

# Keanekaragaman *Anopheles* dalam Ekosistem Hutan dan Risiko Terjadinya Penularan Malaria di Beberapa Provinsi di Indonesia

*Anopheles Diversity in Forest Ecosystem and Risk of Malaria Transmission in Several Provinces in Indonesia*

Riyani Setyaningsih\*, Ary Oksari Yanti S., Lasmiati, Mujiyono, Mega Tyas Prihatin, Widiarti, dan Triwibowo Ambar Garjito

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit Salatiga, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI, Jln. Hasanudin No.123 Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia

\*Korespondensi Penulis : riyanisetia@gmail.com

Submitted: 01-03-2018, Revised: 24-08-2019, Accepted: 08-09-2019

DOI: <https://doi.org/10.22435/mpk.v29i3.1460>

## Abstrak

Hutan merupakan ekosistem yang dapat mendukung keberadaan vektor malaria. Ditemukannya spesies vektor di lingkungan hutan akan meningkatkan penularan malaria di hutan dan sekitarnya. Provinsi Sumatera Selatan, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, dan Papua merupakan beberapa Provinsi di Indonesia yang masih memiliki ekosistem hutan. Tujuan penelitian adalah mengetahui keanekaragaman spesies *Anopheles* dan risiko penularan malaria pada ekosistem hutan di Provinsi Sumatera Selatan, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, dan Papua. Pengambilan sampel nyamuk dilakukan dengan menggunakan metode *human landing collection*, *animal bited trap*, *around cattle collection*, *resting morning* dan *light trap*. Deteksi plasmodium dilakukan dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) sedangkan analisa pakan darah dilakukan dengan uji pakan darah metode *Enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA). Survei jentik dilakukan di tempat-tempat perkembangbiakan nyamuk. Spesies vektor malaria yang ditemukan di ekosistem hutan di Jawa Tengah adalah *Anopheles maculatus*, *Anopheles aconitus*, *Anopheles vagus*, *Anopheles balabacensis*, dan *Anopheles subpictus*. Spesies vektor malaria di ekosistem hutan di Sumatera Selatan adalah *Anopheles nigerimus* dan *An. maculatus*. *Anopheles* vektor malaria di lingkungan hutan di Sulawesi Tengah adalah *Anopheles flavirostris*, *Anopheles barbirostris*, *Anopheles ludlowae* dan *An. vagus*. *Anopheles* vektor malaria pada ekosistem hutan di Papua adalah *Anopheles farauti*, *Anopheles koliensis*, *Anopheles punctulatus*, dan *Anopheles brancofti*. Keberadaan hutan berisiko terjadinya penularan malaria di Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, dan Papua.

Kata kunci : hutan; vektor; ekosistem, malaria; *anopheles*

## Abstract

Forests are ecosystems that can support the existence of malaria vectors. The discovery of vector species in the forest environment will increase malaria transmission in the forest and its surroundings. The provinces of South Sumatra, Central Java, Central Sulawesi, and Papua are some of the provinces in Indonesia that still have forest ecosystems. The aim of the study was to know the diversity of *Anopheles* species and risk of malaria transmission in forest ecosystems in the provinces of South Sumatra, Central Java, Central Sulawesi, and Papua. The sampling of mosquitoes was carried out by using the method of *human landing collection*, *animal bited trap*, *around cattle collection*, *resting morning* and *light trap*. Larva surveys are carried out in mosquito breeding place. Detection of plasmodium was done by *Polymerase Chain Reaction* (PCR) while blood feed analysis was carried out with a blood feed test using the *Enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA) method. Malaria vector species found in

forest ecosystems in Central Java are *Anopheles maculatus*, *Anopheles aconitus*, *Anopheles vagus*, *Anopheles balabacensis*, and *Anopheles subpictus*. Malaria vector species in the forest ecosystem in South Sumatra are *Anopheles nigerimus* and *Anopheles maculatus*. *Anopheles malaria* vectors in forest environments in Central Sulawesi are *Anopheles flavirostris*, *Anopheles barbirostris*, *Anopheles ludlowae*, and *Anopheles vagus*. *Anopheles malaria* vectors in forest ecosystems in Papua are *Anopheles farauti*, *Anopheles koliensis*, *Anopheles punctulatus*, and *Anopheles bancrofti*. Forest presence is at risk of malaria transmission in the provinces of Central Java, South Sumatra, South Sulawesi and Papua

**Keywords :** forest; vector; ecosystem; malaria; anopheles

## PENDAHULUAN

Berdasarkan data endemisitas malaria daerah kabupaten/kota pada tahun 2017 masih terdapat 248 kabupaten/kota yang endemis malaria di Indonesia.<sup>1</sup> Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kejadian malaria di suatu daerah adalah keberadaan vektor. Penyebaran vektor malaria di Indonesia bersifat spesifik di tiap daerah.<sup>2,3</sup>

Penyebaran vektor malaria berbeda-beda pada setiap ekosistem. Hutan merupakan salah satu ekosistem yang dapat mendukung terbentuknya lingkungan tempat perkembangbiakan vektor malaria. Keberadaan hutan memungkinkan peluang terjadinya penularan malaria. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penularan malaria di hutan antara lain faktor lingkungan, faktor entomologi, faktor parasit dan perilaku manusia. Faktor lingkungan meliputi iklim, vegetasi, dan ketersediaan tempat perkembangbiakan nyamuk. Faktor entomologi meliputi distribusi, perilaku dan potensi vektor. Faktor parasit meliputi prevalensi dan genetik parasit, serta resistensinya terhadap obat. Faktor perilaku manusia meliputi perilaku aktivitas manusia sehari-hari. Jenis hutan dalam hal ini adalah hutan primer dan sekunder.<sup>4</sup>

Beberapa provinsi di Indonesia yang masih memiliki ekosistem hutan antara lain Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Tengah, dan Papua. Berdasarkan hasil penelitian nyamuk yang positif sebagai vektor malaria di Jawa Tengah adalah *An. aconitus*, *An. sundaicus*, *An. maculatus*, *An. subpictus*, *An. Vagus*, dan *An. balabacensis*. Vektor malaria di Sumatera Selatan adalah *An. sundaicus*, *An. letifer*, *An. maculatus*, *An. balabacensis*, *An. sinensis*, *An. umbrosus* dan *An. nigerrimus*. Vektor malaria di Sulawesi Tengah adalah *An. barbirostris*, *An. minimus*, *An. ludlowae*, *An. nigerimus*, *An. vagus*, *An. flavirostris*, *An. subpictus*, dan *An. maculatus*. Vektor malaria di Papua adalah *An. farauti*, *An. bancrofti*, *An. punctulatus*, dan *An. koliensis*.<sup>5-14</sup>

Penelitian ini merupakan bagian dari Riset Khusus Vektor dan Reservoir Penyakit (Rikhus Vektora) 2015 yang merupakan salah satu riset nasional yang diselenggarakan oleh Badan Litbang Kesehatan yang dikoordinir oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP) Salatiga. Rikhus vektora tahap pertama dilakukan di empat provinsi yaitu Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Sumatera Selatan, dan Papua. Berdasarkan hasil laporan Rikhus vektora diperoleh beberapa data antara lain jenis dan jumlah spesies nyamuk di enam ekosistem yaitu hutan dekat pemukiman (HDP), hutan jauh pemukiman (HJP), non hutan dekat pemukiman (NHDP), non hutan jauh pemukiman (NHJP), pantai dekat pemukiman (PDP), dan pantai jauh pemukiman PJP. Data lain yang diperoleh nyamuk yang positif terdapat plasmodium pada pemeriksaan dengan PCR. Tempat-tempat perkembangbiakan vektor juga merupakan parameter yang diamati dalam penelitian Rikhus Vektora.<sup>15-18</sup>

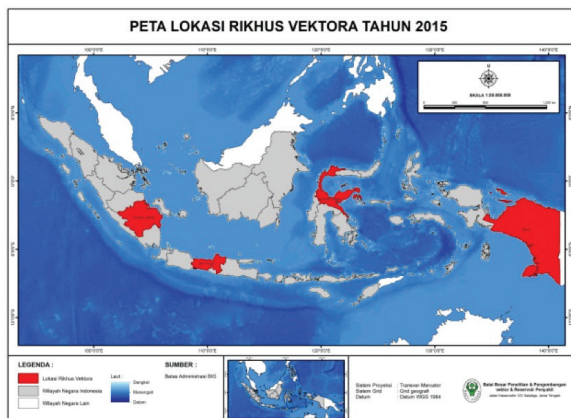
Keanekaragaman spesies *Anopheles* di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman belum diinformasikan dan dibahas lebih lanjut pada laporan Rikhus Vektora pada masing-masing Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Tengah, dan Papua. Informasi ini di harapkan dapat menjadi dasar dalam pengendalian vektor malaria terutama di daerah pemukiman dekat hutan dengan menggunakan data entomologi. Keberadaan vektor malaria dapat memberikan resiko terjadinya penularan malaria di suatu daerah. Analisa lanjut artikel ini telah mendapat persetujuan dari Komisi Etik Badan Litbang Kesehatan dan Laboratorium Manajemen Data Kementerian Kesehatan. Berdasarkan latar belakang tersebut penulisan artikel ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman spesies *Anopheles* di ekosistem hutan dan risiko terjadinya penularan malaria di Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Tengah, dan Papua.

## METODE

Pada artikel ini hanya akan dianalisa pada ekosistem hutan pada masing-masing kabupaten di tiap Provinsi. Analisa data dilakukan pada ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman. Kriteria dekat pemukiman jika jarak antara hutan dan pemukiman 3-5 km. Sedangkan jauh pemukiman jika jarak antara hutan dan pemukiman lebih dari 5 km.<sup>8</sup>

Pelaksanaan pengambilan data dilakukan pada 15 Mei sampai 16 Juni 2015. Pada setiap titik pengambilan sampel di tiap ekosistem pada setiap kabupaten setiap provinsi dilakukan selama lima hari. Kegiatan yang dilakukan antara lain survei jentik di tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan nyamuk, penangkapan nyamuk malam dan pagi hari. Penangkapan nyamuk malam hari dilakukan dua kali di setiap ekosistem.

Penangkapan nyamuk di Provinsi Sulawesi Tengah dilakukan di Kabupaten Tojo Una Una, Parigi Moutong, dan Toli Toli. Lokasi pengambilan sampel di Jawa Tengah dilakukan di Kabupaten Pati, Purworejo, dan Pekalongan. Lokasi penangkapan nyamuk di Provinsi Sumatera Selatan di Kabupaten Ogan Komering Ilir, Banyuasin, dan Lahat. Sedangkan di Provinsi Papua di Sarmi, Biak, dan Merauke. Lokasi penangkapan nyamuk dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Peta Lokasi Penangkapan Nyamuk dan Jentik**

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *human landing collection*, *animal bited trap* (ABT), umpan ternak (UT) atau *arond cattle collection*, *resting morning*, *light trap*, dan survei jentik di tempat-tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan vektor malaria.<sup>8,19,20</sup>

### 1. *Human landing collection*

Penangkapan nyamuk dilakukan di dalam dan luar rumah pada pukul 18.00 sampai 06.00. Pada masing-masing penangkapan baik di dalam dan luar rumah dilakukan oleh tiga orang di rumah yang berbeda. Pada setiap jam penangkapan waktu yang digunakan untuk menangkap nyamuk adalah 50 menit dan 10 menit digunakan untuk istirahat. Nyamuk yang tertangkap setiap jamnya diidentifikasi, 20% dibuat spesimen dan 80 untuk deteksi patogen. Hanya spesies *Anopheles* yang digunakan untuk deteksi plasmodium. Deteksi plasmodium dilakukan dengan Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) di Laboratorium Biomolekuler B2P2VRP Salatiga.

### 2. *Animal bited trap* (ABT)

*Animal bited trap* dipasang di tempat yang lapang dengan cara mengikatnya pada masing-masing ujungnya ke tiang atau pohon. jarak antara bawah ABT dengan tanah adalah 15-30 cm. Hewan yang digunakan pada ABT adalah sapi atau kerbau. Jika tidak terdapat kerbau atau sapi dapat menggunakan kambing, domba, atau babi sebanyak dua ekor. Penangkapan nyamuk dengan menggunakan ABT dilakukan pada pukul 18.00 sampai pukul 06.00. Pada setiap jam dilakukan penangkapan nyamuk selama 15 menit. Nyamuk yang tertangkap diidentifikasi kemudian dibuat spesimen dan dilakukan deteksi patogen.

### 3. *Around cattle collection*

Penangkapan nyamuk di sekitar ternak dilakukan pada pukul 18.00 sampai pukul 06.00 dengan lama penangkapan setiap jamnya adalah 15 menit. Apabila dalam satu lokasi terdapat kandang ternak dengan jenis ternak yang berbeda penangkapan nyamuk dilakukan di semua kandang ternak. Nyamuk hasil penangkapan diidentifikasi kemudian dibuat spesimen dan dipreparasi untuk deteksi patogen.

### 4. *Resting morning*

Penangkapan nyamuk pagi hari dilakukan di dalam dan luar rumah. Penangkapan di dalam rumah dilakukan di tempat tempat yang berpotensi sebagai tempat peristirahatan nyamuk seperti kolong tempat tidur, pakaian dan tempat yang lembab lainnya. Penangkapan di luar rumah dilakukan di tebing-tebing tanah dan sungai, semak-semak, lubang pohon, akar

tanaman dan lainnya. Nyamuk *Anopheles* hasil penangkapan diidentifikasi spesiesnya dengan menggunakan kunci identifikasi nyamuk<sup>21,22,23</sup> Nyamuk yang tertangkap dengan metode *resting morning* juga diidentifikasi kondisi perutnya. Jika ditemukan spesies *Anopheles* yang kenyang darah atau *half grafit* darah pada perut akan diuji pakan darah. Analisa pakan darah dilakukan dengan metode ELISA yaitu dengan cara : perut nyamuk yang mengandung darah ditekan dengan menggunakan pelet pestel di atas kertas *Whatman* nomer 3 kemudian diberi keterangan kode sampel. Tujuan uji ELISA pakan darah adalah untuk mengetahui kesukaan nyamuk dalam menghisap darah. Sisa kepala *thorax* akan dianalisa untuk deteksi patogen malaria.

5. *Light trap*

Pemasangan *light trap* dilakukan di tempat-tempat yang dekat dengan tempat perkembangbiakan nyamuk dari pukul 18.00 – 06.00. Nyamuk *Anopheles* yang tertangkap diidentifikasi dan dilakukan pemeriksaan patogen dan pakan darah

6. Survei jentik

Survei jentik dilakukan di tempat-tempat perkembangbiakan vektor malaria.

7. Analisis keberadaan ekosistem hutan terhadap resiko penularan malaria dilakukan dengan cara melihat keberadaan *Anopheles* khususnya

spesies *Anopheles* yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria. Faktor lain yang dilihat adalah perilaku vektor dalam menghisap darah dan keberadaan lingkungan yang mendukung terbentuknya tempat perkembangbiakan nyamuk.

**HASIL**

Berdasarkan hasil penangkapan nyamuk di Jawa Tengah diperoleh *An. aconitus*, *An. maculatus*, *An. kochi*, *An. vagus*, *An. annularis*, *An. barbirostris*, *An. leucosphyrus*, *An. balabacensis*, *An. subpictus*, dan *An. indefinitus*. Secara umum nyamuk yang ditemukan menghisap darah hewan jika dibandingkan darah manusia. Spesies nyamuk yang tertangkap tersebar di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman. Distribusi dan jumlah nyamuk yang tertangkap pada masing-masing ekosistem hutan di Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil penangkapan nyamuk di Sumatera Selatan diperoleh beberapa spesies *Anopheles spp* yaitu *An. barbirostris*, *An. nigerrimus*, *An. vagus*, *An. campestris*, *An. peditaeniatus*, *An. vagus*, *An. annularis*, *An. kochi*, *An. tessellatus*, dan *An. maculatus*. Sebagian besar spesies *Anopheles* yang ditemukan menghisap darah ternak dan sebagian kecil menghisap darah manusia. Spesies *Anopheles* yang ditemukan menghisap darah manusia baik di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman adalah *An. barbirostris*, *An. nigerrimus*, dan *An. vagus*. Distribusi *Anopheles sp* di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman dapat dilihat di Tabel 2.

**Tabel 1. Distribusi *Anopheles spp* pada Ekosistem Hutan Dekat dan Jauh Pemukiman di Provinsi Jawa Tengah 2015**

| Nama spesies            | Metode penangkapan |     |        |     |     |     |      |     |
|-------------------------|--------------------|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|
|                         | Man landing        |     | Ternak |     | ABT |     | Pagi |     |
|                         | HDP                | HJP | HDP    | HJP | HDP | HJP | HDP  | HJP |
| <i>An. aconitus</i>     | 1                  | 1   | 2      | 1   | 16  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. maculatus</i>    | 8                  | 36  | 82     | 24  | 468 | 11  | 15   | 0   |
| <i>An. kochi</i>        | 0                  | 0   | 5      | 0   | 20  | 1   | 0    | 0   |
| <i>An. vagus</i>        | 1                  | 0   | 6      | 0   | 155 | 0   | 8    | 0   |
| <i>An. annularis</i>    | 0                  | 4   | 2      | 0   | 16  | 1   | 0    | 1   |
| <i>An. barbirostris</i> | 3                  | 0   | 1      | 1   | 90  | 0   | 2    | 1   |
| <i>An. leucosphyrus</i> | 3                  | 0   | 0      | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. Balabacensis</i> | 0                  | 21  | 0      | 1   | 1   | 12  | 0    | 0   |
| <i>An. subpictus</i>    | 1                  | 0   | 0      | 0   | 0   | 0   | 1    | 0   |
| <i>An. indefinitus</i>  | 0                  | 0   | 0      | 0   | 0   | 0   | 2    | 0   |

Keterangan:

- HDP : hutan dekat pemukiman
- HJP : hutan jauh pemukiman
- NHDP : non hutan dekat pemukiman
- NHJP : non hutan jauh pemukiman
- PDP : pantai dekat pemukiman
- PJP : pantai jauh pemukiman

**Tabel 2. Distribusi *Anopheles spp* pada Ekosistem Hutan Dekat dan Jauh Pemukiman di Provinsi Sumatera Selatan 2015**

| Nama spesies                 | Metode penangkapan |     |        |     |     |     |      |     |
|------------------------------|--------------------|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|
|                              | Man landing        |     | Ternak |     | ABT |     | Pagi |     |
|                              | HDP                | HJP | HDP    | HJP | HDP | HJP | HDP  | HJP |
| <i>An. barbirostris</i>      | 20                 | 72  | 40     | 240 | 19  | 0   | 0    | 1   |
| <i>An. nigerrimus</i>        | s                  | 4   | 0      | 0   | 19  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. vagus</i>             | 1                  | 0   | 0      | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. campestris</i>        | 0                  | 5   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. peditaeniatus</i>     | 11                 | 0   | 1      | 0   | 183 | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. vagus subsp vagus</i> | 27                 | 1   | 44     | 0   | 131 | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. annularis</i>         | 7                  | 0   | 7      | 0   | 5   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. kochi</i>             | 9                  | 2   | 9      | 0   | 98  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. tessellatus</i>       | 0                  | 0   | 1      | 0   | 3   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. maculatus</i>         | 0                  | 1   | 0      | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |

Nyamuk hasil penangkapan di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman di Provinsi Sulawesi Tengah adalah *An. flavirostris*, *An. barbirostris*, *An. barbumbrosus*, *An. maculatus*, *An. vagus*, *An. tessellatus*, *An. pediteniatus*, *An. limosus*, *An. kochi*, *An. indefinitus*, *An. ludlowae*, *An. ludlowae torakala*, dan *An. sulawesi*. *Anopheles* yang ditemukan cenderung bersifat zoofilik. Sebagian nyamuk yang tertangkap bersifat antropozofilik. Spesies nyamuk yang ditemukan di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman menghisap darah manusia antara lain *An. flavirostris*, *An. barbirostris*, *An. barbumbrosus*, *An. maculatus*, *An. vagus*, *An. ludlowae*, dan *An. sulawesi*. Penyebaran *Anopheles* pada ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman dengan berbagai metode penangkapan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Distribusi *Anopheles spp* pada Ekosistem Hutan Dekat dan Jauh Pemukiman di Provinsi Sulawesi Tengah 2015**

| Nama spesies                     | Metode penangkapan |     |        |     |     |     |      |     |
|----------------------------------|--------------------|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|
|                                  | Man landing        |     | Ternak |     | ABT |     | Pagi |     |
|                                  | HDP                | HJP | HDP    | HJP | HDP | HJP | HDP  | HJP |
| <i>An. flavirostris</i>          | 6                  | 16  | 45     | 0   | 76  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. barbirostris</i>          | 1                  | 26  | 3      | 0   | 11  | 1   | 0    | 0   |
| <i>An. barbumbrosus</i>          | 1                  | 2   | 15     | 0   | 29  | 29  | 0    | 0   |
| <i>An. maculatus</i>             | 1                  | 2   | 38     | 0   | 34  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. vagus</i>                 | 4                  | 5   | 27     | 0   | 90  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. tessellatus</i>           | 0                  | 2   | 4      | 0   | 7   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. peditaeniatus</i>         | 0                  | 12  | 2      | 0   | 9   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. limosus</i>               | 0                  | 3   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. kochi</i>                 | 0                  | 0   | 0      | 0   | 2   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. indefinitus</i>           | 0                  | 2   | 0      | 0   | 2   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. ludlowae</i>              | 2                  | 8   | 3      | 0   | 10  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. ludlowae var torakala</i> | 0                  | 2   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. sulawesi</i>              | 1                  | 1   | 0      | 0   | 0   | 0   | 33   | 0   |
| <i>An. vagus subsp vagus</i>     | 0                  | 0   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |

Spesies nyamuk yang tertangkap di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman Provinsi Papua antara lain *An. farauti*, *An. koliensis*, *An. punctulatus*, *An. annulatus*, *An. longirostris*, *An. bancrofti*, dan *An. meraukensis*. Spesies yang tertangkap cenderung bersifat antropofilik dan hanya sebagian kecil bersifat zoofilik. Total penangkapan nyamuk 82,47% ditemukan menghisap darah orang dengan metode *man landing collection* dan 17,53% ditemukan menghisap darah hewan dengan metode ABT dan *around cattle collection*. Spesies nyamuk yang menghisap darah manusia baik

di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman antara lain *An. farauti*, *An. koliensis*, *An. punctulatus*, *An. annulatus*, *An. longirostris*, *An. bancrofti* dan *An. meraukensis*. Penyebaran *Anopheles* pada ekosistem hutan di Provinsi Papua dapat di lihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Distribusi *Anopheles spp* pada Ekosistem Hutan Dekat dan Jauh Pemukiman di Provinsi Papua 2015.**

| Nama spesies            | Metode penangkapan |     |        |     |     |     |      |     |
|-------------------------|--------------------|-----|--------|-----|-----|-----|------|-----|
|                         | Man landing        |     | Ternak |     | ABT |     | Pagi |     |
|                         | HDP                | HJP | HDP    | HJP | HDP | HJP | HDP  | HJP |
| <i>An. farauti</i>      | 15                 | 4   | 7      | 0   | 28  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. koliensis</i>    | 1                  | 11  | 0      | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. punctulatus</i>  | 7                  | 64  | 0      | 0   | 2   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. annulatus</i>    | 0                  | 0   | 0      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. longirostris</i> | 0                  | 5   | 0      | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. bancrofti</i>    | 224                | 123 | 26     | 0   | 49  | 0   | 0    | 0   |
| <i>An. meraukensis</i>  | 32                 | 38  | 8      | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   |

Hasil pemeriksaan plasmodium terhadap nyamuk *Anopheles sp* yang tertangkap tidak ditemukan plasmodium pada sampel yang diperoleh di Provinsi Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Papua.

## PEMBAHASAN

Hasil penangkapan nyamuk di hutan di Jawa Tengah diperoleh beberapa spesies nyamuk yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria yaitu *An. aconitus*, *An. maculatus*, *An. vagus*, *An. balabacensis*, dan *An. subpictus*. Peran spesies-spesies tersebut sebagai vektor dapat dilihat dari perilaku menghisap darah. Sebagian nyamuk yang tertangkap diketahui menghisap darah manusia. Terjadinya kontak dengan manusia akan memperbesar peluang terjadinya penularan malaria.<sup>24,25</sup> Potensi penularan malaria di ekosistem hutan di Jawa Tengah dapat terjadi baik di ekosistem hutan dekat maupun jauh pemukiman. Hal ini disebabkan karena pada kedua ekosistem tersebut ditemukan spesies nyamuk yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria yang menghisap darah manusia antara lain *An. aconitus* dan *An. maculatus*.

Beberapa faktor yang menyebabkan kedua spesies tersebut di temukan di ekosistem hutan adalah tersedianya tempat perkembangbiakan nyamuk dan kondisi lingkungan di sekitar hutan. Berdasarkan survei kondisi lingkungan di sekitar hutan tempat pengambilan sampel sebagian merupakan hutan sekunder di mana berdekatan

dengan sawah. Sawah merupakan salah satu tempat perkembangbiakan nyamuk *An. aconitus*. Sedangkan jenis hutan lain yang ditemukan adalah hutan pinus dan kopi dengan ditemukan sungai di sekitar hutan. Jenis ekosistem ini berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk *An. maculatus*. Hasil penelitian di Kuala Lipis Pahang Malaysia jentik *An. maculatus* juga ditemukan di sekitar kobakan di sungai, kobakan tanah dengan air yang jernih, keruh, berserasah, dan terdapat tanaman air. Jentik *An. maculatus* juga ditemukan di kobakan bekas tapak roda ban mobil.<sup>26</sup> *An. aconitus* di Indonesia selain ditemukan di sawah juga dapat ditemukan di sungai, kolam, dan saluran irigasi.<sup>27</sup>

Perilaku vektor bervariasi setiap daerah. Berdasarkan studi di Kabupaten Lombok Tengah dan Kabupaten Purworejo Jawa Tengah *An. aconitus* dan *An. maculatus* cenderung ditemukan menghisap darah ternak.<sup>28,29</sup> *An. aconitus* dan *An. maculatus* di Raja Basa Lampung Selatan di temukan menghisap darah manusia.<sup>30</sup> Hasil studi di Ban Moh Mai Khaen dan Ban Yang Ko, Thailand, dominan ditemukan menghisap darah hewan dan sebagian menghisap darah manusia. Nyamuk *An. maculatus* juga cenderung ditemukan menghisap darah orang di luar rumah jika dibandingkan di dalam rumah.<sup>31</sup>

Peluang penularan malaria pada ekosistem hutan juga dipengaruhi oleh keberadaan kasus sebagai sumber patogen dan perilaku masyarakat. Keberadaan patogen dapat dilihat berdasarkan lokasi pengambilan data salah satu daerahnya yaitu Kabupaten Purworejo merupakan daerah endemis malaria di Jawa Tengah.<sup>32</sup> Pada tahun 2015 ditemukan 1411 kasus malaria di Kabupaten Purworejo.<sup>29,33</sup> Sedangkan perilaku masyarakat yang berpengaruh terhadap penularan malaria antara lain mobilitas penduduk dan perilaku masyarakat pada malam hari. Kegiatan masyarakat yang dapat meningkatkan potensi penularan malaria antara lain aktivitas di luar rumah pada malam hari tanpa menggunakan baju panjang. Mobilitas penduduk juga memegang peranan penting terhadap penularan malaria terutama mobilitas ke daerah endemis malaria.<sup>34</sup> Kabupaten Pati dan Pekalongan merupakan daerah yang sudah tereliminasi malaria. Namun berdasarkan penelitian sebelumnya, masih ditemukan nyamuk vektor malaria. Hal ini menunjukkan bahwa ke dua kabupaten tersebut merupakan daerah reseptif terjadi penularan

malaria. Apabila di daerah tersebut terdapat penderita malaria, maka penularan malaria kemungkinan dapat terjadi kembali. Dalam hal ini surveilans migrasi perlu dilakukan untuk deteksi dini peluang terjadinya penularan malaria.<sup>35</sup>

Berdasarkan hasil secara keseluruhan penangkapan nyamuk di ekosistem hutan di Jawa Tengah yang merupakan hutan sekunder dan sebagian hutan pinus sebagian besar nyamuk juga ditemukan pada penangkapan nyamuk dengan menggunakan ABT dan penangkapan di sekitar kandang. Keberadaan ternak sebagai sumber darah bagi nyamuk akan memperbesar peluang terjadinya kontak dengan manusia apabila keberadaan ternak berdekatan dengan tempat tinggal manusia. Keberadaan ternak sebaiknya diletakkan tidak berdekatan dengan rumah. Agar mengurangi terjadinya kontak dengan manusia. Tujuan peletakan ternak jauh dari rumah adalah sebagai *cattle barrier*.<sup>36</sup> Berdasarkan studi di Pesawaran Lampung, penduduk yang tinggal berdekatan dengan kandang ternak memiliki risiko 10 kali terkena malaria jika dibandingkan dengan yang tinggal jauh dari kandang ternak.<sup>37</sup> Nyamuk secara umum cenderung lebih menyukai darah hewan daripada darah manusia. Hal ini dapat dilihat dari hasil penangkapan nyamuk lingkungan hutan di Jawa Tengah *An. aconitus* 90,47%, *An. maculatus* 93,64%, *An. vagus* 99,38%, dan *An. barbirostris* 96,84% menghisap darah hewan. Walaupun nyamuk cenderung zoofilik akan tetapi jika ditemukan nyamuk memiliki umur yang panjang akan memperbesar peluangnya terjadinya kontak dengan manusia selain dengan ternak yang dapat menularkan patogen. Keberadaan tempat perkembangbiakan nyamuk juga merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan peluang terjadinya penularan malaria.<sup>38</sup>

Berdasarkan Riset Khusus Vektora di Sumatera Selatan *An. barbirostris* terbukti sebagai tersangka vektor malaria dengan ditemukannya plasmodium dengan pemeriksaan PCR. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat penambahan spesies yang dinyatakan sebagai tersangka vektor malaria di Provinsi Sumatera Selatan. *An. barbirostris* berdasarkan survei sebelumnya diketahui sebagai vektor malaria di Sumatera Utara.<sup>39,40</sup> Hasil studi di Provinsi Sa Kaeo Thailand *An. barbirostris* dan *An. campestris* juga diduga sebagai vektor malaria.<sup>41,42</sup> Keberadaan *An. barbirostris* di ekosistem hutan di Sumatera Selatan disebabkan

karena adanya tempat perkembangbiakan vektor. Hal ini dapat dilihat dari hasil survei beberapa jenis ekosistem hutan yang ditemukan di Provinsi Sumatera Selatan merupakan hutan sekunder, kopi dan karet dimana ditemukan sawah di sekitar hutan. Secara umum *An. barbirostris* cenderung ditemukan di air yang jernih, terkena sinar matahari tidak langsung, dan ditemukan vegetasi. Berdasarkan studi sebelumnya jentik *An. barbirostris* ditemukan di sawah. Beberapa tempat perkembangbiakan *An. barbirostris* yang lain adalah laguna, kolam, kobakan di sekitar sungai, dan kolam ikan.<sup>27</sup>

Peluang *An. barbirostris* sebagai vektor malaria di hutan juga didukung oleh perilakunya yang ditemukan menghisap darah manusia baik di hutan dekat maupun jauh pemukiman. Hal ini memberikan gambaran bahwa di lingkungan hutan dekat dan jauh pemukiman di Sumatera Selatan berisiko terjadi penularan malaria. Hal ini berhubungan dengan perilaku sebagian masyarakat melakukan kegiatan di luar rumah pada malam hari.<sup>43</sup> Hasil studi di Thailand juga diketahui *An. barbirostris* memiliki perilaku menghisap darah orang.<sup>41,42</sup> Studi literatur oleh Sinka *et al*<sup>39</sup> dilaporkan *An. barbirostris* ditemukan cenderung bersifat zoofilik, dan *exophagic* walaupun sebagian juga ditemukan bersifat *anthropophilic* dan *endophagic*.

Faktor lain yang mempengaruhi nyamuk dapat berperan sebagai vektor adalah kepadatan yang tinggi. Berdasarkan hasil penangkapan di ekosistem hutan menunjukkan bahwa *An. barbirostris* memiliki kepadatan yang lebih tinggi di bandingkan spesies vektor yang lain. Kepadatan nyamuk *An. barbirostris* yang menghisap darah manusia di ekosistem hutan dekat pemukiman adalah 0,417 ekor/orang/jam. Sedangkan kepadatan *An. barbirostris* di ekosistem hutan jauh pemukiman yang menghisap darah manusia adalah 1,5 ekor/orang/jam. Angka tersebut melebihi standar baku mutu lingkungan. Seharusnya kepadatan nyamuk adalah <0,025 nyamuk/orang/jam.<sup>44</sup>

Keberadaan tempat perkembangbiakan vektor juga merupakan salah satu faktor risiko terjadinya penularan malaria. Berdasarkan hasil survei tempat yang berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan *An. barbirostris* pada ekosistem hutan di Sumatera Selatan adalah sawah. Studi di Flores perkembangbiakan *An. barbirostris* ditemukan di sawah dan di kobakan kobakan

disekitar sungai.<sup>43</sup> Tempat perkembangbiakan *An. barbirostris* lain yang ditemukan antara lain danau, rawa, kolam ikan dan saluran irigasi. Karakteristik perairan tempat perkembangbiakan *An. barbirostris* cenderung di air yang jernih, dan terdapat tanaman air atau alga.<sup>39</sup>

*Anopheles barbirostris* secara umum diketahui sebagai vektor malaria dan filariasis di Asia Tenggara. Penyebaran *An. barbirostris* di Indonesia dimulai dari Sulawesi sampai Maluku.<sup>39</sup> *An. barbirostris* cenderung ditemukan di dataran tinggi, akan tetapi di Timor Barat spesies ini juga ditemukan di pesisir.<sup>40</sup> Hasil studi di Thailand diketahui beberapa strain *An. barbirostris*. Strain yang diketahui sebagai vektor antara lain *An. barbirostris* A1, A2 dan A3. Hasil pemeriksaan *parasite rate P. fivax* dari *An. barbirostris* strain A1, A2, dan A3 masing-masing 9,09%, 6,67% dan 11,76%.<sup>45</sup> *An. barbirostris* di Banglades ditemukan mengandung *P. vivax* 9,5%.<sup>46</sup>

Berdasarkan hasil penangkapan nyamuk pada ekosistem hutan Sumatera Selatan juga ditemukan *An. nigerimu*, dan *An. maculatus* yang sebelumnya telah dilaporkan sebagai vektor malaria. Kedua spesies tersebut diketahui menghisap darah manusia. *An. nigerimus* ditemukan baik di hutan dekat dan jauh pemukiman. Sedangkan *An. maculatus* cenderung ditemukan di ekosistem hutan jauh pemukiman. Hal ini mengindikasikan bahwa pada ekosistem hutan dekat maupun jauh pemukiman memiliki potensi terjadinya penularan malaria. Hasil studi sebelumnya di Kabupaten Kokap menunjukkan *An. maculatus* berpotensi sebagai vektor malaria dengan persentase sporozoit sebesar 3,57% dan *human blood index* 40%.<sup>47</sup> *An. maculatus* juga telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Kabupaten Purworejo. Hasil penelitian menunjukkan *An. maculatus* memiliki perilaku menghisap darah orang dan binatang dengan kecenderungan ditemukan menghisap darah di luar rumah.<sup>48</sup> Penelitian di Tai Mianmar juga menunjukkan *An. maculatus* sebagai vektor malaria dengan persentase plasmodium 0,37% dari sampel yang terkoleksi. Puncak kepadatan spesies ini ditemukan pada musim hujan.<sup>49</sup> Studi di Nepal *An. maculatus* bersama *An. flavirostris* dan *An. annularis* telah terbukti sebagai vektor malaria. Keberadaan spesies ini juga dipengaruhi oleh musim.<sup>50</sup> Hasil penelitian di Banglades *An. maculatus* positif mengandung *P. vivax* 14,3% sedangkan pada *An. nigerimus* ditemukan 4,6%.<sup>46</sup>

*An. nigerimus* di Indonesia telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Lampung, Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, dan Bengkulu.<sup>8,51</sup>

*Anopheles vagus* juga merupakan spesies yang dominan ditemukan di ekosistem hutan di Sumatera Selatan. Keberadaan *An. vagus* juga tersebar di berbagai wilayah di Indonesia. *An. vagus* telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria pada positif mengandung *P. vivax* dan *P. falcifarum* di Kupang dan Banglades. Spesies ini juga telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Vietnam, Laos, dan Kambojia.<sup>27,52,53</sup>

Berdasarkan hasil penangkapan nyamuk di lingkungan hutan Sulawesi Tengah diperoleh beberapa spesies nyamuk yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria yaitu *An. flavirostris*, *An. barbirostris*, *An. ludlowae* dan *An. vagus*. *Anopheles flavirostris* ditemukan menghisap darah manusia maupun hewan. Keberadaan spesies ini ditemukan baik di ekosistem hutan yang dekat maupun jauh pemukiman. Hasil penangkapan di lingkungan hutan 84,62% *An. flavirostris* menghisap darah ternak. Keberadaan spesies ini dapat meningkatkan resiko terjadinya penularan malaria. Berdasarkan studi di Filipina *An. flavirostris* diketahui sebagai vektor malaria. Keberadaan parasit dipengaruhi oleh kepadatan vektor dan perilaku manusia. Penduduk yang memiliki tempat tinggal yang berdekatan dengan tempat perkembangbiakan nyamuk memiliki risiko tertular malaria lebih besar jika dibandingkan masyarakat yang tinggal jauh dari tempat perkembangbiakan nyamuk. Tempat perkembangbiakan *An. flavirostris* ditemukan di sekitar sungai dan perairan yang mengandung tanaman air.<sup>54</sup>

*Anopheles ludlowae* di hutan Provinsi Sulawesi Tengah 45,45% cenderung lebih senang menghisap darah manusia. Spesies ini ditemukan baik di ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman. Hasil studi sebelumnya *An. ludlowae* telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tengah.<sup>6,8</sup> Berdasarkan studi di Taiwan *An. ludlowae* bersama dengan *An. maculatus*, *An. tessellatus*, *Anopheles jeyporiensis* dan *Anopheles annularis* diketahui sebagai vektor malaria walaupun bukan vektor utama.<sup>55</sup>

Berdasarkan hasil penangkapan nyamuk di lingkungan hutan di Provinsi Papua ditemukan beberapa spesies yang sebelumnya diketahui sebagai vektor malaria antara lain *An. farauti*, *An. koliensis*, *An. punctulatus*, dan *An. brancofti*. Keempat spesies ini ditemukan baik di lingkungan dekat maupun jauh pemukiman dan bersifat cenderung lebih menyukai darah manusia. Persentase *An. farauti* yang menghisap darah manusia di Papua adalah 60,67%. Studi di Sorong menunjukkan kecenderungan *An. farauti* menghisap darah di luar rumah lebih besar dibandingkan di dalam rumah dengan perbandingan 8:1. Perilaku ini juga terjadi di Jayapura dimana perbandingan *An. farauti* yang menghisap di luar rumah dan di dalam rumah adalah 3:1 Nyamuk *An. farauti* cenderung menghisap darah pada malam hari akan tetapi di ekosistem hutan juga dapat ditemukan menghisap darah pada siang hari. Penyebaran spesies ini dapat ditemukan pada ketinggian 800-2250 meter di atas permukaan laut.<sup>15</sup> Hasil penelitian sebelumnya di Jayapura Papua *An. farauti* juga ditemukan menghisap orang di dalam rumah. Aktivitas menghisap darah di luar rumah terjadi sebelum tengah malam.<sup>56</sup> Studi sebelumnya di Pulau Salomon *An. farauti* diketahui cenderung menghisap darah di luar rumah. Aplikasi pengendalian malaria di pulau tersebut adalah dengan menggunakan kelambu berinsektisida. Ditemukannya *An. farauti* sebagai vektor malaria maka pengendalian vektor di luar rumah perlu dilakukan agar tidak terjadi proses penularan malaria.<sup>57</sup>

Distribusi tempat perkembangbiakan *An. farauti* ditemukan di tempat-tempat alami maupun yang buatan manusia. Tempat alami yang ditemukan jentik *An. farauti* antara lain saluran irigasi, selokan, sungai, lubang kayu atau bambu, kolam dan sumur. Beberapa tempat buatan manusia yang pernah ditemukan positif jentik *An. farauti* antara lain drum. Jentik *An. farauti* dapat ditemukan di air tawar dan payau. Distribusi *An. farauti* dilaporkan ditemukan di Maluku, Papua, Papua New Guinea, New Hebrides, Kepulauan Bismarck, Kepulauan Salomon, dan Australia.<sup>56</sup> Studi di Papua bagian selatan (Mapurajaya, Tipuka, Timika, dan Atuka) dan bagian utara (Arso dan Armopa) menunjukkan *An. farauti* ditemukan positif mengandung *P. falcifarum* dan *P. fivax*.<sup>15</sup>

*An. punctulatus* berdasarkan hasil penangkapan nyamuk di lingkungan hutan Papua 97% menghisap darah manusia. Hal ini memperbesar peluangnya dalam penularan malaria. Berdasarkan studi sebelumnya *An. punctulatus* diketahui sebagai vektor malaria dan ditemukan positif *P. vivax, malariae* dan *P. falcifarum* di Papua bagian utara dan selatan baik di daerah pantai, dataran rendah dan dataran tinggi. Berdasarkan studi sebelumnya *An. punctulatus* juga ditemukan menghisap darah hewan dan manusia. Puncak kepadatan nyamuk ini terjadi pada pukul 22.00-23.00 dan dini hari pukul 02.00-03.00.<sup>15,59</sup>

Secara umum pada ekosistem hutan dekat dan jauh pemukiman di Provinsi Sumatera Selatan, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah dan Papua merupakan daerah reseptif yang memungkinkan terjadinya penularan malaria. Hal ini disebabkan karena ditemukannya nyamuk yang sebelumnya telah terkonfirmasi sebagai vektor malaria. Keberadaan hutan di masing-masing provinsi berpotensi menyediakan tempat-tempat perkembangbiakan vektor malaria. Perubahan lingkungan di hutan dan sekitarnya memungkinkan terjadinya perubahan tempat perkembangbiakan vektor yang dapat berdampak pada perubahan perilaku dan vektornya. Salah satu penyebab terjadinya perubahan lingkungan hutan adalah penebangan hutan.<sup>60</sup>

## KESIMPULAN

Keberadaan hutan berisiko terjadinya penularan malaria di Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Selatan, dan Papua. Spesies *Anopheles* sebelumnya terkonfirmasi sebagai vektor malaria yang ditemukan di ekosistem hutan di Provinsi Jawa Tengah adalah *An. aconitus*, *An. maculatus*, *An. vagus*, *An. balabacensis*, dan *An. subpictus*. Spesies vektor malaria yang ditemukan di Provinsi Sumatera Selatan adalah *An. nigerimus*, *An. maculatus* dan *An. barbirostris*. Spesies vektor malaria yang ditemukan di Provinsi Sulawesi Selatan adalah *An. flavirostris*, *An. barbirostris*, *An. ludlowae*, dan *An. vagus*. Spesies vektor malaria yang ditemukan di Provinsi Papua adalah *An. farauti*, *An. koliensis*, *An. punctulatus* dan *An. bancrofti*.

## SARAN

Perlu analisis lebih lanjut tentang pengaruh perubahan lingkungan hutan terhadap perubahan

perilaku vektor dan pergantian vektor malaria di lingkungan hutan dan sekitarnya di Provinsi Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Sulawesi Tengah, dan Papua.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala B2P2VRP selaku penanggung jawab Riset Khusus Vektora 2015, Dr. Drs Ristiyanto, M.Kes. selaku Ketua Rikhus Vektora. Ketua PPI dan segenap tim teknis vektor yang membantu proses dari persiapan sampai pelaksanaan Rikhus Vektora. Tak lupa kami juga mengucapkan terima kasih kepada segenap PJT, ketua tim, wakil ketua tim, tim enumerator, dan segenap tim manajemen yang terlibat dalam proses Rikhus Vektora 2015.

## DAFTAR PUSTAKA

1. P2PTVZ. Situasi Terkini Perkembangan Program Pengendalian Malaria di Indonesia tahun 2017. Jakarta: P2PTVZ; 2017. 1-16 p.
2. Ariati J, Nurisa I, Perwitasari D. Sebaran Habitat Perkembangbiakan Larva *Anopheles* Spp di Kecamatan Bula, Kabupaten Seram Bagian Timur, Provinsi Maluku. *Ekol Kesehat.* 2014;13(1):10–22.
3. Ikawati B, Ustiawan A, Yusuf MU. Survei Entomologi dalam Rangka Kewaspadaan Dini Penularan Malaria di Desa Kendaga, Kecamatan Banjarmasin, Kabupaten Banjarnegara Tahun 2012. *Balaba.* 2013;9(2):33–8.
4. Kar NP, Kumar A, Singh OP, Carlton JM, Nanda N. A review of malaria transmission dynamics in forest ecosystems. *Parasit Vectors* [Internet]. 2014;7(1):265. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24912923> \n<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4057614>
5. B2P2VRP. Pokok-Pokok Hasil Uji Coba Tahun 2014. Salatiga: B2P2VRP Salatiga; 2014. 1-75 p.
6. Setyaningsih R, Mujiyono, Siswoko SP, Risti, Maksud M, Sutoto TBT. Kepadatan Populasi dan Referensi Habitat *Anopheles ludlowae* di berbagai Ekosistem di Sulawesi Tengah. *Vektora.* 2016;8(2):53–60.
7. Don MR. Mosquitoes and Mosquitoes Deseses in Indonesia and their Control. *Mosquitoes News.* 1959;19(52):48–52.

8. B2P2VRP. Pedoman Pengumpulan Data Vektor (Nyamuk) di Lapangan. Salatiga: B2P2VRP; 2017.
9. Munif A, Rusmianto S, Aryati Y, Andris H. Konfirmasi Status *Anopheles vagus* sebagai Vektor Pendamping Saat Kejadian Luar Biasa Malaria di Kabupaten Sukabumi Indonesia. 2008. p. 689–96.
10. Lestari EW, Sukowati S, Soekidjo, Wigati R. Vektor malaria didaerah bukit menoreh, purworejo, jawa tengah. Media Litbang Kesehatan. 2007;1:30–5.
11. Kirnowardoyo S. Penelitian Vektor Malaria yang dilakukan oleh Institusi Kesehatan Tahun 1975-1990. BulPenelitKesehat. 1991;19:24–32.
12. Jastal, Wijaya Y, Wibawa T, Patonda M. Beberapa aspek Bionomik Vektor Malaria di Sulawesi Tengah. J Ekol Kesehat. 2003;vol 2(2):217–22.
13. Lasbudi P. Ambarita, Yulian Taviv, Dian Purnama, Betriyon.R, Irpan Pahlepi dan AS. Beberapa aspek bionomik (Lasbudi P, Yulian T, Dian P, Betriyon, R. Irpan P & Akhmad S). J Ekol Kesehat. 2009;10(4):229–38.
14. Kawulur H, Soesilohadi RCH, Hadisusanto S, Trisyono A. Perilaku Vektor Malaria *Anopheles farauti* Laveran (Diptera : Culicidae) di Ekosistem Pantai (Kabupaten Biak Numfor) Dan Ekosistem Rawa (Kabupaten Asmat) Provinsi Papua. Bioma. 2015;17(1):34–40.
15. Sandy S. Bionomi vektor malaria kelompok. 2014;10(01):47–52.
16. B2P2VRP. Laporan Rikhus Vektora Provinsi Jawa Tengah. Salatiga: B2P2VRP; 2015.
17. B2P2VRP. Laporan Rikhus Vektora Provinsi Sulawesi Tengah. Salatiga: B2P2VRP; 2015.
18. B2P2VRP. Laporan Rikhus Vektora Provinsi Papua. Salatiga: B2P2VRP; 2015.
19. World Health Organization. Malaria Entomology and Vector Control. World Health Organ. 2013;(July):192.
20. WHO. Manual on Pactical Entomology in Malaria. Geneva: WHO; 1975. 1-186 p.
21. Panthusiri, Rattanarithikul R, Prachong. Illustrated Keys to the Medically Important Mosquitoes of Thailand. Thailand; 1994. 1-66 p.
22. Reid JA. Anopheline Mosquitoes of Malaya and Borneo. Malaysia; 1968. 1-520 p.
23. Oconnor AS. Kunci Bergambar Nyamuk *Anopheles* Dewasa di Indonesia. Jakarta; 1999. 1-40 p.
24. Keven JB, Reimer L, Katusele M, Koimbu G, Vinit R, Vincent N, et al. Plasticity of Host Selection by Malaria Vectors of Papua New Guinea. Parasit Vectors [Internet]. 2017;10(1):95. Available from: <http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-017-2038-3>
25. Burkot TR, Russell TL, Reimer LJ, Bugoro H, Beebe NW, Cooper RD, et al. Barrier Screens: A Method to Sample Blood-fed and Host-Seeking Exophilic Mosquitoes. Malar J. 2013;12(1):1–9.
26. Rohani A, Najdah WW, Zamree I, Azahari A, Noor IM, Rahimi H, et al. Habitat Characterization and Mapping of *Anopheles maculatus* (Theobald) Mosquito Larvae in Malaria Endemic Areas in Kuala Lipis, Pahang, Malaysia. Southeast Asian J Trop Med Public Heal. 2010;41(4):821–30.
27. Elyazar IRF, Sinka ME, Gething PW, Tarmidzi SN, Surya A, Kusriastuti R, et al. The Distribution and Bionomics of *Anopheles* malaria Vector Mosquitoes in Indonesia. 1st ed. Vol. 83, Advances in Parasitology. Elsevier Ltd.; 2013. 173-266 p.
28. Mading M, Kazwaini M. Ekologi *Anopheles* spp. di Kabupaten Lombok Tengah. ASPIRATOR - J Vector-borne Dis Stud. 2014;6(1):13–20.
29. Setyaningsih R, Trapsilowati W, Mujiyono, Lasmia. Pengendalian Vektor Malaria Daerah Endemis Kabupaten Purworejo Indonesia. Balaba. 2018;14(1):1–12.
30. Suwito, Hadi UK, Sigit SH, Sukowati S. Hubungan Iklim, Kepadatan Nyamuk *Anopheles* dan Kejadian Penyakit Malaria. J Entomol Indon. 2010;7(1):42–53.
31. Upatham ES, Prasittisuk C, Ratanatham S, Green CA, Rojanasunan W, Setakana P, et al. Bionomics of *Anopheles maculatus* Complex and Their Role In Malaria Transmission in Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Heal. 1988;19(2):259–69.
32. Subdirektorat Malaria KR. Data Endemisitas Malaria Per Kabupaten/Kota di Indonesia Tahun 2017 (Penyesuaian Kab/Kota Eliminasi Sampai Juni 2018). Jakarta: P2PTVZ; 2018.

33. Dinkes Kabupaten Purworejo. Laporan Kasus Malaria Kabupaten Purworejo Tahun 2014-2015. Purworejo: Dinkes Kabupaten Purworejo; 2015.
34. Istiqomah M, Syahrul F. Faktor Resiko Aktivitas, Mobilitas, dan Menggantungkan Pakaian Terhadap Kejadian Demam Berdarah pada Anak. *J Keperawatan Muhammadiyah*. 2016;1(2).
35. Kemenkes RI . Panduan Pemeliharaan Eliminasi Malaria. Jakarta: P2PTVZ; 2017. 1-28 p.
36. Adnyana NWD. Kejadian Malaria Terkait Lingkungan Pemukiman di Kabupaten Sumba Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Ekol Kesehat*. 2015;14(2):89–95.
37. Idrus M, Gestrudis G. Hubungan Faktor Individu dan Lingkungan Rumah dengan Kejadian Malaria di Puskesmas Koeloda Kecamatan Golewa Kabupaten Ngada Provinsi NTT. *J Kesehat* [Internet]. 2014;VII(2):386–95. Available from: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/kesehatan/article/view/58>
38. Edalat H, Hassan Moosa-Kazemi S, Abolghasemi E, Khairandish S, Hassan Moosa-Kazemi S. Vectorial capacity and Age determination of *Anopheles Stephens Liston* (Diptera: Culicidae), during the malaria transmission in Southern Iran. *J Entomol Zool Stud JEZS* [Internet]. 2015;3(1):256–63. Available from: [www.entomoljournal.com](http://www.entomoljournal.com)
39. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Chareonviriyaphap T, Pati AP, Temperley WH, et al. The Dominant *Anopheles* Vectors of Human Malaria in Africa, Europe and the Middle East: Occurrence Data, Distribution Maps and Bionomic Precis. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2011;4(1). Available from: <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed12&NEWS=N&AN=51180685>
40. Ndoen E, Wild C, Dale P, Sipe N, Dale M. Relationships between Anopheline Mosquitoes and Topography in West Timor and Java, Indonesia. *Malar J*. 2010;9(1):1–9.
41. Limrat D, Rojruthai B, Apiwathnasorn C, Samung Y, Prommongkol S. *Anopheles Barbirostris* / *Campestris* as a Probable Vector of Malaria in Aranyaprathet Sa Kaeo Province. *Southeast Asian J Trop Med Public Heal*. 2001;32(4):739744.
42. Apiwathnasorn C, Prommongkol S, Samung Y, Limrat D, Rojruthai B. Potential for *Anopheles campestris* (Diptera: Culicidae) to Transmit Malaria Parasites in Pa Rai Subdistrict (Aranyaprathet, Sa Kaeo Province), Thailand. *J Med Entomol* [Internet]. 2002;39(4):583–6. Available from: <https://academic.oup.com/jme/article-lookup/doi/10.1603/0022-2585-39.4.583>
43. Atmosoedjono S, Partono F, Dennis DT, Purwanto. *Anopheles barbirostris* (Diptera; Culicidae) As a Vector of The Timor Filaria on Flores Island: Preliminary Observations. *J Med Entomol*. 1977;13(4):611–3.
44. Kementerian Kesehatan. Peraturan Menteri Kesehatan RI No 50 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya. Jakarta: Kementerian Kesehatan; 2017.
45. Thongsahuan S, Baimai V, Junkum A, Saeng A, Min GS, Joshi D, et al. Susceptibility of *Anopheles campestris*-like and *Anopheles barbirostris* Species Complexes to *Plasmodium falciparum* and *Plasmodium vivax* in Thailand. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2011;106(1):105–12.
46. Alam MS, Khan MGM, Chaudhury N, Doler S, Nazb F, Bangali AM, et al. Prevalence of Anopheline Species and Their Plasmodium Infection Status in Epidemic - prone border Areas of Bangladesh. *Malar J*. 2010;9(15):1–8.
47. Widyastuti U, Boewono DT, Widiarti S, Satoto T. Kompetensi Vektorial *Anopheles maculatus Theobald* di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. *Media Litbangkes*. 2013;23(2):47–57.
48. Shinta, Sukowati S, Pradana A, Marjianto, Marjana P. Beberapa Aspek Perilaku *Anopheles maculatus Theobad* di Pituruh, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Bul Penelit Kesehat*. 2013;41(3):131–41.
49. Sriwichai P, Samung Y, Sumruayphol S, Kittitubtr K, Kumpitak C, Payakkapol A, et al. Natural Human Plasmodium Infections in Major *Anopheles* Mosquitoes in Western Thailand. *Parasites and Vectors* [Internet].

- 2016;9(1):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13071-016-1295-x>
50. Dhimal M, Ahrens B, Kuch U. Species Composition, Seasonal Occurrence, Habitat Preference and Altitudinal Distribution of Malaria and Other Disease Vectors in Eastern Nepal. *Parasit Vectors* [Internet]. 2014;7(1):2–11. Available from: <http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-014-0540-4>
  51. Taviv Y, Budiyo A, Sitorus H, Ambarita LP, Mayasari R, Pahlepi RI. Sebaran Nyamuk Anopheles Pada Topografi Wilayah yang Berbeda di Provinsi Jambi. *Media Litbangkes*. 2015;25(2):1–8.
  52. Qin Q, Li Y, Zhong D, Zhou N, Chang X, Li C, et al. Insecticide Resistance of *Anopheles sinensis* and *An. vagus* in Hainan Island, a malaria-endemic area of China. *Parasites and Vectors*. 2014;7(1):1–9.
  53. Al-Amin HM, Elahi R, Mohon AN, Kafi MAH, Chakma S, Lord JS, et al. Role of Underappreciated Vectors in Malaria Transmission in an Endemic Region of Bangladesh-India border. *Parasit Vectors*. 2015;8:1–9.
  54. Foley DH, Torres EP, Muller I, Bryan JH, Bell D. Host Dependent *Anopheles flavirostris* Larval Distribution Reinforces the Risk of Malaria Near Water. *Trop Med*. 2003;97:283–7.
  55. Chang MC, Teng HJ, Chen CF, Chen YC, Jeng CR. The Resting Sites and Blood-meal Sources of *Anopheles minimus* in Taiwan. *Malar J*. 2008;7:1–8.
  56. St. Laurent B, Supratman S, Asih PBS, Bretz D, Mueller J, Miller HC, et al. Behaviour and Molecular Identification of *Anopheles* Malaria Vectors in Jayapura District, Papua Province, Indonesia. *Malar J* [Internet]. 2016;15(1):1–8. Available from: “<http://dx.doi.org/10.1186/s12936-016-1234-5>
  57. Bugoro H, Hii JL, Butafa C, Iro’Ofa C, Aparamo A, Cooper RD, et al. The Bionomics of The Malaria Vector *Anopheles farauti* in Northern Guadalcanal, Solomon Islands: Issues for successful vector control. *Malar J*. 2014;13(1):1–7.
  58. Shinta, Marjana P. Distribusi dan Perilaku Vektor Malaria di Kabupaten Merauke, Papua. *Bul Penelit Kesehat*. 2015;43(4):219–30.
  59. Bangs MJ, Rusmiarto S, Anthony RL, Wirtz RA, Subianto DB, Rusmiarto S, et al. Malaria Transmission by *Anopheles punctulatus* in the Highlands of Irian Jaya, Indonesia. *Ann Trop Med Parasitol*. 2017;90(1):29–38.
  60. Kweka EJ, Kimaro EE, Munga S, Veleparambil MM. Effect of Deforestation and Land Use Changes on Mosquito Productivity and Development in Western Kenya Highlands: Implication for Malaria Risk. *Front Public Heal*. 2016;4(October):1–9.