

PERTIMBANGAN FLUKTUASI POPULASI DALAM PERHITUNGAN EFIKASI PESTISIDA

CONSIDERING POPULATION FLUCTUATION IN CALCULATING PESTICIDES' EFFICACY

Edhi Martono

Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada

INTISARI

Uji efikasi pestisida diperlukan untuk memperoleh ijin registrasi dan peredaran suatu jenis pestisida di suatu negara. Dasar efektivitas bahan dalam protokol uji efikasi di Indonesia terutama masih pada perbedaan populasi antara petak perlakuan dan petak kontrol, dan belum mempertimbangkan pengaruh perubahan populasi alami. Kriteria efikasi yang tidak hanya berdasar perbedaan statistik populasi akhir jasad sasaran telah dikembangkan, dan telah dipergunakan untuk memperoleh kriteria efikasi yang lebih akurat.

ABSTRACT

Efficacy trials are carried out to secure registration and distribution permit for pesticides in a given country. In Indonesia, the protocol exclusively relies on the statistical difference between treatments and check plots, with little regard to before-treatment population. The efficacy criterion and its defined formulas with more attention to population changes are available, and should be applied to increase the efficacy's accuracy.

Pestisida, dalam pengertian bahan kimia yang dipergunakan untuk membunuh, mengusir, menolak atau mencegah jasad pengganggu, memiliki peran yang cukup besar dalam perlindungan tanaman. Kehilangan hasil yang disebabkan oleh jasad pengganggu, yang populasinya telah mencapai tingkat batas pengendalian (Ambang Ekonomi, Ambang Kendali, Ambang Aplikasi atau istilah lain sejenis), dapat dihindarkan oleh adanya pestisida. Kemampuan metode pengendalian kimiawi sebagai cara praktis pengendali jasad pengganggu masih belum tertandingi oleh metode-metode lain. Pada akhirnya produk kimia pestisida merupakan benda ekonomi yang tidak hanya sekadar pelengkap usaha budidaya pertanian, namun juga kebutuhan. Negara-negara yang sedang berkembang pun memanfaatkan pestisida sebagai salah satu masukan dalam penyelenggaraan usaha pemenuhan kebutuhan pangan maupun usaha perlindungan terhadap jasad pengganggu lainnya (Oudejans, 1994).

Uji efikasi adalah salah satu cara penilaian terhadap penampilan suatu jenis

pestisida di lapangan. Uji ini, meskipun merupakan sebagian kecil dari berbagai uji yang harus dijalani oleh suatu jenis pestisida sebelum dapat dipergunakan secara resmi dan legal, adalah uji yang sangat penting dalam menentukan ijin pendaftaran dan peredaran pestisida di suatu negara. Uji efikasi dipergunakan untuk mengukur kemanjuran suatu pestisida terhadap jenis sasaran jasad pengganggu tertentu, dan merupakan uji hayati terhadap pestisida yang pertama dilakukan sekaligus yang paling akhir (lihat Tabel 1.). Oleh karenanya negara-negara sedang berkembang yang sebagian besar praktek perlindungan tanamannya masih mengandalkan diri pada metode kimiawi, harus memiliki protokol dan panduan uji yang jelas dan rinci dalam mengatur pengujian efikasi. Permasalahannya, acapkali negara sedang berkembang tidak atau kurang memiliki kemampuan dan ketrampilan tenaga, serta ketersediaan fasilitas seperti yang dimiliki negara yang sudah berkembang (Magallona *et al.*, 1990).

Tabel 1. Langkah umum pengembangan bahan pestisida : Pengaruh terhadap jasad

Tahap	1	2	3	4	5	6
Lama Proses	6 bln - 1 thn	6 bln - 1 thn	1-2 thn	1-2 thn	1- 2 thn	1-2 thn
Uji Hayati	Tingkat lab & rumah kaca	Uji lanjut lab & rumah kaca, kisaran efikasi & "mode of action"	Uji lapang pada petak kecil, variasi tanah & iklim	Uji tingkat petani pada beberapa jenis tanaman. Rencana prosedur aplikasi. Penentuan pengembangan uji lanjut	Uji lapang dilakukan oleh lembaga independen Uji sifat sekunder (kompatibilitas, fitotoksisitas) Pengembangan lanjut	Pengajuan registrasi dalam dan luar negeri. Demo komersial pada petani. Putusan final untuk dikembangkan
Uji Toksikologi dan residu		Percobaan penentuan kisaran toksisitas (LD50 pada tikus/rodent)	Pengembangan metode analisis. Penelitian kisaran residu dan pembongkaran bahan. Toksisitas akut (LD50 oral dan dermal pada berbagai hewan)	Penelitian residu. Pengamatan awal proses pembongkaran dalam tanah, air dan tubuh hewan. Uji pakan 90 hari pada sekurangnya dua ekor hewan untuk meneliti bahan aktif dan metabolitnya	Penelitian lanjut residu dan pengamatan pembongkaran bahan; penyusunan urutan metabolit. Uji pakan dua tahun pada sekurangnya dua spesies hewan. Penentuan NOEL dan ADI	Penelitian lanjutan
Pengaruh pada lingkungan		Percobaan kisaran toksisitas (pada ikan dan lebah)	Toksisitas pada ikan, lebah dan jasad renik di air dan dalam tanah	Penelitian lanjut pada spesies hewan yang lain	Penelitian resiko terhadap lingkungan (AMDAL)	Penelitian lanjutan

Sumber : Schering Agrochemical Ltd. *cit.* Oudejans (1994)

Pada mulanya pembuatan produk kimia pestisida sintetik ditujukan untuk mencari bahan yang memiliki toksisitas setinggi-tingginya terhadap jasad sasaran (Seifert, 1987; Ware, 1986). Akibatnya sebagian besar bahan pestisida terdiri atas produk kimia sintetik yang sifatnya "eksotik" jika masuk ke dalam suatu ekosistem. Kesadaran yang semakin baik akan proses-proses ekologi dan biologi menyebabkan bergesernya perhatian dari pencarian jenis bahan yang berdayaracun tinggi ke jenis bahan yang jenis jasad sasarannya terbatas (dari pilihan toksisitas ke pilihan kisaran sasaran). Oleh karenanya Oudejans (1994) menyatakan, hal yang tidak kalah penting dalam mengatur ijin pendaftaran pestisida adalah dasar men-

cabut ijin pendaftaran suatu pestisida. Ijin pendaftaran pestisida bukan merupakan masalah administratif birokratis semata, namun melibatkan banyak aspek teknis pada sektor industri, pertanian sampai ke kesehatan masyarakat dan lingkungan.

KRITERIA DAN PARAMETER EFIKASI

Efektivitas suatu jenis pestisida ditentukan oleh kemampuannya menurunkan populasi jasad pengganggu di suatu lahan pertanian. Namun sifat pestisida sebagai racun ekonomi menghendaki pengamatan yang lebih rinci dan menyeluruh terhadap sifat-sifat bahan yang hendak dilepas ke alam, mengingat bukan hanya jasad sasaran

saja yang akan terpengaruh oleh bahan yang dipergunakan, melainkan seluruh bagian ekosistem. Oleh karena itu ijin pendaftaran menghendaki uji yang lebih

dari sekadar pengujian toksisitas dan kemanjuran. Tabel 2. menunjukkan data yang umumnya diminta dalam pendaftaran pestisida.

Tabel 2. Data yang diperlukan untuk registrasi pestisida

A. Keadaan dan Sifat Pestisida

- Bahan aktif : sifat fisis dan khemis, metode analisis dan pembuatan
- Campuran bahan : data yang sama dengan di atas
- Formulasi : komposisi, kandungan, metode analisis dan kemasan
- Toksisitas akut, kronik dan subkronik
- Kajian khusus metabolisme, antidot dan nerotoksisitas

B. Efikasi dan Fitotoksisitas

- Cara kerja terhadap jasad sasaran
- Percobaan efikasi yang dilakukan di negara pemberi ijin registrasi (laporan dilampirkan)
 - a. Jenis tanaman
 - b. Lokasi dan banyaknya percobaan
 - c. Waktu
 - d. Pelaksana percobaan
- Fitotoksisitas
 - a. Jenis tanaman yang peka
 - b. Jangka waktu tunggu dalam menghindari efek fitotoksik
 - c. Keterangan lain

C. Toksikologi Mamalia

- Toksisitas akut oral, dermal, intravena, subkutan, intraperitoneal, intramuskular, inhalasi
- Iritasi mata dan kulit
- Sensitisasi
- Data medis : gejala dan tanda keracunan, diagnosis, PPPK, perawatan dokter; laporan kesehatan

D. Data residu

- Bahan yang harus diperiksa kandungan residunya
- Dosis, cara aplikasi, frekuensi aplikasi
- Batas aplikasi terakhir
- Saat pengambilan sampel residu
- Saat dilakukan analisis residu
- Jumlah residu yang ditemukan
- Sumber data

E. Data toksikologi lingkungan

- Daurnya dalam tubuh tanaman
- Daur dalam tubuh hewan
- Daur dalam air, tanah dan udara
- Data percobaan laboratorium pada ikan
- Data percobaan lapangan pada ikan
- Informasi tentang bahaya pada satwa liar : burung, vertebrata, lebah, musuh alami

F. Keterangan lain

- Cara pemusnahan
- Kemasan
- Label
- Keterangan tentang pendaftaran dan izin di negara lain.

Sumber : Magallona *et al.* (1990), Oudejans (1994)

Uji efikasi, seperti tampak pada tabel 2., hanya merupakan sebagian saja dari rangkaian uji yang harus dipenuhi oleh suatu jenis pestisida yang hendak didaftarkan. Namun seringkali uji inilah yang paling menentukan diperoleh atau tidaknya ijin pendaftaran untuk peredaran. Uji efikasi sering dianggap sebagai penentu utama apakah suatu jenis pestisida dapat beredar di suatu negara atau tidak. Arti penting ini menyebabkan penelitian uji efikasi pestisida harus diselenggarakan oleh lembaga independen--dalam hal ini dapat berarti lembaga penelitian, perguruan tinggi atau organisasi profesi--, yang kemudian mempertanggungjawabkan hasil penelitiannya kepada suatu badan khusus pengawas peredaran pestisida di suatu negara. Di Indonesia fungsi demikian dijabat oleh Komisi Pestisida.

Komisi Pestisida telah menerbitkan pedoman atau panduan uji efikasi, dan sampai saat ini pedoman tersebut masih dipergunakan sebagai pedoman penyelenggaraan uji. Pedoman yang dibuat pada tahun 1980an ini setiap tahun dicetak ulang tanpa dilakukan revisi. Sebagai akibatnya kriteria atau patokan untuk menyatakan suatu jenis pestisida manjur pada tanaman tertentu masih berdasar pada perbedaan statistik antara hasil pengamatan pada petak perlakuan dengan dosis anjuran dan petak tanpa perlakuan. Sementara itu pengamatan umumnya dilakukan terhadap tingkat populasi, sehingga untuk beberapa jenis hama yang diketahui sulit dideteksi individunya (untuk pengujian insektisida, misalnya), menjadi sedikit rumit (Anonim, 1998).

Penyempurnaan pedoman panduan efikasi ini diperlukan, terutama karena adanya Peraturan Menteri no. 527/Kpts/TP. 270/5/99 yang mencabut kembali larangan peredaran beberapa jenis pestisida. Pencabutan kembali itu dilakukan disertai ketentuan melakukan uji pengecekan resistensi dan resurgensi, serta menentukan DT50 (Decomposition Time 50%) bahan yang bersangkutan. Secara khusus uji resistensi dan resurgensi tidak

tertera dalam protokol efikasi yang sudah beredar, demikian juga analisis DT50.

Kriteria efikasi sendiri cukup beragam jenisnya, dan seperti hampir tidak mungkin dibakukan, kecuali dengan mengorbankan beberapa rincian untuk jasad sasaran tertentu. Unterstenhöfer (1976) mensyaratkan banyak hal untuk penyelenggaraan suatu uji; mulai dari perencanaan teknis, penetapan waktu yang sesuai, evaluasi hasil percobaan, tingkat efektivitas, akurasi hasil percobaan sampai keterandalan hasil. Hal serupa disampaikan juga oleh Kolbe (1980), khususnya untuk perkebunan buah sejenis apel, persik, mangga, jeruk dll. Selain dibedakan menurut jenis pestisidanya, pada masing-masing jenis pestisida juga perlu disusun secara khusus protokol untuk jenis jasad sasaran yang berbeda (Kolbe, 1980).

Perbedaan perhitungan hasil aplikasi dapat terjadi jika parameter penentu kriteria efikasi berbeda. Selain jumlah populasi dibandingkan dengan perlakuan kontrol, beberapa penulis melakukan perbandingan jumlah populasi pada suatu petak *sebelum* dan *sesudah* aplikasi (Abbott, 1925; Sun & Shepard, 1947; Henderson & Tilton, 1955; Püntener, 1981)). Perhitungan ini hanya dapat dilakukan jika perkembangan populasi jasad sasaran pada petak perlakuan benar-benar tertekan oleh pestisida yang diaplikasikan, sedang pada petak kontrol benar-benar terjadi peningkatan populasi. Dari rumus (1), (2), (3) dan (4) terlihat jelas adanya pengaruh kondisi populasi pada perlakuan kontrol terhadap hasil perhitungan.

Rumus (1) Abbott

Persentase Efektivitas (Efikasi) =

$$\frac{C - T}{C} \times 100$$

C = persentase jasad yang masih hidup pada kontrol

T = persentase jasad yang masih hidup pada perlakuan

Persentase jasad yang masih hidup bisa diganti misalnya dengan persentase infestasi. Rumus ini mempertimbangkan kemungkinan kematian "alami" pada petak kontrol, karenanya jika kematian pada petak kontrol melebihi angka tertentu (biasanya 20%), kesahihan rumusnya tak dapat diterima lagi. Artinya percobaan harus diulangi.

Sebaliknya penyertaan data petak kontrol juga menimbulkan akibat lain, yaitu bahwa meski rumus tersebut mempertimbangkan adanya penurunan populasi secara alami, kenaikan populasi alami belum masuk perhitungan. Hal ini pertama kali ditunjukkan oleh Sun & Shepard (1947), yang menyatakan bahwa acapkali kenaikan populasi alami yang terjadi tidak selalu seimbang dengan penurunan populasi alami. Sebagai contoh beberapa jenis afid dapat meningkat populasinya sampai lebih dari 100% dalam waktu 24 jam karena kecepatan reproduksinya. Demikian juga terdapat kemungkinan migrasi yang mampu meningkatkan populasi dengan amat cepat. Karenanya diusulkan koreksi rumus Abbott seperti pada rumus (2), dengan menggunakan dasar perhitungan data mortalitas, dan bukan jumlah yang hidup atau infestasi.

Rumus (2) Sun & Shepard

Persentase reduksi populasi terkoreksi =

$$\frac{Pt \pm Pck}{100 \pm Pck} \times 100$$

Pt = dugaan atau hasil perhitungan mortalitas dihitung dari selisih jasad yang hidup sebelum dan sesudah aplikasi tanpa menghitung jumlah yang mati (hampir tidak mungkin menghitung jumlah jasad yang mati pada serangga seperti afid, misalnya)
Pck = nilai perubahan kepadatan populasi, atau kenaikan/penurunan kepadatan, positif jika meningkat dan negatif jika menurun.

Persamaan di atas dengan demikian memungkinkan pertimbangan terhadap kepadatan populasi (atau infestasi) awal sebelum perlakuan, sehingga efektivitas (=

efikasi) suatu bahan tidak hanya diukur dari penurunan tingkat populasi pada petak kontrol saja tetapi memperhatikan pula peningkatannya. Pada kenyataannya perubahan kepadatan populasi ditentukan tidak hanya oleh turunnya tingkat populasi saja, tetapi oleh kedua hal di atas.

Pengembangan rumus Abbott lebih lanjut juga dilakukan oleh Henderson & Tilton (1955) pada waktu mereka menghitung efektivitas akarisisida terhadap tungau merah. Di sini yang dihitung adalah tingkat mortalitas.

Rumus (3) Henderson & Tilton

$$\% \text{mortalitas} = 100 \times \left(1 - \frac{T_a \times C_b}{T_b \times C_a} \right)$$

Tb = jumlah jasad sebelum perlakuan
Ta = jumlah jasad setelah perlakuan
Cb = jumlah jasad sebelum perlakuan pada kontrol
Ca = jumlah jasad setelah perlakuan pada kontrol

Menurut Püntener (1981), yang diperoleh dari rumus (3) sudah merupakan persentase efikasi bagi suatu pestisida. Jika sampai terjadi Tb = Cb, digunakan rumus (1) Abbott. Dalam pada itu diketengahkan pula oleh Püntener (1981) rumus pada kondisi yang sama, tetapi menggunakan dasar mortalitas, seperti halnya rumus (2) Sun & Shepard.

Rumus (4) Schneider-Orelli

$$\% \text{efikasi} = \frac{b - k}{100 - k} \times 100$$

b = persentase individu yang mati pada petak perlakuan
k = persentase individu yang mati pada petak kontrol

Rumus (4) Schneider-Orelli ini merupakan modifikasi rumus Abbott, dengan menggunakan data mortalitas. Kondisi awal populasi sebelum perlakuan haruslah seragam.

Perhitungan kriteria efikasi menurut rumus-rumus di atas merupakan perhitungan kriteria yang langsung memperoleh nilai

efikasi dalam bentuk persen. Dengan demikian akan terlihat langsung apakah suatu pestisida efektif atau tidak dengan melihat besarnya persentase efikasi. Pada umumnya nilai persentase efikasi yang dianggap baik berada di atas 50%.

Bagaimana dengan kriteria efikasi berdasar perbandingan jumlah populasi antara petak perlakuan dan kontrol ?. Cara perhitungan ini masih cukup dominan sebagai kriteria efikasi, atau dalam protokol efikasi disebutkan "berdasar perubahan populasi yang terjadi pada petak perlakuan". Banyak efikasi yang masih mendasarkan diri pada cara ini. (lihat misalnya Tanigoshi *et al.*, 1990; Redmond & Porter, 1995; Hinkle *et al.*, 1995). Bahkan pada jurnal "Insecticides & Acaricides" (publikasi resmi uji efikasi pestisida dari ESA, Entomological Society of America) analisis perubahan populasi sesudah perlakuan masih merupakan cara dominan penentuan kriteria efikasi.

Perhitungan populasi tanpa melihat kondisi populasi sebelum perlakuan sebenarnya kurang memperhatikan sifat distribusi populasi jasad pengganggu, terutama serangga. Perhitungan demikian barangkali lebih sesuai untuk menghitung efikasi herbisida, yang kondisi populasinya menetap, daripada untuk perhitungan efektivitas pada populasi jasad sasaran yang bersifat *mobile*.

Kemungkinan lain yang ada adalah perhitungan efektivitas pestisida didasarkan pada hasil (*yield*). Ini merupakan pembicaraan klasik, seperti disebutkan Kolbe (1980) pada tahun 1900 Aderhold membuat laporan tentang budidaya apel di Amerika Serikat yang berbunyi "Profesor Taft memanen 1056 kg apel dari pohon yang disemprot untuk mengendalikan *Fusicladium dendriticum*, tetapi hanya memperoleh 398 kg dari pohon yang tidak disemprot". Kriteria hasil yang meningkat atau menjadi lebih tinggi pada petak perlakuan daripada hasil petak kontrol memang merupakan kriteria yang sangat langsung menunjukkan efektivitas pestisida secara ekonomi. Kesulitannya adalah,

acapkali yang mempengaruhi hasil bukan hanya perlakuan pestisida saja. Selain itu bahwa kajian hubungan yang jelas dan matematis antara populasi dengan kehilangan hasil masih sedikit jumlahnya.

Perhitungan kriteria efikasi mana yang sebaiknya dipakai ?. Melihat bahwa perhitungan berdasar perubahan populasi sebelum dan sesudah perlakuan lebih memperhatikan parameter populasi dalam menentukan nilai efikasi, maka rumus-rumus (1), (2), (3) dan (4) di atas merupakan perhitungan kriteria efikasi yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan. Namun untuk penerapannya pasti diperlukan masa tenggang yang cukup agar peneliti dan penguji efikasi di Indonesia dapat menggunakannya dengan tepat. Selain itu, protokol efikasi di Indonesia juga masih memerlukan rincian yang tepat guna mengukur besarnya laju resistensi pestisida serta efek resurgensi yang mungkin dapat timbul karenanya. Kedua hal ini memerlukan forum dan pembicaraan khusus agar dapat ditangani dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W.S. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of An Insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265-7
- Anonim, 1998. Petunjuk Pelaksanaan Uji Efikasi Pestisida untuk Keperluan Pendaftaran. Komisi Pestisida. Departemen Pertanian RI.
- Henderson, C.F. & Tilton, E.W. 1955. Test with Acaricides Against the Brown Wheat Mite. *J. Econ. Entomol.* 48(1):157-161
- Hinkle, N.C., P.G. Koehler, & R.S. Patterson. 1995. Residual Effectiveness of Insect Growth Regulator Applied to Carpet for Control of Cat Flea (*Siphonaptera: Pulicidae*) Larvae. *J. Econ. Entomol.* 88(4) :903-06.
- Kolbe, W. 1980. Some Considerations in the Planning, Layout and Conduct of Crop Protection Trials in Pome, Stone and Small Fruits. *Pflanzenschutz - Nachrichten Bayer.* 33(3) : 204 - 220.

- Magallona, ED, M. Soehardjan & H. Lumbantobing. 1990. *Pesticides in Estate Crop Protection in Indonesia*. Directorate General of Estate Crops, Jakarta. 220 hal.
- Oudejans, J. 1994. *Agro-pesticides. Properties and Functions in Integrated Crop Protection*. UN Ecosoc for the Asia and Pacific, Bangkok. 329 p.
- Püntener, W. 1981. *Manual for Field Trials in Plant Protection*. CIBA-GEIGY Limited, Basel, Switzerland. 205 p.
- Redmond, C.T & D. A. Porter. 1995. Lack of Efficacy of In Vivo- and Putatively In Vitro-Produced *Bacillus popilliae* Against Field Population of Japanese Beetle (Coleoptera : Scarabaeidae) Grubs in Kentucky. *J. Econ. Entomol.* 88(4): 846-54.
- Seifert, J. 1987. *Insecticide Toxicology*. Text Accompanying the Lecture. Dept. of Agricultural Biochemistry, Univ. Hawaii at Manoa, 86 p.
- Sun, Y. & Shepard, H.H. 1947. Methods of Calculating and Correcting the Mortality of Insects. *J. Econ. Entomol.* 40(2):710-15.
- Tanigoshi, L. K., D.F. Mayer, J.M. Babcock & J.D. Lunden. 1990. Efficacy of the β -Exotoxin of *Bacillus thuringiensis* to *Lygus hesperus* (Heteroptera : Miridae) Laboratory and Field Responses. *J. Econ. Entomol.* 83(6) : 2200-06.
- Unterstenhöfer, G. 1976. The Basic Principles of Crop Protection Field Trial. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 29(2) : 83 - 180.
- Ware, G. 1986. *Fundamentals of Pesticides*. Thomson Publications, Fresno. 274 p.