

**PENGGUNAAN KAEDAH PENYEBARAN-AUTO SEPARA LAPANGAN DAN
SIMULASI LAPANGAN TERHADAP VEKTOR DEMAM DENGGI
Aedes aegypti (LINNAEUS) (DIPTERA: CULICIDAE)**

**[A SEMI-FIELD AND FIELD SIMULATION USING AUTODISSEMINATION
METHODS AGAINST DENGUE VECTOR
Aedes aegypti (LINNAEUS) (DIPTERA: CULICIDAE)]**

**Ahmad Mohiddin Mohd Ngesom¹, Wan Norkamila Wan Hanif¹, Asmalia Md Lasim²,
Mazrura Sahani¹, Rozita Hod³ & Hidayatulfathi Othman^{1*}**

¹ Pusat Kajian Toksikologi dan Risiko Kesihatan,

Universiti Kebangsaan Malaysia.

² Fakulti Sains dan Teknologi,

Universiti Kebangsaan Malaysia.

³ Jabatan Kesihatan Masyarakat,

Universiti Kebangsaan Malaysia

*Corresponding author: hida@ukm.edu.my

ABSTRAK

Demam denggi merupakan penyakit bawaan nyamuk yang menunjukkan kesan signifikan terhadap manusia serta meningkatkan kebimbangan kesihatan awam. Namun begitu, kawalan vektor sedia ada belum mampu mengurangkan jangkitan denggi, menunjukkan kaedah yang digunakan masih tidak mencukupi dan perlu dinilai semula. Penyebaran-auto dengan pyriproxyfen merupakan satu kaedah novel yang memanipulasi nyamuk untuk menyebarkan pyriproxyfen ke bekas pembiakan. Kaedah ini bergantung sepenuhnya kepada kelakuan langkau oviposisi nyamuk *Aedes* spp. semasa ingin bertelur. Kajian ini dijalankan untuk menguji potensi Mosquito Home System (MHS) dan formulasi Mosquito Home Aqua (MHAQ) sebagai stesen penyebaran-auto dalam keadaan separa-lapangan. Selain itu, impak penggunaan terhadap populasi nyamuk di lapangan turut diakses. Ujian separa lapangan telah dijalankan dalam bilik berdasarkan kepada konsep kebuk *peet grady* yang disimulasikan sebagai apartmen bertingkat di Kuala Lumpur menggunakan sangkar besar. Ujian menunjukkan kecenderungan nyamuk *Ae. aegypti* liar bertelur dibekas tersembunyi (69.88%) berbanding bekas terbuka (30.12%). Tiada perbezaan yang signifikan di antara pyriproxyfen dan air seduhan rumput kering menunjukkan kebolehan menarik nyamuk ke dalam stesen. Penggunaan pyriproxyfen pada 20 dan 40 ppm menunjukkan kesan residu yang setara sehingga 90 hari berbanding 0.5 dan 1 ppm. Dalam simulasi lapangan, dua penetapan lokasi kawalan dan rawatan telah ditentukan. Kaedah percubaan kawalan rawak dijalankan dengan memasang stesen penyebaran-auto di lokasi kajian dan populasi nyamuk seterusnya dipantau. Ujian dengan kepekatan 40 ppm menunjukkan penurunan dalam populasi nyamuk dan kematian larva dari sampel air yang diambil dari lokasi kajian. Selain itu, aktiviti perpindahan pyriproxyfen secara horizontal di separa lapangan dan simulasi lapangan diakses menggunakan bioasai larva WHO. Keputusan membuktikan kebolehan pyriproxyfen dipindahkan ke kawasan pembiakan baru di lokasi kajian. Kajian ini

telah membuktikan potensi MHS sebagai alat penyebaran-auto yang berupaya menarik perhatian nyamuk dan seterusnya memindahkan insektisid ke bekas pembiakan yang lain. Kajian MHS pada skala yang lebih besar adalah diperlukan sebelum boleh dipertimbangkan sebagai alternatif dalam program kawalan vektor.

Kata kunci: Kawalan penyakit bawaan vektor, penyebaran-auto, pemindahan horizontal, perencatan emergen, pyriproxyfen.

ABSTRACT

Dengue fever is a mosquito-borne disease, showing a significant impact on humans and increasing public health concern. However, existing vector control has failed to reduce dengue infections, indicating that the method may not be sufficient enough and need to be revised. Pyriproxyfen autodissemination is a novel strategy by manipulating mosquitoes to disperse pyriproxyfen into breeding containers. This technique solely depends on mosquitoes' skip oviposition behavior during their eggs laying. This study assessed the potential of Mosquito Home System (MHS) and Mosquito Home Aqua (MHAQ) as autodissemination station under semi and field settings. Besides, the impact against mosquito population was also been evaluated. The semifield trials were carried out inside a room following Peet Grady chamber concept, simulating as a high-rise apartment in Kuala Lumpur using large cages. It was demonstrated that wild *Ae. aegypti* strongly preferred to lay their eggs in the cryptic breeding sites (69.88%) against open sites (30.12%). There is no significant difference between pyriproxyfen and hay infusion, showing the abilities to attract mosquito into the station. The application of 20 and 40 ppm of pyriproxyfen showed pronounced residual effects up to 90 days compared to 0.5 and 1 ppm. In field simulations, two different sets of control and treatment were defined. A randomized control trial design was conducted by placing the autodissemination station (MHS) in treatment areas, and the mosquito populations were monitored. Study using 40 ppm concentration have shown a reduction number in the mosquito population and larvae mortalities in water samples collected from treatment and control sites. Besides, the activities of pyriproxyfen horizontal transfer in semifield, and field trials were accessed by using WHO larval bioassays. The result proves that the abilities of pyriproxyfen to be transferred to the new breeding containers in each site of studies. This study has proven the potential of MHS as an autodissemination to attract mosquitoes and subsequently transferring insecticides to other breeding sites. A large scale studies on MHS are warrant before it can be considered as alternatives in vector control programs.

Keywords: Vector control management, autodissemination, horizontal transfer, inhibition emergences, pyriproxyfen.

PENGENALAN

Pada masa kini, aktiviti kawalan penyakit bawaan vektor berada pada tahap yang membimbangkan serta memerlukan kaedah yang lebih berkesan dalam mengurangkan penyebaran penyakit demam denggi. Keadaan ini membawa kepada beberapa cadangan dan pilihan terhadap aktiviti kawalan berdasarkan saranan oleh Pihak Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) dan Kumpulan Penasihat Kawalan Vektor (*Vector Control Advisory Group*, VCAG) meliputi kaedah pensterilan nyamuk dewasa (Kittayapong et al. 2019), penggunaan nyamuk diinfeksi *Wolbachia* (Mohtar et al. 2018) serta kaedah nyamuk termodifikasi genetik (Alphey et al. 2013). Secara umumnya, penggunaan kaedah tersebut, melibatkan teknik serta pengkolonian nyamuk pada skala yang besar dan seterusnya dilepaskan ke lapangan. Nyamuk ini akan

berasimilasi dengan nyamuk liar dan menghasilkan telur atau generasi yang tidak sihat (WHO 2018).

Pyriproxyfen (PPF) merupakan sejenis hormon juvenil analog (JHA) yang merencatkan proses tumbesaran serta metamorfosis yang berlaku pada serangga. Pyriproxyfen mempunyai kesan toksin yang sangat rendah di samping tidak membahayakan kepada haiwan yang lain (Invest & Lucas 2008). Sehingga kini, tiada masalah kerintangan yang telah dilaporkan terhadap spesies nyamuk yang ada di Malaysia (Lau et al. 2015). Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) telah menyarankan penggunaan PPF dalam bekas penyimpanan air pada julat 30 ppb hingga 300 ppb dan mampu memberikan kesan residu sehingga enam bulan di bawah keadaan semulajadi (WHO 2007).

Kaedah penyebaran-auto menggunakan PPF telah disarankan sebagai salah satu alternatif dalam aktiviti kawalan penyakit bawaan vektor. Kaedah ini menggunakan nyamuk dewasa sebagai alat pengangkutan untuk memindahkan PPF dari satu bekas ke bekas yang lain. Insektisid yang berjaya dipindahkan mampu membunuh larva dan pupa nyamuk. Selain itu, penggunaan kepekatan yang mencukupi mampu untuk mengakibatkan kemandulan dan menghasilkan telur yang tidak menetas (Mbare et al. 2014). Pendekatan ini dilihat tidak menggunakan kos pengurusan yang tinggi serta mudah untuk dikendalikan di peringkat lapangan.

Beberapa kajian yang dijalankan lebih tertumpu kepada kemampuan kaedah penyebaran-auto menggunakan PPF dalam menurunkan populasi nyamuk bagi penyakit denggi, chikungunya, Zika dan malaria. Kajian yang dijalankan di Peru dan Itali ke atas populasi nyamuk *Ae. aegypti* dan *Ae. albopictus* menunjukkan kadar perencatan yang signifikan terhadap tumbesaran nyamuk untuk menjadi dewasa (Devine et al. 2009; Unlu et al. 2017). Namun begitu, kejayaan ini bergantung kepada kelakuan semulajadi nyamuk serta kecenderungan untuk memilih bekas kecil sebagai tempat pembiakan (Chandel et al. 2016; Gaugler et al. 2012).

Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kriteria utama yang perlu dipenuhi bagi memastikan kaedah penyebaran-auto mencapai kejayaan yang optimum. Berdasarkan Gaugler et al. (2012), terdapat tiga faktor penting yang perlu diberi penumpuan terhadap kaedah ini. Bagi memastikan kejayaan yang berterusan, stesen penyebaran-auto seharusnya; (i) berupaya menarik perhatian nyamuk untuk masuk ke dalam stesen penyebaran-auto berbanding bekas lain, (ii) formulasi yang digunakan mampu menarik serta dipindahkan kepada nyamuk yang memasuki stesen penyebaran-auto; dan, (iii) nyamuk yang terdedah kepada insektisid mampu membawa dan seterusnya memindahkan ke bekas pembiakan yang berlainan. Selain itu, stesen dan formulasi yang digunakan seharusnya mempunyai daya tarikan yang kuat, murah serta mudah untuk diselenggara.

Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk menguji daya tarikan, kesan residu, serta kebolehan penyebaran-auto oleh stesen *Mosquito Home System* (MHS) dan formulasi *Mosquito Home Aqua* (MHAQ) sebagai alat penyebaran-auto dibawah keadaan separa-lapangan. Simulasi kesan serta impak penggunaan MHS terhadap populasi nyamuk di lapangan turut dijalankan dalam skala yang kecil.

BAHAN DAN KAEDAH

Kajian Potensi MHS Dalam Keadaan Separa-Lapangan

Kawasan kajian/ sangkar besar

Kajian ini dijalankan di sekitar bangunan Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Kampus Kuala Lumpur (3° 10'04" N, 101° 42'03" E). Persekitaran separa-lapangan dijalankan dengan menggunakan kelambu besar (tinggi, 2.0 m; panjang, 2.5 m; lebar, 2.0 m) yang dipasang di dalam bilik berukuran 20m² berdasarkan konsep kebuk *peet grady*. Keadaan ini menjadikan bilik, bersimulasi sebagai bilik rumah apartmen di Kuala Lumpur. Sebanyak empat kelambu diletakkan dalam bilik ujian dan kelambu kawalan diletakkan dalam bilik yang berasingan. Setiap penjuru kelambu diikat dan dilekatkan dengan pita pelekat bagi mengelakkan sebarang kebocoran serta dipasang dengan kerusi, meja atau rak kayu yang bertindak sebagai tempat rehat bagi nyamuk (Misni et al. 2011).

Sampel nyamuk

Nyamuk *Ae. aegypti* strain lapangan yang diperoleh dari sekitar kawasan Universiti Kebangsaan Malaysia, Kampus Kuala Lumpur digunakan dalam ujian ini. Kaedah pensampelan ovitrap (tinggi, 9.0 cm; lebar, 7.8 cm) digunakan bagi mendapatkan sampel nyamuk *Aedes* sp. dari persekitaran lapangan (Rajendran et al. 2019; Noor Aslinda et al. 2019). Ovitrap dipasang di persekitaran fakulti selama lima hingga tujuh hari. Ovitrap dikutip dan seterusnya dibawa ke makmal, air serta pendayung yang berada di dalam bekas ovitrap dipindahkan ke dalam bekas plastik bagi tujuan pengenalpastian spesies dan pemantauan lanjut. Aktiviti pengenalpastian spesies adalah berdasarkan carta kunci bergambar yang dikeluarkan oleh Institut Penyelidikan Perubatan (IMR). Bekas ovitrap yang tidak mempunyai larva nyamuk dibiarkan selama beberapa hari untuk membiarkan telur yang ada di dalam bekas tersebut menetas. Pendayung serta telur nyamuk yang diperolehi direndam ke dalam dulang putih yang mengandungi air diletakkan klorin dan diberikan makanan anak ikan Tetramin®. Nyamuk dewasa dipindahkan ke dalam sangkar nyamuk serta dibekalkan dengan larutan sukrosa 10% dan dibiarkan menghisap darah tikus belanda selama dua jam. Selepas 24 jam, bekas oviposisi dimasukkan ke dalam sangkar nyamuk sebagai tempat untuk nyamuk bertelur. Telur yang diperolehi dibiarkan pada suhu bilik selama tiga hari sebelum digunakan sebagai generasi F₁. Proses pengkolonian dijalankan di dalam Makmal Entomologi Perubatan, Universiti Kebangsaan Malaysia pada suhu (26 ± 3 °C), kelembapan relatif pada 60±20% dan 12:12 malam: siang.

Stesen penyebaran-auto

Stesen penyebaran-auto yang digunakan dalam kajian ini telah diterangkan dalam kajian terdahulu (Yazan et al. 2020). Secara umumnya, stesen MHS merupakan bekas hitam polietil dengan enam laluan di bahagian atasnya. Stesen penyebaran-auto ini bersaiz 12.5 cm x 14.5 cm x 10.0 cm (Rajah 1) dengan bahagian dalaman diletakkan dengan formulasi MHAQ serta substrat untuk nyamuk bertelur. Formulasi MHAQ mempunyai larutan campuran 0.004% PPF yang bertindak sebagai bahan aktif dan telah dibekalkan oleh pihak pengeluar.



Rajah 1 Gambaran stesen Mosquito Home System dan kaedah pemasangan tisu dan bekas yang mengandungi formulasi Mosquito Home AQ

Reka bentuk kajian

Sebanyak empat kajian utama dijalankan dengan menggunakan kelambu besar meliputi; Pertama, untuk mengkaji kecenderungan pemilihan tempat pembiakan *Ae. aegypti* ke atas lokasi pembiakan yang berbeza (tertutup atau terbuka); kedua adalah untuk menilai respon nyamuk terhadap larutan MHAQ berbanding formulasi yang berbeza. Manakala, ujian ketiga adalah untuk mengesahkan mekanisme penyebaran-auto dari stesen penyebaran-auto ke bekas pembiakan yang baru oleh nyamuk *Aedes.sp.* Kajian ke empat adalah untuk menilai tahap residu yang ditunjukkan oleh formulasi MHAQ. Kesemua ujian ini dijalankan bagi menguji potensi penggunaan MHS dan MHAQ sebagai stesen penyebaran-auto yang efektif berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan (Gaugler et al. 2012).

Ujian 1: Pemilihan lokasi bekas untuk nyamuk bertelur

Lazimnya, nyamuk betina akan bertelur ke dalam bekas yang tersembunyi serta mempunyai sumber makanan yang mencukupi (Wong et al. 2011). Nyamuk yang memasuki bekas MHS untuk bertelur akan terdedah secara terus dengan formulasi PPF. Namun, kebimbangan terhadap tindak balas kimia ke atas sebarang perubahan tingkahlaku dalam meletakkan telur mampu mempengaruhi keberkesanan kaedah ini. Ujian ini dijalankan bagi melihat sebarang perubahan yang berlaku terhadap kecenderungan nyamuk betina yang terdedah kepada PPF selepas bertelur di dalam bekas MHS yang telah disediakan.

Kajian ini berdasarkan kepada kajian terdahulu dengan sedikit pengubahsuaian (Chandel et al. 2016; Laguna-Aguilar et al. 2013; Ohba et al. 2013). Ujian ini dijalankan dengan meletakkan empat bekas ovitrap berkapasiti 500 ml (dua terbuka dan dua tertutup) pada setiap penjuru sangkar. Bekas tertutup merujuk kepada bekas yang telah diletakkan ke dalam saluran paip besar, manakala bekas terbuka dibiarkan terbuka dan tidak diletakkan ke dalam bekas lain. Sebanyak 25 ekor nyamuk gravid *Ae. aegypti* dilepaskan ke dalam kelambu dan dibiarkan untuk bertelur selama tiga hari (Satho et al. 2015; Swale et al. 2018). Bekas ovitrap dikutip dan dibawa ke makmal bagi tujuan pengiraan bilangan telur serta nyamuk dewasa yang terperangkap. Ujian

ini dijalankan sebanyak empat replikasi (kedudukan ovitrap diletakkan secara rawak) dan diulangi sebanyak tiga kali pada tarikh yang berlainan pada tahun 2018.

Ujian 2: Kesan daya tarikan terhadap formulasi MHAQ

Kajian ini adalah untuk memastikan formulasi MHAQ yang digunakan mampu menarik perhatian nyamuk masuk ke dalam stesen MHS. Formulasi MHAQ merupakan gabungan di antara larutan PPF dan bahan penarik (BP) yang digunakan untuk memastikan nyamuk masuk ke dalam stesen MHS berbanding bekas pembiakan yang lain. Kegagalan formulasi MHAQ untuk menarik nyamuk masuk ke dalam stesen penyebaran-auto memerlukan pencarian dalam penghasilan formulasi yang lebih efektif.

Kajian ini menggunakan tiga bekas ovitrap yang berisi tiga larutan dengan jenis yang berbeza. Setiap formulasi yang terkandung dalam larutan MHAQ diuji secara berasingan bagi mendapatkan perbandingan di antara air seduhan rumput kering (ASRK) dan air yang diletakkan klorin (ADK) melibatkan ujian; i) hanya menggunakan larutan PPF (0.004% A.I), ii) menggunakan larutan BP dan iii) menggunakan kombinasi gabungan di antara larutan PPF dan BP (GPBP)/ MHAQ. Sebanyak 25 ekor nyamuk gravid *Ae. aegypti* dimasukkan ke dalam sangkar besar yang mempunyai tiga bekas ovitrap (berisi dengan larutan yang diuji) dan dibiarkan selama 72 jam. Bilangan nyamuk yang diperolehi dari bekas ovitrap direkodkan. Kajian ini dijalankan sebanyak empat replikasi dan ulangan dijalankan sebanyak tiga kali pada tempoh masa yang berlainan. Kesemua bekas ovitrap diletakkan secara rawak menggunakan kaedah rawak blok lengkap (RCBD) (Ling et al. 2013; Obenauer et al. 2010).

Ujian 3: Kebolehan pemindahan formulasi MHAQ dari stesen MHS ke bekas pembiakan yang berlainan

Kemampuan nyamuk memindahkan formulasi MHAQ ke bekas yang lain merupakan kunci utama kejayaan kaedah ini. Kegagalan nyamuk untuk membawa dan memindahkan larutan MHAQ ke tempat pembiakan yang baru menjadikan kaedah ini tidak lagi relevan untuk digunakan. Oleh itu, kajian ini dilaksanakan bagi membuktikan kemampuan nyamuk untuk memindahkan larutan MHAQ dari satu tempat ke tempat lain berdasarkan kajian Buckner et al. (2017).

Tiga kelambu diletakkan ke dalam bilik yang bersimulasi sebagai persekitaran separa-lapangan. Empat bekas ovitrap (berisi ADK) yang bertindak sebagai tempat pembiakan nyamuk diletakkan secara rawak dalam sangkar dengan jarak yang berbeza. Bekas ovitrap A diletakkan pada jarak 0.5 m dari bekas MHS (sumber PPF), diikuti B (1.0 m), C (1.5 m) dan D (2.0 m). Stesen MHS dengan larutan MHAQ (0.004% PPF) diletakkan di bahagian hujung sangkar. Kelambu kedua dengan kaedah yang sama diletakkan bekas ovitrap dan bertindak sebagai kawalan positif. Manakala, kelambu ketiga hanya menggunakan stesen MHS tanpa MHAQ menjadi kawalan negatif. Selain itu, sebanyak 100 mg makanan anak ikan Tetramin® dan 25ekor larva peringkat ketiga dimasukkan ke dalam setiap bekas.

Sebanyak 25 individu nyamuk gravid *Ae. aegypti* dimasukkan ke dalam setiap kelambu besar pada pukul empat petang dan dikeluarkan selepas 72 jam. Nyamuk dipindahkan ke dalam cawan kertas yang ditutup dengan kain jaring dan dibekalkan dengan larutan sukrosa 10%. Bekas ovitrap diperhatikan bagi mengesahkan kehadiran nyamuk berdasarkan kepada telur yang diletakkan dalam setiap bekas. Kesemua bekas yang mengandungi larva diperiksa setiap hari sehingga larva menjadi pupa dan seterusnya mati. Perubahan yang berlaku disepanjang kajian direkodkan. Kadar kematian nyamuk dipantau selama 14 hari minimum dan 21 hari tempoh

maksimum bagi setiap ujian. Bagi mengelakkan sebarang kontaminasi terhadap sangkar kajian, sangkar yang berfungsi sebagai kawalan positif dan negatif tidak akan diubah kedudukan.

Ujian 4: Penilaian kesan residu terhadap pyriproxyfen dengan kepekatan yang berbeza

Kemampuan sesuatu insektisid berada di lapangan dalam tempoh masa yang lama dengan memberikan kesan yang optimum mampu memberikan kelebihan dalam aktiviti kawalan. Kesan residu yang tinggi mampu memberikan tempoh rawatan yang lebih panjang, mudah untuk diselenggara dan jauh lebih menjimatkan (Sulaiman et al. 2004).

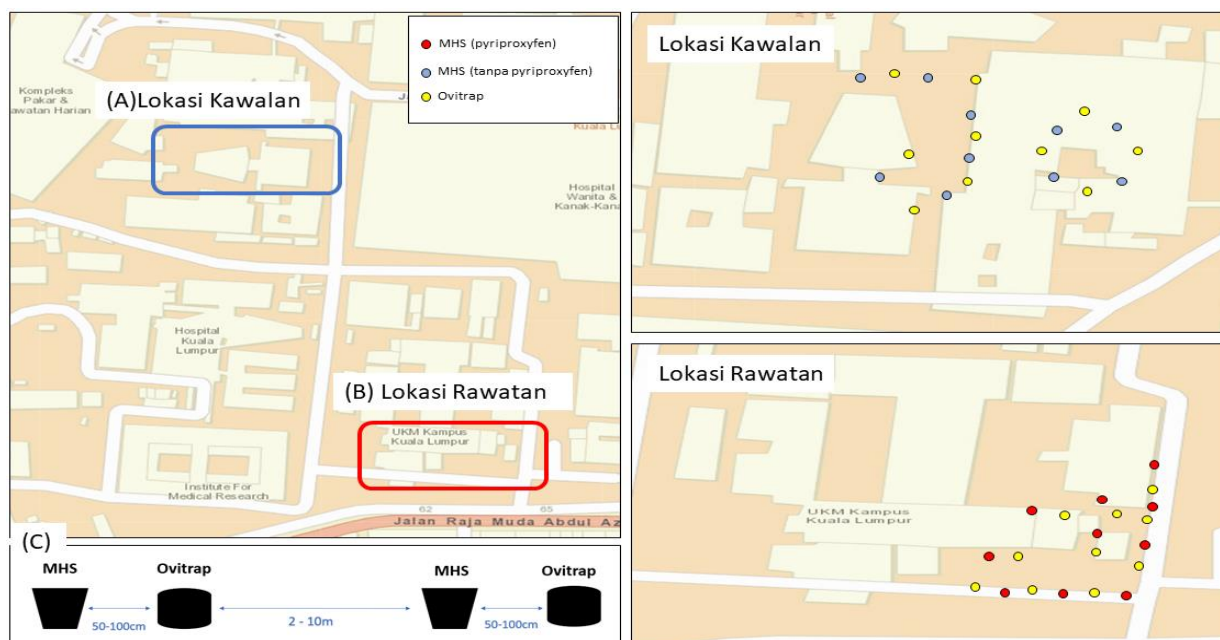
Penilaian kesan residu dijalankan ke atas formulasi MHAQ yang berbeza kepekatan (0.5, 1.0, 20.0 dan 40.0 ppm). Bikar kaca berisipadu lima liter digunakan bagi mengurangkan penyerapan PPF terhadap bekas yang digunakan. Bekas berasaskan kaca telah menunjukkan kadar penyerapan yang paling rendah terhadap PPF (Suman et al. 2013). Sebanyak lima liter MHAQ dengan kepekatan yang berbeza dimasukkan ke dalam bikar kaca dan permukaan atas ditutup dengan jaring halus bagi mengelakkan nyamuk liar bertelur. Bikar diletakkan di kawasan redup serta jauh dari sinaran matahari. Dua belas bekas bikar kaca (tiga replikasi bagi setiap set kepekatan) dengan tiga bekas kawalan (satu bekas bagi setiap set ujian) diletakkan secara rawak dan larutan tanpa sebarang formulasi MHAQ digunakan sebagai kawalan.

Sebanyak 25 individu larva nyamuk *Ae. aegypti* dimasukkan ke dalam setiap bikar yang mengandungi MHAQ dengan kepekatan yang berbeza. Kesemua larva nyamuk dibiarkan dalam setiap bikar ujian dan kawalan bagi tempoh masa 10 hari. Sepanjang tempoh kajian, sebarang perubahan terhadap morfologi serta kadar mortaliti larva nyamuk dipantau dan direkodkan setiap hari. Larva nyamuk baru akan dipindahkan ke dalam bekas kaca pada sela masa setiap 10 hari. Larva nyamuk yang masih hidup dipindahkan ke dalam cawan kertas bagi tujuan pemerhatian sehingga larva nyamuk dari bekas kawalan menjadi nyamuk dewasa atau mati.

Lokasi kajian

Kajian ini dijalankan di dua lokasi (Bangunan Dekan, FSK dan Sekitar Klinik Fisioterapi) yang terletak di Fakulti Sains Kesihatan, UKM Kampus Kuala Lumpur (Rajah 2), berdasarkan protokol yang dijalankan oleh Caputo et al. (2012). Keseluruhan tempoh masa kajian adalah selama 16 minggu melibatkan; sebelum rawatan (empat minggu), semasa rawatan (lapan minggu) dan selepas rawatan (empat minggu). Kajian untuk pusingan pertama dijalankan dengan menggunakan MHS dengan kepekatan 1ppm. Kajian pusingan kedua menggunakan MHS berkepekatan 40 ppm dijalankan semula selepas dua bulan kajian pusingan pertama tamat. Kajian pusingan kedua dijalankan mengikut prosedur dan tempoh masa yang sama seperti kajian dalam pusingan pertama.

- a. ***Lokasi kawalan.*** Sebanyak 10 bekas ovitrap dan stesen MHS (tanpa pyriproxyfen) diletakkan di sekitar kawasan klinik fisioterapi. Bekas ovitrap dan stesen MHS (tanpa pyriproxyfen) diletakkan secara berpasangan dalam jarak 50-100 cm setiap satu 2-10 m dari pasangan (MHS dan ovitrap) yang terhampir (Rajah 2). Setiap bekas ovitrap akan digantikan dan diselenggara setiap enam hingga tujuh hari. Kandungan air dalam bekas ovitrap dibawa ke makmal bagi ujian bioasai larva dan pemerhatian terhadap perubahan morfologi larva.
- b. ***Lokasi rawatan.*** Kaedah yang sama digunakan dengan kaedah pemasangan MHS dan ovitrap di kawasan kawalan. Walau bagaimanapun, pemasangan MHS dikawasan rawatan adalah menggunakan stesen MHS yang diletakkan larutan MHAQ (mengandungi PPF).



Rajah 2 Peta lakaran lokasi, (A) Lokasi kawalan, (B) Lokasi rawatan, dan (C) merupakan jarak diantara bekas MHS dan ovitrap. Bekas MHS dengan PPF (bulatan merah, $n = 10$), bekas MHS tanpa PPF (bulatan biru, $n = 10$) dan, ovitrap (bulatan kuning, $n = 10$),

Prosedur kajian

Semasa kajian dijalankan, kesemua sampel air yang diambil dari bekas ovitrap di lokasi rawatan dan kawalan dipindahkan ke dalam bekas yang baru (Nor Aliza et al. 2019). Ujian bioasai larva diteruskan ke atas setiap sampel air dan pemantauan ke atas tahap mortaliti larva direkodkan. Larva nyamuk yang masih hidup dipindahkan ke dalam bekas berisi ADK dan dibiarkan pada suhu bilik 26 ± 2 °C dengan $60 \pm 20\%$ kelembapan relatif. Pemantauan ke atas setiap larva dan pupa diteruskan sehingga larva menjadi nyamuk dewasa ataupun mati. Kesan penggunaan stesen MHS serta kemampuan untuk memindahkan larutan MHAQ ke bekas ovitrap yang diletakkan dilapangan dinilai berdasarkan; (i) perbezaan bilangan telur sebelum dan selepas pemasangan MHS berdasarkan kaedah sebelum-selepas-kawalan-impak (*before-after-control-impact*, BACI); (ii) kematian larva berdasarkan ujian bioasai larva (sebelum-semasa-selepas intervensi)

Analisis Data

Data diperolehi dari setiap ujian dinilai menggunakan ujian taburan kenormalan menggunakan Shapiro-Wilk. Penggunaan ujian hipotesis adalah berdasarkan kepada nilai taburan kenormalan di mana penggunaan ujian parametrik akan dijalankan apabila data yang diperolehi bertaburan secara normal. Manakala ujian bukan parametrik akan dilakukan sekiranya data menunjukkan nilai tidak normal. Kesemua analisis yang dijalankan dalam kajian ini adalah menggunakan perisian *Statistical package for the social science (SPSS)* Versi 23.0. Data ditunjukkan sebagai nilai purata \pm SE bergantung kepada sebarang perubahan yang dinyatakan. Ujian terhadap kecenderungan nyamuk untuk memilih tempat pembiakan telah dianalisis menggunakan ujian parametrik t test bagi membandingkan bilangan telur yang diperolehi dari bekas terbuka dan tertutup. Perbandingan diantara ujian pemindahan horizontal dan ujian formulasi MHAQ dijalankan menggunakan Analisis Varian (ANOVA) satu hala dan diikuti dengan ujian Pos Hoc Tukey's. Kesan tempat pembiakan ke atas MHAQ, ASRK dan ADK juga menggunakan ujian

Analisis Varian (ANOVA) satu hala diikuti Ujian Pos Hoc Tukey's sekiranya perlu. Kesemua analisis yang dijalankan menunjukkan nilai perbezaan yang signifikan pada $p < 0.05$.

Bagi ujian simulasi lapangan, setiap data yang diperolehi digabungkan menggunakan Microsoft Excel bagi mendapatkan nilai purata. Analisa secara deskriptif adalah bagi menentukan kadar kematian larva dan pupa dalam bekas ovitrap. Kesan impak penggunaan MHS terhadap populasi nyamuk dianalisis menggunakan kaedah BACI ujian t berpasangan (Smith et al. 1993; Stewart-Oaten & Murdoch 1986). Penggunaan kaedah BACI berpasangan telah menunjukkan kebolehan sebagai salah satu kaedah analisis dalam menunjukkan sebarang perubahan dalam lokasi kawalan dan rawatan.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kajian Potensi MHS Dalam Keadaan Separa-Lapangan

Ujian 1: Pemilihan lokasi bekas untuk nyamuk bertelur

Walaupun secara umumnya, nyamuk *Ae. aegypti* lebih tertarik untuk berada di dalam kawasan rumah berbanding nyamuk *Ae. albopictus*. Kedua-dua spesies ini mempunyai kecenderungan untuk bertelur di dalam bekas yang tersembunyi serta tidak terdedah kepada gangguan luar (Dieng et al. 2012; Ong et al. 2019). Situasi ini menyukarkan proses pencarian, aktiviti cari dan musnah dan seterusnya mengakibatkan aktiviti kawalan semakin kurang berkesan (Rozilawati et al. 2015, Unlu et al. 2013). Tingkah laku nyamuk meletakkan telurnya di dalam bekas yang tersembunyi merupakan salah satu aspek utama yang dapat dimanipulasikan ke dalam pelaksanaan kaedah penyebaran-auto. Selain itu, kelakuan langkau oviposisi turut membolehkan partikel insektisid ini disebar ke bekas tersembunyi dalam skala yang lebih besar.

Walau bagaimanapun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan tempat untuk nyamuk bertelur melibatkan kehadiran spesies lain dalam bekas pembiakan, pendedahan terhadap cahaya matahari, saiz bekas, faktor kimia dan lokasi pembiakan. Dapatan kajian menunjukkan nyamuk *Ae. aegypti* cenderung untuk bertelur di dalam bekas tertutup dan tersembunyi dengan kutipan telur sebanyak 69.88% berbanding bekas terbuka (30.12%). Kajian yang dijalankan di Geylang, Singapura menemui 46% tempat pembiakan nyamuk *Ae. aegypti* berada dalam parit yang tertutup diikuti 33% (parit terbuka) dan 21% (lokasi bukan parit). Situasi ini disebabkan hujan lebat yang melimpah dan menghayutkan larva ke dalam longkang. Di samping itu, pemilihan lokasi yang tersembunyi adalah untuk mengurangkan risiko kematian dan mendapatkan nutrien makanan yang mencukupi untuk generasi yang seterusnya (Murrell et al. 2011; Seidahmed et al. 2016). Beberapa penyelidikan terdahulu turut menemui pembiakan nyamuk *Aedes* sp. di dalam bekas tayar, botol air, tangki simbah yang telah dikategorikan sebagai bekas yang tertutup dan tersembunyi (Barrera et al. 2008; Chen et al. 2020; Dieng et al. 2012).

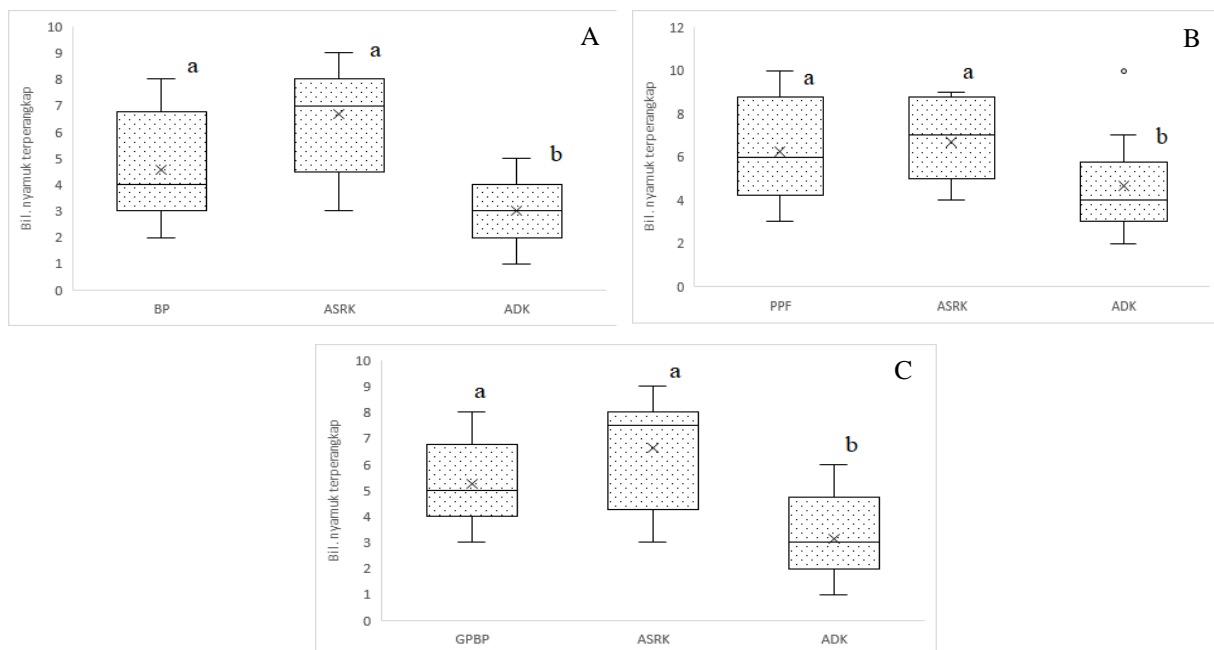
Terdapat sebahagian nyamuk yang akan bertindak sebagai *founder* dengan menjadikan lokasi baru yang masih belum diterokai oleh spesies nyamuk yang lain (Toonen & Pawlik 1994). Pemilihan lokasi ini adalah bertujuan untuk menilai tahap kandungan organik yang akan berfungsi sebagai sumber makanan (Ponnusamy et al. 2010). Kajian yang dijalankan oleh Wong et al. (2011) mendapati faktor sumber makanan dalam bekas pembiakan tidak menjadi salah satu faktor utama dalam pemilihan tempat pembiakan. Bekas pembiakan yang mengandungi larva nyamuk dari spesies yang lain mampu meningkatkan peluang pemilihan tempat untuk nyamuk bertelur secara amnya. Namun begitu, kelakuan nyamuk untuk bertelur adalah fleksibel dan masih belum dapat dipastikan (Toonen & Pawlik 1994).

Dengan kejayaan kajian ini yang telah menunjukkan kecenderungan nyamuk bertelur dalam bekas tersembunyi dan tertutup, aktiviti kawalan vektor dengan menasarkan nyamuk sebagai alat untuk memindahkan insektisid ke dalam bekas pembiakan tertutup adalah sangat relevan. Analisis statistik tidak menunjukkan sebarang nilai perbezaan yang signifikan terhadap nyamuk betina terdedah PPF berbanding nyamuk normal ($p > 0.001$). Penggunaan MHS dengan MHAQ tidak memberikan sebarang perubahan ke atas tingkahlaku dan pemilihan lokasi untuk bertelur berbanding dengan nyamuk normal dan seterusnya mampu meningkatkan peluang nyamuk membawa dan memindahkan insektisid ke lokasi pembiakan yang jauh tersembunyi yang tidak dapat diakses oleh manusia.

Ujian 2: Kesan daya tarikan terhadap formulasi MHAQ

Keputusan kajian terhadap daya tarikan yang ditunjukkan oleh jenis larutan yang berbeza dari MHAQ ke atas penggunaan MHS ditunjukkan dalam Rajah 3. Keputusan ujian menunjukkan kecenderungan nyamuk masuk ke dalam semua stesen MHS yang mengandungi formulasi ASRK (6.68 ± 0.49), PPF (6.25 ± 0.54), dan ADK (3.44 ± 0.47). Tiada perbezaan yang signifikan dicatatkan di antara PPF dan ASRK ($p > 0.05$). Walau bagaimanapun, perbezaan yang signifikan telah diperolehi daripada ADK terhadap PPF dan ASRK ($p < 0.05$).

Ujian dengan menggunakan BP terhadap ASRK dan ADK menunjukkan jumlah kutipan di BP (4.56 ± 0.52), ASRK (6.69 ± 1.99) dan ADK (3.00 ± 1.37). Kajian ini turut menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan di antara formulasi BP dan ADK ($p > 0.05$), tetapi berbeza secara signifikan terhadap ASRK ($p < 0.05$). Ujian diteruskan dengan menggunakan GPBP turut menunjukkan keputusan yang hampir sama dengan tiada perbezaan yang signifikan terhadap formulasi GPBP dan ASRK ($p > 0.05$) tetapi berbeza secara signifikan terhadap ADK ($p < 0.05$) (Rajah 3).



Rajah 3 Bilangan nyamuk yang terperangkap berdasarkan ujian ke atas formulasi pyriproxyfen, air seduhan rumput kering dan MHAQ. A- respon nyamuk *Ae. aegypti* terhadap PPF, BP dan ADK. B- respon nyamuk *Ae. aegypti* terhadap BP, ASRK dan ADK. C- respon nyamuk *Ae. aegypti* terhadap MHAQ, ASRK dan ADK. Huruf yang berbeza menunjukkan nilai yang signifikan pada $p < 0.05$

Penggunaan bahan penarik dalam aktiviti kawalan nyamuk telah digunakan secara meluas dengan pelbagai jenis penghasilan secara sintetik mahupun semulajadi (Santos et al. 2003). Potensi penggunaan bahan penarik dipengaruhi oleh jenis dan kepekatan bahan organik yang telah digunakan (Chaiphongpachara et al. 2018; Eneh et al. 2016). Dapatan kajian ini menunjukkan penggunaan MHAQ dan ASRK adalah bersesuaian diaplikasikan menggunakan MHS. Perbandingan ke atas larutan MHAQ (GPBP) terhadap ASRK ($p > 0.05$) tidak menunjukkan sebarang perbezaan yang signifikan. Air seduhan rumput kering (ASRK) merupakan salah satu *gold standard* yang digunakan dalam setiap uji kaji melibatkan bahan penarik ke atas nyamuk (Maciel-de-Freitas et al. 2008). Selain itu, ASRK telah digunakan secara meluas dalam aktiviti kawalan penyakit bawaan vektor dan digunakan sebagai substrat pembiakan nyamuk dalam bekas ovitrap (Velo et al. 2016). Penggunaan spesies nyamuk yang berlainan serta persekitaran kajian mungkin mempengaruhi keputusan kajian ini, oleh itu kajian yang lebih lanjut adalah disarankan bagi mendapatkan keputusan yang lebih jitu.

Kajian ke atas ASRK dengan larutan air gula difermentasi menunjukkan kemampuan ASRK untuk menarik nyamuk bertelur ke dalam bekas yang disediakan berbanding ADK dan gula difermentasi. Situasi ini berlaku disebabkan oleh proses metabolisme ASRK yang akan menghasilkan sebatian amonia dan karbon dioksida (Widoretno et al. 2018) dan seterusnya menarik perhatian nyamuk yang ada di persekitaran. Kajian yang hampir serupa dijalankan terhadap ASRK, ekstrak bunga *hyacinth* (*Eichhornia crassipes*) dan air kobis (*Pista stratiotes*) terhadap nyamuk *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* dan *Anopheles quadrimaculatus* turut memberikan kutipan bilangan telur yang tertinggi dari bekas yang mengandungi ASRK berbanding dua jenis bahan yang lain (Turnipseed et al. 2018). Selain itu, kajian makmal dan lapangan di Manaus- Amazonas, Brazil menunjukkan tiada perbezaan yang signifikan terhadap penggunaan ASRK dan ASRK + PPF ke atas bilangan telur yang dikutip. Namun begitu, kekuatan daya tarikan gabungan formulasi ASRK + PPF ini masih lemah berbanding penggunaan produk biologi seperti *Bacillus thuringiensis* dan *Saccharopolyspora spinosa* (Silva et al. 2018).

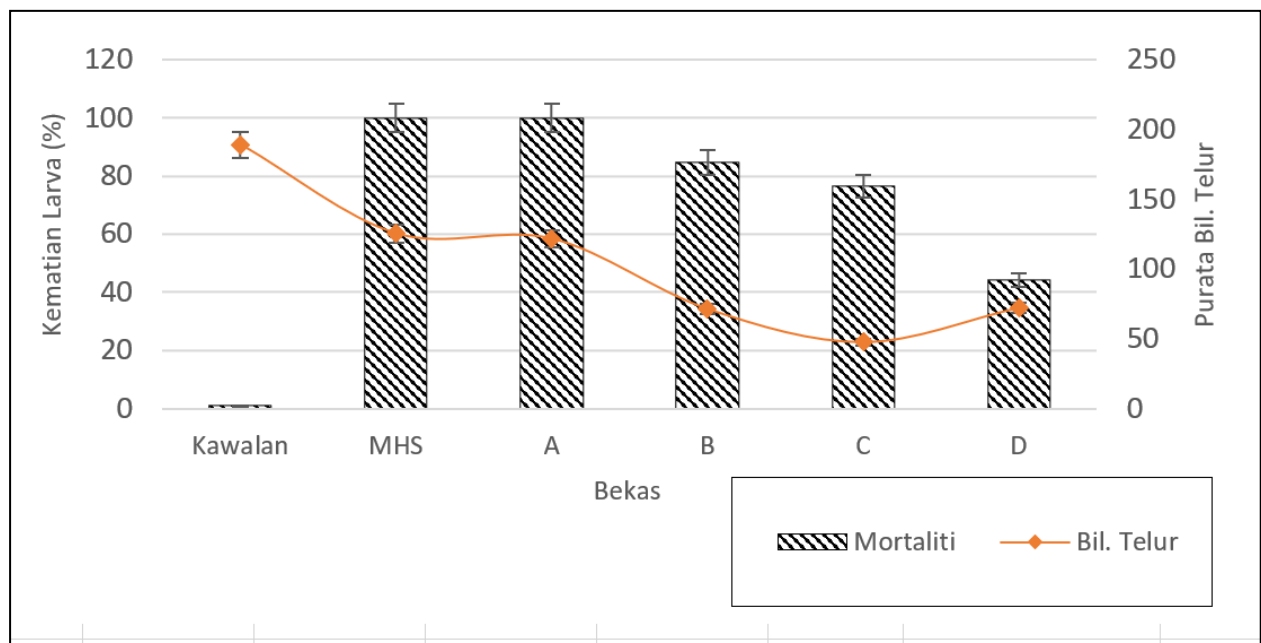
Walaupun terdapat beberapa faktor mempengaruhi kecenderungan nyamuk untuk memilih sesuatu bekas sebagai tempat pembiakan. Ini melibatkan kadar suhu persekitaran, cahaya, nilai pH, kekeruhan air, kepekatan sebatian kimia (ammonia, nitrit, nitrat, fosfat, sulfat, kalsium dan klorida) (Dom et al. 2018; Nasir et al. 2017; Ningsih et al. 2016; Wan Fatma & Aminoddin 2019). Perubahan ketara terhadap faktor tersebut menjadikan lokasi tersebut tidak lagi sesuai dan menjadikan nyamuk beralih ke kawasan yang lain. Walau bagaimanapun, berdasarkan kepada kajian terdahulu faktor-faktor ini dilihat menjadi elemen utama terhadap kecenderungan untuk memilih tempat pembiakan bagi nyamuk *Cx. quinquefasciatus* (Emidi et al. 2017), *Cx. pipiens* (Liu et al. 2019) dan *An. darlingi* (Arcos et al. 2018). Kajian lebih lanjut terhadap struktur dan campuran kimia terhadap MHAQ dapat memberikan maklumat tambahan terhadap hubungan diantara nyamuk *Aedes* sp. serta substrat yang telah digunakan. Penggunaan formulasi MHAQ dalam kajian ini dilihat mampu berfungsi secara optimum dalam menarik perhatian nyamuk untuk bertelur dalam MHS dan seterusnya bersaing dengan bekas pembiakan yang lain.

Ujian 3: Kebolehan pemindahan formulasi MHAQ dari stesen MHS ke bekas pembiakan yang berlainan

Kadar kematian yang direkodkan dari bekas D adalah pada 44% berbanding bekas A yang telah merekodkan 100% kematian. Bekas A berada pada jarak paling hampir, manakala bekas D berada pada jarak paling jauh dari stesen MHS (Rajah 4). Keputusan ini menunjukkan jarak diantara bekas MHS dan bekas pembiakan alternatif turut mempengaruhi keberkesanan

penyebaran insektisid di lapangan (Abilio et al. 2018). Bekas yang berada pada jarak yang lebih jauh adalah kurang mendapat perhatian nyamuk untuk bertelur. Berdasarkan keputusan ini, aktiviti pemasangan stesen MHS di lapangan disarankan agar menggunakan kuantiti yang tinggi serta diletakkan di kawasan yang strategik bagi memberikan liputan yang lebih meluas (Liang et al. 2019). Penggunaan perangkap MHS pada kuantiti yang banyak mampu mempertingkatkan peratus penyebaran insektisid oleh nyamuk ke bekas pembiakan yang lain.

Analisis korelasi Pearson menunjukkan hubungkait yang positif diantara julat kematian larva dan telur yang diperolehi dari bekas ovitrap. Ini menunjukkan bilangan telur yang tinggi dalam bekas ovitrap memberikan peratus kematian larva yang tinggi serta tempoh masa yang lebih lama diambil oleh nyamuk untuk bertelur. Andaian dibuat terhadap jumlah bilangan telur adalah berkadaran terus dengan tempoh masa nyamuk berada di dalam sesuatu bekas untuk bertelur. Ini menunjukkan tempoh masa yang diambil oleh nyamuk semasa meletakkan telur turut menjadi faktor utama dalam memastikan kuantiti insektisid yang dilepaskan adalah mencukupi untuk membunuh larva (Chism & Apperson 2003).

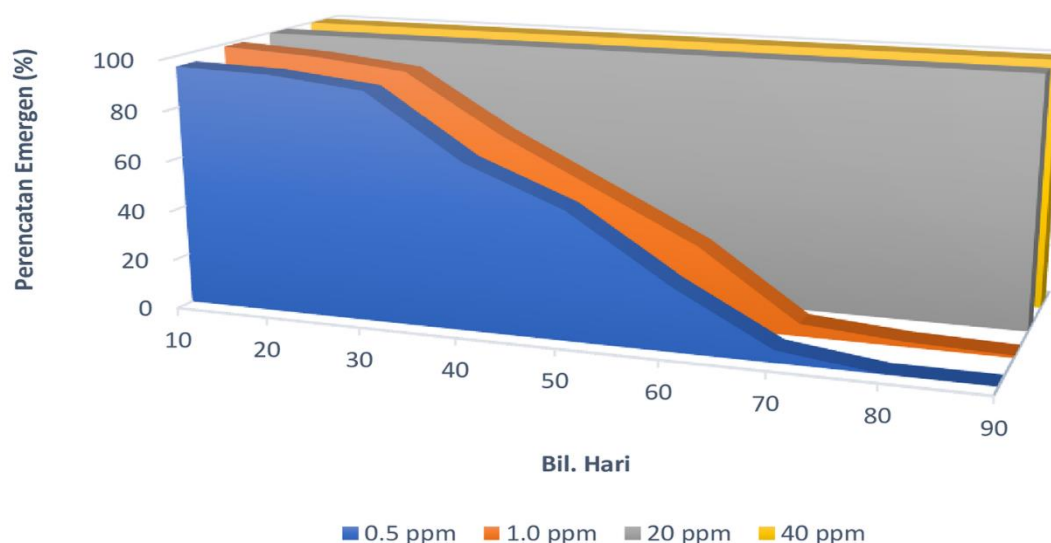


Rajah 4. Peratus kematian ke atas larva *Ae. aegypti* dan bilangan purata telur yang diperolehi dari MHS ke bekas ovitrap pada jarak yang berbeza (A: 0.5 m, B: 1.0 m, C: 1.5 m dan D: 2.0 m).

Ujian separa lapangan yang dijalankan di perkampungan Kining'ina menunjukkan lebih dari 97% penurunan terhadap kutipan nyamuk dewasa. Bilangan nyamuk dewasa yang akan menggigit sukarelawan menurun mencapai kosong dalam tempoh enam bulan pendedahan terhadap kaedah penyebaran-auto (Lwetoijera et al. 2019). *Aedes aegypti* dan *Ae. albopictus* turut tertarik terhadap penggunaan perangkap nyamuk In2Care dan seterusnya berjaya menyebarkan PPF di sekitar kawasan pemasangan (Buckner et al. 2017). Kajian dengan skala yang lebih besar dijalankan di Madeira, Portugal berjaya membuktikan terdapat aktiviti penyebaran dari Stesen Sentinel Biogents (BGSTs) dan berjaya menurunkan populasi nyamuk *Aedes* sp. bergantung kepada keadaan topografi kawasan kajian (Seixas et al. 2019).

Ujian 4: Penilaian kesan residu terhadap pyriproxyfen dengan kepekatan yang berbeza

Berdasarkan kepada pemantauan kesan residu yang ditunjukkan ke atas empat kepekatan yang berbeza (0.1ppm, 1ppm, 20 ppm dan 40 ppm) ditunjukkan dalam Rajah 5. Kepekatan 20 ppm dan 40 ppm yang digunakan dalam kajian ini menunjukkan tahap keberkesanan yang sangat optimum dengan memberikan 100% kematian ke atas larva untuk tempoh masa 90 hari. Namun begitu, keputusan ujian yang ditunjukkan oleh kepekatan 0.1 ppm dan 1 ppm tidak memberikan keputusan yang sekata dan konsisten. Ini menunjukkan formulasi PPF yang digunakan pada kepekatan yang rendah tidak memberikan kesan yang baik dalam mengawal populasi nyamuk.



Rajah 5. Peratus perencatan emergen ke atas larva *Ae. aegypti* di dalam bekas kawalan dan larutan pyriproxyfen dengan kepekatan yang berbeza di persekitaran secara separa-lapangan

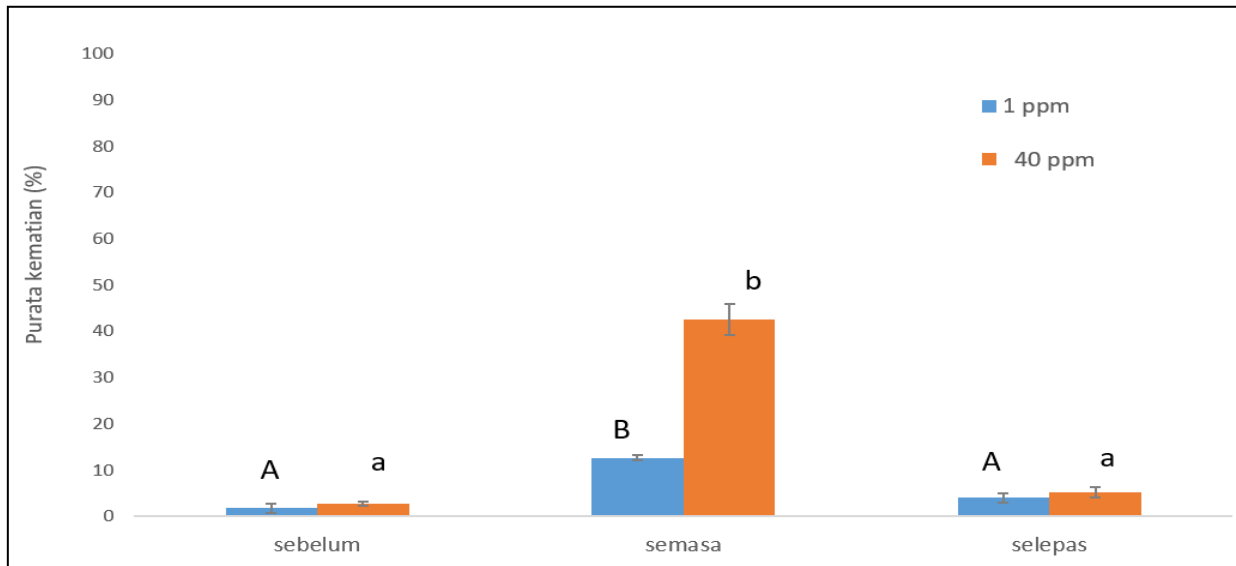
Kesan residu yang tinggi mampu mempengaruhi kadar keberkesanan formulasi insektisid yang digunakan. Potensi yang besar ditunjukkan terhadap formulasi yang mampu berada di lapangan dalam satu jangka yang lama tanpa memberikan kesan negatif terhadap manusia dan tumbuhan. Beberapa kajian terhadap PPF merekodkan kemampuan formulasi ini untuk berada di persekitaran dalam tempoh masa tiga hingga enam bulan (Khemrattrakool et al. 2019; Oo et al. 2018). Penggunaan formulasi MHAQ dalam kajian ini berupaya untuk mengekalkan 100% kadar mortaliti terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti* di sepanjang 90 hari tempoh kajian. Kesan residu oleh formulasi ini dilihat berpotensi untuk bertindak dalam tempoh masa yang lebih lama dari tempoh masa kajian. Pemasangan kaedah ini juga mampu mengurangkan kos pengurusan, masa pemasangan serta menjadi jauh lebih murah berbanding penggunaan larvisid yang lain.

Simulasi Penggunaan MHS Di Lapangan

Aktiviti penyebaran pyriproxyfen ke dalam bekas lain

Ujian yang dijalankan dengan menggunakan MHS (1.0 ppm) menunjukkan perbezaan yang signifikan terhadap kadar purata kematian larva yang dijalankan pada tempoh semasa (12.69 ± 0.65) berbanding sebelum (1.75 ± 0.96) dan selepas (4.00 ± 1.00) ($p < 0.000$) kajian. Manakala, keputusan yang ditunjukkan dengan menggunakan MHS (40 ppm) turut memberikan

peratus kematian yang lebih tinggi semasa (42.61 ± 3.33) berbanding sebelum (2.75 ± 0.48) dan selepas (5.25 ± 1.07) kajian. Dapatan kajian ini menunjukkan, aktiviti penyebaran pyriproxyfen di lapangan telah berjaya disebarkan oleh nyamuk liar dilapangan. Selain itu, kepekatan formulasi yang tinggi mampu memberikan kadar kematian larva yang jauh lebih tinggi (Rajah 6).

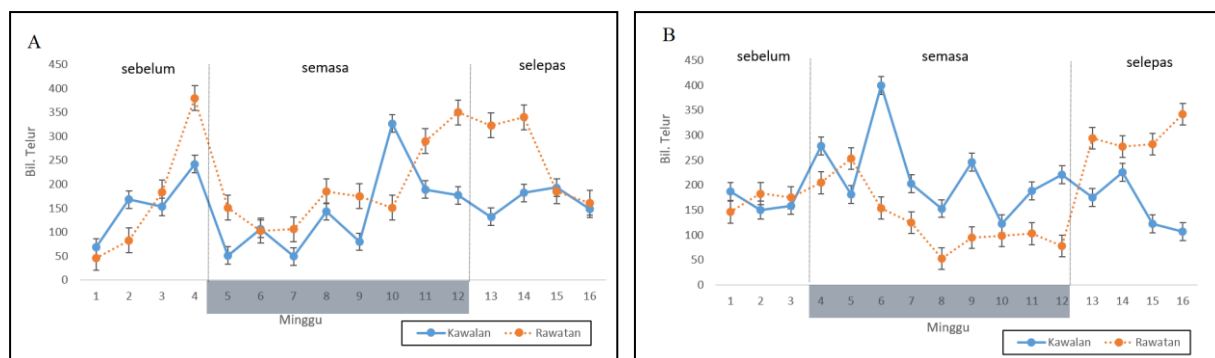


Rajah 6 Peratus perencatan emergen ke atas larva *Ae. aegypti* di dalam bekas kawalan dan larutan pyriproxyfen berbeza kepekatan di persekitaran secara separa-lapangan. Huruf yang berbeza menunjukkan nilai yang signifikan pada $p < 0.05$.

Kesan penyebaran pyriproxyfen terhadap populasi nyamuk

Berdasarkan kaedah BACI, kesan impak penggunaan MHS pada kepekatan yang berbeza diperolehi melalui perbandingan di antara populasi nyamuk yang diperolehi dari lokasi rawatan (Lokasi A) dan kawalan (Lokasi B). Bagi kajian menggunakan MHS pada kepekatan 1.0 ppm, analisa ujian t berpasangan sebelum ujian intervensi, tidak menunjukkan sebarang perbezaan yang signifikan ke atas populasi telur ($p = 0.768$, t -test berpasangan, $n=4$) yang direkodkan dari kawasan lokasi kawalan dan rawatan. Ini menunjukkan kedua-dua lokasi kajian ini mempunyai kadar bilangan telur dan larva yang hampir sama. Keputusan analisis terhadap populasi semasa ($p = 0.230$, paired t -test, $n=8$) dan selepas ($p = 0.177$, t -test berpasangan, $n=4$) rawatan turut menunjukkan nilai yang tidak signifikan dari kedua-dua lokasi kajian.

Ujian menggunakan MHS pada kepekatan 40 ppm telah menunjukkan perbezaan yang signifikan diantara populasi nyamuk sebelum ($p = 0.557$, t -test berpasangan = 4) dan semasa ($p = 0.025$, paired t -test = 8) rawatan. Keputusan kajian turut menunjukkan peningkatan telur nyamuk yang signifikan selepas MHS dikeluarkan dari lokasi rawatan ($p = 0.035$, t -test berpasangan = 4). Ini menunjukkan pemasangan MHS dengan kepekatan 40 ppm mampu memberikan kesan terhadap populasi nyamuk dilokasi rawatan berbanding penggunaan MHS dengan kepekatan 1 ppm (Rajah 7).



Rajah 7. Bilangan telur nyamuk yang diperolehi dari lokasi kawalan dan rawatan pada kepekatan MHS yang berbeza (A) 1.0 ppm dan (B) 40 ppm. Kotak kelabu merupakan tempoh masa rawatan pemasangan MHS dilapangan. Sebelum-semasa / semasa-selepas rawatan ditunjukkan dengan garisan hitam bertitik.

Simulasi ujian lapangan dijalankan bagi menentusahkan keputusan yang diperolehi dari ujian separa-lapangan. Hampir keseluruhan ujian separa-lapangan yang dijalankan telah memberikan keputusan yang memberangsangkan terhadap keupayaan stesen MHS dengan formulasi MHAQ sebagai sebuah stesen penyebaran-auto. Ini meliputi dari aspek daya tarikan, kebolehpayaan untuk memindahkan pyriproxyfen dan kesan residu yang mampu bertahan lama. Dapatan kajian dari simulasi lapangan telah menunjukkan terdapat aktiviti perpindahan pyriproxyfen dari bekas MHS ke dalam bekas ovitrap yang disediakan. Berdasarkan kaedah BACI, terdapat perubahan yang signifikan ke atas populasi telur nyamuk yang direkodkan dari tempoh masa sebelum rawatan berbanding semasa rawatan. Keputusan ini menunjukkan simulasi penggunaan MHS di lapangan telah berjaya memberikan impak ke atas populasi nyamuk dan seterusnya menurunkan bilangan nyamuk yang ada. Kajian ini berjaya membuktikan aktiviti perpindahan pyriproxyfen dari bekas MHS ke bekas ovitrap oleh nyamuk *Aedes* sp. di lapangan. Selain itu, formulasi MHAQ yang digunakan berupaya untuk menarik perhatian nyamuk bertelur dan seterusnya menurunkan populasi nyamuk di kawasan rawatan.

Beberapa kajian yang dijalankan secara separa lapangan dan lapangan telah menemui kejayaan dalam menyebarkan partikel pyriproxyfen dan seterusnya menurunkan populasi nyamuk semasa (Lwetoijera et al. 2014; Ohba et al. 2013; Seixas et al. 2019; Swale et al. 2018; Unlu et al. 2020). Kajian terkini yang dijalankan oleh Yazan et al. (2020), telah berjaya menurunkan populasi nyamuk dengan drastik sehingga 50% pengurangan di Kolej Kediaman 17, Universiti Putra Malaysia. Kajian selama tiga tahun di Bandar Trenton, USA, turut berjaya menurunkan populasi nyamuk seiring dengan kajian penyelidikan terdahulu. Namun, masalah logistik dan teknikal yang melibatkan isu liptan dan kurang kerjasama penduduk setempat menyebabkan keberkesanan kajian ini berkurangan (Unlu et al. 2020).

Kepadatan serta populasi nyamuk *Aedes* sp. yang tinggi memberikan risiko jangkitan yang lebih serius terhadap transmisi jangkitan demam denggi (Rohani et al. 2018). Oleh itu, pengawalan populasi nyamuk merupakan kaedah yang terbaik untuk mengurangkan risiko jangkitan demam denggi (Othman et al. 2017; Williams et al. 2019). Beberapa kaedah dengan kombinasi teknologi terkini seperti pensterilan nyamuk jantan (Kittayapong et al. 2018), nyamuk mengandungi bakteria *Wolbachia* (Caragata et al. 2019) dan nyamuk terubahsuai genetik (Evans et al. 2019) mampu menurunkan populasi *Aedes* sp. dan memutuskan rantaian jangkitan demam denggi. Namun begitu, kaedah ini memerlukan sumber dana dan tenaga kerja yang tinggi menjadikan kaedah ini tidak mampu digunakan dikebanyakan negara yang kurang maju.

Penggunaan kaedah penyebaran-auto dengan pyriproxyfen mampu mengurangkan populasi nyamuk dengan kos yang lebih murah, mudah diselenggara dan tidak membahaya kepada organisma lain. Ini menunjukkan potensi yang besar terhadap penggunaan kaedah ini dan perlu dipertimbangkan sebagai alternatif di dalam aktiviti kawalan penyakit bawaan nyamuk di masa hadapan.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, keputusan kajian yang dijalankan ke atas stesen MHS dan formulasi MHAQ di persekitaran separa-lapangan dan simulasi lapangan telah menunjukkan potensi sebagai stesen penyebaran-auto. Penggunaan kaedah ini telah berjaya memanipulasi nyamuk *Aedes* sp. dilapangan untuk memindahkan pyriproxyfen dari stesen MHS ke bekas pembiakan yang lain. Penambahbaikan ke atas formulasi MHAQ mampu meningkatkan tahap keefisienan dan keberkesanan kaedah ini di masa akan datang. Oleh itu, ujian secara lapangan dengan skala yang lebih besar perlu dijalankan bagi mendapatkan gambaran yang lebih jelas dan tepat berkaitan penggunaan kaedah ini sebelum disarankan sebagai satu alternatif dalam aktiviti kawalan vektor.

PENGHARGAAN

Pengarang merakamkan penghargaan kepada penaja geran Dengue Tech Challenge 2016, di bawah perkongsian dana Newton-Ungku Omar Fund. Geran ini dibiayai oleh Malaysia Industry-Government Group for High Technology (MIGHT) dan United Kingdom Department for Bussiness, Energy and Industrial Strategy di bawah British Council dan PlatCOM Ventures. Pengarang juga mengucapkan terima kasih kepada Syarikat One Team Networks Sdn. Bhd. yang telah menyediakan peralatan serta bantuan semasa aktiviti di lapangan.

RUJUKAN

- Abilio, A.P., Abudasse, G., Kampango, A., Candrinho, B., Sitoi, S., Luciano, J., Tembisse, D., Sibindy, S., Almeida, A.P.G.D., Garcia, G.A., David, M.R., Freitas, R.M.D. & Gudo, E.S. 2018. Distribution and breeding sites of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in 32 urban/peri-urban districts of Mozambique: Implication for assessing the risk of arbovirus outbreaks. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(9): e0006692.
- Arcos, A.N., Ferreira, F.A.S., Cunha, H.B.D. & Tadei, W.P. 2018. Characterization of artificial larval habitats of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) in the Brazilian Central Amazon. *Revista Brasileira de Entomologia* 62(2018): 267-274.
- Alphey, L., McKemey, A., Nimmo, D., Oveido, M.N., Lacroix, R., Matzen, K. & Beech, C. 2013. Genetic control of *Aedes* mosquitoes. *Pathogens and Global Health* 107(4): 170-179.
- Barrera, R., Amador, M., Diaz, A., Smith, J., Munoz-Jordan, J.L. & Rosario, Y. Unusual productivity of *Aedes aegypti* in septic tanks and its implication for dengue control. *Medical and Veterinary Entomology* 22(1): 62-69.
- Buckner, E.A., Williams, K.F., Marsicano, A.L., Latham, M.D. & Lesser, C.R. 2017. Evaluating the vector control trap against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* under semifield conditions in Manatee County, Florida. *Journal of the American Mosquito Control Association* 33(3): 193-199.
- Caputo, B., Lenco, A., Cianci, D., Pombi, M., Petrarca, V., Baseggio, A., Devine, G.J. & Torre, A. 2012. The “Autodissemination” approach: A novel concept to fight *Aedes albopictus* in urban areas. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 6(8): e1793.
- Caragata, E.P., Rocha, M.N., Pereira, T.N., Mansur, S.B., Dutra, H.L. & Moreira, L.A. 2019. Pathogen blocking in *Wolbachia*-infected *Aedes aegypti* is not affected by Zika and dengue virus co-infection. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 13(5): e0007443.
- Chandel, K., Suman, D.S., Wang, I., Unlu, I., Wiliges, E., Williams, G.M. & Gaugler, R. 2016. Targeting a hidden enemy: pyriproxyfen autodissemination strategy for the control of the containers mosquito *Aedes albopictus* in cryptic habitats. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 10(12): e0005235.
- Chaiphongpachara, T., Sumchung, K. & Chansukh, K.K. 2018. Larvicidal and adult mosquito attractant activity of *Auricularia auricula-judae* mushroom extract on *Aedes aegypti* (L.) and *Culex sitiens* Wiedemann. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 8(08): 012-025.
- Chen, Y.A., Lai, Y.T., Wu, K.C., Yen, T.Y., Chen, C.Y. & Tsai, K.H. 2020. Using UPLC-MS/MS to evaluate the dissemination of pyriproxyfen by *Aedes* mosquitoes to combat cryptic larval habitats after source reduction in Kaohsiung in Southern Taiwan. *Insects* 11: 251.

- Chism, B.D. & Apperson, C.S. 2003. Horizontal transfer of the insect growth regulator pyriproxyfen to larval microcosms by gravid *Aedes albopictus* and *Ochlerotatus triatus* mosquito in the laboratory. *Medical and Veterinary Entomology* 17: 211-220.
- Devine, G.J., Zamora-Perea, E., Killeen, G.F., Stancil, J.D., Clark, S.J. & Morrison, A.C. 2009. Using adult mosquitoes to transfer insecticides to *Aedes aegypti* larval habitats. *PNAS* 106(28): 11530-11534.
- Dieng, H., Saifur, R.G.M., Ahmad, A.H., Che Salmah, M.R., Aziz, A.T., Satho, T., Miake, F., Jaal, Z., Abubakar, S. & Morales, R.E. 2012. Unusual, developing sites of dengue vectors and potential epidemiological implications. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2(3): 228-232.
- Dom, N.C., Mokhtar, M.A.M. & Australia, C.T. 2018. Development and oviposition preferences of field collected *Aedes albopictus* based on different water characteristic. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 15(1): 61-64.
- Emidi, B., Kisinza, W.N., Mmbando, B.P., Malima, R. & Mosha, F.W. 2017. Effect of physicochemical parameters on *Anopheles* and *Culex* mosquito larvae abundance in different breeding sites in a rural setting of Muheza, Tanzania. *Parasites & Vectors* 10: 304.
- Eneh, L.K., Okal, M.N., Borg-Karlson, A.K., Fillinger, U. & Lindh, J.M. 2016. Gravid *Anopheles gambiae* sensu stricto avoid ovipositing in Bermuda grass infusion and its volatiles in two choice egg-count bioassays. *Malaria Journal* 15: 276.
- Evans, B.R., Kotsakiozi, P., Costa-da-Silva, A.L., Ioshino, R.S., Garziera, L., Pedrosa, M.C., Malavasi, A., Virginio, J.F., Capurro, M.L. & Powell, J.R. 2019. Tansgenic *Aedes aegypti* mosquitoes transfer genes into a natural population. *Scientific Reports* 9:13047.
- Gaugler, R., Suman, D. & Wang, Y. 2012. An autodissemination station for transfer of an insect growth regulator to mosquito oviposition sites. *Medical and Veterinary Entomology* 26(1): 37-45.
- Invest, J.F. & Lucas, J.R. 2008. Pyriproxyfen as a mosquito larvicide. In Robinson, W.H. & Bajomi, D. (eds.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Urban Pests*, pp. 239-245. OOK-Press Kft: Veszprem, Hungary.
- Khemrattrakool, P., Yanola, J., Lumjuan, N. & Somboon, P. 2019. Pyriproxyfen-treated polypropylene sheets and resting boxes for controlling mosquitoes in livestock operations. *Insects* 10(2): 55.
- Kittayapong, P., Ninphanomchai, S., Limohpasmanee, W., Chansang, C., Chansang, U. & Mongkalagoon, P. 2019. Combined sterile insect technique and incompatible insect technique: The first proof-of-concept to suppress *Aedes aegypti* vector populations in semi-rural settings in Thailand. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 13(10): e0007771.
- Kittayapong, P., Kaeothaisong, N.O., Ninphanomchai, S. & Limohpasmanee, W. 2018. Combined sterile insect technique and incompatible insect technique: Sex separation and

- quality of sterile *Aedes aegypti* male mosquitoes released in pilot population suppression trial in Thailand. *Parasites & Vectors* 11:657.
- Laguna-Aguilar, M., Fernandez-Salas, I. & Rebollar-Tellez, E.A. 2013. Laboratory and semi-field evaluation of inexpensive trap prototypes for the collection of dengue vector mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Biomedica* 24(3): 92-99.
- Lau, K.W., Chen, C.D., Lee, H.L., Norma-Rashid, Y. & Sofian-Azirun, M. 2015. Evaluation of insect growth regulators against field collected *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) from Malaysia. *Journal of Medical Entomology* 52(2): 199-206.
- Liang, Y., Ahmad Mohiddin, M.N., Bahauddin, R., Hidayatul, F.O., Nazni, W.A., Lee, H.L. & Greenhalgh, D. 2019. Modelling the effect of a novel autodissemination trap on the spread of dengue in Shah Alam, Malaysia. *Computational and Mathematical Methods in Medicine* 192347: 15p.
- Ling, L.S., Sulaiman, S. & Othman, H. 2013. Laboratory evaluation of temephos, grass infusion, and *Piper aduncum* extracts against the ovipository responses of *Aedes aegypti*. *The Journal of Tropical Medicine and Parasitology* 36(1): 15-22.
- Liu, X., Baimaciwang, Yue, Y., Wu, H., Pengcuociren, Guo, Y., Cirenwangla, Ren, D., Danzenggongga., Dazhen., Yang, J., Zhaxisangmu., Li, J., Cirendeji., Sun, J., Li, J., Wang, J., Cirendunzhu. & Liu, Q. 2019. Breeding site characteristic and associated factors of *Culex pipiens* complex in Lhasa, Tibet, P.R. China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16: 1407.
- Lwetoijera, D., Harris, C., Kiware, S., Dongus, S., Devine, G.J., McCall, P.J. & Majambere, S. 2014. Effective autodissemination of pyriproxyfen to breeding sites by the exophilic malaria vector *Anopheles arabiensis* in semi-field settings in Tanzania. *Malaria Journal* 13: 161.
- Lwetoijera, D., Kiware, S., Okumu, F., Devine, G.J. & Majambere, S. 2019. Autodissemination of pyriproxyfen suppresses stable populations of *Anopheles arabiensis* under semi-controlled settings. *Malaria Journal* 18: 166.
- Maciel-de-Freitas, R., Peres, R.C., Alves, F. & Brandolini, M.B. 2008. Mosquito traps designed to capture *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) females: preliminary comparison of adu-trap, mosquitoTRAP and backpack aspirator efficiency in a dengue-endemic area of Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 103(6): 602-605.
- Mbare, O., Lindsay, S.W. & Fillinger, U. 2014. Pyriproxyfen for mosquito control: female sterilization or horizontal transfer to oviposition substrates by *Anopheles gambiae* sensu stricto and *Culex quinquefasciatus*. *Parasites & Vectors* 7: 280.
- Misni, N., Othman, H. & Sulaiman, S. 2011. The effect of *Piper aduncum* Linn. (Family: Piperaceae) essential oil as aerosol spray against *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* Skuse. *Tropical Biomedicine* 28(2): 249-258.
- Mohtar, N.S.H.M., Emelia, O., Ahmad-Firdasu, M.S., Zainol-Arifin, P. & Aishah-Hani, A. 2018. Detection of *Wolbachia* in wild mosquito populations from selected areas in Peninsular

- Malaysia by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) technique. *Tropical Biomedicine* 35(2): 330-346.
- Murrell, E.G., Damal, K., Lounibos, L.P. & Juliano, S.A. 2011. Distribution of competing container mosquitoes depend on detritus types, nutrient ratios, and food availability. *Annals of Entomological Society of America* 104(4): 688-698.
- Nasir, S., Jabeen, F., Abbas, S., Nasir, I. & Debboun, M. 2017. Effect of climatic condition and water bodies on population dynamics of the dengue vector, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Arthropod-Borne Diseases* 11(1): 50-59.
- Ningsih, F., Zakaria, I.J. & Hasmiwati. 2016. The microhabitat preferences of mosquito genus *Aedes* (Diptera: Culicidae) in Padang, West Sumatra, Indonesia. *International Journal of Mosquito Research* 3(5): 36-40.
- Nor Aliza, A.R., Harvie, S., Nur Ain, M. R., Lela, S., Siti Fairouz, I., Razitasham, S. & Marlina, O. 2019. Detection of transovarial dengue viruses in *Aedes albopictus* from selected localities in Kuching and Samarahan divisions, Sarawak, Malaysia by reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). *Serangga* 24(2): 145-158.
- Noor Aslinda, U.A.B., Azman, S., Lailatul-Nadhirah, A. & Khadijah, K. 2019. Resistance status of *Aedes aegypti* towards different insecticides in selected dengue outbreak area in Petaling district (Diptera: Culicinae). *Serangga* 24(2): 41-48.
- Obenauer, P.J., Kaufman, P.E., Kline, D.L. & Allan, S.A. 2010. Detection and monitoring for *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in suburban and sylvatic habitats in North Central Florida using four sampling techniques. *Environment Entomology* 39(5): 1608-1616.
- Ohba, S.Y., Ohashi, K., Pujiyati, E., Higa, Y., Kawada, H., Mito, N. & Takagi, M. 2013. The effect of pyriproxyfen as a "population growth regulator" against *Aedes albopictus* under semi-field conditions. *PLoS ONE* 8(7): e67045.
- Ong, J., Liu, X., Rajarethinam, J., Yap, G., Ho, D. & Ng, L.C. 2019. A novel entomological index, *Aedes aegypti* breeding percentage, reveal the geographical spread of the dengue vector in Singapore and serve as a spatial risk indicator for dengue. *Parasites & Vectors* 12: 17.
- Oo, S.Z.M., Thaug, S., Maung, Y.N.M., Aye, K.M., Aung, Z.Z., Thu, H.M., Thant, K.Z. & Minakawa, N. 2018. Effectiveness of a novel long-lasting pyriproxyfen larvicide (Sumilarv® 2MR) against *Aedes* mosquitoes in schools in Yangon, Myanmar. *Parasites & Vectors* 11(1): 16.
- Othman, H., Nordin, S.A., Rashid, N.A., Abas, M.B.H., Hod, R. & Sahani, M. 2017. Dengue-free community approach for understanding the value and challenges of inter-agencies partnerships in an intervention programs. *Internasional Journal of Community Medicine and Public Health* 4(6): 1819-1826.
- Ponnusamy, L., Wesson, D.M., Arellamo, C., Schal, C. & Apperson, C.S. 2010. Species composition of bacterial communities influences attraction of mosquitoes to experimental plant infusions. *Microbial Ecology* 59: 158-173.

- Rajendran, D., Shaيدا, F.S. & Wan Fatma, Z.W.M. 2019. Efficacy of different parts of *Tridax procumbens* as a potential biolarvicide against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Serangga* 24(1): 142-150.
- Rohani, A., Suzilah, I., Wan Najdah, W.M.A., Topek, O., Mustafakamal, I. & Lee, H.L. 2018. Factors determining dengue outbreak in Malaysia. *PLoS One* 13(2): e0193326.
- Rozilawati, H., Tanaselvi, K., Nazni, WA, Mohd Masri, S., Zairi, J., Adanan, C.R. & Lee, H.L. 2015. Surveillance of *Aedes albopictus* Skuse breeding preference in selected dengue outbreak localities peninsular Malaysia. *Tropical Biomedicine* 32(1): 49-64.
- Satho, T., Dieng, H., Ahmad, M.H.I., Ellias, S.B., Hassan, A.A., et al. 2015. Coffee and its waste repel gravid *Aedes albopictus* females and inhibit the development of their embryos. *Parasites & Vectors* 8: 272.
- Santos, S.R.A., Santos-Melo, M.A.V., Regis, L. & Albuquerque, C.M. 2003. Field evaluation of ovitraps consociated with grass infusion and *Bacillus thuringiensis* var. israelensis to determine oviposition rates of *Aedes aegypti*. *Dengue Bulletin* 27: 156-162.
- Seidahmed, O.M.E. & Eltahir, E.A. 2016. A sequence of flushing and drying off breeding habitats of *Aedes aegypti* (L.) prior to the low dengue season in Singapore. *Plos Neglected Tropical Diseases* 10(7): e0004842.
- Seixas, G., Paul, R.E.L., Pires, B., Alves, G., Jesus, A., Silva, A.C., Devine, G.J. & Sousa, C.A. 2019. An evaluation of efficacy of the auto-dissemination technique as a tool for *Aedes aegypti* control in Madeira, Portugal. *Parasites & Vectors* 12: 202.
- Silva, W.R., Silva, J.S., Ferreira, F.A.S., Rodrigues, I.A., Tadei, W.P. & Zequi, J.A.C. 2018. Oviposition of *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 and *Aedes albopictus* Skuse, 1894 (Diptera: Culicidae) under laboratory and field conditions using ovitraps associated to different control agents, Manaus, Amazonas, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia* 63(4): 304-310.
- Smith, E.P., Orvos, D.R. & Cairns, J. 1993. Impact assessment using the before-after-control-impact (BACI) model: concerns and comments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 627-637.
- Stewart-Oaten, A. & Murdoch, W.W. 1986. Environmental impact assessment: "Pseudoreplication" in time. *Ecology* 67(4): 929-940.
- Sulaiman, S., Siti Hajar, A. S. & Othman, H. 2004. Residual efficacy on insect growth regulators pyriproxyfen, triflumuron and s-methoprene against *Aedes aegypti* (L.) in plastic containers in the field. *Tropical Biomedicine* 2(1): 97-100.
- Suman, D.S., Wang, Y., Dong, L. & Gaugler, R. 2013. Effects of larval habitats substrate on pyriproxyfen efficacy against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology* 50(6): 1261-1266.
- Swale, D.R., Li, Z., Kraft, J.Z., Healy, K., Liu, M., David, C.M., Liu, Z. & Foil, L.D. 2018. Development of an autodissemination strategy for the deployment of novel control agents

- targeting the common malaria mosquito, *Anopheles quadrimaculatus* say (Diptera: Culicidae). *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(4): e0006259.
- Toonen, R.J. & Pawlik, J.R. 1994. Foundation of gregariousness. *Nature* 370: 511-512.
- Turnipseed, R.K., Moran, P.J. & Allan, S.A. 2018. Behavioral responses of gravid *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, and *Anopheles quadrimaculatus* mosquitoes to aquatic macrophyte volatiles. *Journal of Vector Ecology* 43(2): 252-260.
- Unlu, I., Farajollahi, A., Strickman, D. & Fonseca, D.M. 2013. Crouching tiger, hidden trouble: urban sources of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) refractory to source-reduction. *PLoS ONE* 8(10): e77999.
- Unlu, I., Rochlin, I., Suman, D.S., Wang, Y., Chandel, K. & Gaugler, R. 2020. Large-scale operational pyriproxyfen autodissemination deployment to suppress the immature Asian tiger mosquito (Diptera: Culicidae) populations. *Journal of Medical Entomology* 57(4): 1120-1130.
- Unlu, I., Suman, D.S., Wang, Y., Klinger, K., Faraji, A. & Gaugler, R. 2017. Effectiveness of autodissemination stations containing pyriproxyfen in reducing immature *Aedes albopictus* populations. *Parasites & Vectors* 10: 139.
- Velo, E., Kadriaj, P., Mersini, K., Shukullari, A., Manxhari, B., Simaku, A., Hoxha, A., Caputo, B., Bolzoni, L., Rosa, R., Bino, S., Reiter, P. & Torre, A.D. 2016. Enhancement of *Aedes albopictus* collections by ovitrap and sticky adult trap. *Parasites & Vectors* 9: 223.
- Wan Fatma, Z. & Aminoddin, S. 2019. Population abundance of *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* in 24 hours cycle in residential areas, Penang using different trapping methods. *Serangga* 24(1): 17-41.
- Widoretno, N., Rachmawati, D.A., Nurdian, Y. & Armiyanti, Y. 2018. Comparing effectiveness of hay infusion and sugar fermentation solution as ovitrap's attractants to *Aedes aegypti*. *Qanun Medica* 2(2): 19-24.
- Williams, C.R., Azil, A.H. & Ritchie, S.A. 2019. Should we bother doing dengue vector surveillance, and if so, how should we do it?. *International Journal of Public Health Research* 9(2): 1135-1139.
- Wong, J., Stoddard, S.T., Astete, H., Morrison, A.C. & Scott, T.W. 2011. Oviposition site selection by the dengue vector *Aedes aegypti* and its implications for dengue control. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 5(4): e1015.
- World Health Organization (WHO). 2007. Pyriproxyfen in drinking-water. Background document for development of WHO guidelines for drinking water quality. Geneva: World Health Organization (WHO/SDE/WSH/07.01/10).
- World Health Organization (WHO). 2018. Ninth meeting of the WHO Vector Control Advisory Group. Geneva: World Health Organization (WHO/CDS/VCAG/2018.05).

Yazan, L.S., Paskaran, K., Gopalsamy, B. & Majid, R.A. 2020. Aedestech mosquito home system prevents the hatch of *Aedes* mosquito eggs and reduces its population. *Pertanika Journal of Science & Technology* 28(1): 263-278.