



Resistensi lalat rumah, *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) dari empat kota di Indonesia terhadap permetrin dan propoksur

Resistance of house flies, *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae) of four cities in Indonesia to permethrin and propoxur

Intan Ahmad^{1*}, Silvi Susanti², Kustiati¹, Sri Yusmalinar¹, Resti Rahayu³, Nova Hariani⁴

¹Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesa 10, Bandung 40132

²Program Studi Pendidikan Biologi STKIP PGRI Sumatera Barat
Jalan Gunung Pangilun, Padang 25111

³Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163

⁴Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman
Jalan Barong Tongkok No.04, Gunung Kelua Samarinda 75123

(diterima Oktober 2014, disetujui Juni 2015)

ABSTRAK

Lalat rumah (*Musca domestica* Linnaeus) merupakan hama permukiman yang menimbulkan masalah kesehatan, ekonomi dan estetika. Walau pengendalian secara intensif dengan menggunakan insektisida sudah dilakukan, terjadinya kegagalan pengendalian yang kemungkinan disebabkan oleh terjadinya resistensi lalat terhadap insektisida masih dilaporkan. Uji hayati terhadap *M. domestica* yang dikoleksi dari kota Jakarta (JKT), Bandung (BDG), Yogyakarta (YGY) dan Surabaya (SBY) dengan metoda topikal dilakukan untuk mengetahui status dan mekanisme resistensi lalat rumah terhadap insektisida piretroid (permetrin) dan karbamat (propoksur). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dibandingkan dengan strain yang paling rentan YGY, strain BDG adalah strain yang paling resisten terhadap permetrin dengan rasio resistensi 90% (RR_{90}) adalah 133,7 kali, sedangkan strain SBY adalah strain yang paling resisten terhadap propoksur dengan RR_{90} 38,36 kali, diikuti oleh BDG dengan RR_{90} 18,22 kali. Penambahan piperonil butoksida (PBO) pada permetrin dan propoksur pada hampir semua strain menurunkan nilai LD_{50} dan meningkatkan rasio sinergis (SR) yang mengindikasikan bahwa enzim oksidasi fungsi campur (*mixed function oxidase*) berperan penting dalam pengembangan resistensi lalat terhadap permetrin dan propoksur. Hasil penelitian ini merupakan laporan pertama dari Indonesia tentang adanya resistensi lalat rumah terhadap insektisida permetrin dan propoksur.

Kata kunci: hama permukiman, LD_{50} , MFO, sinergis, toksisitas

ABSTRACT

House flies (*Musca domestica* Linnaeus) is one of the common urban pests causing health, economics, and aesthetics problems. Although intensive control by using insecticides are carried out, there are reports of control failures, which are probably due to insect resistance. Bioassay tests with topical application to study the status as well as resistance mechanism of house flies collected from the city of Jakarta (JKT), Bandung (BDG), Yogyakarta (YGY) and Surabaya (SBY) to pyrethroid (permethrin) and carbamate (propoxur) insecticides were carried out. The results show that, as compared to the most susceptible strain (YGY), we found that BDG strain is highly resistant to permethrin with resistance ratio (RR) of 133.7 fold. SBY strain was the most resistant to

*Penulis Korespondensi: Intan Ahmad. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10, Bandung 40132
Tel: 022-2511575, Faks: 022-2515033, Email: intan@itb.ac.id

propoxur with RR of 38.36 fold, followed by Bandung strain with RR of 18.22 fold. The addition of piperonyl butoxide (PBO) to either permethrin or propoxur in most of the strains caused a decrease in LD_{50} values and increasing the synergist ratio (SR) suggesting that the detoxifying enzyme mixed function oxidase (MFO) played an important role in the development of resistance to permethrin and propoxur. Our study is the first report of *M. domestica* resistance to permethrin and propoxur in Indonesia.

Key words: LD_{50} , MFO, synergist, toxicity, urban pest

PENDAHULUAN

Lalat rumah, *Musca domestica* Linnaeus, merupakan hama yang sering ditemui di sekitar permukiman penduduk, peternakan maupun industri makanan. Selain itu, serangga ini juga dikenal sebagai vektor mekanik berbagai penyakit yang berbahaya bagi kesehatan manusia, seperti kolera, tifus, diare, dan disentri. Untuk mengendalikan hama ini, berbagai upaya telah dilakukan, seperti tindakan sanitasi lingkungan agar lalat tidak dapat berkembang biak. Selain itu, bila pengendalian ingin dilakukan secara cepat, insektisida banyak digunakan, tetapi penggunaannya sering tidak sesuai dengan prinsip pengendalian hama terpadu. Diperparah dengan tingginya populasi yang harus dikendalikan, serta siklus hidup lalat rumah yang pendek, penggunaan insektisida tersebut telah mempercepat terjadinya resistensi lalat rumah terhadap berbagai golongan insektisida. Terjadinya resistensi lalat terhadap berbagai insektisida adalah hal yang umum terjadi dan telah dilaporkan dari berbagai negara di dunia (Kaufman et al. 2010; Akiner & Caglar 2006).

Walaupun demikian, untuk Indonesia belum ada laporan tentang status resistensi lalat rumah terhadap insektisida yang biasa digunakan untuk mengendalikannya. Data mengenai status resistensi lalat rumah terhadap insektisida serta mekanisme resistensi yang ada dapat digunakan untuk mengembangkan metode pengendalian yang lebih baik, termasuk agar insektisida dapat digunakan untuk waktu yang lebih lama, seperti yang telah diterapkan oleh beberapa negara maju, seperti Denmark. Pendataan resistensi perlu dilakukan untuk mendeteksi sedini mungkin adanya individu resisten dalam populasi dan mengetahui tingkat dan mekanisme resistensi yang terjadi.

Penelitian mengenai status resistensi serangga permukiman di Indonesia terhadap insektisida baru dilaporkan pada nyamuk *Aedes aegypti* Linnaeus (Astari & Ahmad 2005; Ahmad et al. 2006; 2007)

dan kecoa *Blattella germanica* (Linnaeus) (Ahmad et al. 2008; Rahayu et al. 2012).

Dengan latar belakang di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui status resistensi lalat rumah terhadap insektisida yang biasa digunakan di Indonesia, yaitu permethrin dari golongan piretroid dan propoxur dari golongan karbamat, termasuk melihat mekanisme resistensi yang terjadi dengan mempergunakan piperonil butoksida (PBO) sebagai sinergis pada lalat rumah yang dikoleksi dari empat kota besar di Indonesia, yaitu Jakarta, Bandung, Yogyakarta, dan Surabaya. PBO adalah sinergis insektisida yang biasa digunakan untuk mengatasi terjadinya resistensi pada insektisida piretroid yang bekerja dengan cara menghambat aktivitas enzim detoksifikasi, seperti enzim oksidasi fungsi campur *mixed function oxidase* (MFO). Walaupun demikian, penambahan sinergis, seperti PBO hanya akan efektif bila resistensi yang terjadi adalah karena mekanisme biokimia yang melibatkan enzim detoksifikasi (Martin et al. 1997).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, dengan menggunakan strain lalat rumah yang dikoleksi pada akhir tahun 2010 dari empat kota besar di Indonesia, yaitu Jakarta (JKT), Bandung (BDG), Yogyakarta (YGY), dan Surabaya (SBY).

Pemeliharaan dan perbanyakan lalat rumah

Lalat rumah dipelihara dalam kotak kasa berukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm pada suhu ruangan dan fotoperioda 12 : 12 mengacu pada metode Schoof (1964). Setiap populasi disediakan hati sapi dalam cawan petri sebagai media bagi perkembangan lalat rumah meletakkan telur.

Pakan imago terdiri atas campuran susu bubuk, ragi, dan gula. Setelah 24 jam, hati sapi yang telah mengandung telur lalat rumah dipindahkan ke medium larva hingga menjadi pupa. Pupa dipelihara dalam kurungan terpisah hingga muncul menjadi imago lalat rumah yang selanjutnya digunakan sebagai lalat percobaan.

Pengujian resistensi lalat rumah terhadap permetrin dan propoksur di lapangan

Insektisida yang digunakan adalah permetrin 94% (PT Triman Sentosa Jakarta) dan propoksur 92,25% (PTEverspring Jakarta). Untuk mendeteksi mekanisme resistensi digunakan PBO (PT Gelpi Kurnia Lestari) dan sebagai pelarut digunakan acetone pro analisis (Merck). Sepuluh lalat rumah betina dimasukkan dalam toples berdiameter 12 cm, tinggi 11,5 cm, dan prosedur ini diulang lima kali. Sebelum perlakuan, lalat rumah dipingsankan dengan menaruhnya dalam refrigerator selama tiga menit. Insektisida dengan berbagai konsentrasi, yang telah dilarutkan dalam acetone, diteteskan pada bagian dorsal toraks untuk menentukan dosis kematian dari insektisida uji terhadap populasi lalat rumah (Kristensen & Jespersen 2007a,b).

Serial dosis yang digunakan dalam studi ini adalah 4–5 dosis dengan mortalitas berkisar antara 5% dan 95% untuk setiap insektisida uji dan strain lalat rumah. Prosedur diulang lima kali. Setelah aplikasi, lalat rumah diletakkan dalam toples bersih dan diberi makan larutan sukrosa 10%. Jumlah yang mati dicatat pada 48 jam setelah perlakuan. Lalat rumah dianggap mati jika tidak bergerak ketika disentuh.

Prosedur yang sama juga digunakan untuk studi sinergisme, dengan 1 mikroliter larutan insektisida dan PBO (1 : 5) diaplikasikan pada abdomen (Kristensen et al. 2001).

Analisis data

Tingkat resistensi dianalisis dari dosis kematian 50% (LD_{50}) dan 90% (LD_{90}) yang diperoleh dari

analisis probit POLO-PC (Le Ora Software 2004). Rasio resistensi (RR_{50} dan RR_{90}) dihitung dengan membandingkan LD_{50} atau LD_{90} strain uji dengan LD_{50} atau LD_{90} strain rentan. Berdasarkan penelitian awal, strain YGY ditetapkan sebagai strain rentan pembanding. Rasio sinergis (SR) dihitung dengan membandingkan rasio resistensi (RR) tanpa PBO dengan RR dengan PBO (Cochran 1994). Nilai $SR > 1$ menunjukkan adanya efek sinergis dari PBO terhadap insektisida dalam strain tertentu, yang berarti bahwa penambahan PBO memberikan efek positif dengan menurunkan LD_{50} . Perbedaan signifikan antara RR dan RS menunjukkan adanya aktivitas enzim detoksifikasi sebagai salah satu mekanisme resistensi terhadap insektisida yang dikembangkan oleh lalat rumah.

HASIL

Toksistas permetrin terhadap lalat rumah populasi lapangan

Toksistas permetrin ditentukan dari empat populasi lapangan lalat rumah yang dikoleksi. Nilai LD_{90} berkisar antara $1,71 \times 10^{-3}$ hingga $228,70 \times 10^{-3} \mu\text{g/individu}$ pada 48 jam setelah perlakuan (Tabel 1). Nilai *slope* dari kurva respons dosis (garis probit) bervariasi antara $1,398 \pm 0,339$ hingga $2,259 \pm 0,253$. Rasio resistensi ditentukan dengan membandingkan dengan nilai LD_{90} suatu strain terhadap nilai LD_{90} terendah dari strain YGY yang dianggap masih rentan. Berdasarkan perhitungan ini diperoleh nilai RR_{90} berkisar 3,85–133,70 kali dibandingkan dengan strain YGY.

Toksistas propoksur terhadap lalat rumah populasi lapangan

Toksistas (LD_{90}) propoksur terhadap empat populasi lalat rumah berkisar antara 1,636 dan $62,771 \mu\text{g/individu}$ yang membuat RR_{90} 7,29–38,36, 13 kali dibandingkan dengan strain paling rentan, yaitu YGY (Tabel 2). Nilai *slope* terhadap

Tabel 1. Tingkat resistensi *Musca domestica* terhadap permetrin

Strain	N	$LD_{50} (x10^{-3}) \mu\text{g/ Individu}$	RR_{50}	$LD_{90} (x10^{-3}) \mu\text{g/ Individu}$	RR_{90}	<i>Slope</i> ± SD
YGY	304	0,46	1,00	1,71	1,00	$2,259 \pm 0,253$
BDG	300	2,77	6,02	228,70	133,70	$1,398 \pm 0,339$
JKT	295	1,29	2,80	8,47	4,95	$1,567 \pm 0,216$
SBY	297	1,76	3,82	6,58	3,85	$2,242 \pm 0,276$

propoksur berkisar dari $0,893 \pm 0,223$ hingga $1,630 \pm 0,262$, dan untuk semua strain nilainya kurang dari dua yang menunjukkan bahwa respons dari strain-strain tersebut terhadap aplikasi propoksur sangat heterogen.

Sinergisme aktivitas permetrin dan propoksur pada lalat rumah

Pemberian permetrin dan PBO pada strain YGY, BDG, JKT dan SBY semuanya menunjukkan efek sinergis masing-masing dengan rasio sinergis 2,03, 184,43, 1,66, dan 3,17. Potensi sinergistik tampak tinggi sekali pada strain Bandung (SR = 184,43) (Tabel 3).

Hal serupa juga terjadi pada propoksur, penambahan PBO menunjukkan efek sinergisme pada strain YGY, BDG, dan JKT, masing-masing dengan SR 13,81, 30,82, dan 35,37. Pada strain SBY, penambahan PBO tidak memberikan dampak sinergis karena tidak ada kematian lalat uji (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua strain lalat rumah yang dikoleksi dari Jakarta, Bandung dan Surabaya telah resisten terhadap dua kelompok insektisida yang umum digunakan di Indonesia, yaitu permetrin (piretroid) dan propoksur (karbamat) jika dibandingkan dengan strain yang paling rentan (strain YGY). Walaupun demikian berdasarkan klasifikasi resistensi Lee et al. (1996) yang telah dimodifikasi oleh Rahayu et al. (2012), kecuali untuk strain Bandung yang mempunyai rasio resistensi amat tinggi (133,70), tampaknya tingkat resistensi lalat rumah dari JKT dan SBY masih rendah terhadap permetrin, yaitu masing-masing 3,85 dan 4,95 kali. Resistensi terhadap propoksur secara umum cukup tinggi, yaitu 7,29–38,36 kali. Menarik untuk dicatat di sini bahwa hasil penelitian ini mirip dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Bong & Zairi (2010) di Penang Malaysia, yang secara

Tabel 2. Tingkat resistensi *Musca domestica* terhadap propoksur

Strain	N	LD ₅₀ (x10 ⁻³) µg/ Individu	RR ₅₀	LD ₉₀ (x10 ⁻³) µg/ Individu	RR ₉₀	Slope ± SD
YGY	299	60,13	1,00	1636,27	1,00	0,893 ± 0,223
BDG	292	3194,60	53,13	29821,00	18,22	1,321 ± 0,246
JKT	311	1952,85	32,48	11937,74	7,29	1,630 ± 0,262
SBY	300	2969,86	49,39	62771,00	38,36	0,931 ± 0,196

Tabel 3. Sinergisme aktivitas permetrin dan propoksur pada LD90 *Musca domestica* populasi lapangan

Strain	Perlakuan	N	LD ₉₀ (x10 ⁻³) µg/individu	Rasio sinergis (SR)
YGY	Permetrin	304	1,71	-
	Permetrin + PBO	249	0,84	2,03
	Propoksur	299	1636,27	-
	Propoksur + PBO	250	118,42	13,81
BDG	Permetrin	300	228,70	-
	Permetrin + PBO	252	1,24	184,43
	Propoksur	292	29821,00	-
	Propoksur + PBO	244	967,60	30,82
JKT	Permetrin	295	8,47	-
	Permetrin + PBO	255	5,10	1,66
	Propoksur	311	11937,74	-
	Propoksur + PBO	249	337,51	35,37
SBY	Permetrin	297	6,58	-
	Permetrin + PBO	241	1,77	3,17
	Propoksur	300	62771,00	-
	Propoksur + PBO	250	0	∞

umum menunjukkan bahwa lalat rumah masih rentan terhadap permetrin, tetapi menunjukkan resistensi yang amat tinggi terhadap propoksur, masing-masing dengan resistensi rasio (RR) 0,50–1,96 dan 10,28–99,00. Lebih lanjut disebutkan bahwa tingginya resistensi terhadap propoksur diperkirakan karena terjadinya resistensi silang dengan insektisida dari kelompok organofostat yang digunakan untuk mengendalikan lalat di area peternakan (Bong & Zairi 2010). Hal yang sama mungkin juga terjadi di Indonesia, walau penggunaan propoksur sebagai bahan aktif untuk mengendalikan lalat rumah amat sedikit digunakan, jika dibandingkan dengan kelompok piretroid. Di Indonesia beberapa insektisida aerosol yang didaftarkan untuk mengendalikan nyamuk, kecoa, dan lalat rumah, bahan aktifnya terdiri atas kombinasi propoksur (karbamat) dan transflutrin (piretroid) (Rahayu et al. 2012).

Data dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa strain Bandung (BDG) telah mengembangkan resistensi terhadap permetrin dan propoksur, sementara strain SBY hanya resisten terhadap propoksur saja dan strain YGY masih sangat rentan untuk kedua tipe insektisida (hal ini menjadi alasan YGY dijadikan sebagai strain pembanding), walaupun hasil penelitian yang dilaporkan dalam penelitian ini tidak menggunakan strain rentan *M. domestica* standar yang belum pernah terpapar insektisida, sebagai pembanding. Hasil penelitian kami yang terbaru (Kustiati et al. 2016) di ITB menunjukkan bahwa 26 dari 32 strain *M. domestica* yang dikoleksi dari seluruh Indonesia, termasuk daerah yang dikoleksi yang dilaporkan dalam penelitian ini (JKT, BDG, YGY, dan SBY), menunjukkan tingkat resistensi yang tinggi sekali terhadap permetrin dengan rasio resistensi (RR_{50}) berkisar antara 190–25192 kali.

Tiga nilai *slope* dari BDG dan JKT kurang dari dua, yang menunjukkan bahwa kedua strain tersebut memberikan respon heterogen terhadap insektisida permetrin. Strain SBY dan YGY menunjukkan nilai *slope* lebih dari dua yang menunjukkan bahwa strain tersebut memberikan respon homogen terhadap permetrin. Seperti disampaikan oleh Servin-Villagas et al. (2006), homogenitas pada populasi dapat dilihat dari nilai *slope*, yang juga berhubungan dengan tingkat resistensi terhadap insektisida. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa strain BDG dan JKT tersusun

oleh individu-individu yang berbeda kerentanan dan resistensinya terhadap permetrin dibandingkan dengan strain lain (ditunjukkan oleh nilai RR_{50} dan RR_{90} pada strain BDG).

Pada strain BDG, penambahan PBO amat mengurangi nilai LD, dengan SR sebesar 184,43 yang mengindikasikan bahwa resistensi yang tinggi pada strain Bandung (133,7 kali) terhadap permetrin, kemungkinan besar melibatkan aktivitas MFO, walau diduga terdapat mekanisme lain yang juga ikut terlibat (Astari & Ahmad 2005). Hal ini mungkin juga berlaku untuk semua strain, baik yang diberi perlakuan dengan permetrin maupun propoksur yang ditambah dengan PBO. Hal ini juga dapat dijadikan alasan bahwa penggunaan PBO dapat meningkatkan toksisitas permetrin dan propoksur sekaligus memperpanjang masa pakai insektisida yang penting dalam strategi pengendalian hama secara terpadu. Walaupun demikian, khusus untuk strain SBY, strain yang paling resisten terhadap propoksur (RR 38,36 kali) (Tabel 2), pemberian PBO ternyata tidak meningkatkan toksisitas propoksur, seperti terjadi pada strain lainnya, tetapi justru mengakibatkan propoksur tidak efektif karena tidak ada lalat yang mati. Hal ini kemungkinan dapat terjadi, seperti yang dilaporkan oleh Sanchez-Arroyo et al. (2001) pada *Blattella germanica* (Linnaeus) bahwa walaupun tidak umum dan hanya untuk strain tertentu, penetrasi propoksur secara kutikular berkurang dengan adanya PBO.

KESIMPULAN

Tingkat resistensi lalat rumah pada populasi lapangan dari empat kota besar di Indonesia berbeda-beda, yaitu rendah terhadap permetrin dan sedang sampai tinggi terhadap propoksur. Secara umum penambahan PBO sebagai sinergis menurunkan nilai dosis letal, yang mengindikasikan MFO berperan dalam terjadinya resistensi terhadap permetrin dan propoksur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didanai oleh Osaka Gas Foundation dan PEI Bandung-SITH. Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Triman

Sentosa Jakarta, PT Everspring Jakarta dan PT Gelpi Kurnia Lestari atas ketersediaan insektisida dan sinergis yang digunakan dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad I, Astari S, Rahardjo B, Tan M, Munif A. 2006. Resistance of *Aedes aegypti* from three province in Indonesia to pyrethroid and organophosphate insecticides. In: *International Conference on Mathematics and Natural Science (ICMNS), (Bandung, 29–30 November 2006)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ahmad I, Astari S, Tan M. 2007. Resistance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in 2006 to pyrethroid insecticides in Indonesia and its association with oxidase and esterase levels. *Pakistan Journal of Biological Science* 10:3688–3692. doi <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2007.3688.3692>.
- Ahmad I, Sriwahyuningsih, Astari S, Putra RE, Permana AD. 2008. Monitoring pyrethroid resistance in field collected *Blattella germanica* Linn. (Dictyoptera: Blattellidae) in Indonesia. *Entomological Research* 39:114–118. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00205.x>.
- Akiner MM, Caglar SS. 2006. The status and seasonal changes of organophosphate and pyrethroid resistance in Turkish populations of the house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Journal of Vector Ecology* 31:427–433. doi: [http://dx.doi.org/10.3376/1081-1710\(2006\)31\[426:TSASCO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.3376/1081-1710(2006)31[426:TSASCO]2.0.CO;2).
- Astari S, Ahmad I. 2005. Insecticide resistance and effect of piperonyl butoxide as synergist in three strains of *Aedes aegypti* (Linn.) (Diptera: Culicidae) to insecticide permethrin, cypermethrin, and d-Allethrin. *Bulletin of Health Studies* 33:73–79.
- Bong LJ, Zairi J. 2010. Temporal fluctuations of insecticides resistance in *Musca domestica* Linn (Diptera; Muscidae) in Malaysia. *Tropical Biomedicine* 27:317–325.
- Cochran DG. 1994. Effect of three synergists on pyrethroid resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 87:879–884. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/87.4.879>.
- Kaufman PE, Nunez ES, Geden CJ, Scharf M. 2010. Selection for resistance to imidacloprid in the house fly (Diptera: Muscidae). *Journal of Economic Entomology* 103:1937–1942. doi: <http://dx.doi.org/10.1603/EC10165>.
- Kristensen M, Spencer AG, Jespersen JB. 2001. The status and development of insecticide resistance in Danish population of the housefly *Musca domestica* L. *Pest Management Science* 57:82–89. doi: [http://dx.doi.org/10.1002/1526-4998\(200101\)57:1<82::AID-PS251>3.0.CO;2-8](http://dx.doi.org/10.1002/1526-4998(200101)57:1<82::AID-PS251>3.0.CO;2-8).
- Kristensen M, Jespersen JB. 2007a. Susceptibility of spinosad in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) field populations. *Journal of Economic Entomology* 97:1042–1048. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/97.3.1042>.
- Kristensen M, Jespersen JB. 2007b. Susceptibility to thiamethoxam of *Musca domestica* from Danish livestock farms. *Pest Management Science* 64:126–32.
- Kustiati, Tan MI, Yusmalinar S, Ambarningrum TB, Ahmad I. 2016. Monitoring permethrin and imidacloprid resistance in Indonesian house fly *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). In press. *Journal of Entomology*.
- Lee CY, Yap HH, Chong NL. 1996. Insecticide resistance and synergism in field collection German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) Peninsular Malaysia. *Bulletin of Entomological Research* 86:675–682. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485300039195>.
- Martin SH, Ottea JA, Leonard BR, Graves JB, Burris E, Micinski S, Church GE. 1997. Effects of selected synergists on insecticide toxicity in tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory and field studies. *Journal of Economic Entomology* 90:723–731. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/90.3.723>.
- Rahayu R, Ahmad I, Ratna ES, Tan MI, Hariani N. 2012. present status for carbamate, pyrethroids and phenylpyrazole insecticide resistance to German cockroach, *Blattella germanica* in Indonesia. *Journal of Entomology* 9:361–367. doi: <http://dx.doi.org/10.3923/jee.2012.361.367>.
- Sanchez-Arroyo H, Koehler PG, Valles SM. 2001. Effects of the synergists piperonyl butoxide and s,s,s-tributyl phosphorotrithioate on propoxur pharmacokinetics in *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 94:1209–1216.
- Schoof HF. 1964. Laboratory culture of *Musca*, *Fannia* and *Stomoxys*. *Bulletin World Health Organiz* 31:539–544. doi: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-94.5.1209>.
- Servin-Villegas R, Garcia-Hernandes JL, Murilo-Amador B, Tejas A, Martinez-Carillo JL. 2006. Stability of insecticides resistance of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) in the absence of selection pressure. *Folia Entomológica Mexicana* 45:27–34.