

## Uji Kerentanan *Aedes aegypti* terhadap Malation, Permethrin, dan Bendiokarb di Kelurahan Tangkerang Timur Kecamatan Tenayan Raya, Pekanbaru

Elva Susanty<sup>1\*</sup>, Suri Dwi Lesmana<sup>1</sup>, Mislindawati,<sup>1</sup>Aditya Fikri Aulia<sup>2</sup>, Akhwani Zuqni<sup>2</sup>,  
Muhammad Naufal Atsila<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Insecticide resistance of *Aedes aegypti* populations is one of the main problems in controlling dengue hemorrhagic fever vectors because it will produce resistant offspring. This study aimed to determine the insecticide susceptibility status of *Ae. aegypti* to 5% malathion, 0,75% permethrin, and 0,1% bendiocarb in Tangkerang Timur Village, Tenayan Raya District, Pekanbaru. This study is a descriptive observational study with a cross-sectional design. The resistance test method in this study was the World Health Organization (WHO) susceptibility test method with impregnated paper (5% malathion, 0,75% permethrin, and 0,1% bendiocarb). The larval that were reared into adult mosquitoes were collected from 100 houses in Tangkerang Timur Village. Total adult mosquitoes aged 3-5 days tested in this study were 100 mosquitoes. The test mosquitoes were exposed to impregnated paper for 1 hour and the number of knockdown mosquitoes was counted. Mosquito mortality was counted after 24 hours. The results of the susceptibility test in this study showed the mortality of *Ae.aegypti* to 5% malathion, 0,75% permethrin, and 0,1% bendiocarb were 100%, 85%, and 3.75%. The results of this study indicated that *Ae.Aegypti* has been resistant to 0,75% permethrin and 0,1% bendiocarb and susceptible to 5% malathion.

**Keywords :** *Aedes aegypti*, bendiocarb, malathion, permethrin, susceptibility test

Demam berdarah dengue (DBD) merupakan salah satu penyakit tular vektor melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* (*Ae.aegypti*).<sup>1</sup> Setiap tahun diperkirakan 390 juta orang terinfeksi dengue dengan 96 juta kasus diantaranya menjadi DBD atau dengan klinis yang berat.<sup>2</sup> Pada tahun 2018 kasus DBD di Indonesia sebanyak 65.602 kasus dan meningkat di tahun 2019 sebanyak 138.127 kasus.<sup>3</sup> Data dari Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru menunjukkan bahwa kasus DBD di Pekanbaru pada tahun 2019 sebanyak 422 kasus dan meningkat di tahun 2020 sebanyak 494 kasus dengan kasus terbanyak di Kecamatan Tenayan Raya dengan 86 kasus.

Berbagai upaya telah dilakukan dalam penanggulangan DBD tetapi DBD tidak pernah berakhir dan masih tetap menjadi masalah kesehatan di dunia terutama di negara subtropis dan tropis seperti Indonesia.<sup>4</sup> Belum adanya pengobatan spesifik maupun vaksin untuk mencegah DBD menyebabkan

pemakaian insektisida lebih banyak digunakan dalam mengendalikan vektor *Ae.aegypti* untuk memutus rantai penularan DBD baik oleh pemerintah maupun masyarakat.<sup>5,6</sup> Malation, permethrin dan bendiocarb merupakan beberapa jenis insektisida yang sering digunakan dalam penanggulangan DBD. Malation merupakan salah satu jenis insektisida organofospat yang sering digunakan dalam program pengendalian vektor DBD dengan cara *space spraying* (*thermal fogging*/ pengasapan atau *ultra low volume/ULV*).<sup>7,8</sup> Permethrin merupakan salah satu jenis insektisida golongan piretroid yang bekerja mengganggu sistem saraf dan banyak digunakan dalam insektisida rumah tangga, kelambu celup (*insecticide treated net/ ITN*), dan *space spraying*. Salah satu insektisida golongan karbamat yaitu bendiocarb juga digunakan dengan cara *space spraying* dan sebagai bahan aktif insektisida rumah tangga dalam bentuk losion, semprot dan bakar.<sup>9</sup>

Penggunaan insektisida tidak tepat dosis dan paparan lama yang berulang-ulang dapat menyebabkan resistensi *Ae.aegypti* terhadap insektisida,<sup>10</sup> ditandai dengan menurunnya efektivitas insektisida untuk membunuh *Ae.aegypti*.<sup>11</sup> Resistensi

\* Penulis korespondensi: [kaylaelva007@gmail.com](mailto:kaylaelva007@gmail.com)

<sup>1</sup> KJFD Parasitologi, Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru, Riau, Indonesia

insektisida merupakan salah satu masalah serius dalam pengendalian *Ae.aegypti*.<sup>5,12</sup> Berkembangnya resistensi serangga termasuk *Ae.aegypti* disebabkan karena adanya proses seleksi pada vektor yang terus menerus terpapar insektisida sehingga menyebabkan menurunnya jumlah nyamuk yang rentan terhadap insektisida sedangkan proporsi nyamuk yang resisten terhadap insektisida meningkat dalam populasi.<sup>7,11</sup>

Resistensi terhadap insektisida seperti malation, permetrin, bendiokarb sudah banyak bermunculan. Beberapa faktor penyebabnya antara lain yaitu mutasi gen, migrasi dan penyebaran serangga sehingga resistensi lebih cepat muncul pada suatu tempat, serta pemakaian insektisida dan larvasida setiap tahun untuk pengendalian *Ae.aegypti*.<sup>8,13</sup> Hasil penelitian di tiga wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa *Ae.aegypti* telah resisten terhadap insektisida malation, permetrin, sedangkan bendiokarb memiliki hasil yang beragam mulai dari resisten, toleran dan rentan.<sup>14</sup>

Deteksi dini terhadap kerentanan insektisida sangat diperlukan untuk monitoring dan pemilihan jenis insektisida dalam program pengendalian penyakit vektor termasuk demam berdarah dengue.<sup>15</sup> Beberapa metode untuk menguji kerentanan nyamuk *Ae.aegypti* yaitu metode kimia atau enzimatis, molekuler, CDC *Bottle Bioassay*, dan WHO *susceptibility test* dengan menggunakan *impregnated paper*.<sup>11</sup>

Insektisida kimia sudah sejak lama digunakan dalam pengendalian *Ae.aegypti* sebagai vektor DBD sehingga menimbulkan kekhawatiran terjadinya resistensi *Ae.aegypti* terhadap insektisida seperti malation, permethrin dan bendiokarb. Perlu dilakukan uji kerentanan *Ae.aegypti* terhadap malation, permetrin, dan bendiokarb di Kelurahan Tangkerang Timur, Kecamatan Tenayan Raya untuk mengetahui status resistensi *Ae.aegypti* terhadap malation 5%, permetrin 0,75%, dan bendiokarb 0,1%.

## METODE

Penelitian ini telah dinyatakan layak etik (lolos kaji etik) dari Unit Etik Penelitian Kedokteran dan Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Riau dengan nomor B/056/UN19.5.1.1.8/UEPKK/2021.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional dengan rancangan *cross sectional* yang dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2021 di Kelurahan Tangkerang Timur untuk pengambilan larva *Ae.aegypti* dan di Laboratorium Parasitologi FK UNRI untuk pemeliharaan nyamuk dan uji kerentanan.

## Pengumpulan dan Pemeliharaan Nyamuk

Pengambilan larva dilakukan pada 100 rumah di Kelurahan Tangkerang Timur, Kecamatan Tenayan Raya, Pekanbaru. Hal ini sesuai dengan Panduan dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang menyebutkan bahwa minimal pengambilan larva *Ae.aegypti* diambil dari 100 rumah.<sup>11</sup> Larva *Ae.aegypti* diidentifikasi secara makroskopis dengan menggunakan senter dan secara mikroskopis dengan *single larva method*, apabila larva bergerak aktif terkena cahaya senter maka diidentifikasi sebagai larva *Ae.aegypti*, kemudian dipastikan secara mikroskopis dengan melihat adanya *comb scale* berduri lateral pada segmen abdomen, sepasang bulu sifon dan pelana terbuka pada segmen anal.

Larva yang telah diidentifikasi sebagai larva *Ae.aegypti* diletakkan dalam wadah berisi air dan diletakkan dalam kandang nyamuk. Pemeliharaan larva mengikuti cara Makkiah et al.<sup>16</sup> Larva diberi makan pelet ikan sebanyak 5-6 butir yang dihaluskan. Larva kemudian berubah menjadi pupa setelah 1-2 hari yang tidak membutuhkan makanan kemudian menjadi nyamuk dan diberi makan larutan gula melalui kapas.

## Uji Kerentanan (*Susceptibility Test*)

Uji kerentanan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode WHO dengan *impregnated paper. Susceptibility test kit* terdiri dari 4 buah tabung paparan (*exposure tube*) bertanda merah, 2 buah tabung kontrol (*control tube*) bertanda kuning, dan 6 buah tabung penyimpanan (*holding tube*) bertanda hijau. Nyamuk *Ae.aegypti* yang digunakan dalam uji kerentanan pada penelitian ini adalah nyamuk dewasa berusia 3-5 hari dengan kondisi kenyang larutan gula. Jumlah nyamuk dewasa yang digunakan sebanyak 100 ekor (20 ekor tiap tabung). Pada penelitian ini *impregnated paper* yang digunakan adalah *impregnated paper* malation

5%, permetrin 0,75%, dan bendiokarb 0,1%. Dosis *impregnated paper* yang digunakan sesuai dengan *discriminating dose* WHO.

Nyamuk dewasa diambil dengan menggunakan aspirator dan dimasukkan ke dalam *holding tube* sebanyak 20 ekor untuk tiap-tiap tabung selama 1 jam. Nyamuk dipindahkan ke dalam tabung paparan yang telah dilapisi oleh *impregnated paper* selama 1 jam dan dihitung jumlah nyamuk *knockdown* (pingsan atau jatuh) pada menit ke 5, 10, 15, 20, 30, 40,50, dan 60. Setelah itu nyamuk dipindahkan ke dalam *holding tube* dan dimasukkan ke dalam kontainer. Bagian atas diletakkan handuk lembab kemudian disimpan dalam waktu 24 jam ditempat yang terpisah, teduh, dengan suhu  $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban  $75\% \pm 10\%$ . Langkah-langkah uji kerentanan dilakukan untuk tiap-tiap *impregnated paper*.

Mortalitas nyamuk dewasa dihitung setelah 24 jam dan ditentukan status kerentanannya. Klasifikasi status kerentanan *Ae. aegypti* terhadap insektisida yaitu rentan (kematian  $\geq 98-100\%$ ), toleran (kematian  $90 - <98\%$ ), dan resisten (kematian  $<90\%$ ).<sup>17</sup>

Persentase mortalitas nyamuk dihitung dengan cara:

$$\% \text{ Mortalitas nyamuk uji} = \frac{\text{jumlah nyamuk uji mati}}{\text{jumlah nyamuk uji}} \times 100$$

Pengujian dianggap gagal dan harus diulang kembali apabila persentasi kematian nyamuk kontrol  $> 10\%$ <sup>11</sup>. Apabila kematian nyamuk kontrol 3-10%, maka digunakan formula Abbot untuk koreksi kematian

$$A1 = \frac{A - B}{100 - B} \times 100$$

A1 = % kematian nyamuk uji setelah dikoreksi

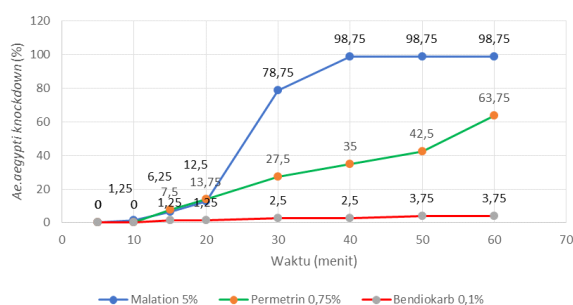
A = % kematian nyamuk uji

B = % kematian nyamuk kontrol

## HASIL

Pada penelitian ini, hasil uji kerentanan dengan permethrin 0,75% dan bendiokarb 0,1% menunjukkan tidak ada mortalitas pada nyamuk kontrol, sedangkan uji resistensi pada malathion 5% mortalitas nyamuk kontrol sebanyak 1 ekor (1,25%). Hasil penelitian ini menunjukkan kematian nyamuk

$<3\%$  sehingga analisa data dapat diteruskan. Gambar 1. menunjukkan persentase nyamuk *Ae. aegypti knockdown*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pola *knockdown* yang dapat berujung kematian nyamuk *Ae. aegypti* terhadap malation 5% dimulai pada menit ke-10 sebanyak 1 ekor (1,25%), sedangkan pada permetrin 0,75% dan bendiokarb 0,1% dimulai pada menit ke-15 sebanyak 6 ekor (7,5%), dan 1 ekor (1,25%). Persentase *knockdown* nyamuk *Ae. Aegypti* selama paparan 1 jam malation 5% sebanyak 79 ekor (98,75%), selama paparan permetrin 0,75% sebanyak 51 ekor (63,75%), dan selama paparan dengan bendiokarb 0,1% sebanyak 3 ekor (3,75%). *Knockdown time 50 (KdT50)* malation 5%, permetrin 0,75%, dan bendiokarb 0,1% pada penelitian ini adalah 25,143 menit, 50,64 menit, dan 1534,167 menit.



Gambar 1. Persentase *Ae. aegypti knockdown* selama 1 jam paparan *impregnated paper*

Tabel 1. Status Kerentanan *Ae. aegypti*

Jumlah Nyamuk	Jenis Insektisida	% Mortalitas	Status
80	Malation 5%	100	Rentan
80	Permetrin 0,75%	85	Resisten
80	Bendiokarb 0,1%	3,75%	Resisten

Tabel 1. menunjukkan status kerentanan nyamuk *Ae. Aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur, Kecamatan Tenayan Raya. Berdasarkan kriteria WHO 2016, maka status resistensi nyamuk *Ae. Aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur Kecamatan Tenayan Raya terhadap malation 5% adalah rentan, terhadap permetrin 0,75% dan bendiokarb 0,1% adalah resisten.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa efek *knockdown* pada malation, permethrin dan bendiokarb adalah sangat lemah (25,143 menit, 50,64 menit, dan 1534,167 menit) dan kurang efektif digunakan lagi terutama permethrin dan bendiokarb. Efek *knockdown* yang baik yaitu apabila insektisida memiliki *quick knockdown effect* yaitu membunuh serangga dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat, yaitu membunuh serangga 50% dari populasi dalam waktu kurang dari 5 menit. Apabila insektisida membunuh 50% populasi serangga dalam waktu 5-10 menit disebut *knockdown* kuat, dan apabila membunuh 50% dari populasi serangga dalam waktu 11-15 menit disebut *knockdown* lemah.<sup>18</sup>

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Ae. aegypti* telah resisten terhadap permethrin 0,75% dan bendiokarb 0,1%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa permethrin 0,75% memerlukan waktu lebih dari 24 jam untuk membunuh 95% *Ae. aegypti* (LT95) 1492,969 menit (62,207 jam atau 2 hari 14 jam) dan bendiokarb 0,1% memiliki waktu membunuh 95% *Ae. aegypti* yang sangat lama dan tidak bisa dihitung lama waktunya (LT95 1430E+14). Semakin tinggi nilai LT menunjukkan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membunuh nyamuk.<sup>19</sup>

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Ae. aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur masih rentan terhadap malathion 5%. Hal ini dibuktikan dari hasil uji kerentanan malation 5%, didapatkan bahwa mortalitas nyamuk setelah 24 jam adalah 80 ekor (100%). Hal ini kemungkinan disebabkan karena masyarakat di Kelurahan Tangkerang Timur banyak menggunakan insektisida dengan bahan aktif yang bukan malathion. Insektisida rumah tangga seperti semprot, bakar, atau losion biasanya berbahan aktif golongan piretroid dan karbamat. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ambarita *et al*,<sup>8</sup> di Propinsi Sumatera Selatan yang menunjukkan bahwa *Ae. Aegypti* masih rentan terhadap malathion 5% (mortalitas nyamuk 100%). Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Hendri *et al*,<sup>9</sup> yang menunjukkan bahwa *Ae. Aegypti* telah resisten terhadap malation 5%.

Wawancara terhadap pemegang program Kesehatan Lingkungan Dinas Kesehatan Kota Pekanbaru menyatakan bahwa umumnya bahan aktif

yang digunakan untuk *fogging* di Pekanbaru adalah malation dan jarang dilakukan rotasi insektisida. Walaupun bahan aktif yang sering digunakan adalah malation, tetapi hasil uji resistensi dengan malation 5% adalah rentan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi malation yang digunakan dalam program pengendalian vektor DBD lebih rendah dari 5% atau karena frekuensi *fogging* jarang dilakukan sehingga nyamuk *Ae. aegypti* masih rentan terhadap malation 5%. Beberapa faktor terjadinya resistensi terhadap insektisida golongan organofospat seperti malation 5% adalah terbentuknya enzim detoksifikasi seperti esterase (faktor metabolik), faktor mutasi gen, dan terjadinya penebalan kutikula.<sup>10</sup> Golongan organofospat termasuk malation menghambat asetilkolinesterase, merupakan enzim penting dalam sistem saraf, menurunkan neurotransmitter pada sinap nervus kolinergik. Ketika terhambat, asetilkolin menumpuk di *synaps junction* dan reseptor terbuka menyebabkan gerakan inkoordinasi, paralisis dan kematian.<sup>20,21</sup>

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Ae. aegypti* resisten terhadap permethrin 0,75% (mortalitas nyamuk 85%) dan bendiokarb 0,1% (mortalitas nyamuk 3,75%). Hal ini kemungkinan disebabkan karena pajanan yang lama terhadap kedua insektisida tersebut akibat pemakaian bahan aktif permethrin dan bendiokarb dalam insektisida rumah tangga baik dalam formulasi semprot, bakar, losion maupun aerosol. Penelitian yang dilakukan oleh Hendri *et al*,<sup>9</sup> di Provinsi Banten menunjukkan bahwa 80% responden menggunakan insektisida rumah tangga untuk membunuh nyamuk, bahan aktif insektisida rumah tangga yang terbanyak digunakan adalah golongan piretroid dan sebagian besar menggunakan insektisida rumah tangga setiap hari dengan berbagai merek. Penelitian ini sama dengan penelitian Almet *et al*,<sup>18</sup> di Kabupaten Sikka yang menunjukkan bahwa *Aedes sp* resisten terhadap permethrin 0,75%. Permethrin merupakan salah satu golongan piretroid tipe 1 yang merupakan racun axonik atau racun saraf.<sup>10</sup>

Golongan piretroid bekerja dengan cara terikat pada suatu protein dalam saraf sehingga mencegah penutupan *channel sodium* (*voltage gate sodium*) kemudian membentuk aksi potensial berulang sehingga rangsangan saraf terjadi terus menerus menyebabkan tremor dan gerakan tidak beraturan (inkoordinasi) pada serangga.<sup>15,20</sup> *Aedes*

*aegypti* resisten terhadap golongan piretroid seperti permetrin 0,75% dapat disebabkan oleh karena faktor genetik yaitu gen yang memberi sandi terhadap pembentukan enzim esterase sehingga terjadi resistensi. Faktor genetik lain yaitu adanya gen *knockdown resistance* (*kdr*).<sup>10</sup>

Penelitian ini menunjukkan bahwa nyamuk *Ae.aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur telah resisten terhadap bendiokarb 0,1%. Penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Isfanda *et al*,<sup>22</sup> pada nyamuk *Ae.aegypti* insektarium di Institut Pertanian Bogor yang menunjukkan bahwa *Ae.aegypti* telah resisten terhadap bendiokarb 0,1% (mortalitas nyamuk 50%). Bendiokarb merupakan salah satu golongan karbamat yang cara kerjanya mirip dengan organofospat yaitu terikat pada enzim sinaps, asetilkolinesterase (AchE), dan menghambat enzimkolinesterase kemudian terfosforilasi dan bersifat reversible (tidak tetap).<sup>13,22</sup> Bendiokarb juga bekerja di sistem saraf dengan cara memblokir AchE.<sup>18</sup>

Resistensi *Ae.aegypti* juga dipengaruhi oleh perubahan fisik seperti penebalan kutikula sehingga dosis insektisida yang masuk ke tubuh *Ae.aegypti* hanya sedikit.<sup>23</sup> Hasil uji resistensi pada setiap daerah dapat berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena pemakaian insektisida untuk pengendalian vektor dilakukan secara lokal dan dapat disebabkan oleh spesies vektor, perilaku vektor, lama pemakaian insektisida, dan frekuensi pemakaian insektisida yang berbeda sehingga kontak vektor terhadap insektisida memiliki frekuensi yang berbeda juga.<sup>24</sup>

Hasil uji resistensi *Aedes aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur menunjukkan bahwa *Ae.aegypti* masih rentan terhadap malathion 5% sehingga masih dapat digunakan sebagai bahan aktif untuk pengendalian vektor DBD tetapi resisten terhadap permethrin 0,75% serta bendiokarb 0,1%. Walaupun dari hasil penelitian ditemukan bahwa di Kelurahan Tangkerang Timur nyamuk *Ae.aegypti* masih rentan terhadap malathion 5%, tetapi perlu adanya rotasi pemakaian insektisida setiap 2-3 tahun sekali. Hal ini diperlukan untuk mencegah atau memperlambat terjadinya resistensi insektisida terhadap khususnya malation yang sering digunakan dalam pemberantasan DBD melalui *fogging*. Monitoring terhadap insektisida juga perlu dilakukan untuk mengetahui efektifitas insektisida yang

digunakan. Edukasi terhadap masyarakat tentang pemakaian insektisida terutama insektisida rumah tangga juga diperlukan sehingga masyarakat mengetahui batasan pemakaian insektisida untuk mencegah terjadinya resistensi insektisida dan pentingnya pemberantasan sarang nyamuk daripada menggunakan insektisida.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa status kerentanan *Ae.aegypti* di Kelurahan Tangkerang Timur, Kecamatan Tenayan Raya terhadap malathion adalah rentan (mortalitas nyamuk 100%), terhadap permethrin 0,75% dan bendiokarb 0,1% adalah resisten (mortalitas nyamuk 85% dan 3,75%). Malation 5% masih dapat digunakan untuk pengendalian vektor DBD tetapi masih memerlukan pemantauan kerentanan vektor secara berkala. Diharapkan dilakukan rotasi pemakaian insektisida dalam program pengendalian vektor DBD.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman penggunaan insektisida (pestisida) dalam pengendalian vektor. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2012.
2. World Health Organization. Dengue and severe dengue. WHO Fact Sheet [Internet]. 2014;117:1–4. Cited: 23 Juli 2021. Available from: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/index.html](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/index.html)
3. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Profil kesehatan Indonesia tahun 2019. Editor: Hardhana B, Farida S, Widiyanti W. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020:189–194.
4. Ahbirami R, Ishak IH, Yahaya ZS, Zuharah WF. Knockdown resistance ( *kdr* ) in dengue vectors , *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* : A post-flood risk assessment. Genet Mol Res. 2020;19(2):1–17.
5. Bharati M, Saha D. Multiple insecticide resistance mechanisms in primary dengue vector, *Aedes aegypti* (Linn.) from dengue endemic districts of Sub-Himalayan West Bengal, India. PLoS One. 2018;13(9):1–13.

6. Sene NM, Mavridis K, Ndiaye EH, Diagne CT, Gaye A, Ngom EHM, et al. Insecticide resistance status and mechanisms in *Aedes aegypti* populations from Senegal. PLoS Negl Trop Dis. 2021;15(5):1–18.
7. Ariati J, Perwitasari D, Marina R, Shinta S, Lasut D, Nusa R, et al. Status kerentanan *Aedes aegypti* terhadap insektisida golongan organofospat dan piretroid di Indonesia. J Ekol Kesehat. 2019;17(3):135–45.
8. Ambarita LP, Taviv Y, Budiyanto A, Sitorus H, Pahlepi RI, Febriyanto F. Tingkat kerentanan *Aedes aegypti* (Linn.) terhadap malation di Provinsi Sumatera Selatan. Bul Penelit Kesehat. 2015;43(2):97–104.
9. Hendri J, Kusnandar AJ, Astuti EP. Identifikasi jenis bahan aktif dan penggunaan insektisida antinyamuk serta kerentanan vektor DBD terhadap organofosfat pada tiga kota endemis DBD di Provinsi Banten. ASPIRATOR. 2016;8(2):77–86.
10. Abdurrakhman A. Uji resistensi lambdacyhalothrin terhadap nyamuk *Aedes aegypti* di wilayah pelabuhan laut. J Kesehat Lingkungan. 2019;16(1):689–96.
11. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Panduan monitoring resistensi vektor terhadap insektisida. Jakarta. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. 2018:1–54.
12. Du Y, Nomura Y, Zhorov BS, Dong K. Sodium channel mutations and pyrethroid resistance in *Aedes aegypti*. Insects. 2016;7(4):1–11.
13. Sutarto, Syani AY. Resistensi insektisida pada *Aedes aegypti*. J Agromedicine Unila. 2018;5(2):582–6.
14. Widiarti W, Heriyanto B, Boewono DT, Widyastuti U, Mujiono M, Lasmiati L, et al. Peta resistensi vektor demam berdarah dengue *Aedes aegypti* terhadap insektisida. Bul Penelit Kesehat. 2011;39(4):176–89.
15. Hasmiwati H, Supargiyono. Short communication: genotyping of kdr allele in insecticide resistant-*Aedes aegypti* populations from West Sumatra, Indonesia. Biodiversitas. 2018;19(2):552–8.
16. Makkiah M, Salaki CL, Assa B. Efektivitas ekstrak serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) sebagai larvasida nyamuk *Aedes aegypti*. J Bios Logos. 2020;10(1).
17. WHO. Monitoring and managing insecticide resistance in *Aedes* mosquito populations. 2016. Cited: 28 Juli 2021. Available from: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204588/2/WHO\\_ZIKV\\_VC\\_16.1\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/204588/2/WHO_ZIKV_VC_16.1_eng.pdf)
18. Almet J, Wuri DA, Detha AI., Mogi DA. Status resistensi vektor filariasis asal Kabupaten Sikka terhadap insektisida permethrin. J Kaji Vet. 2019;7(2):121–7.
19. Sukmawati, Ishak H, Arsin AA. Uji Kerentanan untuk insektisida malathion dan Ccpermethrine ( Cyf 50 EC ) terhadap populasi nyamuk *Aedes aegypti* di kota Makassar dan Kabupaten Barru. Higiene. 2018;4(1):41–7.
20. Deletre E, Martin T, Duménil C, Chandre F. Insecticide resistance modifies mosquito response to DEET and natural repellents. Parasites and Vectors. 2019;12(1):1–10.
21. Handoyo W, Endarning HFW. Resistensi vektor dengue strain pedesaan terhadap Malathion 5%. J Kesehat Masy Indones. 2020;15(1):6–9.
22. Isfanda I, Hadi UK, Soviana S. Determinasi strain *Aedes aegypti* (Linn.) yang rentan homozigot dengan metode seleksi indukan tunggal. ASPIRATOR - J Vector-borne Dis Stud. 2017;9(1):21–8.
23. Siringi GS. Status resistensi *Aedes aegypti* pada kelurahan endemis dan non endemis DB/DBD di Kabupaten Semarang terhadap permetrin 0,25%. J Kesehat Masy. 2016;4(3):73–83.
24. Arasy AA, Nurwidayati A. Status resistensi *Anopheles barbirostris* terhadap permethrin 0,75% Desa Wawosangula, Kecamatan Puriala, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. J Vektor Penyakit. 2017;11(1):27–32.