

STATUS KERENTANAN NYAMUK *Aedes aegypti* TERHADAP INSEKTISIDA SIPERMETRIN DI AREA PERIMETER DAN BUFFER PELABUHAN TANJUNG EMAS KOTA SEMARANG

Ramadani Sukaningtyas^{*✉}, Ari Udijono^{**}, Martini Martini^{**}

^{*} Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Tarakan,
Jl. Mulawarman No. 1, Karang Anyar Pantai, Tarakan Barat, Kota Tarakan,
Kalimantan Utara, Indonesia

^{**} Departemen Epidemiologi dan Penyakit Tropik, Fakultas Kesehatan Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Kota Semarang 50275, Jawa Tengah, Indonesia

✉ Email: ramadanisukaningtyas@gmail.com

© 2021 Vektora : Jurnal Vektor dan Reservoir Penyakit *All rights reserved*

VULNERABILITY STATUS OF *Aedes aegypti* MOSQUITO TO CYPERMETRIN INSECTICIDE IN PERIMETER AND BUFFER AREA OF TANJUNG EMAS PORT, SEMARANG CITY

Naskah masuk : 07 Agustus 2020 Revisi I : 08 Oktober 2020 Revisi II: 10 Juni 2021 Naskah diterima : 23 Juni 2021

Abstrak

Evaluasi terhadap penggunaan insektisida perlu dilakukan karena adanya ancaman masalah resistensi insektisida dalam aplikasi program pengendalian vektor demam berdarah dengue. Studi observasional deskriptif dilakukan untuk melihat status kerentanan *Aedes aegypti* terhadap insektisida sipermetrin 0,05% di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Studi menggunakan uji bioassay standar WHO, biokimia, dan molekuler (PCR). Kegiatan wawancara dilakukan pada responden terpilih untuk mengetahui riwayat penggunaan insektisida. Responden dalam penelitian ini adalah pengelola program dan masyarakat. Hasil penelitian menunjukkan *Ae. aegypti* di area perimeter dan buffer dengan uji bioassay standar WHO masih rentan, dengan kematian nyamuk uji yang dikoleksi dari dua lokasi studi masing-masing sebesar 100%. Uji biokimia menunjukkan bahwa sipermetrin 0,05% masih susceptible terhadap *Ae. aegypti*, dengan hasil sebesar 100% kematian di kedua area studi. Namun, uji PCR menunjukkan sudah terdapat proses mekanisme menuju resistensi dengan hasil resisten homozigot dan resisten heterozigot di area perimeter adalah 80% dan 20%, sedangkan area buffer adalah 40% dan 60%. Hasil wawancara dengan pengelola program menunjukkan 100% petugas sudah menerapkan standar, operasi, dan pelaksanaan kegiatan fogging dengan benar menggunakan insektisida bahan aktif malathion dan sipermetrin. Kedua jenis insektisida ini telah digunakan secara rotasi. Namun, rotasi insektisida tersebut belum dilakukan secara rutin dan berkala.

Kata Kunci : demam berdarah dengue, *Aedes aegypti*, sipermetrin, status resistensi

Abstract

An assessment of the use of insecticides needs to be done because of the threat of insecticide resistance problems in the application of vector control for dengue. A descriptive observational study was conducted to determine the susceptibility status of *Ae. aegypti* against 0.05% cypermethrin insecticide at Tanjung Emas Port, Semarang. The study was conducted using the WHO standard bioassay, biochemical, and molecular (PCR) assays. Interviews were conducted with selected respondents to find out the history of insecticide use. The results showed that the susceptibility status of the *Aedes aegypti* mosquito in the perimeter and buffer area with the WHO standard bioassay test was still vulnerable, with the mortality of *Aedes aegypti* samples collected from the two study sites being 100%. Biochemical tests showed that 0.05% cypermethrin was still susceptible to *Ae. aegypti*, with a yield of 100% mortality in both study areas. However, the results of the PCR test showed that homozygous resistance and heterozygous resistance were 80% and 20% respectively in the perimeter region, while in the buffer region it

was 40% and 60%, respectively. The results of interviews with program managers showed that 100% of the officers had complied with the standard operating procedure for fogging activities with the insecticides used, i.e. malathion and cypermethrin. Both types of insecticides have been used on a rotational basis. However, the rotation of these insecticides has not been carried out routinely and periodically.

Keywords : *dengue hemorrhagic fever, Aedes aegypti, cypermethrin, vulnerability status*

PENDAHULUAN

Penyakit demam berdarah dengue (DBD) disebabkan oleh virus dengue dengan vektor utama nyamuk *Aedes aegypti* dan vektor potensialnya adalah *Aedes albopictus* yang banyak ditemukan di dalam maupun di luar rumah pada berbagai tempat penampungan air. Penyebaran demam berdarah sangat luas, sehingga dapat ditemukan di daerah tropis dan subtropik, bahkan di urban dan semi urban area (Organization, 2021).

Kasus demam berdarah mengalami peningkatan yang dramatis di seluruh dunia pada dekade sekarang ini (Waggoner et al., 2016). Diperkirakan ada 390 juta infeksi virus dengue pertahun (95% *credible interval* 284-528 juta), di mana 96 juta (967-136) bermanifestasi secara klinis (Bhatt et al., 2013). Diperkirakan ada 3,9 miliar orang berisiko terinfeksi virus dengue dengan 70% berada di Asia (Brady et al., 2012).

Indonesia merupakan salah satu negara yang beriklim tropis yang berada di Asia Tenggara. Tingginya curah hujan menyebabkan negara Indonesia menjadi salah satu negara yang termasuk negara endemis DBD. Menurut laporan dari Kementerian Kesehatan hampir di setiap wilayah yang ada di Indonesia terdapat kasus DBD. Tercatat, pada tahun 2018 jumlah kasus DBD ditemukan sebanyak 65.602 kasus (IR:24,73) dengan jumlah kematian sebesar 462 orang (CFR:0,70%) yang tersebar di 34 provinsi (Dirjen Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, 2019).

Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Kota Semarang Tahun 2017-2019 kasus DBD tidak mengalami peningkatan dalam 3 tahun berturut-turut. Akan tetapi, penderita DBD masih ada tiap tahunnya yaitu dengan jumlah pada tahun 2017 (299 orang), 2018 (102 orang), dan terbesar pada tahun 2019 sebanyak 426 orang. Jumlah penderita meninggal akibat DBD dari tahun 2018-2019 yaitu 23 orang (Dinas Kesehatan Kota Semarang, 2019).

Meningkatnya kasus DBD di berbagai tempat memacu peningkatan upaya pengendalian populasi nyamuk *Ae. aegypti* sebagai vektor DBD baik oleh pengelola program maupun oleh

masyarakat. Sampai saat ini obat dan vaksin untuk pengendalian DBD masih dalam tahap penelitian, sehingga untuk menanggulangi DBD diutamakan dengan memutus rantai penularan melalui pengendalian vektornya. Berdasarkan Permenkes RI No. 374 Tahun 2010, pengendalian vektor dapat dilakukan dengan pengelolaan lingkungan secara fisik atau mekanis, penggunaan agen biotik, kimiawi, baik terhadap vektor maupun tempat perkembangbiakannya dan/atau perubahan perilaku masyarakat serta dapat mempertahankan dan mengembangkan kearifan lokal sebagai alternatif (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2010). Akan tetapi, upaya pengendalian populasi nyamuk secara kimiawi dengan menggunakan bahan kimia insektisida seringkali menjadi pilihan utama karena mudah dan hasilnya langsung dapat terlihat oleh masyarakat.

Insektisida adalah bahan kimia yang digunakan untuk pengendalian vektor penyakit dan hama pemukiman seperti nyamuk, lalat, kecoak, tikus, dan lain-lain yang dilakukan di daerah pemukiman endemis, pelabuhan, bandara, dan tempat-tempat umum lainnya (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012). Salah satu jenis insektisida yaitu golongan piretroid yang merupakan racun *axonik* yaitu beracun terhadap serabut saraf. Insektisida ini terikat pada protein dalam saraf yang dikenal sebagai *voltage gated sodium channel* (VGSC). Pada keadaan normal, protein membuka untuk memberikan rangsangan pada saraf untuk menghentikan sinyal saraf. Piretroid terikat pada gerbang ini dan mencegah penutupan secara normal yang menghasilkan rangsangan saraf berkelanjutan. Hal ini menyebabkan tremor dan gerakan inkoordinasi pada serangga yang keracunan (Widiastuti et al., 2015). Piretroid oleh WHO digolongkan racun kelas menengah. Salah satu jenis insektisida golongan ini adalah sipermetrin, merupakan racun kontak dan racun perut yang penggunaannya sangat luas dari pertanian, peternakan dan kesehatan (World Health

Organization, 1989). Penggunaan insektisida yang cukup lama dapat menyebabkan penurunan kerentanan (peningkatan resistensi) vektor terhadap insektisida tersebut. (Widiarti et al., 2011)

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 431/MENKES/SK/IV/2007 tentang pedoman teknis pengendalian risiko kesehatan lingkungan di pelabuhan/bandara/pos lintas batas dalam rangka karantina kesehatan, terkait dengan pelaksanaan pemberantasan vektor nyamuk *Ae. aegypti* menyebutkan bahwa daerah perimeter seharusnya tidak terdapat *Ae. aegypti* baik stadium larva maupun dewasa atau HI (*House Index*) adalah 0 sedangkan untuk daerah *buffer* HI (*House Index*) adalah kurang dari 1% dan populasi nyamuk di lingkungan pelabuhan ditekan serendah mungkin (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2007). Kegiatan *fogging* di KKP Semarang dari tahun ke tahun masih dilakukan untuk pencegahan nyamuk vektor DBD. Berdasarkan data tiga tahun terakhir (tahun 2017-2019) total pemakaian insektisida sipermetrin sebanyak 33 liter dengan luas area perimeter yang dilakukan *fogging* yaitu 23 hektar (Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang, 2019). Rotasi penggunaan insektisida yang tidak dilakukan secara berkala dapat berpotensi terjadinya resistensi terhadap nyamuk *Ae. aegypti* di area perimeter dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Penelitian ini bertujuan melihat status kerentanan nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida sipermetrin 0,05% di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan pengujian *bioassay* standar WHO, biokimia, dan molekuler (*Polymerase chain reaction/PCR*).

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian observasional deskriptif untuk melihat status kerentanan nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida sipermetrin di Pelabuhan Tanjung Emas

dengan pengujian *bioassay* standar WHO, biokimia, dan molekuler (PCR) serta wawancara dengan kuesioner kepada pengelola program. Populasi penelitian ini adalah seluruh nyamuk *Ae. aegypti* yang berasal dari hasil pemasangan ovitrap yang ada di perimeter dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas.

Sampel untuk uji kerentanan adalah nyamuk *Ae. aegypti* generasi pertama (F1) yang ditentukan dari prosedur tes untuk resistensi insektisida yang dikeluarkan oleh WHO yaitu dalam satu set tes resistensi insektisida terdiri dari 6 tabung, 4 tabung digunakan sebagai tabung untuk eksposur dan 2 sebagai kontrol. Pada setiap tabung diisi nyamuk *Ae. aegypti* F1 sebanyak 20 ekor dengan besar sampel di area *perimeter* yaitu 120 ekor dan area *buffer* yaitu 120 ekor sehingga total sampel nyamuk sebesar 240 ekor. Responden petugas pelaksana program pengendalian vektor/*fogging* di kantor kesehatan pelabuhan sebanyak tujuh orang dan petugas/kader Puskesmas Bandarharjo sebanyak tiga orang.

HASIL

Berdasarkan Tabel 1. persentase rata-rata jumlah nyamuk *Ae. aegypti* yang pingsan (*knockdown*) dari area perimeter dan *buffer* pelabuhan yaitu 85% dan 92,5% kemudian dilanjutkan *holding* selama 24 jam yaitu dengan kematian di area perimeter dan *buffer* pelabuhan yaitu 100% dan 100%.

Hasil pengujian nyamuk *Ae. aegypti* yang telah dilakukan dengan menggunakan kertas *impregnated paper* sipermetrin 0,05% pada area perimeter dan *buffer* masing-masing menunjukkan persentase kematian sebesar 100% dan 100%. Berdasarkan kriteria WHO maka nyamuk dari area *perimeter* dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas tersebut $\geq 98\%$ yang termasuk kategori status kerentanan yaitu rentan. Suhu udara awal perlakuan pengujian rata-rata adalah 24,4°C

Tabel 1. Persentase rata-rata kematian nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida Sipermetrin 0,05% di area perimeter dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Kematian Nyamuk	Σ Nyamuk	Σ Rata-Rata Kematian Nyamuk			
		Perimeter		Buffer	
		Jumlah	%	Jumlah	%
Knockdown 1 Jam	20	17	85	18.5	92.5
Holding 24 jam	20	20	100	20	100

Tabel 2. Status kerentanan nyamuk *Ae.aegypti* terhadap insektisida Sipermetrin 0,05% berdasarkan uji *Bioassay* standar WHO, biokimia, dan molekuler (PCR)

Kategori	Jenis Pengujian					
	<i>Bioassay</i> Standar WHO		Biokimia		Molekuler (PCR)	
	Perimeter	Buffer	Perimeter	Buffer	Perimeter	Buffer
Persentase (%)						
<i>Susceptible</i>	100	100	100	100	-	-
Resisten	0	0	0	0	-	-
Resisten homozigot	-	-	-	-	80	40
Resisten heterozigot	-	-	-	-	20	60

Tabel 3. Penggunaan insektisida di area perimeter oleh KKP Semarang

Bahan Aktif Insektisida	Tahun dipakai	Tahun dihentikan	Lama digunakan(Thn)	Jumlah semprotan (Kali/Thn)	Total semprotan (Kali/Thn)
Malation	1980	2014	34	4	136
Sipermetrin	2014	-	6	2	12

Tabel 4. Gambaran aplikasi penggunaan insektisida oleh petugas pengelola program

Aplikasi Penggunaan Insektisida	Ya	%	Tidak	%
Mengetahui jenis/golongan insektisida yang digunakan untuk <i>fogging</i>	10	100	0	0
Mengetahui bahan aktif yang digunakan	10	100	0	0
Mengetahui prosedur operasional pelaksanaan sesuai SOP	10	100	0	0
Mengetahui dosis insektisida sesuai label produk	10	100	0	0
Menggunakan larutan/bahan lain	10	100	0	0
Mengetahui cara pencampuran insektisida	10	100	0	0
Mengecek nozzle sebelum melakukan penyemprotan	10	100	0	0
Membersihkan tangki solar dan obat sebelum atau sesudah melakukan penyemprotan	10	100	0	0
Mengecek karburator mesin <i>fogger</i> sebelum melakukan penyemprotan	10	100	0	0
Mengetahui waktu pengaplikasian <i>fogging</i>	10	100	0	0

dengan kelembaban 60%. Sedangkan suhu udara setelah *holding* 24 jam sebesar 24,1°C dengan kelembaban 61%. Hasil uji resistensi dengan metode biokimia (*monooksigenase assay*) didapatkan hasil sampel nyamuk yang masih *susceptible* atau rentan (100%) dari area perimeter maupun *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Sampel yang dipakai pada pemeriksaan ini adalah sampel nyamuk yang belum terpapar oleh insektisida. Sedangkan hasil uji resistensi insektisida dengan metode molekuler (PCR) dari area perimeter maupun *buffer* Pelabuhan Tanjung

Emas Semarang didapatkan hasil sampel nyamuk tidak ada yang *susceptible* atau rentan (0%). Area perimeter didapatkan hasil resisten homozigot lebih banyak (80%) dibandingkan yang resisten heterozigot (20%). Sedangkan dari area *buffer* didapatkan hasil resisten heterozigot (60%) lebih banyak dibandingkan yang resisten homozigot (40%). Sampel yang dipakai pada pemeriksaan ini adalah sampel nyamuk yang sudah terpapar oleh insektisida selama 60 menit kemudian dilanjutkan dengan *holding* selama 24 jam.

Dari Tabel 3. diketahui penggunaan

insektisida di area *perimeter* oleh KKP Kelas II Semarang adalah dari golongan malation dan sipermetrin. Malation digunakan selama 34 tahun di wilayah Pelabuhan Tanjung Emas sejak tahun 1980 dan tidak ada pergantian selama penggunaan malation dengan penyemprotan dilakukan setiap triwulan (3 bulan sekali) per tahun dengan total penyemprotan 136 kali. Pada tahun 2014 malathion diganti dengan insektisida sipermetrin hingga saat ini dengan penyemprotan setiap semester (6 bulan sekali) per tahun dengan total penyemprotan 12 kali.

Sedangkan aplikasi penggunaan insektisida oleh petugas KKP Kelas II Semarang dan Puskesmas Bandarharjo sudah sesuai dengan prosedur operasional sesuai SOP (Standar Operasional Prosedur) kegiatan *fogging* berdasarkan Tabel 4. dengan jumlah 7 responden dari KKP Kelas II Semarang dan 3 responden dari Puskesmas Bandarharjo

PEMBAHASAN

Hasil pengujian nyamuk *Ae. aegypti* menggunakan uji *bioassay susceptibility* standar WHO terhadap insektisida sipermetrin 0,05% dari area *perimeter* dan *buffer* menunjukkan persentase kematian nyamuk yaitu 100% dan 100%. Berdasarkan kriteria WHO tingkat kerentanan vektor ditentukan dengan persentase kematian nyamuk uji setelah periode pengamatan/pemeliharaan 24 jam. Tingkat kerentanan vektor diklasifikasikan menjadi 3 yaitu resisten apabila kematian nyamuk <90%, terduga resisten apabila kematian nyamuk 90% - <98% dan rentan apabila kematian nyamuk $\geq 98\%$ (Ditjen P2P, 2018).

Menurut Georgio, resistensi serangga terhadap suatu insektisida akan terjadi apabila digunakan secara intensif selama 2 sampai 20 tahun dan terus menerus sepanjang tahun (Yamada et al., 1983). Sifat serangga resisten dipicu dengan adanya pajanan yang berlangsung lama, hal ini terjadi karena vektor nyamuk mampu mengembangkan sistem kekebalan terhadap insektisida yang sering digunakan. Frekuensi penggunaan insektisida yang tinggi dalam kurun waktu yang lama dapat nyamuk dari area *perimeter* dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas tersebut $\geq 98\%$ yang termasuk kategori status kerentanan yaitu rentan. hasil pengujian tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan kerentanan di area *perimeter* dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas. Penggunaan satu

jenis insektisida dalam pengendalian nyamuk di suatu wilayah akan efektif pada tahun-tahun pertama, apabila jenis insektisida dipergunakan secara terus menerus dalam waktu yang lama akan menimbulkan resistensi pada nyamuk sasaran. Penggunaan insektisida untuk pengendalian vektor akan bermanfaat apabila digunakan pada keadaan dan dosis yang tepat (Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012; Ditjen P2P, 2018).

Rotasi penggunaan insektisida dapat menjadi indikator dalam keberhasilan pengendalian vektor. Resistensi terhadap insektisida malation dapat terjadi karena penggunaan insektisida yang digunakan secara

intensif selama 36 tahun di area *perimeter* maupun *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dan ditambah adanya penggunaan insektisida rumah tangga yang digunakan di area *buffer* pemukiman. Sedangkan untuk insektisida sipermetrin baru mulai digunakan selama sekitar 6 tahun dari Tahun 2014 hingga sekarang dengan dosis dan praktik aplikasi yang sudah tepat dimungkinkan tidak mengakibatkan resistensi terhadap insektisida tersebut. Seperti diketahui bahwa esterase nonspesifik merupakan enzim penting untuk detoksifikasi insektisida, sehingga menyebabkan serangga resisten. Peningkatan esterase berhubungan dengan warna yang dihasilkan oleh hidrolisis substrat (alfa-nitil asetat) (Widiarti et al., 2001). Penetapan resistensi dapat dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan *Elisa reader* atau secara visual dengan menilai perubahan warna yang terjadi. Penilaian kualitas warna lebih subjektif dan sulit karena tidak mudah menilai perbedaan gradasi warna yang minimal dan juga sulit untuk menilai warna dalam waktu relatif singkat disebabkan perubahan reaksi enzimatis yang cepat, sehingga penetapan uji dilakukan secara kuantitatif.

Peningkatan enzim esterase dapat berkaitan erat dengan penekanan secara selektif insektisida kelompok piretroid, organofosfat, dan karbamat sedangkan enzim karboksil esterase berkaitan erat dengan insektisida malation (Gullet, 1996). Insektisida sipermetrin yang digunakan dalam pengujian termasuk dalam kelompok piretroid. Insektisida ini merupakan racun perut juga merupakan racun kontak yang berefek pada sistem saraf hewan vertebrata maupun invertebrata (World Health Organization, 1989). Pengujian biokimia

dalam penelitian ini berasal dari sampel nyamuk *Ae. aegypti* di area perimeter dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas yang belum terpapar insektisida sebelumnya (nyamuk kontrol) untuk mengetahui ada atau tidaknya peningkatan aktivitas enzim esterase non spesifik. Berdasarkan hasil uji biokimia menunjukkan tidak ada mekanisme peningkatan aktivitas enzim esterase non spesifik dari masing-masing 10 sampel nyamuk yang diperiksa dengan hasil 100% dan 100%. Hal ini juga dipengaruhi oleh penggunaan insektisida malation yang digunakan secara terus menerus selama 36 tahun sedangkan insektisida sipermetrin baru digunakan selama 6 tahun.

Menurut David & Gilles, 2019, perkembangan resistensi populasi serangga vektor terhadap insektisida dipengaruhi multipel faktor yaitu genetik (adanya frekuensi gen spesifik), operasional (tipe dan aplikasi insektisida) dan biologis (ukuran dan karakteristik populasi vektor). Munculnya resistensi vektor tidak melalui proses adaptasi secara gradual terhadap senyawa kimia toksik, tetapi melalui proses percepatan menurut hukum seleksi Darwin yang terjadi di alam. Seleksi terjadi karena terdapat proporsi kecil serangga yang mengalami mutasi genetik secara individual. Mekanisme protektif ini tergantung faktor genetik baik tunggal, resesif, sebagian dominan atau dominan dalam proses keturunan. Apabila individu serangga heterozigot, maka jarang muncul pada proses resistensi awal dalam suatu populasi serangga termasuk nyamuk. Namun, heterozigot yang *survive* pada uji kerentanan apabila kawin dengan heterozigot yang lain akan menghasilkan proporsi homozigot dengan tingkat resistensi yang tinggi. Apabila gen resisten homozigot dominan, resistensi akan menyebar secara cepat ke seluruh populasi (Small, 1996).

Berdasarkan hasil uji resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap insektisida sipermetrin 0,05% di area *perimeter* dan *buffer* Pelabuhan Tanjung Emas dengan metode *polymerase chain reaction* (PCR) primer V1016F, Val R, dan Gly R untuk mengetahui mekanisme resistensi di tubuh nyamuk didapatkan hasil sampel nyamuk tidak ada yang *susceptible* atau rentan (0%). area *perimeter* didapatkan hasil resisten homozigot lebih banyak (80%) dibandingkan yang resisten heterozigot (20%). Sedangkan dari area *buffer* didapatkan hasil resisten heterozigot (60%) lebih banyak

dibandingkan yang resisten homozigot (40%). Hasil PCR tersebut walaupun sudah ada proses menuju resistensi dengan kondisi mutasi heterozigot dan homozigot, tetapi belum bisa menggambarkan sampel nyamuk tersebut sudah resisten. Hasil kerentanan nyamuk tetap merujuk pada hasil uji *bioassay*, sedangkan hasil uji PCR hanya untuk menggambarkan mekanisme resistensi yang terjadi di dalam tubuh nyamuk. Kecepatan munculnya perkembangan resistensi juga berhubungan dengan karakteristik biologi

spesies vektor pada masing-masing populasi lokal, tipe serta tingkat penekanan selektif insektisida. Penekanan selektif berhubungan dengan lama efektivitas insektisida (*residual effect/time of action*), kebiasaan *resting* nyamuk vektor setelah mencari sumber darah. Seperti juga yang dikatakan Hemingway et al., 1986, bahwa penekanan selektif terjadinya resistensi dapat berlangsung pada saat nyamuk berada pada stadium jentik maupun dewasa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Status kerentanan nyamuk *Aedes aegypti* di area *perimeter* dan *buffer* dengan uji *bioassay* standar WHO dan biokimia adalah masih rentan (*susceptible*). Akan tetapi, dengan uji PCR menunjukkan sudah terdapat proses mekanisme menuju resistensi dengan kondisi mutasi *resisten homozigot* dan *resisten heterozigot* di area *perimeter* sebesar 80% dan 20%, sedangkan area *buffer* adalah 40% dan 60%. Sedangkan hasil wawancara dengan pengelola program menunjukkan 100% petugas sudah sesuai dengan standar operasional pelaksanaan kegiatan *fogging* dengan insektisida yang digunakan yaitu bahan aktif malation dan sipermetrin yang sudah dilakukan rotasi penggunaannya walaupun belum dilakukan secara berkala.

Saran

Bagi pengelola program dapat melakukan follow up secara berkala terhadap kegiatan *fogging* yang telah dilakukan, tetap melakukan pengujian kerentanan nyamuk terhadap insektisida yang digunakan secara berkala dan melakukan rotasi penggunaan insektisida untuk pengendalian nyamuk secara berkala serta memberdayakan kembali kegiatan pemberantasan sarang nyamuk (PSN) di area *buffer* pemukiman.

KONTRIBUSI PENULIS

Kontribusi setiap penulis dalam artikel ini adalah RS sebagai kontributor utama bertanggung jawab dalam perumusan atau evolusi tujuan dan tujuan penelitian menyeluruh serta melakukan penelitian khususnya melakukan eksperimen, atau pengumpulan data. AU dan MM sebagai kontributor pendukung bertanggung jawab dalam pengembangan atau perancangan metodologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro yang telah memfasilitasi dan mendukung pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih terhadap pihak Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang yang telah memberikan izin untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatt, S., Gething, P.W., Brady, O.J., Messina, J.P., Farlow, A.W., Moyes, C.L., Drake, J.M., Brownstein, J.S., Hoen, A.G., Sankoh, O., Myers, M.F., George, D.B., Jaenisch, T., William Wint, G.R., Simmons, C.P., Scott, T.W., Farrar, J.J., Hay, S.I., 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496, 504–507.
- Brady, O.J., Gething, P.W., Bhatt, S., Messina, J.P., Brownstein, J.S., Hoen, A.G., Moyes, C.L., Farlow, A.W., Scott, T.W., Hay, S.I., 2012. Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 6, e1760 (1-15).
- David, A.W., Gilles, H.M., 2019. *Essential Malariology*, 4 Ed, 4th ed. CRC Press, London, New Delhi, New York.
- Dinas Kesehatan Kota Semarang, 2019. DKK Semarang Dashboard [WWW Document]. Dinas Kesehat. Kota Semarang. URL <http://119.2.50.170:9090/dashboard/> (accessed 12.10.19).
- Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan, 2012. *Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) dalam Pengendalian Vektor*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Dirjen Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, 2019. *Profil Kementerian Kesehatan 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Ditjen P2P, 2018. *Panduan Monitoring Resistensi Vektor terhadap Insektisida*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Gullet, 1996. *Protocol of Determination of Pyrethroid Diagnostic Concentration of Anopheles gambiae.*, 1st ed. Orstom Laboratoire, Montpellier.
- Hemingway, J., Jayawardena, K.G.I., Herath, P.R.J., 1986. Pesticide resistance mechanisms produced by field selection pressures on *Anopheles nigerrimus* and *A. culicifacies* in Sri Lanka. *Bull. World Health Organ.* 64, 753–758.
- Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang., 2019. *Laporan Sistem Informasi Kesehatan Pelabuhan di Pelabuhan Tanjung Emas.*, 1st ed. Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II Semarang., Semarang.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2007. Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 431/MENKES/SK/IV/2007 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Risiko Lingkungan di Pelabuhan/ Bandara/ Pos Lintas Batas dalam Rangka Karantina Kesehatan. Jakarta.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 374/Menkes/Per/III/2010 tentang Pengendalian Vektor. Jakarta.
- Organization, W.H., 2021. *Dengue and Severe Dengue* [WWW Document]. World Heal. Organ. URL <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue> (accessed 6.5.21).
- Small, G., 1996. *Biochemical Assay for Insecticide Resistance Mechanism*. Paper Molecular Entomology Workshop. Practical Center for Tropical Medicine Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Waggoner, J.J., Gresh, L., Vargas, M.J., Ballesteros, G., Tellez, Y., Soda, K.J., Sahoo, M.K., Nuñez, A., Balmaseda, A., Harris, E., Pinsky, B.A., 2016. Viremia and Clinical Presentation in Nicaraguan Patients Infected With Zika Virus, Chikungunya Virus, and Dengue Virus. *Clin. Infect. Dis.* 63, 1584–1590.
- Widiarti, Heriyanto, B., Boewono, D.T., Widyastuti, U., Mujiono, Lasmiati, Yuliadi,

2011. 20156-ID-peta-resistensi-vektor-demam-berdarah-dengue-aedes-aegypti-terhadap-insektisida.pdf. Bul. Penelit. Kesehat. 39, 176–189.
- Widiarti, Mardihusodo, S.J., Boewono, D.T., 2001. Uji Biokimia Kerentanan *Anopheles aconitus* Terhadap Insektisida Organofosfat (Fenitrothion) dan Karbamat (Bendiocarb) di Kabupaten Jepara. Bul. Penelit. Kesehat. 29, 97–109.
- Widiastuti, D., Sunaryo, S., Pramestuti, N., Sari, T.F., Wijayanti, N., 2015. Deteksi Mutasi V1016g Pada Gen Voltage-Gated Sodium Channel Pada Populasi *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae) Di Kabupaten Klaten, Jawa Tengah Dengan Metode Allele-Specific Pcr. Vektora J. Vektor dan Reserv. Penyakit 7.
- World Health Organization, 1989. Environmental Health Criteria 82: Cypermethrin, 1st ed. United Nation Environment Programme, Geneva.
- Yamada, T., Yoneda, H., Asada, M., 1983. Resistance to Benzomate in Mites, 1st ed. Plenum Press, New York.