

KAPASITAS VEKTOR DAN LAJU INOKULASI ENTOMOLOGI *Anopheles peditaeniatus* dan *Anopheles sundaicus* DI DESA SUNGAI NYAMUK, KABUPATEN NUNUKAN, KALIMANTAN UTARA

Sugiarto^{1*}, Upik Kesumawati Hadi², Susi Soviana², Lukman Hakim³

¹Mahasiswa Program Doktor, Program Studi Parasitologi dan Entomologi Kesehatan, Pascasarjana IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, 16680

²Laboratorium Entomologi, Bagian Parasitologi dan Entomologi Kesehatan, FKH-IPB, Jl. Agatis Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

³Program Studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Direktorat Pascasarjana Universitas Sari Mutiara, Jl. Kapten Muslim No.79, Medan - Sumatera Utara

Abstract

The intensity of malaria parasite transmission is normally expressed as the vectorial capacity and Entomologic Inoculation Rate (EIR). Entomologic studies were conducted in Sungai Nyamuk Village to investigate the patterns of malaria transmission. Our study aimed to determine the vectorial capacity and EIR of An. peditaeniatus and An. sundaicus in endemic regions in Sungai Nyamuk Village, North Kalimantan. Mosquitoes collections were conducted for 18 months between August 2010 and January 2012. Mosquitoes were captured using human landing collections. The interval vector capacity of An. peditaeniatus is about 0.002-0.010 and An. sundaicus is about 0.010-0.069. The entomological inoculation rate of An. peditaeniatus and An. sundaicus=0.08 (~28 infective bites/person/year). Our study concluded that transmission of P. falciparum malaria was occurring at Sungai Nyamuk Village. Intensification of Integrated Vector Management (IVM) of the participatory active community is needed to be done in success to malaria elimination.

Keywords: Sungai Nyamuk Village, vectorial capacity, entomological inoculation rate, An. peditaeniatus, An. sundaicus

VECTORIAL CAPACITY AND ENTOMOLOGICAL INOCULATION RATE OF *Anopheles peditaeniatus* AND *Anopheles sundaicus* FROM SUNGAI NYAMUK VILLAGE, NUNUKAN DISTRICT, NORTH KALIMANTAN

Abstrak

Efektivitas vektor dalam menularkan malaria ditentukan oleh kapasitas vektor dan laju inokulasi entomologi. Studi entomologi dilakukan di Desa Sungai Nyamuk, untuk investigasi pola penularan malaria yang telah terjadi di daerah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas vektor dan laju inokulasi entomologi *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* di Desa Sungai Nyamuk, wilayah endemis malaria di Provinsi Kalimantan Utara. Koleksi nyamuk *Anopheles* spp. menggunakan metode *Human Landing Collections* (HLC) dari Bulan Agustus 2010 sampai dengan Januari 2012. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai penghitungan kapasitas vektor *An. peditaeniatus* adalah 0.002-0.010 dan *An. sundaicus* sebesar 0.010-0.069. Laju inokulasi entomologi *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* adalah 0.08 (~28 gigitan infeksi /orang/tahun). Penelitian ini menyimpulkan bahwa pola penularan malaria telah terjadi di Desa Sungai Nyamuk. Intensifikasi upaya pengendalian vektor terpadu berupa peningkatan partisipasi aktif masyarakat dan pengendalian kepadatan *Anopheles* spp. di luar rumah perlu dilakukan dalam rangka eliminasi malaria.

* Alamat korespondensi penulis pertama: *email*: ugik.ok@gmail.com

Kata Kunci: *Desa Sungai Nyamuk, kapasitas vektor, laju inokulasi entomologi, An. peditaeniatus, An. sundaicus*

Naskah masuk tanggal 18 Agustus 2017; Review tanggal 2 November 2017; Layak terbit tanggal 31 Desember 2017

PENDAHULUAN

Malaria merupakan satu di antara permasalahan kesehatan masyarakat yang masih menjadi prioritas dan mendapatkan perhatian serius bagi Kementerian Kesehatan (Kemenkes) Republik Indonesia. Malaria dapat menyebabkan kematian pada bayi, balita dan ibu hamil, serta dapat menurunkan produktivitas kerja. Indonesia merupakan salah satu negara dengan transmisi malaria tinggi, terutama di daerah luar Jawa, Madura dan Bali. Kementerian Kesehatan melaporkan bahwa dari total 258.924.888 penduduk Indonesia pada tahun 2016, masih terdapat 80.209.723 penduduk (31%) hidup di daerah endemis malaria.¹

Kecamatan Sebatik, Kabupaten Nunukan merupakan salah satu daerah endemis malaria di Kalimantan Utara. Kementerian Kesehatan melaporkan bahwa kejadian malaria tahun 2013, di Desa Sungai Nyamuk dilaporkan 61 orang positif malaria *Plasmodium falciparum* dari 7525 orang dengan *Annual Paracite Incidence (API)* 8,11 per 1000 penduduk. Kejadian malaria terus berlanjut pada tahun 2014 di Kabupaten Nunukan masih dilaporkan 20 orang positif malaria *Plasmodium falciparum* dari 633.222 orang dengan *API* 0,03 per 1000 penduduk.² Penularan malaria di Pulau Sebatik terindikasi telah terjadi penularan setempat (*indigenous*).³

Sugiarto *et. al.* menyatakan bahwa kepadatan vektor yang tinggi menjadikan Desa Sungai Nyamuk daerah endemis malaria.⁴ Beier *et. al.* menyatakan bahwa kepadatan vektor mempunyai korelasi positif dengan tingginya kasus penyakit.⁵ Spesies *Anopheles* spp. di Desa Sungai Nyamuk yang telah terkonfirmasi mengandung *Circum Sporozoite Protein (CSP) Plasmodium falciparum* adalah *An. sundaicus* dan *An. peditaeniatus*.³ Salah satu upaya untuk deteksi dini hubungan antara variabel entomologis dan parasitologis adalah dengan menentukan umur relatif (*longevity*) populasi nyamuk,

kapasitas vektor, dan laju inokulasi entomologi (*Entomological Inoculation Rate/EIR*). Eldridge dan Edman menyatakan bahwa kapasitas vektor merupakan salah satu cara untuk menentukan dinamika penularan malaria berdasarkan tingkat endemisitas di suatu daerah endemik pada suatu waktu dan secara tidak langsung menjadi parameter entomologis dari keberhasilan tindakan operasional pengendalian malaria.⁶ Penentuan laju inokulasi entomologi dapat memperkirakan intensitas penularan malaria di suatu wilayah.⁷

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian tentang kapasitas vektor dan laju inokulasi entomologi spesies vektor sangat penting dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas vektor dan laju inokulasi entomologi *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* di Desa Sungai Nyamuk, Kecamatan Sebatik, Kabupaten Nunukan.

METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Sungai Nyamuk (4°8' 35,697" N dan 117°47' 14,645" E), Kecamatan Sebatik, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara. Topografi dari Pulau Sebatik merupakan daerah pantai (ketinggian <25 m Diatas Permukaan Laut (DPL)), daerah tropis dengan suhu rata-rata 27,8°C, temperatur minimum 22,9°C pada Bulan Januari dan September serta temperatur maksimum 32,1°C pada Bulan Mei. Pengumpulan data primer dengan metode penangkapan nyamuk dilaksanakan sebanyak 18 kali (1 bulan sekali) pada Bulan Agustus 2010 sampai dengan Januari 2012. Disain penelitian ini adalah *cross-sectional* dengan jenis penelitian deskriptif yakni dengan cara membandingkan beberapa parameter (yang telah didapatkan pada penelitian sebelumnya (*longitudinal study*) sehingga dapat ditentukan kapasitas vektor dari nyamuk yang telah terkonfirmasi sebagai

vektor malaria di wilayah endemis Kabupaten Nunukan. Kegiatan pengumpulan data primer adalah penangkapan nyamuk, identifikasi spesies, pembedahan ovarium, uji presipitin dan pemeriksaan ELISA. Kepadatan nyamuk diperoleh dari hasil penangkapan nyamuk yang hinggap di badan pada malam hari pukul 18.00-06.00 WITA, dengan metode *Human Landing Collection* (HLC).⁸ Penangkapan nyamuk dilakukan oleh 6 kelompok, 3 kelompok melakukan penangkapan nyamuk di dalam rumah dan 3 kelompok melakukan penangkapan nyamuk di luar rumah. Setiap kelompok melakukan penangkapan nyamuk yang hinggap di badan selama 45 menit tiap jam dan nyamuk yang hinggap di dinding selama 10 menit tiap jam. Penangkapan dengan HLC dilakukan selama 18 bulan, tiap bulannya tiga malam di Desa Sungai Nyamuk. Nyamuk yang hinggap di badan, ditangkap menggunakan aspirator, kemudian nyamuk dibunuh menggunakan kloroform, dihitung jumlahnya dan diidentifikasi spesiesnya menggunakan mikroskop binokuler stereo. Identifikasi nyamuk *Anopheles* spp. menggunakan kunci identifikasi nyamuk *Anopheles* dari O'Connor dan Soepanto.⁹ Preservasi sampel nyamuk *Anopheles* spp. dilakukan dengan memisahkan antara kepala dan thoraks dengan abdomen, sayap, kaki. Kemudian nyamuk diletakkan secara individu pada *ependorf tube* yang telah berisi *silica gel*. Kemudian nyamuk dibawa ke laboratorium setiap bulannya.

Kepadatan nyamuk *Anopheles* menghisap darah per orang per malam dihitung berdasarkan nilai *Man Biting Rate* (MBR). Nilai MBR didapat dari jumlah nyamuk *Anopheles* (spesies tertentu) yang tertangkap per malam dibagi jumlah penangkap. Selain itu nyamuk yang ditangkap digunakan juga dalam uji presipitin untuk menghitung Parameter indeks darah manusia (*Human Blood Index*) yang merupakan salah satu indikator penting untuk menentukan kapasitas vektor nyamuk.

Deteksi *Circum Sporozoite Protein* (CSP) *Plasmodium* sp. pada nyamuk *Anopheles* spp. dewasa menggunakan

ELISA berdasarkan metode Wirtz *et. al.* (1987) dan Beier (2002).^{10,11} Deteksi CSP menggunakan *capture antibody monoclonal (Mab) P. falciparum* (Pf WE092 KPL) dan *capture antibody monoclonal (Mab) P. vivax* (Pv 210 KA 52-5 KPL). Sebagai kontrol positif menggunakan *P. vivax* Pv 210-KPL dan *P. falciparum* Pf WE092 KPL dan kontrol negatif menggunakan nyamuk *An. aconitus* (hasil koloni laboratorium yang tidak terinfeksi *Plasmodium* sp.). Hasil positif secara visual akan terlihat warna hijau.

Analisis data

Data pada penelitian ini akan analisis secara deskriptif dan kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik. Kepadatan nyamuk *Anopheles* spp. menggigit per orang per malam (*Man Biting Rate/MBR*) tiap bulan disajikan dalam bentuk tabel selama 18 bulan.

Kapasitas vektor (*vectorial capacity-C*) merupakan jumlah rata-rata inokulasi harian pada orang dengan parasit tertentu berasal dari satu kasus malaria dengan menggunakan pendekatan menurut Eldridge dan Edman⁶, sebagai berikut:

$$C = \frac{m a^2 V p^n}{- \log_e p}$$

Keterangan:

C adalah infeksi baru yang disebarkan oleh seekor nyamuk per orang per hari; **m** adalah jumlah gigitan per orang per hari; **a** adalah proporsi nyamuk betina yang menggigit manusia dibagi lamanya siklus gonotropik (gc) (hari); **v** adalah proporsi nyamuk dengan sporozoit yang infeksi pada manusia; **pⁿ** adalah probabilitas untuk bertahan hidup selama 'n' hari; **n** adalah periode inkubasi ekstrinsik.

Interpretasi kapasitas vektor menurut Garret-Jones & Grabb adalah angka 0,01 merupakan kapasitas vektor kritis untuk penularan malaria, sedangkan nilai kapasitas vektor 0,03 diperlukan untuk menjamin berlangsungnya penularan.¹²

Laju Inokulasi Entomologi (*Entomological Inoculation Rate-EIR*) adalah angka rata-rata harian jumlah gigitan nyamuk vektor malaria positif mengandung sporozoit pada

setiap orang, ditentukan dengan formula dari WHO⁸ sebagai berikut :

$$EIR = ma \times s$$

Keterangan :

ma adalah jumlah spesies vektor yang menggigit per orang per malam; **s** adalah proporsi nyamuk *Anopheles* sp. positif *Plasmodium*.

Interpretasi laju inokulasi entomologi (EIR) menurut Kiszewski *et. al.* adalah diklasifikasikan dalam 3 kategori yaitu: intensitas transmisi rendah (1-10), sedang (11-100) dan tinggi (>100) gigitan vektor infeksi per orang per tahun.¹³

HASIL

Tabel 1. Hasil penangkapan nyamuk *Anopheles* spp. selama pengamatan dari bulan Agustus 2010 sampai dengan Januari 2012 di Desa Sungai Nyamuk, Pulau Sebatik, Kalimantan Utara

	Spesies	Jumlah	Kelimpahan	Frekuensi	Dominansi
1.	<i>An. vagus</i>	2622	51,38	1,00	51,38
2.	<i>An. nigerrimus</i>	94	1,84	0,17	0,31
3.	<i>An. peditaeniatus</i>	172	3,37	0,83	2,81
4.	<i>An. subpictus</i>	810	15,87	0,94	14,99
5.	<i>An. indefinitus</i>	238	4,66	0,72	3,37
6.	<i>An. sundaicus</i>	1092	21,40	0,89	19,02
7.	<i>An. barbirostris</i>	15	0,29	0,28	0,08
8.	<i>An. barbumbrosus</i>	3	0,06	0,06	0,00
9.	<i>An. tessellatus</i>	39	0,76	0,67	0,51
10.	<i>An. letifer</i>	14	0,27	0,17	0,05
11.	<i>An. umbrosus</i>	4	0,08	0,11	0,01
Jumlah nyamuk		5103			

Frekuensi keberadaan spesies yang lain secara berturut-turut sebagai berikut *An. subpictus* (0,94), *An. sundaicus* (0,89), *An. peditaeniatus* (0,83), *An. indefinitus* (0,72), dan *An. tessellatus* (0,67). *Anopheles barbumbrosus* merupakan spesies dengan frekuensi keberadaan terkecil yaitu 0,06.

Kapasitas vektor (*vectorial capacity-C*)

Model perhitungan kapasitas vektor (C) nyamuk *An. peditaeniatus* pada berbagai suhu 21-33°C di Desa Sungai Nyamuk dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai siklus gonotropik pada berbagai tingkatan suhu didapatkan pada penelitian yang telah

Data kelimpahan dan keanekaragaman jenis *Anopheles* spp. yang tertangkap di Desa Sungai Nyamuk dapat dilihat pada Tabel 1. Jumlah nyamuk *Anopheles* yang tertangkap selama 18 bulan pengamatan adalah 5103 individu. *Anopheles vagus* memiliki kelimpahan nisbi tertinggi (51,38%) diikuti oleh *An. sundaicus* (21,4%) dan *An. subpictus* (15,87%), serta terendah adalah *An. barbumbrosus* (0,06%). *Anopheles vagus* ditemukan dalam setiap bulan penangkapan (frekuensi 1,0). Spesies lainnya memiliki frekuensi kurang dari 1,0 yang menunjukkan keberadaan spesies tersebut kurang dari 100% sepanjang 18 bulan penangkapan.

dilakukan sebelumnya oleh Sugiarto *et. al.*¹⁴ Nilai kapasitas vektor *An. peditaeniatus* mempunyai korelasi positif terhadap peningkatan suhu. Nilai kapasitas vektor *An. peditaeniatus* pada model suhu lingkungan 21°C hanya 0,002 dan nilai tertinggi diperoleh pada suhu lingkungan 33°C yaitu 0,010. Menurut Garret-Jones dan Grabb angka 0,01 merupakan kapasitas vektor kritis untuk penularan malaria.¹² Hal ini menunjukkan bahwa nyamuk *An. peditaeniatus* mampu berperan sebagai penular *Plasmodium falciparum* sebagai vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk.

Tabel 2. Model penghitungan kapasitas vektor (*vectorial capacity-C*) *An. peditaeniatus* pada berbagai suhu 21-33°C di Desa Sungai Nyamuk, Pulau Sebatik, Kalimantan Utara

Suhu (°C)	m	Siklus gonotropik	a	a ²	p	n	p ⁿ	C
21	0,04	5	0,14	0,02	0,94	38,00	0,11	0,002
24	0,04	3	0,23	0,05	0,91	19,50	0,15	0,004
27	0,04	2,5	0,28	0,08	0,89	13,33	0,22	0,006
30	0,04	2,5	0,28	0,08	0,89	10,25	0,31	0,008
33	0,04	2	0,35	0,12	0,87	8,40	0,30	0,010

Keterangan :

- C : infeksi baru yang disebarkan oleh seekor nyamuk per orang per hari
- m : *man biting rate* (jumlah gigitan per orang per hari)
- a : proporsi nyamuk betina yang menggigit manusia dibagi lamanya siklus gonotropik (hari)
- pⁿ : probabilitas untuk bertahan hidup selama 'n' hari
- n : periode inkubasi ekstrinsik

Model perhitungan kapasitas vektor (C) nyamuk *An. sudaicus* pada berbagai suhu lingkungan 21-33°C di Desa Sungai Nyamuk dapat dilihat pada Tabel 3. Pada Tabel 3 tersebut, terlihat bahwa risiko penularan malaria yang dihitung sebagai nilai kapasitas vektor (C), menunjukkan korelasi positif terhadap peningkatan suhu lingkungan. Nilai kapasitas vektor *An. sudaicus* pada model suhu lingkungan 21°C sebesar 0,010, dan nilai tertinggi

diperoleh pada suhu lingkungan 33°C yaitu 0,069. Menurut Garret-Jones dan Grabb angka 0,01 merupakan kapasitas vektor kritis untuk penularan malaria dan nilai kapasitas vektor 0,03 diperlukan untuk menjamin berlangsungnya penularan. Hal ini menunjukkan bahwa nyamuk *An. sudaicus* mampu mempertahankan penularan *Plasmodium falciparum* dan bersifat stabil sebagai vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk.

Tabel 3. Model penghitungan kapasitas vektor (*vectorial capacity-C*) *An. sudaicus* pada berbagai suhu 21-33°C di Desa Sungai Nyamuk, Pulau Sebatik, Kalimantan Utara

Suhu (°C)	m	Siklus gonotropik	a	a ²	p	n	p ⁿ	C
21	0,27	5	0,14	0,02	0,94	38,00	0,11	0,010
24	0,27	3	0,23	0,05	0,91	19,50	0,15	0,024
27	0,27	2,5	0,28	0,08	0,89	13,33	0,22	0,040
30	0,27	2,5	0,28	0,08	0,89	10,25	0,31	0,057
33	0,27	2	0,35	0,12	0,87	8,40	0,30	0,069

Keterangan :

- C : infeksi baru yang disebarkan oleh seekor nyamuk per orang per hari
- m : *man biting rate* (jumlah gigitan per orang per hari)
- a : proporsi nyamuk betina yang menggigit manusia dibagi lamanya siklus gonotropik (hari)
- pⁿ : probabilitas untuk bertahan hidup selama 'n' hari
- n : periode inkubasi ekstrinsik

Laju Inokulasi Entomologi (Entomological Inoculation Rate/EIR)

Hasil identifikasi dan pembedahan ovarium nyamuk *Anopheles* dari 5103 betina, diperoleh 2259 betina parous (44,3%) kemudian dilanjutkan pengujian ELISA untuk mengetahui *Circum Sporozoite*

Protein (CSP). Persentase nyamuk *Anopheles* sp. yang positif *Plasmodium* (s) didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sugiarto *et. al.*³ Berdasarkan penelitian tersebut, terkonfirmasi bahwa *An. peditaeniatus* dan *An. sudaicus* merupakan vektor utama

malaria di Desa Sungai Nyamuk. Angka paritas *An. peditaeniatus* adalah 46.15%, sedangkan *An. sondaicus* adalah 57.06%.

Angka penghitungan laju inokulasi (EIR) menunjukkan hasil bahwa *An. peditaeniatus* dan *An. sondaicus* mempunyai nilai EIR 0,08 gigitan per orang per malam. Laju inokulasi entomologi (EIR) nyamuk *An. peditaeniatus* dan *An.*

sondaicus sebesar 0,08 yang berarti bahwa sebesar 0,08 gigitan nyamuk infeksi per orang per malam. Jika diasumsikan terhadap 100 orang, maka akan terdapat 8 orang yang akan berpotensi tergigit nyamuk infeksi. Kondisi ini setara dengan 28 gigitan infeksi untuk nyamuk *An. peditaeniatus* atau *An. sondaicus* per orang per tahun.

Tabel 4. Laju inokulasi entomologi (*entomological inoculation rate/EIR*) nyamuk *An. peditaeniatus* dan *An. sondaicus* selama 18 bulan pengamatan (Agustus 2010 sampai dengan Januari 2012) di Desa Sungai Nyamuk, Pulau Sebatik, Kalimantan Utara

Spesies	ma	Parity rate (%)	s (%)	EIR
<i>An. peditaeniatus</i>	0,04	46,15	1,92	0,08
<i>An. sondaicus</i>	0,27	57,06	0,29	0,08

Keterangan :

- ma : Jumlah spesies vektor yang menggigit per orang per malam.
- Parity rate : Persentase nyamuk *Anopheles* yang telah *parous*
- s : Persentase nyamuk *Anopheles* sp. positif *Plasmodium*.

BAHASAN

Anopheles vagus mempunyai peranan ekologi yang cukup besar pada ekosistem di Desa Sungai Nyamuk jika dibandingkan dengan spesies lainnya. Penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto *et. al.* menyatakan bahwa *An. vagus* yang ditemukan di Desa Sungai Nyamuk lebih bersifat zoofilik dan eksofagik. Puncak kepadatan *An. vagus* terjadi pada jam 21.00-22.00 WITA.⁴ Desa Sungai Nyamuk mempunyai populasi keanekaragaman spesies *Anopheles* yang tinggi. Hal ini dapat terlihat pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto *et. al.*, yang melaporkan bahwa di Desa Sungai Nyamuk telah teridentifikasi 11 spesies *Anopheles* yang kontak dengan manusia yaitu *An. vagus*, *An. sondaicus*, *An. subpictus*, *An. indefinitus*, *An. peditaeniatus*, *An. nigerrimus*, *An. tessellatus*, *An. barbirostris*, *An. letifer*, *An. umbrosus* dan *An. barbumbrosus*.³ Dari total 11 spesies nyamuk *Anopheles* spp. yang telah teridentifikasi di Desa Sungai Nyamuk tersebut, terdapat 8 spesies yang telah dilaporkan sebagai vektor malaria di Indonesia yaitu *An. barbirostris*, *An. letifer*, *An. nigerrimus*, *An. subpictus*, *An.*

sondaicus, *An. tessellatus*, *An. umbrosus* dan *An. vagus*.¹⁵ Keanekaragaman spesies dalam populasi yang tinggi menunjukkan bahwa suatu populasi akan semakin stabil. Keanekaragaman spesies yang tinggi ditunjukkan dengan semakin banyaknya jenis nyamuk yang mendominasi suatu populasi. Populasi mempunyai keanekaragaman yang rendah jika hanya terdapat satu jenis spesies yang mendominasi. Tinggi rendahnya keanekaragaman jenis dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satu di antaranya adalah kualitas lingkungan.¹⁶ Keanekaragaman nyamuk yang tinggi menunjukkan populasi yang stabil, tetapi dari segi kevektoran justru dapat dijadikan sebagai indikator ancaman. Semakin beraneka ragam vektor menunjukkan sebagai semakin rentannya masyarakat terhadap ancaman penyakit oleh vektor. Perilaku spesies *Anopheles* tersebut yang menentukan kompetensi sebagai vektor penyakit malaria.¹⁷ Hal ini dapat menimbulkan masalah yang dapat menyulitkan dalam menentukan strategi pengendalian vektor.

Pengujian konfirmasi vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk menggunakan

Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) dan dimaksudkan untuk mengetahui *Plasmodium Circum Sporozoite Protein* (CSP). Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto *et. al.* menunjukkan bahwa 1 ekor *An. peditaeniatus* dari penangkapan *outdoor biting* (1,92%, n=52) dan 1 ekor *An. sundaicus* dari penangkapan *outdoor biting* (0,29%, n=347), positif terhadap *P. falciparum* CSP.³ Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis nyamuk *Anopheles* tersebut terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk. Konfirmasi vektor tersebut juga menunjukkan bahwa pola penularan malaria di Desa Sungai Nyamuk terjadi di luar rumah dan disebabkan oleh *P. falciparum*. Konfirmasi vektor ini juga membuktikan bahwa penularan kasus malaria di Desa Sungai Nyamuk, Pulau Sebatik telah terjadi penularan setempat (*indigenous*).

Kapasitas vektor digunakan untuk mengukur potensi spesies nyamuk *Anopheles* dalam peranannya sebagai vektor malaria. Kapasitas vektor menunjukkan tingkat reseptivitas atau kerawanan suatu wilayah dari aspek nyamuk vektor dalam memelihara transmisi malaria. Kapasitas vektor ini ditentukan oleh 4 faktor yaitu indeks hasil perhitungan kepadatan, *human blood index*, siklus gonotropik, dan harapan hidup nyamuk/lama hari infeksi.⁶ Nilai siklus gonotropik pada berbagai tingkatan suhu yang digunakan pada penghitungan tersebut, didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto.¹⁴ Risiko penularan malaria yang dihitung sebagai nilai kapasitas vektor (C) *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus*, menunjukkan korelasi positif terhadap peningkatan suhu lingkungan. Menurut Garret-Jones dan Grabb angka kapasitas vektor 0,01 merupakan kapasitas vektor kritis untuk penularan malaria.¹² Hal ini menunjukkan bahwa nyamuk *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* mampu berperan sebagai penular *Plasmodium falciparum* dan bersifat stabil sebagai vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk.

Efektivitas vektor dalam menularkan malaria ditentukan oleh kepadatan populasi vektor, kedekatan dengan pemukiman manusia, kesukaan menghisap darah

manusia ataupun hewan, frekuensi menghisap darah (tergantung dari suhu), lamanya siklus sporogoni (berkembangnya parasit dalam tubuh nyamuk sehingga menjadi infeksi). Kapasitas vektor (C) merupakan jumlah rata-rata inokulasi harian pada orang dengan parasit tertentu berasal dari satu kasus malaria. Faktor bionomik penentu nilai kapasitas vektor (C) dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan (abiotik) khususnya temperatur dan kelembapan udara, serta biotik termasuk perilaku vektor, manusia dan keberadaan ternak. Kelembapan udara 78-96% dan suhu 25-27°C merupakan kondisi optimum bagi perkembangbiakan nyamuk *Anopheles*.⁴

Umur nyamuk adalah salah satu faktor penentu *Anopheles* spp. menjadi vektor malaria dan sebagai penentuan tinggi rendahnya kasus di suatu tempat. Semakin lama umur nyamuk, semakin besar peluang untuk menjadi vektor malaria di suatu wilayah, karena memungkinkan *Plasmodium* dapat tumbuh menjadi fase sporozoit infeksi. Seekor *Anopheles* sp betina di alam berpotensi menjadi vektor malaria, jika mampu bertahan hidup di alam sekurang-kurangnya 7-16 hari untuk mendukung perkembangan sporozoit. Umur populasi *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* yang tertangkap selama penelitian berkisar antara 3-12 hari, nyamuk ini sudah mampu untuk menularkan *Plasmodium* di antaranya adalah *P. falciparum* yang membutuhkan 8 hari untuk tumbuh menjadi sporozoit.¹⁸

Indikator entomologi kuantitatif digunakan sebagai variabel epidemiologi malaria dan ditentukan secara numerik salah satunya adalah laju inokulasi entomologi (EIR), diklasifikasikan dalam 3 kategori yaitu: intensitas transmisi rendah (1-10), sedang (11-100) dan tinggi (> 100).¹³

Angka penghitungan laju inokulasi (EIR) di Desa Sungai Nyamuk menunjukkan hasil bahwa *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* mempunyai nilai EIR 0,08 gigitan per orang per malam. Laju inokulasi entomologi (EIR) nyamuk *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* sebesar 0,08 yang berarti bahwa sebesar 0,08 gigitan nyamuk infeksi per orang per malam. Jika

diasumsikan terhadap 100 orang, maka akan terdapat 8 orang yang akan berpotensi tergigit nyamuk infeksi. Kondisi ini setara dengan 28 gigitan infeksi untuk nyamuk *An. peditaeniatus* atau *An. sundaicus* per orang per tahun. Nilai EIR *An. peditaeniatus* dan *An. sundaicus* di Desa Sungai Nyamuk menunjukkan bahwa status transmisi malaria di lokasi ini masuk dalam kategori sedang. Hasil ini jauh lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Astuti *et. al.* yang melaporkan bahwa laju inokulasi entomologi *An. vagus* di Provinsi Banten sebesar 0,021 (setara dengan 7 gigitan infeksi/orang/tahun).¹⁹ Munif dan Rusniarto juga melaporkan bahwa nilai EIR *An. vagus* di Sukabumi sebesar 0,213.²⁰

Nilai EIR sangat tergantung kepada variabel penentu yaitu kepadatan nyamuk menggigit orang dan indeks sporozoit. Jika nilai *ma* (jumlah gigitan per orang per hari) meningkat maka akan mempunyai korelasi yang positif terhadap nilai EIR. Nilai *ma* juga mempunyai keterkaitan yang erat dengan aktivitas atau perilaku masyarakat. Pada daerah yang mempunyai kebiasaan berada di luar rumah pada malam hari, tentunya akan meningkatkan potensi keterpaparan terhadap gigitan nyamuk (MBR semakin meningkat). Kepadatan nyamuk dipengaruhi juga oleh topografi daerah, kesuburan daerah yang berarti terdapat orang dan ternak sebagai sumber makanan nyamuk, rumah dan halaman serta kebun-kebun sebagai tempat hinggap dan istirahat nyamuk serta ada sumber air genangan-genangan air sebagai tempat perindukan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Sugiarto *et. al.* menemukan empat tipe habitat perkembangbiakan potensial *Anopheles* spp. di Desa Sungai Nyamuk yaitu lagun, parit, tambak ikan terbengekali dan rawa-rawa.²¹ Tambak yang terbengekali merupakan habitat perkembangbiakan permanen *Anopheles* spp. Densitas vektor jika dikaitkan dengan perannya sebagai inang parasit, merupakan komponen yang penting untuk diketahui karena secara langsung akan menentukan keefektifan kontak antara inang dan vektor.²² Perilaku spesies *Anopheles* tersebut yang menentukan kompetensi sebagai vektor penyakit malaria.

Pendugaan potensi vektor dapat dilakukan dengan melihat beberapa syarat yaitu, nyamuk dapat diduga sebagai vektor jika mempunyai intensitas kontak dengan manusia (nilai MBR) cukup tinggi, memiliki jumlah yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan spesies lain dan mempunyai umur yang cukup panjang dalam persen nyamuk, dan telah dikonfirmasi sebagai vektor di tempat lain. Nilai EIR diperlukan untuk intensifikasi upaya pengendalian vektor terpadu (*Integrated Vector Management-IVM*) dalam rangka percepatan eliminasi malaria.²³

Model penghitungan kapasitas vektor (C) pada berbagai tingkat suhu lingkungan (21-33°C) menunjukkan suhu mempunyai korelasi positif terhadap nilai C. Daerah yang memiliki curah hujan tinggi diperkirakan mempunyai kepadatan vektor yang rendah, karena habitat perkembangbiakan (*breeding place*) akan sering tersapu oleh air hujan. Daerah dengan kelembapan udara yang tinggi biasanya nilai MBR-nya semakin rendah karena kelembapan dapat menghambat aktivitas menggigit vektor. Selain itu, suhu mempengaruhi kecepatan perkembangan nyamuk. Suhu mempunyai peranan dalam proses metabolisme di dalam tubuh nyamuk. Proses-proses biologis dalam tubuh nyamuk yang dapat dipengaruhi oleh suhu antara lain *longevity* pradewasa dan dewasa, kecepatan pencernaan darah yang dihisap, pematangan sel telur, frekuensi menggigit dan menghisap darah serta lamanya pertumbuhan parasit dalam tubuh nyamuk. Pada suhu yang meningkat maka laju menghisap darah juga meningkat, yang pada gilirannya dapat mempercepat perkembangan ovarium, peletakan telur, pengurangan lamanya siklus gonotropik. Oleh karena itu dampak bagi inang (manusia) adalah meningkatkan probabilitas penularan malaria. Semakin singkat durasi siklus gonotropik akan membuat vektor lebih sering menggigit, sehingga meningkatkan probabilitas penularan malaria.²⁴

KESIMPULAN

Nyamuk *An. sundaicus* dan *An. peditaeniatus* merupakan vektor malaria utama di Desa Sungai Nyamuk karena telah terkonfirmasi mengandung *Circum Sporozoite Protein* (CSP) *Plasmodium falciparum*. Penularan malaria di Desa Sungai Nyamuk terindikasi telah terjadi penularan setempat (*indigenous*). Perhitungan nilai kapasitas vektor nyamuk *An. sundaicus* dan *An. peditaeniatus* terbukti mampu mempertahankan penularan *Plasmodium falciparum* dan bersifat stabil sebagai vektor malaria di Desa Sungai Nyamuk. Model penghitungan kapasitas vektor (C) pada berbagai tingkat suhu lingkungan (21-33°C) menunjukkan suhu mempunyai korelasi positif terhadap nilai C. Berdasarkan perhitungan laju inokulasi entomologi nyamuk *An. sundaicus* dan *An. peditaeniatus*, status transmisi di Desa Sungai Nyamuk termasuk dalam kategori sedang (28 gigitan infeksi per orang per tahun).

SARAN

Upaya intensifikasi program pengendalian vektor terpadu (*integrated vector management/IVM*) sangat diperlukan dalam rangka percepatan eliminasi malaria di Pulau Sebatik, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. Program akselerasi eliminasi malaria di Pulau Sebatik dengan cara melibatkan peran lintas sektor dan lintas program serta pendekatan partisipasi aktif masyarakat tentang program pengendalian vektor malaria demi keberhasilan eliminasi malaria.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kasubdit Pengendalian Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit, Direktur Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tular Vektor dan Zoonotik, Kementerian Kesehatan dan *Global Fund Aids Tuberculosis Malaria (GF ATM) Round 8 Komponen Malaria* atas dukungannya sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dinas Kesehatan Provinsi

Kalimantan Utara, Dinas Kesehatan Kabupaten Nunukan, Puskesmas Sungai Nyamuk dan Laboratorium Entomologi, Divisi Parasitologi dan Entomologi Kesehatan, FKH-IPB serta semua pihak yang telah membantu selama melakukan penelitian. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan [Kemenkes] Republik Indonesia. *Situasi Terkini Perkembangan Program Pengendalian Malaria di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Press. Jakarta; 2016.
2. Kementerian Kesehatan [Kemenkes] Republik Indonesia. *Profil Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang (PPBB)* 2015. Kementerian Kesehatan Press. Jakarta; 2015.
3. Sugiarto, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. Confirmation of *Anopheles peditaeniatus* and *Anopheles sundaicus* as malaria vectors (Diptera: Culicidae) in Sungai Nyamuk Village, Sebatik Island North Kalimantan, Indonesia using an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay. *J. Med. Entomol*;2016, 53(6): 1422-1424.
4. Sugiarto, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. Bionomics of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic region of Sungai Nyamuk village, Sebatik Island-North Kalimantan, Indonesia. *Acta Tropica*;2017, 171: 30–36.
5. Beier JC, Killeen GF, Githure JI. Short Report: Entomologic inoculation rates and *Plasmodium falciparum* malaria prevalence in Africa. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1999;61(1): 109–113 .
6. Eldridge BF dan Edman JD. *Medical Entomology*. Kluwer Academic Publishers, Belanda; 2004.
7. Boewono DT, Widyastuti U, Heryanto B, Mujiono. Pengendalian vektor terpadu pengaruhnya terhadap indikator entomologi daerah endemis malaria Pulau Sebatik, Kabupaten Nunukan. *Media Litbang Kesehatan*, 2012;22(4):

- 152–160.
8. WHO. *Malaria Entomology and Vector Control, Learner's guide*. WHO-Genewa; 2003.
 9. O'Connor CT dan Soepanto A. *Kunci Bergambar Nyamuk Anopheles Dewasa di Sumatera dan Kalimantan*. Departemen Kesehatan Press.–Jakarta; 2000.
 10. Wirtz RA, Burkot TR, Graves PM, Andre RG. Field evaluation of Enzyme-Linked Immunosorbent Assays for *P.falciparum* and *P.vivax* sporozoites in mosquitoes (Diptera: Culicidae) from Papua New Guinea. *J. Med. Entomol*, 1987; 24: 433-437.
 11. Beier JC. *Vector Incrimination and Entomological Inoculation Rates in Methods in Molecular Medicine, Malaria Methods and Protocols*. Editor D.L. Doolan. Humana Press Inc. Totowa – New Jersey; 2002.
 12. Garrett-Jones C dan Shidrawi GR. Malaria vectorial capacity of a population of *Anopheles gambiae*: an exercise in epidemiological entomology. *Bulletin of the World Health Organization*, 1969; 40(4): 531-545.
 13. Kiszewski A, Mellinger A, Spielman A, Malaney P, Sachs SE, Sachs J. 2004. A global index representing the stability of malaria transmission. *Am. J. Trop. Med. Hyg*, 2004;70(5): 486-498.
 14. Sugiarto. Pengaruh Suhu Terhadap Perkembangan Pradewasa dan Siklus Gonotropik Nyamuk *Anopheles aconitus* serta Aplikasinya dalam Penghitungan Kapasitas Vektor Malaria. [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor; 2010.
 15. Sugiarto, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. Resistance status of malaria vector *An. sundaicus* and *An. subpictus* to insecticide and detection of genotype resistance using *Polymerase Chain Reaction* (PCR) in Sungai Nyamuk Village, Sebatik Island, Nunukan Distric, North Kalimantan. *JMSCR*, 2016;04(10): 13002-13007.
 16. Albert OM, Lucy WI, Elizabeth KM, Josephat IS, Charles MM, Joseph KN, John IG. Gonotrophic cycle duration, fecundity and parity of *Anopheles gambiae* complex mosquitoes during an extended period of dry weather in a semi arid area in Baringo County, Kenya. *Int. J. Mosq. Res.*2014; 1 (2): 28-34.
 17. Shililu J, Ghebremeskel T, Mengistu S, Fekadu H, Zerom M, Mbogo C, Githure J, Novak R, Brantly E, Beier JC. 2003. High seasonal variation in entomologic inoculation rates in Eritrea, A Semi-Arid Region of unstable malaria in Africa. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*2003;69(6): 607–613 .
 18. Rozendal JA. *Vector control, Methods for Use by Individuals and Communities*. WHO-Genewa; 1997.
 19. Astuti EP, Ipa M, Prasetyowati H, Fuadzy H, Dhewantara PW. 2016. Kapasitas vektor dan laju inokulasi entomologis *Anopheles vagus* dari wilayah endemis malaria di Provinsi Banten. *Vektora*, 2016; 8(1): 23-30.
 20. Munif A dan Rusniarto S. Konfirmasi status *An. vagus* sebagai vektor pendamping saat KLB malaria di Kabupaten Sukabumi Indonesia. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 2008;7(1): 689-696.
 21. Sugiarto, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. 2016b. Karakteristik habitat larva *Anopheles* spp. di Desa Sungai Nyamuk, daerah endemik malaria di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal BALABA*, 2016; 12(1): 47-54.
 22. Brady OJ, Godfray HCJ, Tatem AJ, Gething PW, Cohen JM, McKenzie FE, Perkins TA, Reiner Jr. RC, Tusting LS, Sinka ME, Moyes CL, Eckhoff PA, Scott TW, Lindsay SW, Hay SI, Smith DL. Vectorial capacity and vector control: reconsidering sensitivity to parameters for malaria elimination. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 2016; 110: 107–117.
 23. Shaukat AM, Breman JG, McKenzie FE. Using the entomological inoculation rate to assess the impact of vector control on malaria parasite transmission and elimination. *Malaria Journal*, 2010; 9:122-133.
 24. Animut A, Balkew M, Gebre-Michael T,

Lindtjorn B. Blood meal sources and entomological inoculation rates of Anophelines along a highland altitudinal transect in South-Central Ethiopia. *Malaria Journal*, 2013; 12: 76-86.