

Resistensi Wereng Batang Padi Cokelat (*Nilaparvata lugens* Stal) di Sentra Padi Kecamatan Kumpeh Ulu Terhadap Beberapa Jenis Bahan Aktif Insektisida

Yuni Ratna, Ardianti, Herni Dwinta Pebrianti, Wilma Yunita*

Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15 Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, 36361
wilmayunita@unja.ac.id (*Penulis untuk korespondensi)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat resistensi *Nilaparvata lugens* Stal di sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu terhadap beberapa jenis bahan aktif insektisida. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pestisida dan Gulma Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Terdapat dua tahap pengujian toksisitas insektisida yaitu uji pendahuluan dan uji lanjutan. Metode pengujian yang digunakan adalah metode celup pakan. Uji pendahuluan dilakukan pada *N. lugens* populasi lapang. Konsentrasi insektisida yang digunakan dalam uji pendahuluan adalah formulasi dari masing-masing insektisida. Konsentrasi formulasi insektisida yang digunakan adalah 0,5-1 ml/l (monosultap), 4-8 ml/l (BPMC), 0,75-1,5 ml/l (permetrin dan abamektin), dan 1-2 ml/l (fipronil). Tujuh konsentrasi uji pendahuluan untuk insektisida monosultap yakni berkisar antara 0,2-0,6 ml/l, BPMC 2,1-3,6 ml/l, permetrin dan abamektin 0,2-0,5 ml/l dan fipronil 0,15-0,45 ml/l. Setiap perlakuan konsentrasi yang diuji diulang sebanyak tiga kali. Setelah melakukan uji pendahuluan kemudian di dapatkan konsentrasi untuk uji lanjutan. Sembilan taraf konsentrasi insektisida monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil yang digunakan pada *N. lugens* populasi lapang di sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu. Metode perlakuan pada uji lanjutan dilakukan seperti uji pendahuluan, namun setiap perlakuan yang diuji diulang sebanyak lima kali. Data mortalitas *N. lugens* pada uji pendahuluan dan uji lanjutan untuk setiap jenis insektisida dianalisis dengan program PoloPlus (LeOra Software Company). Berdasarkan hasil penelitian, *N. lugens* populasi sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu terindikasi resisten terhadap monosultap (NR= 3,95), BPMC (NR= 2,01), permetrin dan abamektin (NR= 1,77) dan fipronil (NR= 2,61).

Kata kunci: *N. lugens*, resistensi, insektisida, monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil

PENDAHULUAN

Penggunaan insektisida sintetik yang intensif dapat menyebabkan timbulnya resistensi hama terhadap insektisida tersebut. Beberapa negara telah melaporkan kasus resistensi *N. lugens* terhadap beberapa jenis insektisida. Xun *et al.* (2018) melaporkan bahwa *N. lugens* di China telah resisten terhadap insektisida sulfoxaflor (sulfoximin) dan resisten silang terhadap insektisida golongan neonicotinoid yakni dinotefuran, nitenpyram, tiametoxam, clothianidin, imidakloprid dan cicloxaprid. *N. lugens* di sentra produksi padi Sukamandi dilaporkan telah resisten moderat terhadap insektisida sipermetrin dan imidakloprid, resisten rendah pada buprofezin, kerentanannya menurun pada insektisida fipronil, tiametoxam dan sihalotrin dan rentan pada insektisida etiprol, MPMC dan MIPC (Baehaki *et al.*, 2016).

Penelitian tentang resistensi *N. lugens* di dua sentra produksi padi di Provinsi Jambi

baru dilaporkan pada tahun 2019 yakni di Kecamatan Kumpeh Ulu dan Kecamatan Pelayung. Hasil penelitian menunjukkan *N. lugens* di Kecamatan Kumpeh Ulu terindikasi resisten terhadap insektisida metomil dan BPMC, sementara *N. lugens* di Kecamatan Pelayung telah terindikasi resisten terhadap insektisida tiametoxam dan dimetoat.

Jenis insektisida yang banyak digunakan adalah monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil. Dosis/konsentrasi insektisida yang digunakan terkadang tidak sesuai rekomendasi (diatas atau dibawah dosis/konsentrasi rekomendasi) dengan frekuensi aplikasi rata-rata 2 kali/minggu. Hingga saat ini informasi tentang resistensi *N. lugens* terhadap berbagai jenis insektisida yang digunakan di sentra produksi padi Kecamatan Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi masih belum tersedia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Pestisida dan Gulma Fakultas Pertanian Universitas Jambi selama 10 bulan, mulai dari bulan Juli 2020 sampai April 2021. *N. lugens* populasi lapang berasal dari sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi. Insektisida uji yang digunakan yaitu monosultap (Trisula 450 SL; PT Multi Sarana Indotani), BPMC (Sidabas 500 EC; PT Petrosida Gresik), permetrin dan abamektin (Glido 200/18 EC; PT Dharma Guna Wibawa) dan fipronil (Balistic 50 SC; PT Agro Persada).

Terdapat dua tahap pengujian toksisitas insektisida yaitu uji pendahuluan dan uji lanjutan. Metode pengujian yang digunakan adalah metode celup pakan (Baehaki, 2016). Konsentrasi formulasi insektisida yang digunakan adalah 0,5-1 ml/l (monosultap), 4-8 ml/l (BPMC), 0,75-1,5 ml/l (permetrin dan abamektin), serta 1-2 ml/l (fipronil). Konsentrasi uji untuk insektisida monosultap yakni berkisar antara 0,2-0,6 ml/l, BPMC 2,1-3,6 ml/l, permetrin dan abamektin 0,2-0,5 ml/l dan fipronil 0,15-0,45 ml/l. Setiap perlakuan yang diuji diulang sebanyak tiga kali.

Uji lanjutan dilakukan pada *N. lugens* populasi standar dan lapang untuk mendapatkan nilai LC_{50} dan LC_{95} pada setiap jenis insektisida yang diuji. Sembilan taraf konsentrasi insektisida monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil yang digunakan pada *N. lugens* populasi lapang dan standar. Setiap perlakuan yang diuji diulang sebanyak lima kali. Konsentrasi uji untuk insektisida monosultap populasi lapang yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,2 ml/l; 0,3 ml/l; 0,35 ml/l; 0,4 ml/l; 0,5 ml/l; 0,55 ml/l; 0,6 ml/l dan 0,61 ml/l. Konsentrasi insektisida BPMC populasi lapang yaitu tanpa perlakuan insektisida

(kontrol); 2,1 ml/l; 2,3 ml/l; 2,4 ml/l; 2,6 ml/l; 2,9 ml/l; 3,2 ml/l; 3,3 ml/l dan 3,6 ml/l. Konsentrasi uji untuk insektisida permetrin dan abamektin populasi lapang yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,09 ml/l; 0,17 ml/l; 0,2 ml/l; 0,25 ml/l; 0,3 ml/l; 0,4 ml/l; 0,5 ml/l dan 0,6 ml/l. Konsentrasi insektisida fipronil populasi lapang yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,15 ml/l; 0,2 ml/l; 0,25 ml/l; 0,35 ml/l; 0,4 ml/l; 0,45 ml/l; 0,5 ml/l dan 0,51 ml/l.

Konsentrasi insektisida monosultap untuk perlakuan populasi standar yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,1 ml/l; 0,14 ml/l; 0,16 ml/l; 0,22 ml/l; 0,3 ml/l; 0,35 ml/l; 0,38 ml/l dan 0,45 ml/l. Konsentrasi insektisida BPMC populasi standar yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 1,5 ml/l; 1,7 ml/l; 2 ml/l; 2,1 ml/l; 2,2 ml/l; 2,4 ml/l; 2,6 ml/l dan 3 ml/l. Untuk insektisida permethrin dan abamektin populasi standar digunakan konsentrasi uji tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,04 ml/l; 0,09 ml/l; 0,15 ml/l; 0,2 ml/l; 0,25 ml/l; 0,3 ml/l; 0,4 ml/l dan 0,5 ml/l. Konsentrasi insektisida fipronil populasi standar yaitu tanpa perlakuan insektisida (kontrol); 0,05 ml/l; 0,08 ml/l; 0,1 ml/l; 0,12 ml/l; 0,15 ml/l; 0,18 ml/l; 0,2 ml/l dan 0,22 ml/l.

Pengamatan mortalitas *N. lugens* dilakukan pada 24, 48 dan 72 jam setelah aplikasi insektisida. Data mortalitas *N. lugens* pada 72 jsa pada populasi standar dan lapang untuk setiap jenis insektisida yang diuji dianalisis probit untuk mendapatkan nilai LC50 dan LC95 dengan menggunakan program PoloPlus (LeOra Software Company). Tingkat resistensi *N. lugens* populasi lapang ditentukan dengan menghitung nisbah resistensi (NR) yang ditentukan dengan rumus berikut rumus berikut (Dono *et al.*, 2010) :

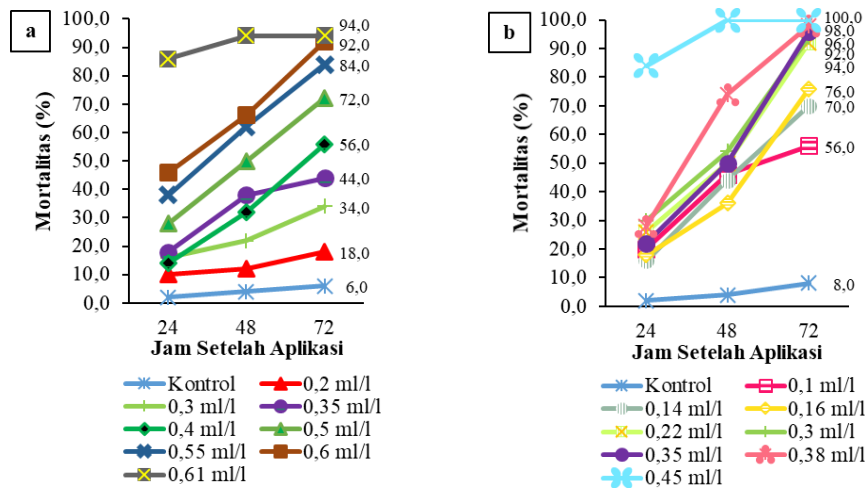
$$NR = \frac{LC50 \text{ populasi lapang}}{LC50 \text{ populasi standar}}$$

Apabila *N. lugens* yang berasal dari populasi lapang memiliki nilai NR adalah $1 < NR < 4$ maka dikatakan terindikasi resisten, sedangkan resistensi terjadi jika $NR \geq 4$.

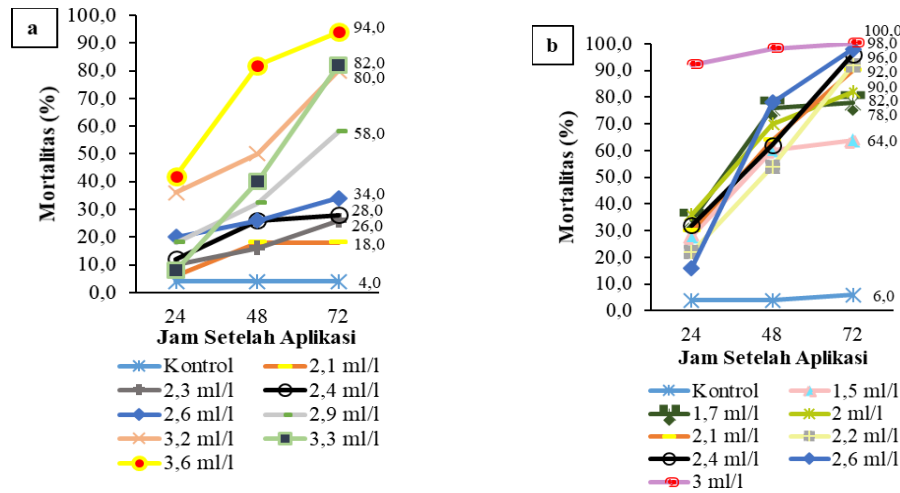
HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas *N. lugens* populasi standar dan lapang setelah aplikasi insektisida (monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil) mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan waktu paparan dan konsentrasi insektisida yang digunakan (Gambar 1-4). Berdasarkan Gambar 1-4 dapat disimpulkan bahwa dari semua insektisida yang diuji, konsentrasi yang dibutuhkan untuk menyebabkan mortalitas *N. lugens* sebesar 100% (atau mortalitas tertentu lainnya) pada populasi standar lebih rendah dibandingkan populasi lapang. Hal ini menunjukkan bahwa *N. lugens* populasi standar relatif lebih peka terhadap insektisida

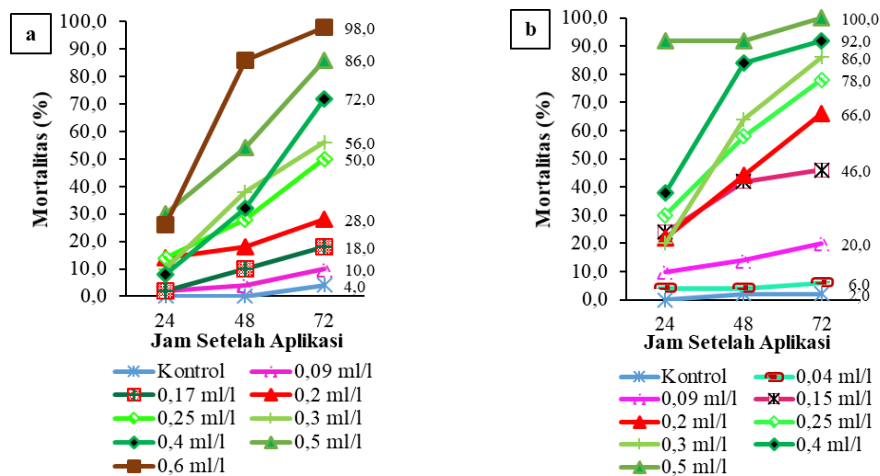
yang diuji dibandingkan dengan populasi lapang.



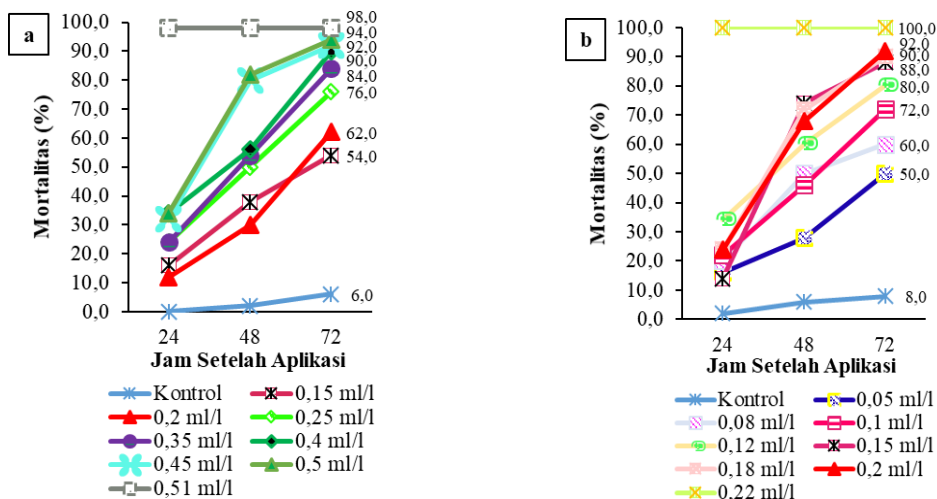
Gambar 1. Mortalitas *N. lugens* (a) populasi lapang dan (b) populasi standar setelah aplikasi insektisida monosultap



Gambar 2. Mortalitas *N. lugens* (a) populasi lapang dan (b) populasi standar setelah aplikasi insektisida BPMC



Gambar 3. Mortalitas *N. lugens* (a) populasi lapang dan (b) populasi standar setelah aplikasi insektisida permethrin dan abamectin



Gambar 4. Mortalitas *N. lugens* (a) populasi lapang dan (b) populasi standar setelah aplikasi insektisida fipronil

Gambar 1-4 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan mortalitas *N. lugens* seiring dengan peningkatan waktu paparan dan konsentrasi aplikasi insektisida yang digunakan. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi insektisida maka semakin tinggi kadar bahan aktif yang terkandung di dalam insektisida. Toksisitas insektisida sangat ditentukan oleh kadar bahan aktif yang terkandung di dalam insektisida tersebut. Safirah *et al.* (2016) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida maka efek racun juga semakin tinggi.

Berdasarkan Gambar 1-4, konsentrasi insektisida yang dibutuhkan untuk menyebabkan mortalitas *N. lugens* populasi standar lebih rendah dibandingkan dengan populasi lapang. Hal ini karena *N. lugens* populasi standar yang awalnya berasal dari lapang telah di-rearing di laboratorium selama 51 generasi (F51), tidak pernah terpapar pestisida secara langsung dan diduga *N. lugens* populasi standar secara genetik relatif lebih homogen dibandingkan populasi lapang, sehingga lebih peka terhadap insektisida. Menurut Tandiabang (1986) dalam Moekasan *et al.* (2007), aplikasi insektisida terhadap populasi serangga yang homogen dapat meningkatkan mortalitas serangga.

Nilai NR insektisida permetrin dan abamektin lebih kecil (1,77) dibandingkan BPMC (2,01) dan fipronil (2,61). Insektisida majemuk yakni insektisida yang mengandung lebih dari satu jenis bahan aktif seperti halnya permetrin (piretroid) dan abamektin (avermektin). Insektisida permetrin tergolong racun syaraf dengan mode aksi modulator sodium channel. Mode aksi insektisida ini menyebabkan saluran natrium selalu terbuka, terjadi hipereksitasi, tremor dan inkoordinasi gerakan pada serangga (IRAC, 2020).

Tabel 1. Toksisitas insektisida monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil terhadap *N. lugens* populasi standar dan lapang pada 72 jam setelah aplikasi

Insektisida	Populasi	Intercept ± SE	Slope ± SE	t-ratio	Heterogeneity	LC ₅₀ (SK 95%)	Nisbah Resistensi (NR)	LC ₉₅ (SK 95%)	Konsentrasi Formulasi
Monosultap	Standar	3,454 ± 0,355	3,363 ± 0,450	7,481	0,361	0,094 (0,073-0,111)	3,95	0,290 (0,249-0,364)	
	Lapang	2,425 ± 0,249	5,642 ± 0,648	8,703	0,818	0,372 (0,343-0,397)	(Terindikasi resisten)	0,727 (0,650-0,860)	0,5-1 ml/l
BPMC	Standar	-0,877 ± 0,347	6,574 ± 1,196	5,495	0,343	1,360 (1,111-1,508)	2,01	2,419 (2,225-2,820)	
	Lapang	-4,879 ± 0,493	11,131 ± 1,095	10,165	0,601	2,743 (2,657-2,830)	(Terindikasi resisten)	3,855 (3,631-4,198)	4-8 ml/l
Permetrin dan abamektin	Standar	2,832 ± 0,301	3,509 ± 0,406	8,648	0,202	0,156 (0,136-0,174)	1,77	0,459 (0,381-0,607)	
	Lapang	2,478 ± 0,268	4,444 ± 0,493	9,012	0,919	0,277 (0,253-0,300)	(Terindikasi resisten)	0,649 (0,556-0,818)	0,75-1,5 ml/l
Fipronil	Standar	3,142 ± 0,414	2,559 ± 0,414	6,181	0,244	0,059 (0,043-0,071)	2,61	0,260 (0,202-0,410)	
	Lapang	2,497 ± 0,250	3,070 ± 0,428	7,176	0,326	0,154 (0,118-0,181)	(Terindikasi resisten)	0,528 (0,444-0,696)	1-2 ml/l

Insektisida abamektin juga tergolong racun syaraf dengan mode aksi sebagai aktivator saluran klorida dengan mengikat reseptor GABA dan *glutamat-gated chloride* sehingga meningkatkan permeabilitas sel terhadap ion klorida, akibatnya serangga mengalami paralisis, berhenti makan dan akhirnya mati (Grant, 2002; Widyawati, 2012).

Diduga mode aksi insektisida majemuk yang berbeda (permetrin dan abamektin) menyebabkan laju resistensi insektisida majemuk tersebut lebih lambat dibandingkan insektisida dengan bahan aktif tunggal. Menurut Georghiou (1983) penggunaan dua jenis/lebih bahan aktif insektisida dengan mode aksi yang berbeda dapat memperlambat laju perkembangan resistensi serangga hama.

Berdasarkan nilai NR, *N. lugens* populasi sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu terhadap insektisida yang diuji masih terindikasi resisten meskipun insektisida tersebut cukup intensif digunakan oleh petani dalam budidaya tanaman padi. Rata-rata insektisida yang diuji sudah digunakan selama ± 2 tahun, kecuali insektisida monosultap yang sudah digunakan selama ± 12 tahun, dengan frekuensi aplikasi 2 kali seminggu. Mode aksi insektisida yang digunakan sama yakni sebagai racun syaraf. Berdasarkan kondisi ini, laju perkembangan resistensi *N. lugens* terhadap insektisida yang digunakan dinilai lambat yang ditunjukkan dari nilai NR masing-masing insektisida. Menurut Heong *et al.* (2011), resistensi dapat berkembang dengan cepat bila insektisida yang digunakan selalu dari golongan dan mode aksi yang sama serta memiliki persistensi yang tinggi.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan waktu aplikasi insektisida di sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu dilakukan pada pagi dan sore hari . Waktu aplikasi insektisida umumnya dilakukan pada saat matahari mulai terik (pukul 08:00 WIB). Berdasarkan kondisi tersebut *N. lugens* akan bersembunyi di dalam rumpun padi, sehingga peluang terpapar insektisida saat penyemprotan dilakukan juga kecil. Terlebih lagi jika penyemprotan insektisida dilakukan hanya pada permukaan atas tanaman padi.

Waktu aplikasi insektisida di lapangan pada saat matahari mulai terik dapat menurunkan jumlah/kadar insektisida yang bersifat non-persisten. Hal ini dikarenakan insektisida non-persisten bersifat mudah terurai. Menurut Bayu *et al.* (2016), penguraian insektisida non-persisten dapat berlangsung secara kimia (fotolisis) atau secara biologi oleh tanaman atau mikroorganisme. Menurut Lewis *et al.* (2016), insektisida monosultap bersifat non-persisten dan merupakan racun kontak dan lambung. Insektisida BPMC bersifat non-persisten dan merupakan racun kontak, sedangkan insektisida permetrin dan abamektin juga bersifat non-persisten dan merupakan racun kontak dan lambung (Garcia *et al.*, 2012; Lasota *et al.*, 1990). Insektisida fipronil bersifat persisten dan merupakan racun kontak dan lambung (Ying *et al.*, 2006).

Teknik aplikasi (penyemprotan hanya pada permukaan atas tanaman) dan waktu aplikasi insektisida (saat matahari mulai terik), serta karakter insektisida yang digunakan (racun kontak, non-persisten) diduga ikut berkontribusi terhadap laju perkembangan resistensi *N. lugens* di sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu. Heong *et al.* (2011) menyatakan bahwa insektisida dengan persistensi yang rendah dapat menunda terjadinya resistensi.

Informasi tentang kasus resistensi *N. lugens* terhadap insektisida monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil telah dilaporkan sebelumnya oleh beberapa peneliti. Shanfeng *et al.* (2011) melaporkan bahwa *N. lugens* di China resisten terhadap monosultap dengan nilai NR sebesar 4,03. Resistensi *N. lugens* terhadap BPMC dilaporkan oleh Surahmat *et al.* (2016) yakni *N. lugens* populasi Indramayu telah resisten terhadap BPMC dengan nilai NR sebesar 6,6. Laporan tentang resistensi *N. lugens* terhadap permetrin dan abamektin hingga saat ini masih terbatas. Li *et al.* (2018) melaporkan bahwa *N. lugens* di Guizhou telah terindikasi resisten terhadap abamektin dengan nilai NR sebesar 1,7. Kasus resistensi *N. lugens* terhadap fipronil dilaporkan oleh Baehaki *et al.* (2016) yakni *N. lugens* populasi Sukamandi dan Juwiring menurun kerentanannya terhadap fipronil dengan nilai NR sebesar 3,2 dan 4,6.

Populasi *N. lugens* di sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu yang telah terindikasi resisten terhadap insektisida monosultap, BPMC, permetrin dan abamektin, dan fipronil dapat berkembang menjadi resisten jika terus terpapar dengan insektisida dengan bahan aktif/golongan/mode aksi yang sama. Menurut Heong *et al.* (2011), resistensi dapat berkembang dengan cepat apabila insektisida yang digunakan selalu dari golongan dan mode aksi yang sama serta memiliki persistensi yang tinggi. Sparks *et al.* (2015) melaporkan bahwa rotasi penggunaan bahan aktif insektisida yang berbeda cara kerjanya dapat menunda terjadinya resistensi. Menurut Baehaki dan Widiarta (2009), rotasi penggunaan insektisida dengan bahan aktif, mode aksi dan golongan berbeda, tidak mencampur insektisida dan monitoring resistensi secara rutin di lapangan dapat memperlambat perkembangan resistensi *N. lugens*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *N. lugens* populasi sentra padi Kecamatan Kumpeh Ulu Kabupaten Muaro Jambi terindikasi resisten terhadap insektisida monosultap (NR= 3,95), BPMC (NR= 2,01), permetrin dan abamektin (NR= 1,77) dan fipronil (NR= 2,61).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Yuni Ratna, S.P., M.P dan Ibu Ir. Wilma Yunita, M.P yang telah mendanai penelitian yang penulis lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baehaki SE, EH Iswanto dan D Munawar. 2016. Resistensi wereng cokelat terhadap insektisida yang beredar di sentra produksi padi. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 35(2): 100-107.
- Baehaki SE dan IN Widiarta. 2009. Hama wereng dan cara pengendaliannya pada tanaman padi. Balai Besar Tanaman Padi.
- Bayu RF dan AC Putri. 2016. Metode-metode pengurangan residu pestisida pada hasil pertanian. Jural Rekayasa Kimia dan Lingkungan 11(2): 61-71.
- Dono D, S Ismayana, Idar, D Prijono dan I Muslikha. 2010. Status dan mekanisme resistensi biokimia *Crociodolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) terhadap insektisida organofosfat serta kepekaannya terhadap insektisida botani ekstrak biji *Barringtonia asiatica*. Jurnal Entomologi Indonesia 7(1): 9-27.

- Garcia FP, SYC Ascencio, JCG Oyarzun, AC Hernandez and PV Alavarado. 2012. Pesticide: classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risk. *Journal of Research in Environmental Science and Toxicology* 1(11): 279-293.
- Georghiou GP. 1983. Management of resistance in arthropods, p. 769-792. *In* Georghiou GP and T Saito (editors). *Pest resistance to pesticides*. Plenum, New York.
- Grant AN. 2002. Medicines for sea lice. *Pest Management Science* 58(6): 521-527.
- Heong KL, KH Tan, CPF Garcia, LT Fabellar and Z Lu. 2011. *Research Methods in Toxycology and Insecticide Resistance Monitoring of Rice Planthoppers*. International Rice Research Institute, Los Banos.
- IRAC. 2020. IRAC Mode of Action Classification Scheme. Croplife International. Diunduh dari <https://www.irc-online.org/documents/moa-classification/>. (diakses 30 Juli 2020).
- Lasota JA and RA Dybas. 1990. Abamectin as a pesticide for agricultural use. *Acta Leidensia* 59(2): 217-225.
- Lewis KA, Tzilivakis, JD Warner and A Green. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment* 22(4): 1050-1064.
- Li G, W Yan, L Yangyang and C Xiangsheng. 2018. Insecticides resistance and detoxification enzymes activity changes in brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in Guizhou Province. *Acta Ecologica Sinica* 39(3): 234-241. China.
- Moekasan TK dan RS Basuki. 2007. Status resistensi *Spodoptera litura exigua* Hubn. pada tanaman bawang merah asal Kabupaten Cirebon, Brebes dan Tegal terhadap insektisida yang umum digunakan petani di daerah tersebut. *Jurnal Hortikultura* 17(4):343-354.
- Safirah R, N Widodo dan MAK Budiyo. 2016. Uji efektifitas insektisida nabati buah *Crescentia cujete* dan bunga *Syzygium aromaticum* terhadap mortalitas *Spodoptera litura* secara in vitro sebagai sumber belajar biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* 2(3):265-276.
- Shanfeng L and R Zhang. 2011. Cross-resistance of bisultap resistant strain of *Nilaparvata lugens* and its biochemical mechanism. *Journal of Economic Entomology* 104(1): 243-249.
- Surahmat EC, Dadang dan D Prijono. 2016. Kerentanan wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens*) dari enam lokasi di Pulau Jawa terhadap tiga jenis insektisida. *Jurnal Hama Penyakit Tumbuhan Tropika* 16(1): 71-81.
- Sparks TC and R Nauen. 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121(1):122-128. USA.

- Widyawati A. 2012. Kepekaan larva *Crocidolomia pavonana* asal Cianjur Jawa Barat terhadap tiga jenis insektisida [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Xun L, R Jin, X Zhang, E Ali, K Mao, P Xu, J Li and H Wan. 2018. Characterization of sulfoxaflor resistance in the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stal). *Pest Management Science* 75(6): 1646-1654.
- Ying GG and RS Kookana. 2006. Persistence and movement of fipronil termiticide with under-slab and trenching treatments. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25(8): 45-50.