

DETERMINASI STRAIN LARVA *Aedes aegypti* (LINN) RENTAN HOMOZIGOT DENGAN METODE SELEKSI INDUKAN TUNGGAL

Isfanda¹, Upik Kesumawati Hadi², Susi Soviana³

¹Dosen STKIP Bumi Persada Lhokseumawe, Aceh

^{2,3}Dosen Program Magister Mayor Parasitologi dan Entomologi Kesehatan

Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat

Email: isfandaa@gmail.com

ABSTRAK

Pengendalian umumnya dilakukan dengan tiga cara yaitu fisik, biologik, dan kimia. Aplikasi insektisida merupakan cara yang paling umum digunakan. Disamping keunggulan dalam penurunan populasi vektor yang cepat, aplikasi satu jenis insektisida yang berulang dalam jangka panjang dapat menimbulkan beberapa masalah, yakni munculnya populasi serangga target yang resisten, resurgensi, ledakan hama sekunder, penumpukan residu insektisida di alam yang menimbulkan masalah terhadap manusia, hewan dan lingkungan. Nyamuk *Aedes aegypti* dewasa yang berasal dari laboratorium Entomologi Kesehatan Institut Pertanian Bogor diambil secara acak. Telur *Ae. aegypti* yang berasal dari satu indukan ditetaskan secara terpisah. Insektisida yang digunakan untuk pengujian larva nyamuk yaitu malation, propoksur, dan sipermetrin. Uji kerentanan larva terhadap setiap jenis konsentrasi insektisida menggunakan 25 larva instar III. Hasil menunjukkan dengan metode seleksi indukan tunggal, kemudian dipaparkan dengan insektisida malation, propoksur, dan sipermetrin, larva *Ae. Aegypti* memperlihatkan tren rentan homozigot pada generasi keempat (F_4). Pembentukan strain homozigot rentan memerlukan waktu di atas lima generasi.

Kata kunci: *Ae. aegypti*, Insektisida, Seleksi Indukan Tunggal.

PENDAHULUAN

Nyamuk berperan sebagai vektor penyakit demam berdarah dengue (DBD), chikungunya, yellow fever, encephalitis, serta penyakit filariasis, riketsiasis, dan malaria. Secara umum pengendalian nyamuk vektor dilakukan dengan tiga cara yakni pengendalian fisik, biologis dan pengendalian kimiawi dengan aplikasi insektisida merupakan cara yang paling umum digunakan. Hingga saat ini penggunaan insektisida semakin meningkat di negaraberkembang. Penggunaan satu jenis insektisida yang berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan beberapa masalah yaitu, munculnya populasi serangga target yang resisten, munculnya resurgensi, ledakan hama sekunder, penumpukan residu insektisida di alam yang menimbulkan masalah terhadap manusia, hewan dan hasil pertanian.

Mekanisme resistensi dibedakan menjadi dua jenis yaitu, mekanisme biokimiawi, yang berkaitan dengan fungsi enzimatis di dalam tubuh serangga vektor yang mampu mengurai molekul insektisida menjadi molekul-molekul lain yang tidak toksik (detoksifikasi) dan mekanisme resistensi perilaku, yaitu vektor secara alami menghindari kontak dengan insektisida. Alphey dan Bonsall menyatakan bahwa secara matematika ekologi nyamuk genotipe homozigot lebih aktif dan lebih mudah bertahan hidup dibandingkan nyamuk yang heterozigot. Populasi larva nyamuk genotipe homozigot lebih kompetitif dibandingkan dengan larva nyamuk yang memiliki genotipe heterozigot.

Pengujian insektisida deltametrin terhadap nyamuk yang homozigot didapatkan lebih rentan dibandingkan dengan nyamuk yang heterozigot. Hal ini disebabkan karena nyamuk heterozigot lebih resisten terhadap insektisida deltametrin. Status kerentanan nyamuk *Aedes aegypti* di Thailand telah didapatkan resisten terhadap insektisida deltametrin, propoksur, bendiokarb dan masih sangat rentan terhadap malathion. Hal ini dapat disimpulkan bahwa insektisida malation

masih efektif digunakan pada pengendalian nyamuk *Ae. aegypti* di Thailand. Penggunaan insektisida malathion dan sipermetrin sudah sangat sering digunakan di Indonesia pada pengendalian vektor Demam Berdarah Dengue sehingga terjadi perkembangan resistensi. Selian *et al.*, melakukan uji resistensi nyamuk *Ae. aegypti* menggunakan malathion dan sipermetrin didapatkan hasil telah resisten di wilayah Jakarta Utara.

Di Indonesia, penggunaan insektisida diberbagai tempat rata-rata sudah mengalami perkembangan resistensi terhadap insektisida malathion dan bendiokarb. Insektisida yang masih sangat rentan untuk pengendalian nyamuk *Ae. aegypti* yaitu insektisida golongan piretroid. Sunaryo *et al*, melakukan uji resistensi nyamuk *Ae. aegypti* yang diambil dari berbagai kota di Provinsi Jawa Tengah mendapatkan hasil telah resisten terhadap malathion 0.8% dan permethrin 0.25% dengan angka kematian di bawah 80%. Penelitian serupa juga dilakukan oleh permatasari *et al*, menggunakan insektisida golongan piretroid dan didapatkan hasil bahwa insektisida jenis Transflutrin dan metoflutrin masih sangat rentan.

Koloni nyamuk *Ae. aegypti* di Laboratorim Entomologi Kesehatan FKH IPB diduga secara genetik bersifat resisten heterozigot. Hal ini terlihat dari hasil pengujian efikasi insektisida yang menunjukkan rata-rata kematian nyamuk yang tidak seragam pada setiap ulangan dari generasi dan umur nyamuk yang sama. Oleh karena itu dibutuhkan upaya untuk memperoleh koloni nyamuk yang rentan secara homozigot. Upaya ini dapat dilakukan dengan metode seleksi indukan tunggal yaitu suatu metode yang dilakukan dengan mengisolasi setiap satu pasang indukan dan mengembangbiakkan keturunannya sampai diperoleh koloni yang rentan.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Entomologi Kesehatan Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor (PEK-FKHIPB) dari bulan Desember 2013 sampai dengan April 2014.

Rancangan Penelitian

Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 perlakuan dan 4 ulangan. Persamaan regresi antara waktu kontak dengan mortalitas dibuat untuk mengetahui status kerentanan populasi nyamuk yang diuji terhadap insektisida. Analisis kerentanan setiap sampel kandang akan ditentukan berdasarkan pada persentase kematian larva dengan menggunakan uji statistik regresi dan analisis probit dengan menggunakan software SPSS versi 19.

Penyediaan Larva Uji

Seleksi Indukan

Sebanyak 10 pasang nyamuk *Ae. aegypti* F₉₇ dewasa strain insektorium diambil secara acak. Setiap satu pasang indukan nyamuk dewasa (jantan dan betina) kemudian dipisahkan ke dalam kandang yang berbeda. Nyamuk tersebut diberi makan darah marmut untuk menghasilkan telur dan hasil dari penetasan telur tersebut dinyatakan sebagai F₀. Persiapan untuk mendapatkan telur *Ae. aegypti* dilakukan dengan menyediakan ovitrap. Ovitrap untuk *Ae. aegypti* berupa wadah gelas plastik yang dilapisi kertas saring pada bagian dinding dalam sebagai tempat peletakan telur, lalu diisi dengan air setengahnya. Ovitrap kemudian diletakkan dalam kandang berisi nyamuk betina dewasa yang telah diberi makan darah. Ovitrap dibiarkan sampai nyamuk meletakkan telurnya.

Pemeliharaan Nyamuk

Satu kertas saring telur *Ae. aegypti* yang berasal dari satu indukan ditetaskan dalam nampan plastik berukuran 20x15x10 cm³ yang berisi satu liter air. Telur yang telah menetas menjadi larva (instar I sampai IV) diberi makanan berupa tepung hati ayam dan *catfood* (1:1) yang telah dihaluskan. Pupa

dikumpulkan di dalam wadah gelas plastik, kemudian dimasukkan ke dalam kandang hingga eklosi menjadi dewasa. Seterusnya nyamuk jantan dan betina yang telah melakukan perkawinan, diberi makan darah marmut dan dibiarkan bertelur. Pemeliharaan ini dilakukan hingga 5 generasi (F₅). Suhu rata-rata ruangan berkisar antara 20°C-28°C dengan kelembaban 88% - 90%.

Pengujian Status Kerentanan

Insektisida

Insektisida yang digunakan untuk pengujian larva nyamuk terdiri atas tiga golongan, yaitu Malation, Propoksor, dan Sipermetrin. Setiap insektisida dilakukan pengujian terhadap tiga tingkatan dosis yang diencerkan dengan aseton. Konsentrasi insektisida Malation dan Propoksor untuk larva *Ae.aegypti* sebesar 1ppm, 0.001ppm, 0.0005 ppm dan Sipermetrin 0.001 ppm, 0.0005 ppm, 0.00025 ppm.

Uji Kerentanan Larva

Uji ini menggunakan larva instar III. Sebanyak 25 larva dimasukkan ke dalam wadah plastik berukuran 350 ml. Kemudian ditambahkan air sebanyak 225 ml yang telah dicampur insektisida dengan tingkatan konsentrasi masing-masing sebanyak 1 ml. Pengamatan mortalitas larva dimulai dari menit ke 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 24 jam setelah kontak. Pengujian ini diulang 4 kali. Untuk kontrol positif dilakukan dengan menggunakan aseton (98%), sedangkan kontrol negatif menggunakan air keran.

Analisis Status Kerentanan

Status kerentanan ditentukan berdasarkan presentase kematian larva. Apabila kematiannya dibawah 80% maka populasi tersebut dinyatakan resisten, antara 80%-97 % dinyatakan toleran, dan antara 98%-100% dinyatakan rentan.

Analisis Status Resistensi Larva

Status resistensi larva *Ae. aegypti* terhadap masing-masing insektisida diukur dengan perhitungan analisis regresi probit yang dinyatakan dalam LT₅₀, LT₉₅, dan rasio resistensi (RR).

HASIL

Hasil dari uji kerentanan untuk konfirmasi homozigositas larva *Aedes aegypti* terhadap insektisida malation, propoksor, dan sipermetrin tersaji dalam tabel-tabel berikut :

Tabel 1. Rata-rata persentase kematian larva *Ae. aegypti* terhadap insektisida malation

Insektisida	Kematian Larva <i>Ae. aegypti</i> setelah 24 jam			
	Generasi			
	F ₂ (%)	F ₃ (%)	F ₄ (%)	F ₅ (%)
Malation 1 ppm	98.40 ^c	99.50 ^c	100 ^c	100 ^c
Malation 0.001 ppm	76.40 ^b	63.40 ^a	71.20 ^b	72.20 ^b
Malation 0.0005 ppm	64.00 ^a	65.50 ^a	53.40 ^a	53.50 ^a

Keterangan: Huruf superskrip yang sama pada baris dan kolom yang sama menyatakan berbeda nyata (P < 0.05).

Tabel 2. Nilai LT dan RR larva *Ae. aegypti* terhadap malation

Malation 1 ppm							
Generasi	LT ₅₀		LT ₉₅		Regresi Linear	RR ₅₀	RR ₉₅
F2	24.75	(21.79-28.69)	64.78	(55.34-79.66)	y=0.050x-1.5	0.3	0.4
F3	62.13	(57.02-68.86)	132.05	(115.82-157.47)	y=0.025x-1.5	0.7	0.7
F4	90.66	(84.43-98.92)	175.96	(155.89-207.71)	y=0.025x-2.0	1.0	1.0
F5	92.73	(86.54-100.94)	177.54	(157.58-209.16)	y=0.025x-2.0		
Malation 0.001 ppm							
F2	59.28	(55.22-64.64)	114.82	(101.83-135.28)	y=0.033x-1.8	0.8	0.7
F3	82.40	(77.07-89.53)	155.43	(138.06-183.17)	y=0.020x-1.5	1.1	1.0
F4	76.53	(70.39-84.62)	160.62	(141.10-191.20)	y=0.020x-1.5	1.0	1.0
F5	77.39	(71.67-85.96)	162.24	(142.65-192.90)	y=0.020x-1.5		
Malation 0.0005							
F2	52.65	(49.00-57.46)	102.50	(90.91-120.68)	y=0.040x-1.9	0.8	0.8
F3	83.20	(77.81-90.74)	156.69	(138.76-185.85)	y=0.020x-1.5	1.3	1.2
F4	57.26	(52.40-63.67)	123.69	(108.24-147.90)	y=0.029x-1.5	0.9	0.9
F5	61.97	(56.80-68.84)	132.59	(115.96-158.90)	y=0.025x-1.5		

Tabel 3. Rata-rata persentase kematian larva *Ae. aegypti* terhadap insektisida propoksur

Kematian Larva <i>Ae. aegypti</i> setelah 24 jam				
Insektisida	Generasi			
	F ₂ (%)	F ₃ (%)	F ₄ (%)	F ₅ (%)
Propoksur 1 ppm	96.90 ^c	100 ^b	100 ^c	100 ^b
Propoksur 0.001 ppm	65.90 ^b	70.70 ^a	78.80 ^b	80.30 ^b
Propoksur 0.0005 ppm	47.70 ^a	60.30 ^a	62.70 ^a	64.90 ^a

Keterangan: Huruf superskrip yang sama pada baris dan kolom yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0.05$)

Tabel 4. Rata-rata persentase kematian larva *Ae. aegypti* terhadap insektisida sipermetrin

Kematian Larva <i>Ae. aegypti</i> setelah 24 jam				
Insektisida	Generasi			
	F ₂ (%)	F ₃ (%)	F ₄ (%)	F ₅ (%)
Sipermetrin 0.001 ppm	86.40 ^c	86.90 ^b	99.90 ^b	100 ^b
Sipermetrin 0.0005 ppm	58.70 ^b	63.20 ^{ab}	67.90 ^a	67.40 ^a
Sipermetrin 0.00025 ppm	37.40 ^a	51.80 ^a	51.20 ^a	52.10 ^a

Keterangan: Huruf superskrip yang sama pada baris dan kolom yang sama menyatakan berbeda nyata ($P < 0.05$)

Tabel 5. Nilai LT dan RR Larva *Ae. aegypti* terhadap propoksur

Propoksur 1 ppm							
Generasi	LT ₅₀		LT ₉₅		Regresi Linear	RR ₅₀	RR ₉₅
F2	66.52	(63.26-70.81)	111.09	(100.75-127.29)	y=0.040x-2.7	0.7	0.7
F3	78.46	(71.53-87.61)	173.36	(151.18-208.31)	y=0.020x-1.5	0.8	1.1
F4	94.05	(89.25-100.49)	159.78	(144.00-185.15)	y=0.029x-2.4	1.0	1.0
F5	94.02	(89.17-100.50)	160.47	(144.68-185.78)	y=0.029x-2.4		
Propoksur 0.001 ppm							
F2	54.64	(51.70-58.56)	94.98	(85.44-110.16)	y=0.050x-2.5	0.6	0.6
F3	91.01	(84.39-104.60)	139.22	(118.90-200.53)	y=0.033x-2.8	1.1	0.9
F4	88.04	(82.99-93.77)	157.29	(140.88-183.46)	y=0.025x-2.0	1.0	1.0
F5	86.04	(80.91-92.81)	156.40	(139.99-182.21)	y=0.029x-2.4		
Propoksur 0.0005 ppm							
F2	40.61	(38.03-44.00)	75.89	(67.67-88.79)	y=0.050x-2.0	0.6	0.5
F3	88.49	(84.51-93.89)	142.96	(129.70-164.50)	y=0.029x-2.4	1.2	0.9
F4	74.66	(68.63-82.61)	157.28	(138.08-187.40)	y=0.020x-1.5	1.0	1.0
F5	72.20	(66.30-79.97)	152.87	(134.16-182.14)	y=0.020x-1.5		

Tabel 6. Nilai LT dan RR Larva *Ae. aegypti* terhadap sipermetrin
Sipermetrin 0.001 ppm

Generasi	LT ₅₀		LT ₉₅		Regresi Linear	RR ₅₀	RR ₉₅
F2	91.21	(87.25-96.50)	145.52	(132.61-166.11)	y=0.033x-2.8	0.9	1.2
F3	97.17	(91.79-108.55)	134.72	(118.49-186.00)	y=0.050x-4.5	1.0	1.1
F4	99.21	(96.98-103.33)	116.47	(109.69-134.21)	y=0.133x-12.8	1.0	0.9
F5	99.56	(96.04-106.55)	125.17	(114.54-155.96)	y=0.080x-7.5		
Sipermetrin 0.0005 ppm							
F2	76.61	(72.623-81.887)	131.26	(118.47-151.43)	y=0.033x-2.5	0.9	1.1
F3	84.60	(82.441-87.459)	114.13	(107.15-125.23)	y=0.057x-4.6	1.0	0.9
F4	86.06	(83.854-88.959)	116.22	(109.22-127.19)	y=0.057x-4.9	1.0	1.0
F5	86.90	(84.377-90.217)	121.36	(113.34-133.94)	y=0.050x-4.3		
Sipermetrin 0.00025 ppm							
F2	60.16	(56.41-65.09)	111.25	(99.37-129.85)	y=0.040x-2.3	0.8	1.0
F3	71.12	(69.42-73.39)	94.35	(88.87-103.04)	y=0.067x-4.8	0.9	0.8
F4	73.18	(70.76-76.37)	106.29	(98.56-118.43)	y=0.050x-3.5	1.0	1.0
F5	75.85	(73.24-79.29)	111.49	(103.19-124.53)	y=0.050x-3.8		

Tabel 7. Rata-rata persentase kematian larva *Ae. aegypti* terhadap 3 isektisida pada konsentrasi tinggi.

Insektisida	Kematian Larva <i>Ae. aegypti</i> pada konsentrasi tinggi setelah 24 jam			
	F ₂ (%)	F ₃ (%)	F ₄ (%)	F ₅ (%)
Malation 1 ppm	98.40	99.50	100	100
Propoksur 1 ppm	96.40	100	100	100
Sipermetrin 0.001 ppm	86.40	86.90	99.90	100

PEMBAHASAN

Kerentanan Larva Ae. Aegypti terhadap Malation

Hasil uji kerentanan larva *Ae. aegypti* yang dipaparkan dengan insektisida malation disajikan pada Tabel 1. Rata-rata kematian larva *Ae. aegypti* generasi F₄ dan F₅ mencapai 100% pada 24 jam setelah pemaparan. Konsentrasi 1 ppm, 0.001 ppm, dan 0.0005 ppm menyebabkan kematian larva *Ae. aegypti* berbeda nyata ($P < 0.05$). Persentase kematian larva mengalami peningkatan pada konsentrasi 1 ppm setelah 24 jam pemaparan pada setiap generasi, namun hal tersebut tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Tabel menunjukkan nilai LT₅₀ dan LT₉₅ mengalami peningkatan dari generasi F₂ sampai generasi F₅. Nilai LT₅₀ dan LT₉₅ tertinggi pada generasi F₅ yaitu 92.73 menit dan 177.54 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah generasi maka nilai LT₅₀ dan LT₉₅ semakin tinggi. Nilai RR₅₀ dan RR₉₅ mengalami peningkatan seiring dengan penambahan generasi. RR₅₀ dan RR₉₅ mencapai nilai 1.0 terdapat pada generasi ke F₄. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerentanan yang sama atau homozigot telah tercapai pada generasi F₄. Generasi ke F₅ merupakan pembandingan dalam penghitungan nilai RR.

Kerentanan Larva Ae. aegypti terhadap Propoksur

Berdasarkan hasil uji kerentanan larva *Ae. aegypti* yang dipaparkan dengan insektisida propoksur disajikan pada Tabel 3. Rata-rata kematian larva *Ae. aegypti* mencapai 100% pada generasi F₃, F₄, dan F₅ pada 24 jam setelah pemaparan. Kematian larva *Ae. aegypti* pada konsentrasi 0.001 dan 0.0005 berbeda nyata ($P < 0.05$). Persentase kematian larva mengalami peningkatan pada konsentrasi 1 ppm setelah 24 jam pemaparan pada setiap generasi.

Nilai LT₅₀ dan LT₉₅ pada konsentrasi 1 ppm tertinggi pada F₅ yaitu 94.02 menit dan 160.47 menit (Tabel 5). Nilai RR₅₀ dan RR₉₅ mengalami peningkatan seiring dengan penambahan generasi. RR₅₀ dan RR₉₅ mencapai nilai 1.0 terdapat pada generasi ke F₄. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerentanan yang sama atau homozigot telah tercapai pada generasi F₄ di setiap konsentrasi. Status resistensi

nyamuk *Ae. aegypti* terhadap malation di lapangan terbukti telah mengalami resistensi akibat penggunaan insektisida dari jenis bahan yang sama dalam waktu yang lama.

Kerentanan Larva Ae. aegypti terhadap Sipermetrin

Berdasarkan hasil uji kerentanan larva *Ae. aegypti* yang dipaparkan dengan insektisida sipermetrin disajikan pada Tabel 4. Rata-rata kematian larva *Ae. aegypti* mencapai 100% di generasi F₅ pada 24 jam setelah pemaparan. Kematian larva *Ae. aegypti* pada konsentrasi 0.005 dan 0.00025 berbeda nyata ($P < 0.05$). Persentase kematian larva mengalami peningkatan konsentrasi 0.001 ppm setelah 24 jam pemaparan pada setiap generasi. Nilai LT₅₀ dan LT₉₅ mengalami peningkatan dari generasi F₂ sampai generasi F₅. Nilai LT₅₀ dan LT₉₅ tertinggi pada generasi F₅ dengan nilai yaitu 99.56 menit dan 125.17 menit (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambah generasi nilai LT₅₀ dan LT₉₅ semakin tinggi. Nilai RR₅₀ dan RR₉₅ mengalami peningkatan seiring dengan penambahan generasi. RR₅₀ dan RR₉₅ mencapai nilai 1.0 pada generasi ke F₄. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kerentanan yang sama atau homozigot telah tercapai pada generasi F₄.

Hasil uji kerentanan larva *Ae. aegypti* mulai dari F₂ sampai F₅ terhadap pemaparan tiga konsentrasi Sipermetrin tersaji dalam Tabel 1 dan 3. Konsentrasi sipermetrin 0.001 ppm tampak adanya peningkatan persentase kematian larva setiap generasi dengan nilai rasio resistensi LT₅₀ 0.9–1.0. Nilai kematian tertinggi (100%) pada konsentrasi 0.001 ppm terjadi pada generasi F₄ dan F₅. Adapun pada konsentrasi 0.0005 ppm, kematian larva tertinggi tampak pada generasi F₄ (67.90%) dengan nilai RR₅₀ 0.9–1.0. Konsentrasi 0.00025 ppm, nilai kematian tertinggi hanya terjadi pada generasi F₅ (52.10%) dengan nilai RR₅₀ 0.8–0.1.

Organofosfat dan karbamat bekerja pada sinaps syaraf yang menghambat enzim kolinesterase. Enzim ini menjadi terfosforilasi ketika terikat dengan organofosfat dan bersifat tetap (*irreversible*). Tetapi pada karbamat menghambat enzim kolinesterase bersifat tidak tetap (*reversible*).⁵ Piretroid sintetik merupakan racun akson (serabut syaraf) yang terikat pada *voltage-gate sodium channel*, yang mencegah penutupan secara normal dan berakibat terjadinya rangsangan syaraf berkelanjutan. Uji kerentanan yang dilakukan terhadap nyamuk *Ae. aegypti* genotipe homozigot terhadap insektisida peritroid (permetrin) diperoleh nilai mortalitas 100%. Ini disebabkan frekuensi alel gen yang sama pada populasi nyamuk yang dilakukan pengujian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa status kerentanan larva *Ae. aegypti* terhadap 3 jenis insektisida (malation, propoksur, dan sipermetrin), secara umum menunjukkan adanya peningkatan status kerentanan khususnya pada konsentrasi 1 ppm pada malation dan propoksur, sedangkan 0.001 ppm pada sipermetrin. Peningkatan status kerentanan terjadi mulai pada generasi keempat (F₄) khususnya pada malation dan sipermetrin, sedangkan pada propoksur sudah tercapai pada generasi ketiga (F₃) (Tabel 7).

Larva *Ae. aegypti* dipaparkan dengan ketiga golongan insektisida selama lima generasi. Data angka kematian larva dengan metode seleksi tunggal disajikan pada Tabel 1-7. Dari data tersebut belum menunjukkan adanya generasi strain rentan homozigot murni yang ditandai oleh adanya kematian 100%. Meskipun pada generasi ke F₄ sudah ada yang menunjukkan kematian 100% (malation dan sipermetrin) tetapi akan dapat dipastikan apabila seleksi terhadap insektisida tersebut dilakukan hingga minimal 10 generasi (F₁₀). Hamdan *et al.*, melaporkan bahwa larva *Cx. quinquefasciatus* menunjukkan berhasil menjadi strain rentan homozigot pada generasi kelima (F₅).⁶ Hal ini ditunjukkan oleh adanya kematian 100% pada generasi kelima (F₅). Adapun nilai LT₅₀ nyamuk *Cx. quinquefasciatus* dewasa dengan cara yang sama menunjukkan juga penurunan resistensi pada setiap generasi, dan resistensi pada generasi kesepuluh (F₁₀) menurun 1.8 kali bila dibandingkan dengan F₀. Hal ini menunjukkan bahwa stadium larva pada *Cx. quinquefasciatus* lebih cepat mengalami penurunan resistensi dibandingkan dengan stadium dewasa.

Resistensi secara genetik diturunkan dan tingkat perkembangan resistensi bergantung pada frekuensi gen resisten, kekerapan penggunaan insektisida dan lamanya aplikasi.³Sementara itu Finney dan Dunley menyatakan bahwa resistensi meningkat lebih cepat pada tempat-tempat seperti rumah kaca, tempat serangga atau tungau bereproduksi dengan cepat, tempat yang kecil atau tidak ada imigrasi serangga-serangga rentan.

Mekanisme fisiologis yang tepat untuk resistensi organophosphate (malation) terhadap nyamuk masih harus dieksplorasi untuk mengembangkan cara mengukur resistensi. Studi perlu dilakukan untuk mendapatkan pola resistensi silang dan menentukan manajemen pengendalian yang tepat. Program pengendalian harus memperhatikan resiko terjadinya resistensi silang insektisida terhadap populasi nyamuk dan hama pertanian.

SIMPULAN

Metode seleksi indukan tunggal, kemudian dipaparkan dengan insektisida malation, propoksur 1 ppm, dan sipermetrin 0.001 ppm, larva *Ae. aegypti* menunjukkan tren rentan homozigot pada generasi keempat (F_4). Pembentukan strain homozigot rentan memerlukan waktu di atas lima generasi.

SARAN

Untuk mendapatkan nyamuk *Ae. aegypti* yang rentan secara homozigot terhadap ketiga jenis insektisida perlu dilakukan pemeliharaan dan pengujian nyamuk *Ae. aegypti* secara berkelanjutan untuk mengkonfirmasi ulang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai bentuk rasa hormat saya ucapkan banyak terima kasih kepada orang tua khususnya ibunda dan ayahanda, saudara, teman serta sahabat-sahabat entomologist yang telah banyak membantu support dan doa demi selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [WHO] World Health Organization. *Instruction for Determining The Susceptibility or Resistance of Adult Mosquitos to Organophosphorus and Carbamate Insecticides*. Geneva (CH): WHO Press; 1975.
- [WHO] World Health Organization. *Test Procedures for Insecticide Resistance Monitoring in Malaria Vector Mosquitoes*. Geneva (CH): WHO Press; 2013.
- Brown AWA. Insecticide Resistant in Mosquitoes: a Pragmatic Review. *J. of American Mosq. Cont. Asso.* 1986; 2:123-140.
- Finney DJ, Dunley J. 2009. Orchard Pest Management, <http://www.wsu.edu/>
- Hadi UK, Soviana S. *Ektoparasit: Pengenalan, Identifikasi dan Pengendaliannya*. Bogor (ID): IPB Press. 2010.
- Hamdan H, Ahmad NW, Azirun MS. Determination of Homozygotes Susceptible Strain in *Cx. quinquefasciatus* (Say), Using Single Raft Sib-selection Method. *Trop Biomed.* 2008; 25(1):75-79.
- Kranthi KR. *Insecticide Resistance*. Washington (AS):Central Institute for Cotton Research. 2005.
- Scott JG. Cross Resistance to The Biological Insecticide Abamectin in Pyrethroid Resistant House Flies. *Pest. Bioc. And Phys.* 1989; 34:27-31.
- Sukowati S. Masalah Vektor Demam Berdarah Dengue (DBD) dan Pengendaliannya di Indonesia. *Bul. Jendela Epid.* 2010; 2:26.
- Wirawan IA. *Hama Permukiman Indonesia: Insektisida Permukiman*. Bogor (ID): Unit Kajian Pengendalian Hama Permukiman FKH IPB. 2006.

- Stenhouse SA, PlernsubSuriya, YanolaJintana, LumjuanNongkran, DantrakoolAnchalee, ChoochoteWej and SomboonPradya. Detection of The V1016G Mutation in The Voltage-gated Sodium Channel Gene of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) by Allele-specific PCR Assay, and Its Distribution and Effect Deltamethrin Resistance InThailand. *Par. &Vect.* 2013; 6:253.
- Alphey Nina danBonsall Michael B. Interplay of Population Genetics and Dynamics In The Genetic Control of Mosquitoes. *J. R. Soc. Interface.* 2014; 11:1071.
- SrisawatRaweewan, KomalamisraNarumon, PhanphoowongTheerawit, Takasaki Tomohiko, Runtuwene LR, Kurane Ichiro, Narita Huronari, and Eshita Yuki. Present Status of The Insecticide Susceptibility of Aedes Mosquitoes in Thailand. *J. of Jap. Red Cross Toyota Coll. Of Nursing.* 2011; 6(1):31-37.
- Nurjanah Siti, Hadi UK, dan Soviana S. Status Kerentanan Vektor Aedes aegypti Terhadap Insektisida dan Kaitannya Dengan Kejadian Kasus Demam Berdarah Di Kota Bogor. IPB; 2013.
- Plernsub S, Stenhouse SA, Tippawangkosol P, Lumjuan N, Yanola J, Choochote W, and Somboon P. Relative Developmental and Reproductive Fitness Associated With F1534C Homozygous Knockdown Resistant gene in Aedes aegypti From Thailand. *J. Trop. Biomed.* 2013; 30(4): 621-630.
- Selian Yahiddin, Satoto Tri Baskoro Tunggul, Umniyati Sitti Rahmah. Tesis: Status Kerentanan Nyamuk Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Terhadap Insektisida Organofosfat dan Piretroid Di Wilayah Kerja Kantor Kesehatan Pelabuhan Tanjung Priok. Program Pascasarjana Fakultas kedokteran Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; 2015.
- Sunaryo, Ikawati Bina, Rahmawati, dan Widiastuti Dyah. Status Resistensi Vektor Demam Berdarah Dengue (*Aedes aegypti*) Terhadap Malathion 0,8% dan Permethrin 0,25% Di Provinsi Jawa Tengah. *J. Ekol. Kes.* 2014; 13(2): 146-152.
- Permatasari Westy Ayu, Rusmartini Tinni, Astuti Ratna Dewi Indi. Prosiding Pendidikan Dokter: Uji Resistensi *Ae. aegypti* terhadap Insektisida Transflutrin 25% dan Metoflutrin 3.5% Tahun 2015. Universitas Islam Bandung; 2015.