganggu sintesis asam amino dan protein	Sintesis asam amino dan protein (biosintesis metionin)	Resistensi diketahui pada spesies <i>Botrytis</i> dan <i>Venturia</i> , secara sporadis. Berisiko sedang,
10	N-Fenil Karbamat	Mengganggu mitosis dan pembelahan sel	Fase mitosis ( $\beta$ -tubulin)	Resistensi diketahui pada mutasi gen target E198K. Tidak memiliki resistensi silang terhadap Benzimidazol. Berisiko tinggi dan diperlukan pengelolaan resistensi.
11	Metoksi-akrilat	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (Kompleks III sitokrom bc1) pada Qo site	Resistensi diketahui pada berbagai spesies jamur, target mutasi pada gen b CYT (G143A, F129L). Resistensi silang ditunjukkan antara semua anggota kelompok QoI. Berisiko tinggi,
	Metoksi-karbamat			
	Oksimino asetat			
	Oksimino-asetamid			
	Oksazolidin-dion			
	Dihidro-dioksazin			
	Imidazolinon			
	Benzyi-karbamat			

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
12	Fenilpirol	Mengganggu signal transduksi enzim	Transduksi sinyal	Resistensi secara sporadis ditemukan, berisiko rendah hingga sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi.
13	Ariloksiquinolin	Mengganggu sinyal transduksi enzim	Transduksi sinyal	Resistensi diketahui terhadap quinoksifen. Berisiko sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi. Resistensi silang ditemukan pada spesies <i>Erysiphe (Uncinula) necator</i> , tapi tidak pada <i>Blumeria graminis</i> .
	Quinazolinon			
14	Aromatik hidrokarbon	Mengganggu sintesis membran dan lipid	Sintesis membran dan lipid (lipid peroksidase)	Resistensi diketahui pada eberapa spesies jamur. Berisiko rendah hingga sedang. Memiliki pola resistansi silang kompleks karena spektrum aktivitas yang berbeda.
	1,2,4-tiadiazol			

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
16.1	Isobenzo-furanon	Menggangu sintesis melanin di dinding sel	Sintesis melanin di dinding sel (reduktase)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi tetap perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
	Pirrol-quinolinon			
	Triazolobenzotiazol			
16.2	Sikopropan-karboksamid	Menggangu sintesis melanin di dinding sel	Sintesis melanin di dinding sel (dehidratase)	Mekanisme resistensi diketahui, dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi
	Karboksamid			
	Propionamid			
17	Hidroksianilid	Menggangu sterol biosintesis pada membran	Sintesis membran dan lipid (biosintesis fosfolipid)	Tetap diperlukan pengelolaan resistensi walaupun berisiko rendah hingga sedang.
18	Tiokarbamat	Menggangu sterol biosintesis pada membran	Sintesis membran dan lipid (biosintesis fosfolipid)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, dan hanya pada aktivitas fungisida dan herbisida, umumnya hanya untuk fungisida yang dipakai pada dunia medis.
	Allilamin			

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
19	Peptidil pirimidin nukleosid	Mengganggu biosintesis dinding sel	Biosintesis dinding sel (sintesis kitin)	Mekanisme resistensi diketahui, dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
20	Fenilurea	Mengganggu mitosis dan pembelahan sel	Mitosis	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi tetap perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
21	Siano- imidazol	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (Kompleks III sitokrom bc1) pada Qi site	Risiko resistensi tidak diketahui, tetapi diasumsikan berisiko sedang hingga tinggi (terjadi mutasi di target yang dikenal dalam organisme model). Diperlukan pengelolaan resistensi
	Sulfamoil-triazol			
22	Toluamid	Mengganggu mitosis dan pembelahan sel	Fase mitosis ( $\beta$ -tubulin)	Berisiko rendah hingga sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi
23	Antibiotik Asam Enopiranuronik	Mengganggu sintesis asam amino dan protein	Sintesis asam amino dan protein	Berisiko rendah hingga sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
24	Antibiotik Heksopiranosil	Mengganggu sintesa asam amino dan protein	Sintesis asam amino dan protein	Resistensi dikenal pada jenis jamur dan bakteri patogen ( <i>P. glumae</i> ). Berisiko sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi.
25	Antibiotik Glukopiranosil	Mengganggu sintesis asam amino dan protein	Sintesis asam amino dan protein	Mekanisme resistensi diketahui pada bakterisida, berisiko tinggi dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi
26	Antibiotik Glukopiranosil	Mengganggu biosintesis dinding sel	Biosintesis dinding sel (trehalase dan biosintesis inositol)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
27	Sianoasetamid – Oksim		Belum diketahui	
28	Karbamat	Mengganggu sintesis membran dan lipid	Sintesis membran dan lipid (Permeabilitas sel membran dan asam lemak)	Mekanisme resistensi diketahui, berisiko rendah hingga sedang dan tinggi dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
29	Dinitrofenil krotonat	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (fosforilasi oksidatif)	Mekanisme resistensi diketahui, berisiko rendah hingga sedang dan tinggi dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi
	2,6-Dinitro- Anilin			
	Pirimidinon hidrazon			
30	Senyawa Tri Fenil tin	Mengganggu proses respirasi	Penghambat fosforilasi oksidatif dalam pembentukan ATP	Mekanisme resistensi diketahui, berisiko rendah hingga sedang dan tinggi dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi
31	Asam Karboksilik	Mengganggu sintesis asam nukleat	Sintesis asam nukleus (DNA topoisomerase)	Mekanisme resistensi diketahui pada bakterisida, tetapi tidak diketahui pada fungisida. Perlu dilakukan pengelolaan resistensi
32	Isoksazol	Mengganggu sintesis asam nukleat	Sintesis asam nukleus (sintesis DNA/RNA)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
	Isotiazolon			
33	Etil Fosfonat	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
34	Asam Ftalamik	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
35	Benzotriazin	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
36	Benzen- sulfonamid	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui

**Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)**

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
37	Piridazinon	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
38	Tiofen karboksamid	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (menghambat pembentukan ATP)	Dilaporkan telah mengalami resistensi namun berisiko rendah.
39	Pirimidinamin	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (kompleks I NADH Oksido reduktase)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi tetap perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
40	Asam Sinnamik amid	Mengganggu biosintesis dinding sel	Biosintesis dinding sel (sintesis selulosa)	Resistensi diketahui pada <i>Plasmopara viticola</i> tapi tidak pada <i>Phytophthora infestans</i> . Resistensi silang antara semua anggota kelompok CAA. Berisiko rendah hingga sedang, Rendah untuk berisiko menengah.
	Valinamid karbamat			
	Asam Mandelik amid			
41	Antibiotik Tetrasiklin	Mengganggu sintesis asam amino dan protein	Sintesis asam amino dan protein	Mekanisme resistensi diketahui pada bakterisida, berisiko tinggi dan perlu dilakukan pengelolaan resistensi

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
42	Tiokarbamat	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
43	Piridinilmetil benzamid	Mengganggu mitosis dan pembelahan sel	Fase mitosis (delokalisasi spektrin)	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi tetap perlu dilakukan pengelolaan resistensi
44	<i>Bacillus subtilis</i> dan produksi lipopetida yang dihasilkan oleh fungisida	Mengganggu sintesis membran dan lipid	Perusak sel membran patogen	Tidak ada laporan mengenai resistensi. Dianggap berisiko rendah, berdasarkan cara mengganggu pada bagian membran yang tidak spesifik.
45	Triazolo-pirimidilamin	Mengganggu proses respirasi	Respirasi (kompleks III sitokrom bc1) pada Qx (unknown) site	Resiko resistensi diasumsikan dari sedang hingga tinggi untuk inhibitor target tunggal, dan diperlukan pengelolaan resistensi
P	Benzo-tiadiazol	Induksi pertahanan tanaman inang	Induksi pertahanan tanaman inang	Mekanisme resistensi tidak diketahui, tetapi tetap perlu dilakukan pengelolaan resistensi.
	BTH			
	Benzisotiazol			
	Tiadiazol-karboksamid			

Tabel 2. Klasifikasi dan deskripsi fungisida berdasarkan *mode of action* menurut FRAC (lanjutan)

Kode	Golongan	Sasaran	Cara kerja	Deskripsi
U5	Etilamino-tiazol karboksamid	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
U6	Fenill-asetamid	Belum diketahui	Belum diketahui	Resistensi diketahui pada Sphaerotheca, diperlukan pengelolaan resistensi.
U8	Benzofenon	Belum diketahui	Belum diketahui	Resistensi terdeteksi pada isolat yang kurang sensitif pada embun tepung gandum. Berisiko sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi.
	Benzoilpiridin			
U12	Guanidin	Belum diketahui	Belum diketahui	Resistensi diketahui pada Venturia inaequalis, berisiko rendah hingga sedang dan diperlukan pengelolaan resistensi.
U13	Siano-metilen-tiazolidin	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui
NC	Diverse	Belum diketahui	Belum diketahui	Belum diketahui

---

### 3.2. Cara Kerja (*mode of action*) Herbisida

Petani, konsultan, dan peneliti perlu mengetahui herbisida yang paling cocok untuk mengendalikan gulma tertentu. Untuk mendukung penggunaan herbisida yang cocok dalam pengelolaan resistensi maka klasifikasi herbisida perlu dilakukan.

Herbisida diklasifikasikan menurut abjad berdasarkan sasarannya, *mode of action*, kesamaan gejala induksi atau kelas bahan kimianya. Jika kelompok herbisida yang berbeda namun memiliki target sasaran yang sama maka hanya satu huruf yang digunakan atau dikelompokkan pada satu kelas.

Sebagai contoh pada proses mekanisme penghambatan fotosintesis terdapat pada subkelas C1, C2, C3 dan D1 menunjukkan perilaku mengikat yang berbeda dan target sasaran yang berbeda. Sedangkan peluruhan protein dapat disebabkan oleh mekanisme yang berbeda pada masing-masing kelas, dengan demikian dibagi pada subkelompok F1, F2 dan F3. Mekanisme penghambatan pertumbuhan dikelompokkan pada subgrup K1, K2 dan K3. Herbisida dengan target sasaran yang tidak dikenal diklasifikasikan dalam kelas Z sebagai kelompok "tidak diketahui".

#### 3.2.1. Klasifikasi herbisida berdasarkan cara kerja

Tujuan HRAC adalah untuk membuat klasifikasi yang seragam terhadap cara kerja herbisida yang ada di banyak negara. Sistem klasifikasi dapat berguna untuk banyak kasus, tetapi ada kasus di mana gulma menunjukkan resistensi di beberapa kelompok yang terdaftar. Sistem itu sendiri tidak didasarkan pada penilaian risiko resistensi tetapi dapat digunakan oleh petani atau pengguna sebagai alat untuk memilih herbisida di lokasi yang berbeda berdasarkan pengelompokan herbisida tersebut, sehingga campuran atau rotasi bahan aktif dapat direncanakan untuk meminimalisir resistensi gulma terhadap herbisida.

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
A	Penghambat daya kerja enzim ACCase	Ariloksipenoksi-propionat 'FOPs'	Klodinafop-propargil Butil sihalofop Metil diklofop Fenoksaprop-P-Etil	Fluazifop-P-Butil Haloksifop-R-Metil Propaquizafop Quizalofop-P-Etil
		Sikloheksanedion 'DIMS'	Alloksidim Butroksidim Kletodim Siklosidim	Profoksidim Setoksidim Tepraloksidim Tralkoksidim
		Penilpirazolin 'DEN'	Pinoksaden	

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
B	Penghambat daya kerja Enzim Asetolaktat sintase ALS (Asetohidroksiasid sintase AHAS)	Sulfonilurea	Amidosulfuron Azimsulfuron Bensulfuron-metil Klorimuron-Etil Klorsulfuron Sinosulfuron Siklosulfamuron Etametsulfuron-metil Etoksisulfuron Flazasulfuron Flupirsulfuron-metil-Na Foramsulfuron Halosulfuron-metil Imazosulfuron Iodosulfuron	Mesosulfuron Metsulfuron-metil Nikosulfuron Oksasulfuron Primisulfuron-metil Prosulfuron Pirazosulfuron-etil Rimsulfuron Sulfometuron-metil Sulfosulfuron Tifensulfuron-metil Triasulfuron Tribenuron-metil Trifloksisulfuron Triflusulfuron-metil Tritosulfuron
		Imidazolinon	Imazapik Imazametabenz-metil Imazamoks	Imazapir Imazaquin Imazetapir

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
B	Penghambat daya kerja Enzim Asetolaktat sintase ALS (Asetohidroksiasid sintase AHAS)	Triazolopirimidin	Kloransulam-metil Diklosulam Florasulam	Flumetsulam Metosulam Penoksulam
		Pirimidinil(tio)benzoat	Bispiribak-Na Piribenzoksिम Piriftalid	Piritiobak-Na Piriminobak-metil
		Sulfonilaminokarbonil-Triazolinon	Flukarbazon-Na	Propoksikarbazon-Na
C1	Menghambat fotosintesis pada fotosistem II	Triazin	Ametrin Atrazin Sianazin Desmetrin Dimetametrin Prometon Prometrin	Propazin Simazin Simetrin Terbumeton Terbutilazin Terbutrin Trietazin
		Triazinon		Heksazinon Metamitrin Metribuzin
		Triazolinon		Amikarbazon

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
C1	Menghambat fotosintesis pada fotosistem II	Urasil	Bromasil Lenasil Terbasil	
		Piridazinon	Pirazon = Kloridazon	
		Penil-karbamat	Desmedipam	Phenmedipam
C2	Menghambat fotosintesis pada fotosistem II	Urea	<i>Klorobromuron</i> Klorotoluron <i>Kloroksuron</i> Dimetufuron Diuron Etidimuron Fenuron Fluometuron Isoproturon	Isouron Linuron Metabenzthiazuron Metobromuron Metoksuron Monolinuron Neburon Siduron Tebutiuron
		Amid	Propanil	Pentanoklor

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
C3	Menghambat fotosintesis pada fotosistem II	Nitril	Bromofenoksim Bromoksinil Looksinil	
		Benzotiadiazinon	Bentazon	
		Fenil-piridazin	Piridat	Piridafol
D	Mengalihkan aliran elektron pada fotosistem	Bipiridilium	Dikuat	Parakuat
E	Menghambat protoporfirinogen oksidase (PPO)	Dipenileter	Asifluorfen-Na Bifenoks Klometoksifen Fluoroglykofen-Etil	Fomesafen Halosafen Lactofen Oksifluorfen
		Fenilpirazol	Fluazolat	Piraflufen-Etil

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif
E	Menghambat protoporphirinogen oksidase (PPO)	N-fenilftalimid	Sinidon-etil Flumioksazin Flumiklorak-Pentil
		Tiadiazol	Flutiaset-metil
		Oksadiazol	Oksadiazon
		Triazolinon	Azafenidin Carfentrazon-Etil Sulfentrazon
		Oksazolidindion	Pentoksazon
		Pirimidindion	Benzfendizon
		Lainnya	Profluazol Piraklonil Flufenpir-etil

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
F1	Penghambatan biosintesis karotenoid pada langkah desaturase Fitoen (PDS) (pemutihan daun)	Piridazinon	Norflurazon	
		Piridinkarboksamid	Diflufenikan	
		Lainnya	Beflubutamid Fluridon	
F2	Penghambatan biosintesis karotenoid pada sasaran yang belum diketahui (pemutihan daun)	Triazol	Amitrol (menghambatan likopin silase)	
		Isoksazolidinon	Klomazon	
		Urea	Fluometuron	
		Difenileter	Aklonifen	
G	Menghambat sintesis Enzim EPSP	Glisin	Glifosat	G
H	Menghambat sintesis glutamin	Asam Fosfinik	Glufosinat-amonium	H
I	Menghambat sintesis dihidropteroat	Karbamat	Asulam	

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
K1	Menghambat perakitan mikrotubulus	Dinitroanilin	Benefin = benfluralin Butralin Dinitramin	Etalfluralin Oryzalin Pendimetalin Trifluralin
		Fosforoamidat	Amipropos-metil	Butamipos
		Piridin	Ditiopir	Tiazopir
		Benzamid	Propizamid = pronamid	Tebutam
		Asam Benzoik	DCPA = Klortal-dimetil	
K2	Menghambat proses pembentukan mikrotubulus dan mitosis	Karbamat	Klorpropam Propam Karbetamid	

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
K3	Menghambat pembelahan sel	Kloroasetamid	Asetoklor Alaklor Butaklor Dimetaklor Dimetanamid Metazaklor	Metolaklor Petoksamid Pretilaklor Propaklor Propisoklor Tenilklor
		Asetamid	Dipenamid Napropamid Naproanilid	
		Oksiasetamid	Flufenaset	Mefenaset
		Tetrazolinon	Fentrazamid	
		Lainnya	Anilofos Kafenstrol Piperofos	

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
L	Menghambat pembentukan dinding sel (sintesis selulosa)	Nitrile	Diklobenil	Klortiamid
		Benzamid	Isoksaben	
		Triazolokarboksamid	Flupoksam	
		Quinolin karboksilik	Asam kuinklorak (untuk monokotil)	
M	Gangguan pemasangan membran sel	Dinitrofenol	DNOC Dinoseb Dinoterb	
N	Menghambat sintesis lemak	Tiokarbamat	Butilat Sikloat Dimepiperat Eptc Esprokarb Molinat Orbenkarb	Pebulat Prosulfokarb Tiobenkarb = Bentiokarb Tiokarbazil Triallat Vernolat
		Fosforoditioat	Bensulid	
		Benzofuran	Benfuresat	Etofumesat
		Asam Kloro-Karbonik	TCA Dalapon Flupropanat	

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
O	Bereaksi seperti asam indol asetat (sintetik Auksin)	Asam Fenoksi-karboksilik	Klomeprop 2,4-D 2,4-DB 2,4-DP = Diklorprop	MCPA MCPB Mekoprop = MCPP = CMPP
		Asam Benzoik	Kloramben Dikamba TBA	
		Asam Piridin karboksilik	Klopiralid Fluroksipir	Pikloram Triklampir
		Asam Quinolin karboksilik	Quinklorak	Quinmerak
		Lainnya	Benazolin-etil	
P	Menghambat peredaran auksin	Ptalamat Semikarbazon	Naptalam	Diflufenzopir-Na

Tabel 3. Klasifikasi dan deskripsi herbisida berdasarkan *mode of action* menurut HRAC (lanjutan)

Kode	Cara kerja	Golongan	Nama bahan aktif	
Z	Tidak diketahui Catatan: Sementara ini sasaran herbisida di Grup Z tidak diketahui.  Ada kemungkinan bahwa grup ini berbeda target sarannya, baik di antara anggota kelompok ini sendiri maupun kelompok lain.	Asam Arilaminopropionik	Flamprop-M-metil /-isopropil	
		Pirazolium	Difenzoquat	
		Organoarsenikal	DSMA	MSMA
		Lainnya	Bromobutide (Kloro)-flurenol  Sinmetilin  Kumiluron  Dazomet  Dimron = Dimron metil  Dimuron= Daimuron metil	Etobenzanid  Fosamin  Indanofan  Metam  Oksaziklomefon  Asam Oleik  Asam Pelargonik  Piributikarb

## IV. PERANGKAT LUNAK PENCARI PESTISIDA PERTANIAN DAN KEHUTANAN

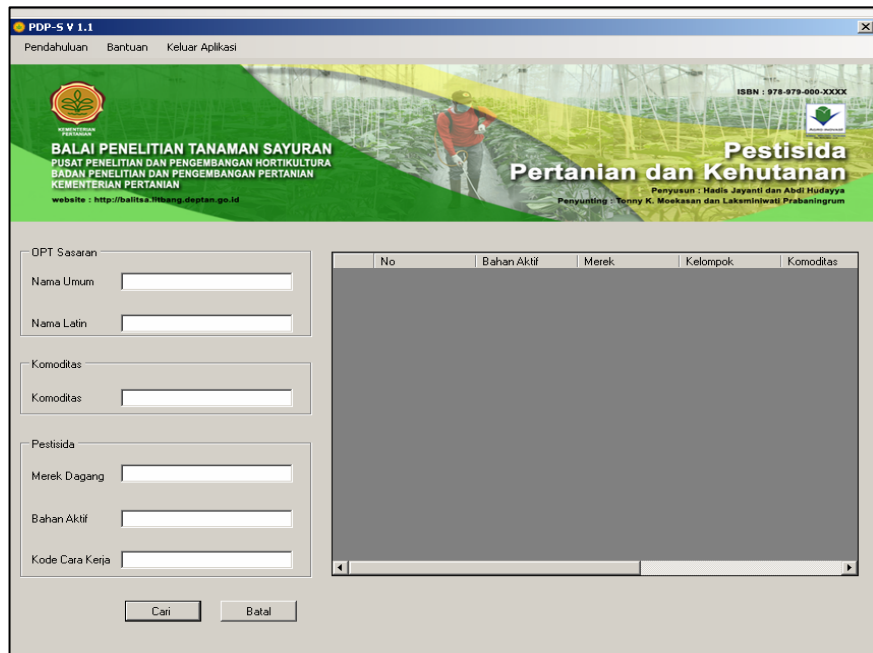
Daftar pestisida pertanian dan kehutanan yang beredar di Indonesia diterbitkan oleh Direktorat Pupuk dan Pestisida, Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian. Peredaran buku tersebut sangat terbatas, sehingga menyulitkan bagi petani, praktisi pertanian, dan masyarakat umum untuk mendapatkan informasi mengenai jenis pestisida untuk mengendalikan OPT yang terdaftar dan diijinkan. Untuk mengatasi hal tersebut, Balai Penelitian Tanaman Sayuran telah membuat perangkat lunak Pencari Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Perangkat lunak tersebut dibuat menggunakan program *Microsoft.net Framework* yang diberi nama ***Perangkat Lunak Pencari Pestisida Pertanian dan Kehutanan Versi 1.1.***

Perangkat lunak (*software*) Pencari Pestisida adalah program aplikasi Pencari Pestisida Pertanian dan Kehutanan yang direkomendasikan oleh Komisi Pestisida, Kementerian Pertanian. Perangkat lunak ini dapat dipasang pada semua komputer yang menggunakan sistem operasi Windows XP SP 3 32 bit, Windows 7 32 bit. *Database* daftar pestisida yang terdapat pada perangkat lunak ini diperoleh dari Buku Pestisida Pertanian dan Kehutanan yang diterbitkan oleh Direktorat Pupuk dan Pestisida, Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian. Oleh karena itu database daftar pestisida tersebut akan kami perbarui setiap tahun dan pengguna dapat memperbaruinya dengan cara mengunduh di *website* Balitsa dengan alamat <http://www.balitsa.litbang.deptan.go.id>. Dengan menggunakan program ini, dapat dengan mudah mencari jenis pestisida berdasarkan jenis OPT yang menyerang, atau berdasarkan nama bahan aktif dari pestisida tersebut. Selain itu, dengan menggunakan program ini dapat mengetahui kode cara kerja pestisida tersebut, sehingga memudahkan untuk melakukan pergiliran penggunaan pestisida seperti

yang direkomendasikan oleh IRAC (*Insecticide Resistance Action Committee*), FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) dan HRAC (*Herbicide Resistance Action Committee*).

Tahapan penggunaan perangkat lunak tersebut adalah sebagai berikut : pada menu awal tampilan (Gambar 1) akan muncul 3 (tiga) pilihan menu utama, yaitu :

- **Menu OPT Sasaran**, yang terdiri atas 2 (dua) submenu, yaitu **Nama Umum** dan **Nama Latin**. Pada salah satu submenu tersebut tuliskan nama umum OPT atau nama latin OPT yang akan dicari



Gambar 1. Tampilan awal menu perangkat lunak pencari pestisida pertanian dan kehutanan

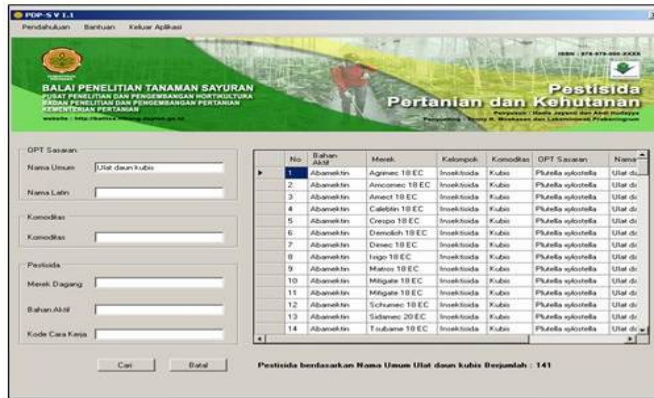
- **Menu Komoditas**, yang terdiri atas satu submenu, yaitu **Komoditas**. Pada submenu ini tuliskan nama komoditas yang akan dicari
- **Menu Pestisida**, yang terdiri atas 3 (tiga) submenu, yaitu **Merk Dagang**, **Bahan Aktif**, dan **Kode Cara Kerja**. Pada salah satu submenu tersebut tuliskan merek dagang pestisida, atau bahan aktif pestisida atau kode cara kerja pestisida yang akan dicari
- Anda tidak perlu mengisi semua kolom isian pada submenu tersebut. Cukup mengisi salah satu kolom submenu tersebut dengan apa yang ingin anda cari
- Setelah menuliskan apa yang akan dicari

Di bawah ini disajikan contoh untuk mencari “jenis pestisida untuk mengendalikan ulat daun kubis”.

- Tuliskan pada submenu Nama Umum di menu OPT Sasaran **Ulat daun kubis** (Gambar 2). Selanjutnya tekan tombol **cari**, maka akan muncul hasil pencarian jenis pestisida untuk mengendalikan hama tersebut seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.

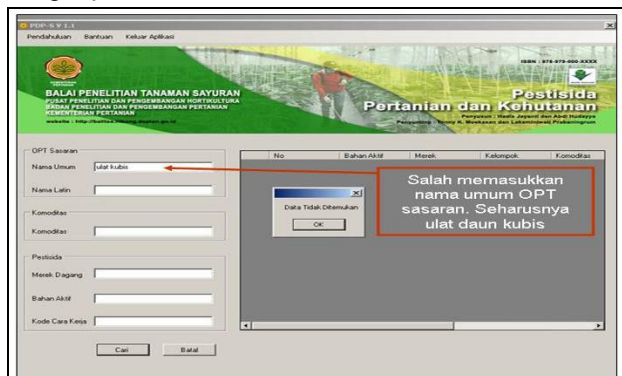


Gambar 2. Tampilan mencari pestisida untuk Ulat daun kubis



Gambar 3. Tampilan hasil pencarian jenis pestisida untuk mengendalikan Ulat daun kubis

Jika anda salah menuliskan nama umum atau ejaannya, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4. Oleh karena itu penulisan nama OPT (nama umum maupun nama latin) nama komoditas, atau pestisida (merek dagang, nama bahan aktif atau kode cara kerja) harus benar dan lengkap.



Gambar 4. Tampilan data tidak ditemukan karena salah ejaan, salah menulis, atau menulis input yang tidak lengkap

## V. PENUTUP

Dalam praktik budidaya tanaman sayuran, petani pada umumnya masih mengandalkan pestisida untuk menyelamatkan hasil panennya dari serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) atau hama dan penyakit. Pestisida telah dianggap sebagai jaminan keberhasilan usahatani. Sementara, pengetahuan petani tentang pestisida masih sangat terbatas. Di lapangan masih banyak sekali kekeliruan yang dilakukan oleh petani dalam penggunaan pestisida, salah satunya adalah memilih jenis pestisida yang tepat sesuai dengan jenis OPT yang menyerang. Selain pemilihan pestisida yang sesuai dengan OPT sasaran, pestisida yang digunakan juga harus terdaftar dan diijinkan oleh Komisi Pestisida, Kementerian Pertanian, Republik Indonesia. Untuk mendapatkan informasi tersebut dapat diperoleh dari Buku Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan yang diterbitkan oleh Pusat Perijinan dan Investasi, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Namun, peredaran buku tersebut masih sangat terbatas.

Dengan diterbitkannya perangkat lunak untuk mencari jenis pestisida secara cepat, maka pencarian jenis pestisida yang tepat akan jauh lebih mudah. Selain itu dengan diketahuinya kode cara kerja dari pestisida tersebut akan memudahkan para pengguna/ petani untuk melakukan pergiliran penggunaan pestisida dalam upaya pengelolaan resistensi OPT terhadap pestisida yang digunakan. Dengan demikian, dampak negatif penggunaan pestisida seperti timbulnya OPT yang resisten terhadap pestisida dapat dihambat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Batubara, R, 2002, *Fisiologi Serangga Hutan (Sistem Pencernaan Serangga)*, diunduh 13 September 2011, <[www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1016/1/hutan-ridwanti2.pdf](http://www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1016/1/hutan-ridwanti2.pdf)>.
- Badan Pusat Statistik (BPS) 2006, *Pestisida Nasional*, diunduh 9 September 2011, <[www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)>.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura (Ditlinhorti) 2004, *Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Hortikultura*, diunduh 9 September 2011, <<http://www.litbang.deptan.go.id>>.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida 2011, *Pedoman Pembinaan Penggunaan Pestisida*, diunduh 9 September 2011, <[www.promedia.co.id/ppvtp/downlot.php?file=Pembinaan.Pestisida.pdf](http://www.promedia.co.id/ppvtp/downlot.php?file=Pembinaan.Pestisida.pdf)>.
- FRAC 2011 a, *FRAC Code List : Fungicides Sorted by MoA*, diunduh 12 Juli 2011, <<http://www.frac.info/frac/index.htm>>.
- FRAC 2011 b, *Fungicide Resistance in Crop Pathogens: How Can it be Managed?*, diunduh 12 Juli 2011, <<http://www.frac.info/frac/publication/publication.htm>>.
- FRAC 2011 c, *Fungicide Resistance: The Assessment of Risk*, diunduh 12 Juli 2011, <<http://www.frac.info/frac/index.htm>>.
- Georgiou, G.P & Taylor, C.E 1986, *Factors Influencing the Evolution of Resistance. Hal 157-169. Committee on Strategies for the Management of Pesticide Resistant Pest Populations. National*

Academy Press, Washington, D.C, diunduh 9 September 2011, <[www.whalonlab.msu.edu/Newsletter/pdf/19.2.pdf](http://www.whalonlab.msu.edu/Newsletter/pdf/19.2.pdf)>.

Gigih 2011, *Pestisida*, diunduh 7 September 2011, <<http://pejuang-pangan.blogspot.com/2011/07/pestisida-bagian-2.html>>.

Herawaty & Nadhira, A 2009, *Kajian Penggunaan Pestisida Oleh Petani Pemakai Serta Informasi Dari Berbagai Stakeholder Terkait Di Kabupaten Karo Sumatera Utara*, diunduh 9 September 2011, <[www.info.stppmedan.ac.id/pdf/jurnalhera1.pdf](http://www.info.stppmedan.ac.id/pdf/jurnalhera1.pdf)>.

HRAC 2012, *Classification of Herbicides According to Site of Action*, diunduh 15 Desember 2012, <<http://www.hracglobal.com/>>.

IRAC 2011, *IRAC MoA Classification Scheme*, diunduh 12 Juli 2011, <<http://www.irac-online.org/mode-of-action/updated-irac-moa-classification-v7-1-now-published/>>.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2012, *Pestisida Pertanian dan Kehutanan Tahun 2012*, Pusat Perizinan dan Investasi, Sekretariat Jenderal, Jakarta.

Media Data Riset 2011, *Daftar Peraturan Pestisida*, diunduh 9 September 2011, < [www.mediadata.co.id](http://www.mediadata.co.id)>.

Untung, K 2007, *Pengelolaan Resistensi Pestisida Sebagai Penerapan Pengelolaan Hama Terpadu*, diunduh 9 September 2011, <<http://kasumbogo.staff.ugm.ac.id/?satoewarna=index&winoto=base&action=listmenu&skins=1&id=127&tk=2>>.

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
1	1 A (Karbamat)	Alankarb, Aldikarb, Bendiokarb, Benfurakarb, Butokarboksim, Butoksikarboksim, Karbaril, Karbofuran, Karbosulfan, Etiofenkarb, Fenobukarb, Formetanat, Furatiokarb, Isoprokarb, Metiokarb, Metomil, Metolkarb, Oksamil, Pirimikarb, Propoksur, Tiodikarb, Tiofanoks, Triazamat, Trimetakarb, XMC, Silikarb.
	1 B (Organofosfat)	Asefat, Azametifos, Azinfos-etil, Azinfosmetil, Kadusafos, Koretoksifos, Klorfenvinfos, Klormefos, Klorpirifos, Klorpirifos-metil, Koumafos, Sianofos, Demeton-S-metil, Diazinon, Diklorfos/ DDVP, Dikrotofos , Dimetoat, Dimetilvinfos, Disulfoton, EPN, Etion, Etoprofos, Famfur, Fenamifos, Fenitroton, Fention, Fostiazat, Heptenofos, Imisiafos, Isofenfos, Isoprofil O- (metoksiaminotiofosforil) salisilat, Isoksation, Malation, Mekarbam, Metamidofos, Metidation, Mevinfos, Monokrotofos, Naled, Ometoat, Oksidemeton-metil, Paration, Paration-metil, Fentoat, Forat, Fosalon, Fosmet, Fosfamidon, Foksim, Pirimifos- metil, Profenofos, Propetamfos, Protiofos, Firaklofos, Firdafention, Kuinalfos, Sulfotep, Tebupirimfos, Temefos, Terbufos, Tetraklorvinfos, Tiometon, Triazofos, Triklorfon, Vamidotion

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
2	2 A (Siklodin organoklorin)	Klordan, Endosulfan
	2 B (Fenilfirazols)	Etiprol, Fipronil
3	3 A (Piretroid dan Piretrin)	Acrinatrin, Alletrin, d-cis-trans Alletrin, d-trans Alletrin, Bifentrin, Bioalletrin, Bioalletrin Siklopentenil isomer , Bioresmetrin, Sikloprotrin, Siflutrin, beta-Siflutrin, Sihalotrin, lambda-Sihalotrin, gamma-Sihalotrin, Sipermetrin, alfa-Sipermetrin, beta-Sipermetrin, tetasipermetrin, zeta-Sipermetrin, Sifenotrin , (1R)-trans- isomers], Deltametrin, Empentrin (EZ)-(1R)- isomers], Esfenvalerat, Etofenprox, Fenpropatrin, Fenvalerat, Flusitrinat, Flumetrim, tau-Fluvalinat, Halfenprox, Imiprotrin, Kadetrim, Permetrin, Fenotrin [(1R)-trans- isomer], Pralletrin, Firetrins (piretrum), Resmetrin, Silafluofen, Teflutrin, Tetrametrim, Tetrametrim [(1R)-isomers], Talometrim, Transflutrin
	3 B (DDT dan Metoksiklor)	DDT Metoksiklor

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Bahan Aktif Kimia
4	4 A (Neonikotinoid)	Asetamiprid, Klotianidin, Dinotefuran, Imidakloprid, Nitenpiram, Tiakloprid, Tiametoxam,
	4 B (Nikotin)	Nikotin
5	Spinosin	Spinetoram, Spinosad
6	Avermektin dan Milbemisin	Abamektin, Emamektin benzoat, Lepimektin, Milbemektin
7	7 A (ZPT)	Hidropren, Kinopren, Metopren
	7 B (Fenoksikarb)	Fenoksikarb
	7 C (Piriproksifen)	Piriproksifen

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
8	8 A (Alkil halid)	Metil bromida and other alkil halid
	8 B (Kloropikrin)	Kloropicrin
	8 C (Sulfuril fluorid)	Sulfuril fluorid
	8 D (Boraks)	Borax
	8 E (Tartar emetik)	Tartar emetik
9	9 B (Pimetrozin)	Pimetrozin
	9 C (Flonikamid)	Flonikamid
10	10 A (Klofentezin, Heksitiazok, Diflovidazin)	Klofentezin, Heksitiazoks, Diflovidazin
	10 B (Etoksazol)	Etoksazol

## Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
11	<i>Bacillus thuringiensis</i> atau <i>Bacillus sphaericus</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i> <i>Bacillus sphaericus</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>tenebrionis</i> Bt crop proteins: Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1Fa, Cry2Ab, mCry3A, Cry3Ab, Cry3Bb, Cry34/35Ab1
12	12 A (Diafentiuron)	Diafentiuron
	12 B (Organotin miticid)	Azosiklotin, Siheksatin, Fenbutatin oksid
	12 C (Propargit)	Propargit
	12 D (Tetradifon)	Tetradifon
13	Klorfenafir, DNOC, Sulfuramid	Klorfenafir, DNOC, Sulfuramid
14	Nereistoksin analog	Bensultap, Kartap hidroklorid, Tiosiklam, Tiosultap-sodium

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
15	Benzoilurea	Bistrifluron, Klorfluazuron, Diflubenzuron, Flusikloksuron, Flufenoksuron, Heksaflumuron, Lufenuron, Novaluron, Noviflumuron, Teflubenzuron, Triflumuron
16	Buprofezin	Buprofezin
17	Siromazin	Siromazin
18	Diasilhidrazin	Kromafenozid, Halofenozid, Metoksifenozid, Tebufenozid
19	Amitraz	Amitraz
20	20 A (Hidrametilnon)	Hidrametilnon
	20 B (Asekuinosil)	Asekuinosil
	20 C (Fluakripirim)	Fluakripirim
21	21 A (METI akarisisida dan Insektisida)	Fenazakuin, Fenpiroksimat, Pirimidifen, Piridaben, Tebufenpirad, Tolfenpirad
	21 B (Rotenon)	Rotenon (Derris)

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
22	22 A (Indoksakarb)	Indoksakarb
	22 B (Metaflumizon)	Metaflumizon
23	Asam Tetronik dan Asam Tetramik	Spirodiklofen, Spiromesifen, Spirotetramat
24	24 A (Fosfine)	Aluminium fosfid, Kalsium fosfid, Fosfine, Zinc fosfid
	24 B (Sianida)	Sianida
25	Turunan Beta- Ketonitril	Sienopirafen, Siflumetofen
28	Diamida	Chlorantraniliprole, Cyantraniliprole, Flubendiamide

Lampiran 1. Bahan Aktif Insektisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
un	Azadiraktin	Azadiraktin
	Benzoksimat	Benzoksimat
	Bifenazat	Bifenazat
	Bromoprofilat	Bromoprofilat
	Kinometionat	Kinometionat
	Kriolit	Kriolit
	Dikofol	Dikofol
	Piridalil	Piridalil
	Piriflukuinazon	Piriflukuinazon

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
M1	Inorganik	Kopper (different salts)
M2	Inorganik	Sulfur
M3	Ditio-karbamat	Ferbam, Mankozeb, Maneb, Metiram, Propineb, Tiram, Zineb, Ziram
M4	Ftalimida	Kaptan, Kaptafol, Folpet
M5	Kloronitril (Ftalonitril)	klorotalonil
M6	Sulfamida	Diklofluanid, Tolilfluanid
M7	Guanidins	Guazatin, Iminoktadin
M8	Triazin	Anilazin
M9	Kuinons (antrakuinon	Ditianon

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
1	Benzimidazol	Benomil, Karbendazim, Fuberidazol, Tiabendazol
	Tiofanat	Tiofanat, Tiofanat-metil
2	Dikarboksimida	Klozolinat, Iprodion, Prosimidon, Vinklozolin
3	Piperazin	Triforin
	Piridins	Pirifenoks, Pirusoksazol
	Pirimidins	Fenarimol, Nuarimol
	Imidazol	Imazalil, Okspokonazol, Pefurazoat, Prokloraz, Triflumizol
	Triazol	Azakonazol, Bitertanol, Bromukonazol, Siprokonazol, Difenokonazol, Dinikonazol, Epoksikonazol, Etakonazol, Fenbukonazol, Flukuinkonazol, Flusilazol, Flutriafol, Heksakonazol, Imibenkonazol, Ipkonazol, Metkonazol, Myklobutanil, Penkonazol, Propikonazol, Protiokonazol, Simekonazol, Tebukonazol, Tetrakonazol, Triadimefon, Triadimenol, Tritikonazol

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
4	Asilalanin,	Benalaksil, Benalaksil-M (=Kiralaksil), Furalaksil, Metalaksil , Metalaksil-M (=Mefenoksam)
	Oksazolidinon	Oksadiksil
	Butirolakton	Ofurase
5	Morfolin	Aldimorf, Dodemorf, Fenpropimorf, Tridemorf
	Piperidins	Fenpropidin, piperalin
	Spiroketal-amin	Spiroksamin
6	Fosforo-tiolat	Edifenfos, Iprobenfos (IBP), Pirazofos
	Ditiolan	Isoprotiolan

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
7	Fenil-benzamida	Benodanil, Flutolanil, Mepronil
	Piridinil-etil-benzamida	Fluopiram
	Furan- karboksamida	Fenfuram
	Oksatiin- karboksamida	Karboksin, Oksikarboksin
	Tiazol- karboksamida	Tifluzamida
	Pirazol- karboksamida	Biksafen, Fluksapiroksad, Furametpir, Isopirazam, Penflufen, Pentiopirad, Sedaksan
	Piridin- karboksamida	Boskalid
8	Hidroksi- (2-amino-) pirimidins	Bupirimat, Dimetirimol, Etirimol
9	Anilino-pirimidins	Siprodinil, Mepanipirim, Pirimetanil
10	N-fenil karbamat.	Dietofenkarb

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
11	Metoksi-akrilat	Azoksistrobin, Koumoksistrobin, Enoksastrobin, Flufenoksistrobin, Pikoksistrobin, Piraoksistrobin
	Metoksi-karbamat	Piraklostrobin, Pirametostrobin, Triklorpirikarb
	Oksimino asetat	Kresoksim-Metil, Trifloksistrobin
	Oksimino-asetamida	Dimoksistrobin, Fenaminostrobin, Metaminostrobin, Orysastrobin
	Oksazolidin-dion	Amoksadon
	Dihidro-dioksazin	Fluoksastrobin
	Imidazolinon	Fenamidon
	Benzil-karbamat	Piribenkarb
12	Fenilpirrol	Fenpiklonil, Fudioksonil
13	Aariloksikuinolin	Kuinoksifen
	Kuinazolinon	Prokuinazid
14	Aromatik hidrokarbons	Bifenil, Kloroneb, Dikloran, Kuintozen (Pcnb), Teknazen (Tcnb), Tolklofos-Metil
	1,2,4-thiadiazoles	Etridiazole

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
16.1	Isobenzo-furanon	Ftalida
	Pirrol-kuinolinon	Pirokuilon
	Triazolobenzotiazol	Trisiklazol
16.2	Siklopropan- karboksamida	Karpropamid
	Karboksamida	Diklosimet
	Propionamida	Fenoksanil
17	Hidroksianilida	Fenheksamid
18	Tiokarbamat	Piributikarb
	Allilamin	Naftifin, Terbinafin
19	Peptidil pirimidin nucleosida	Polioksin
20	Fenilureas.	Pensicuron

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
21	Siano- imidazol	Siazofamid
	Sulfamoil-triazol	Amisulbrom
22	Toluamida	Zoksamida
23	Asam Enopiranuronik antibiotik	Blastisidin-S
24	Heksopiranosil antibiotik	Kasugamisin
25	Glukopiranosil antibiotik	Streptomisin
26	Glukopiranosil antibiotik	Validamisin
27	Sianoasetamida-oksime	Simoksanil
28	Karbamat	Iodokarb, Propamokarb, Protiokarb

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
29	Dinitrofenil crotonat	Binapakril, Meptildinokap, Dinokap
	2,6-dinitro- Anilin	Fluazinam
	Pirimidinon hidrazon	Ferimzon
30	Tri fenil tin compounds	Fentin Asetat, Fentin Klorida, Fentin Hidroksida
31	Asam Karboksilat	Asam Karboksilat
32	Isoksazol	Himeksazol
	Isotiazolon	Oktilinon
33	Etil fosfonat	Fosetil- Al, Asam Fotourous dan garam
34	Asam Ftalamik	Tekloftalam (Bakterisid)
35	Benzotriazin	Triazoksid
36	Benzen- sulfonamida	Flusulfamida

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
37	Piridazinon	Diklomezin
38	Tiofen karboksamida	Siltiofam
39	Pirimidinamin.	Diflumentorim
40	Asam Sinnamik amida	Dimetomorf, Flumorf
	Valinamida karbamat	Bentiavalikarb, Iprovalikarb, Valifenalat
	Asam Mandelik amida	Mandipropamid
41	Tetrasiklin antibiotik	Oksitetrasiklin
42	Tiokarbamat	Metasulfokarb
43	Piridinilmetil benzamida.	Fluopikolid
44	<i>Bacillus subtilis</i> dan produksi lipopetida yang dihasilkan oleh fungisida	<i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713
45	Triazolo-pirimidilamin	Ametoktradin

Lampiran 2. Bahan Aktif Fungisida (lanjutan)

Kode	Golongan	Nama bahan aktif
P	Benzo-tiadiazol BTH	Asibenzolar-S-metil
	Benzisotiazol	Probenazol (also antibacterial and antifungal activity)
	Tiadiazol-karboksamida	Tiadinil, Isotianil
U5	Etilamino-tiazol karboksamida	Etaboksam
U6	Fenil-asetamida	Siflufenamid
U8	Benzofenon	Metrafenon
	Benzoilpiridin	Piriofenon
U12	Guanidins	Dodin
U13	Siano-metilene-tiazolidin	Flutianil
NC	Diverse	Mineral Oils, Organik Oils, Potassium Bikarbonat, Material of Biological Origin

## MONOGRAFI YANG TELAH DITERBITKAN OLEH BALITSA

- Monografi No. 1, 1996 Rampai-Rampai Kangkung (*Anna L.H. Dibiyantoro*)
- Monografi No. 2, 1996 Pembentukan Hibrida Cabai (*Yenni Kusandriani*)
- Monografi No. 3, 1996 Teknik Perbanyak Kentang Secara Cepat (*Sujoko Sahat dan Iteu M. Hidayat*)
- Monografi No. 4, 1996 Bayam : Sayuran Penyangga Petani di Indonesia (*Widjaja W.Hadisoeganda*)
- Monografi No. 5, 1996 Varietas Bawang Merah di Indonesia (*Sartono Putrasamedja dan Suwandi*)
- Monografi No. 6, 1997 Metode Wawancara Kelompok Petani : Kegunaan dan Aplikasinya dalam Penelitian Sosial-Ekonomi Tanaman Sayuran (*Rofik Sinung Basuki*)
- Monografi No. 7, 1997 Budidaya Bawang Putih di Dataran Tinggi (*Yusdar Hilman, A. Hidayat dan Suwandi*)
- Monografi No. 8, 1997 Pengeringan Cabai (*Nur Hartuti dan R.M. Sinaga*)
- Monografi No. 9, 1998 Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai (*Agus Sumarna*)
- Monografi No. 10, 1998 Pestisida Selektif untuk Menanggulangi OPT pada Tanaman Cabai (*Euis Suryaningsih dan Laksmiwati Prabaningrum*)
- Monografi No. 11, 1998 Thrips pada Tanaman Sayuran (*Anna L.H. Dibiyantoro*)
- Monografi No. 12, 1998 Kripik Kentang, Salah Satu Diversifikasi Produk (*Nur Hartuti dan R.M. Sinaga*)
- Monografi No. 13, 1998 Aneka Makanan Indonesia dari Kentang (*Nur Hartuti dan Enung Murtiningsih*)

- Monografi No. 14, 1998 *Liriomyza* sp., Hama Baru pada Tanaman Kentang (*Wiwin Setiawati*)
- Monografi No. 15, 1998 SeNPV, Insektisida Mikroba untuk Mengendalikan Hama Ulat Bawang, *Spodoptera exigua* (*Tonny K. Moekasan*)
- Monografi No. 16, 1998 Pemasaran Bawang Merah dan Cabai (*Thomas Agoes Soetiarso*)
- Monografi No. 17, 1998 Perbaikan Kualitas Sayuran berdasarkan Preferensi Konsumen (*Mieke Ameriana*)
- Monografi No. 18, 1998 Pengendalian Hama Penggerek Umbi/ Daun Kentang (*Phthorimaea operculella* Zell.) dengan Menggunakan Insektisida Mikroba Granulosis Virus (PoGV) (*W. Setiawati, R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati, dan E. Chujoy*).
- Monografi No. 19, 2000 dan 2005 Penerapan PHT pada Sistem Tanam Tumpanggilir Bawang Merah dan Cabai (*Tonny K. Moekasan, Laksmiwati Prabaningrum, dan Meitha Lussia Ratnawati*)
- Monografi No. 20, 2000 Biji Botani Kentang (*True Potato Seed = TPS*) Bahan Alternatif dalam Penanaman Kentang (*Nikardi Gunadi*)
- Monografi No. 21, 2000 dan 2005 Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kubis (*Sudarwohadi Sastrosiswojo, Tinny S. Uhan, dan Rahmat Sutarya*)
- Monografi No. 22, 2000 Stat-RIV 2.0, Program Komputer Pengolah Data Analisis Probit dan Petunjuk Penggunaannya (*Tonny K. Moekasan dan L. Prabaningrum*)
- Monografi No. 23, 2001 Penerapan PHT pada Tanaman Tomat (*Wiwin Setiawati, Ineu Sulastrini, dan Neni Gunaeni*)

## MONOGRAFI YANG TELAH DITERBITKAN OLEH BALITSA :

Monografi No. 24, 2004

**Pemanfaatan Musuh Alami dalam Pengendalian Hayati Hama pada Tanaman Sayuran**

*(Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan, dan Bagus K. Udiarto)*

Monografi No. 25, 2004

**Mengenal Sayuran Indijenes**

*(Suryadi dan Kusmana)*

Monografi No. 26, 2004

**Pestisida Botani untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit pada Tanaman Sayuran**

*(Euis Suryaningsih dan Widjaja W. Hadisoeganda)*

Monografi No. 27, 2005

**Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik**

*(Rini Rosliani dan Nani Sumarni)*

Monografi No. 28, 2006

**Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kentang**

*(Ati Srie Duriat, Oni Setiani Gunawan, dan Neni Gunaeni)*

Monografi No. 29, 2006

**Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeometri, dan Pengendalian Nematoda Terpadu**

*(A. Widjaja W. Hadisoeganda)*

Monografi No. 30, 2007

**Teknologi Budidaya dan Penanganan Pascapanen Jamur Merang, *Volvariella volvacea***

*(Etty Sumiati dan Diny Djuariah)*

Monografi No. 31, 2007

**Penyakit Penting Tanaman Cabai dan Pengendaliannya**

*(Ati Srie Duriat, Neni Gunaeni, dan Astri W. Wulandari)*

Monografi No. 32, 2008

**Budidaya Paprika di dalam Rumah Kasa Berdasarkan Konsepsi Pengendalian Hama Terpadu (PHT)**

*(Tonny K. Moekasan, L. Prabaningrum, dan Nikardi Gunadi)*

Monografi No. 33, 2013

**Pengelompokan Pestisida Berdasarkan Cara Kerja (*Mode of Action*)**

*(Abdi Hidayya dan Hadis Jayanti)*