

## Kontribusi Faktor Determinan Lingkungan terhadap Prevalensi Kasus Malaria di Kota Sabang, Provinsi Aceh

### *Contribution of Environmental Determinants to the Prevalence of Malaria Cases in Sabang City, Aceh Province*

Teuku Maulana<sup>1\*</sup>, Said Devi Elvin<sup>2</sup>, Sofyan Sufri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Universitas Syiah Kuala Banda Aceh  
Jalan Teuku Nyak Arief Nomor 441, Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala,  
Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Keperawatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Aceh  
Jalan Tgk. Mohd. Daud Beureueh Nomor 110, Bandar Baru, Kecamatan Kuta Alam,  
Kota Banda Aceh, Aceh, Indonesia

\*E\_mail: teukumaulana@unsyiah.ac.id

*Received date: 05-04-2022, Revised date: 16-06-2022, Accepted date: 25-06-2022*

#### ABSTRAK

Kota Sabang telah menjadi model bagi Indonesia dalam eliminasi malaria. Namun saat ini terjadi peningkatan kasus malaria di Kota Sabang dan munculnya spesies parasit baru yaitu *Plasmodium knowlesi* yang transmisinya melalui *Macaca fascicularis*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh faktor lingkungan, fisik, kimia, dan biologi terhadap prevalensi malaria di Kota Sabang. Jenis penelitian adalah survei observasional dengan rancangan *cross-sectional* dengan teknik pengambilan sampel *cluster-random* sampling dengan jumlah sampel sebanyak 100 rumah pada empat desa penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik wawancara, pemeriksaan dan observasi lingkungan yang dilakukan pada 100 rumah terpilih. Analisis data yang telah dikumpulkan, selanjutnya diolah dan dianalisa menggunakan statistik, univariat dalam bentuk distribusi persentase, bivariat *Chi-square* dan multivariat menggunakan regresi logistik dengan metode *Stepwise*. Survei nyamuk dewasa dilakukan penangkapan pada malam hari, sejak pukul 19.00 sampai dengan 07.00 satu kali terhadap tiga rumah pada 4 desa di lokasi penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lingkungan fisik ( $p=0,0001$ ), lingkungan biologis ( $p=0,021$ ), dan lingkungan kimia ( $p=0,011$ ) secara signifikan berhubungan dengan kasus malaria. Lingkungan fisik merupakan prediktor yang paling mempengaruhi kasus malaria (OR 11,096).

**Kata kunci:** lingkungan, fisik, kimia, biologis, malaria, Sabang

#### ABSTRACT

The city of Sabang has become a model for Indonesia in malaria elimination. However, currently, there is an increase in malaria cases again in Sabang City and the emergence of a new parasite species, namely *Plasmodium knowlesi* was transmitted through *Macaca fascicularis*. This study aims to analyze the influence of environmental, physical, chemical, and biological factors on the prevalence of malaria in Sabang City. This type of research is an observational survey with a cross-sectional design with a sampling technique using cluster-random sampling with a total sample of 100 houses in four research villages. Data was collected using interviews, inspections, and environmental observations carried out on 100 selected houses. Data was analyzed using statistics, univariate in the form of percentage distribution, Chi-square bivariate, and multivariate using logistic regression with the Stepwise method. Surveys of adult mosquitoes were caught at night, from 19.00 to 07.00 once in three houses in 4 villages in the research location. The results of this study showed that the physical environment ( $p=0.0001$ ), the biological environment ( $p=0.021$ ), and the chemical environment ( $p=0.011$ ) were significantly associated with malaria cases. The physical environment was the most influential predictor of malaria cases (OR: 11.096).

**Keywords:** environment, physical, chemical, biological, malaria, Sabang

## PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit infeksi dengan demam berkala yang disebabkan oleh parasit plasmodium (termasuk protozoa), yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* betina. Malaria adalah penyakit dengan dinamika penularan yang kompleks yang dikaitkan dengan heterogenitas geografis dan dari waktu ke waktu. Setiap negara endemik malaria, intensitas penularan dan beban penyakit yang terkait bervariasi disebabkan iklim, pembangunan sosial ekonomi, urbanisasi, sistem kesehatan juga faktor lain.<sup>1</sup> Malaria masih merupakan salah satu masalah kesehatan masyarakat yang dapat menyebabkan kematian, terutama pada kelompok risiko tinggi, yaitu bayi, anak balita, dan ibu hamil. Selain itu, malaria secara langsung menyebabkan anemia dan dapat menurunkan produktivitas kerja. *World Health Organization* (WHO) melaporkan bahwa malaria berdampak buruk pada kesehatan dan mata pencaharian masyarakat.<sup>2</sup> Sesuai dengan Peraturan Gubernur Aceh Nomor 40 Tahun 2010 tentang Eliminasi Malaria, Provinsi Aceh menargetkan eliminasi secara keseluruhan di semua kabupaten/kota yaitu pada tahun 2022.<sup>3</sup> Pada bulan Oktober tahun 2019, Provinsi Aceh telah memperoleh sertifikasi bebas malaria sebanyak 21 kabupaten/kota (91,3%) dari 23 kabupaten/kota, dan telah dipastikan pada bulan Juni tahun 2022 Kabupaten Aceh Besar dan Aceh Jaya akan memperoleh sertifikasi eliminasi. Penelitian Herdiana *et al*, tahun 2010, telah dilakukan skrining kasus malaria sebanyak 16.229 orang sebagai langkah persiapan menuju eliminasi. Dari hasil skrining diperoleh 19 orang positif malaria, dengan prevalensi 0,12%.<sup>4</sup> Tingkat endemisitas malaria Kota Sabang sampai akhir Desember 2013 yaitu 0.000 per 1000 penduduk, sehingga kota sabang telah menjadi sebuah model bagi program eliminasi di Indonesia dan dikategorikan sebagai daerah penularan rendah dengan prevalensi kasus malaria kurang dari 1 per 1000 penduduk (*Low Case Incidence*). Berdasarkan data sekunder dinas kesehatan Kota Sabang jumlah kasus sejak tahun 2013

sampai Maret 2017 (pasca eliminasi) dijumpai 35 kasus kasus malaria positif.<sup>5</sup>

Kasus malaria kembali mengalami peningkatan yang signifikan pada tahun 2014-2021 yaitu sebanyak 100 kasus malaria. Kasus ini didominasi oleh *Plasmodium knowlesi*, yaitu sebanyak 88 kasus terkonfirmasi (88%), sedangkan 12 kasus lainnya terdiri dari 2 kasus *P. vivax* dan 10 kasus tanpa konfirmasi laboratorium (suspek) *P. knowlesi*. Berdasarkan hasil penyelidikan epidemiologi (PE), terhadap 100 kasus malaria positif di Kota Sabang, teridentifikasi adanya 2 kasus impor dengan *P. knowlesi* dan 98 kasus *indigenous*. Status perjalanan penderita positif, dilaporkan adanya riwayat berpergian keluar kota, dimana 2 orang penderita tersebut telah mengunjungi dan menginap pada keluarga yang tinggal di salah satu kecamatan endemis malaria di Aceh Besar. Kasus malaria impor di Kota Sabang pernah dilaporkan pada periode tahun 2011 hingga 2013, dengan akumulasi 12 kasus impor (6 kasus *P. vivax*, 4 kasus *P. falciparum* dan 2 kasus infeksi campuran *P. falciparum* dan *P. vivax*).<sup>5,6</sup>

Penelitian Herdiana *et al* menyatakan bahwa kasus *P. falciparum*, sebagian besar *P. vivax* dan *P. knowlesi* yang terjadi di Aceh Besar berhubungan dengan pekerjaan, yaitu melalui paparan dengan hutan atau karena tempat tinggal yang berdekatan dengan hutan.<sup>6</sup>

Spesies *Plasmodium* dominan saat ini di Kota Sabang adalah *P. knowlesi*, meskipun *P. falciparum*, *P. vivax* dan *P. ovale* masih saja ditemui dari kasus yang telah dilaporkan selama ini. Spesies malaria *zoonosis*, yaitu *P. knowlesi* juga telah terjadi peningkatan kasus. Kejadian malaria dengan *P. knowlesi* pada manusia di Sabah Malaysia, disebabkan juga oleh perubahan penggunaan lahan, yang menyebabkan perubahan kompleks dalam transmisi parasit antara manusia dan vektor nyamuk dan inang kera, hal ini disebabkan daerah Sabah telah mengalami deforestasi yang ekstensif.<sup>7</sup> Lima spesies *Plasmodium*, patogen penyebab malaria, ditularkan ke manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles*

betina yang terinfeksi. Sampai saat ini, di antara 488 spesies *Anopheles* yang diakui valid, sekitar 60 spesies mampu menularkan *Plasmodium* ke manusia.

Perkembangbiakan *Anopheles* ditentukan oleh tahap akuatik larva, yaitu kondisi biotik dan abiotik dalam spesies. Hal ini terjadi dikarenakan larva memiliki posisi yang tidak menguntungkan, karena larva sering harus menghadapi lingkungan yang menantang dan tumbuh di bawah tingkat stres yang tinggi.<sup>8</sup> Kecenderungan perubahan variabel iklim sebenarnya tidak mempengaruhi secara langsung terhadap perkembangbiakannya. Perubahan iklim, suhu, kelembaban udara maupun kondisi hidrologis seperti terbentuknya rawa-rawa, intrusi air laut, tingkat salinitas, dampak tersebut merangsang berkembangnya habitat nyamuk *Anopheles* maupun dominasinya. Fluktuasi insidensi malaria disamping disebabkan perubahan cuaca, juga dikarenakan adanya perubahan lingkungan, diantaranya tambak-tambak udang yang terlantar, pembukaan hutan, perkebunan, dan penebangan hutan bakau.

Faktor noniklim meliputi jenis vektor, jenis parasit, pengembangan lingkungan dan urbanisasi juga mempengaruhi terjadinya peningkatan kasus malaria.<sup>9</sup> Penelitian Ramadhan *et al* menunjukkan bahwa selama periode tahun 2018-2019 di Provinsi Aceh dilaporkan ditemukan 19 kasus positif infeksi *P. knowlesi*.<sup>10</sup> Penelitian yang dilakukan oleh Sandy *et al* menunjukkan bahwa curah hujan, suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin memiliki korelasi yang lemah dan tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan angka *Annual Parasite Incidence* (API) malaria.<sup>11</sup>

Kota Sabang telah berhasil mengeliminasi empat *Plasmodium* (*P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae*, dan *P. ovale*), namun peningkatan kembali kasus impor dan munculnya *P. knowlesi* yang transmisinya melalui kera (*Macaca fascicularis*) sebagai host alaminya. Kondisi lingkungan telah berkontribusi terhadap peningkatan kasus tersebut, sehingga menjadi persoalan baru dalam menghadapi

fase pemeliharaan eliminasi malaria (*maintenance*). Kota Sabang juga merupakan sebuah daerah tujuan wisata baik lokal, nasional dan internasional.

Penularan malaria dipengaruhi oleh faktor parasit (*Plasmodium*), faktor manusia (*host*), faktor nyamuk *Anopheles* (vektor), dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan berupa lingkungan fisik (luas habitat perkembangbiakan, aliran air, kekeruhan, pencahayaan matahari), lingkungan kimia (kadar garam dan pH) serta lingkungan biologik seperti (tumbuhan bakau, ganggang atau vegetasi air) di sekitar habitat perkembangbiakan berpengaruh dalam penyebaran nyamuk *Anopheles*. Meningkatnya prevalensi kasus malaria di Kota Sabang saat ini sangat didukung oleh faktor keberadaan berbagai habitat perkembangbiakan potensial bagi nyamuk *Anopheles*.

Penelitian ini juga mempunyai keterbatasan, yaitu pengamatan terhadap lingkungan hanya dilakukan satu waktu dan pengukuran pada variabel lingkungan fisik, biologis terhadap suhu udara, kelembaban nisbi, kecepatan arah angin tidak dilakukan. Menurut Endo *et al* bahwa faktor suhu udara memainkan peran penting, namun tidak begitu banyak dalam dinamika perkembangan populasi *Anopheles*, akan tetapi dalam dinamika penularan malaria sangat berperan. Namun demikian penelitian ini sudah cukup menggambarkan kehadiran faktor lingkungan fisik, biologis dan kimia yang berhubungan erat dengan peningkatan kasus malaria.<sup>8</sup> Penelitian serupa yang dilakukan di Kota Sabang oleh Herdiana *et al*, lebih diprioritaskan pada konsep pengendalian dan penanggulangan melalui strategi pencapaian eliminasi, dimana kasus malaria dianalisa secara laboratorium dan mekanisme pengobatan penderita malaria positif. Karakteristik lingkungan biologis hanya dilakukan terhadap survei larva *Anopheles* dan nyamuk *Anopheles* dewasa, sedangkan beberapa kondisi fisik dan kimia seperti kedalaman air habitat perkembangbiakan tidak dilakukan.

Terkait hal tersebut penelitian tentang kontribusi faktor determinan lingkungan terhadap prevalensi kasus malaria perlu dilakukan kajiannya. Informasi penelitian ini nantinya menjadi *baseline* data tentang kontribusi keanekaragaman, kepadatan, dan karakteristik habitat perkembangbiakan *Anopheles* spp., pada wilayah sekitarnya sehingga akan berguna dalam upaya penanggulangan malaria sekaligus menjaga fase pemeliharaan program malaria di Kota Sabang.

## METODE

Penelitian ini merupakan survei analitik dan observasional dengan rancangan *cross sectional*. Teknik sampling menggunakan metode *cluster random sampling*, yaitu dengan menentukan sampel berdasarkan wilayah. Kota Sabang memiliki dua kecamatan, yaitu Sukajaya (10 desa) dan Sukakarya (8 desa). Masing-masing kecamatan dipilih dua desa (total 4 desa) sebagai lokasi penelitian. Adapun desa yang menjadi lokasi penelitian untuk Kecamatan Sukajaya, adalah Desa Beurawang dan Desa Keunekai. Sedangkan untuk Kecamatan Sukakarya adalah Desa Batee Shok dan Desa Iboih. Selanjutnya, masing-masing desa ditetapkan 25 lingkungan sekitar rumah (total 100 lingkungan) secara acak untuk mengamati habitat perindukan *Anopheles* spp. dan jumlah kasus malaria. Lokasi penelitian dilakukan pada Kecamatan Sukajaya dan Suka karya pada Desa Beurawang, Keuneukai, Batee Shok dan Iboih. Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan sejak Tanggal 10 Januari 2022 sampai dengan 27 Febuari 2022. Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah dan dianalisa dengan menggunakan statistik univariat dalam bentuk distribusi persentase, bivariat *Chi-square* dan multivariat menggunakan regresi logistik dengan metode *Stepwise*. Prevalensi kasus malaria diperoleh berdasarkan laporan data sekunder dinas kesehatan Kota Sabang tahun 2014 sampai dengan tahun 2021 di Kecamatan Sukajaya dan Sukakarya. Wilayah kerja Puskesmas

Sukakarya yaitu Desa Pria Laot dan Iboih, sedangkan wilayah kerja Puskesmas Sukajaya adalah Desa Cot Ba'u dan Jaboi.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah determinan lingkungan yaitu habitat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles* spp., yang terdiri dari karakteristik fisik (suhu air, luas tempat perindukan, kedalaman air, pencahayaan, kejernihan air dan aliran air), karakteristik biologi (vegetasi air, fauna, larva *Anopheles*), dan karakteristik kimia (pH air dan salinitas) yang terdapat pada habitat perkembangbiakan potensial. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah prevalensi kasus malaria.

### Pemeriksaan Lingkungan Fisik

Karakteristik fisik yang diukur untuk mengetahui kontribusi faktor lingkungan terhadap dinamika penularan malaria di lokasi penelitian adalah suhu air pada habitat perkembangbiakan dengan menggunakan termometer air digital dengan mencelupkan bagian ujung kedalam air, sehingga menunjukkan angka konstan. Kedalaman air diukur dengan cara memasukkan kayu kedalam air sampai ke dasar, batas kedalaman air diberi tanda dan diukur kedalamannya menggunakan meteran. Pengukuran luas habitat perkembangbiakan diukur oleh dua orang petugas survei menggunakan *roll meter*, dengan cara menarik dari titik nol pengukuran sampai dengan batas akhir panjangnya habitat perindukan. Sedangkan untuk pencahayaan (keterpaparan dengan sinar matahari), kekeruhan dan kecepatan aliran air dilakukan pengamatan secara visual dan dicatat perolehan hasil dalam tabel pengamatan entomologi terhadap kondisi fisiknya pada habitat perkembangbiakan nyamuk potensial.

### Pemeriksaan Lingkungan Biologis

Pengamatan karakteristik biologis pada habitat perkembangbiakan dilakukan pada perairan atau genangan air, yang diduga sebagai habitat perkembangbiakan *Anopheles* spp. Variabel yang diamati adalah larva *Anopheles* spp., vegetasi air dan

termasuk hewan predator lainnya. Pengambilan sampel untuk menghitung kepadatan larva *Anopheles* spp., dilakukan dengan cara pencidukan yaitu menggunakan ciduk (*dipper*) 250ml dengan kemiringan 45° ke arah kumpulan jentik (standar WHO), sebanyak 10 kali ciduk perhabitat perkembangbiakan nyamuk pada pagi hari satu kali selama pengumpulan data di empat desa lokasi penelitian. Untuk menghitung kepadatan larva digunakan rumus berikut ini:

$$\text{Kepadatan larva} = \frac{\text{jumlah larva yang didapat ( ekor 250 ml)}}{\text{Jumlah cidukan}}$$

Pengamatan hewan predator dan vegetasi air di habitat perkembangbiakan dilakukan bersamaan pada saat pencidukan larva dengan mengamati keberadaannya dan dicatat pada formulir identifikasi larva serta di dokumentasikan dengan kamera digital. Penangkapan nyamuk dewasa dilakukan untuk menilai kepadatan (*Man Biting Rate*) nyamuk *Anopheles* pada lokasi penelitian, dihitung jumlah nyamuk mengigit per orang per malam dengan rumus:

$$\text{MBR} = \frac{\text{Jumlah nyamuk tertangkap}}{\text{Jumlah penangkap}}$$

Penangkapan nyamuk dewasa dilakukan pada tiga rumah yang dipilih dengan kriteria terdapat penghuni rumah yang pernah menderita malaria dan dekat dengan habitat potensial *Anopheles* spp. Jumlah kolektor terdiri atas 6 orang, pada masing-masing rumah ditempatkan dua orang, satu orang di dalam rumah dan satu orang lainnya di halaman rumah. Penangkapan dimulai dari pukul 19.00-07.00 WIB (matahari terbenam di Sabang 18.45 dan matahari terbit pada pukul 06.30) sebanyak satu kali selama penelitian, dan dilakukan setiap jam dengan lama penangkapan 40 menit pada metode umpan manusia, dan 10 menit menangkap nyamuk istirahat. Penangkapan nyamuk dilakukan dengan metode koleksi nyamuk yang hinggap pada umpan manusia (*human landing collection*) dan nyamuk yang sedang istirahat

(*resting collection*). Nyamuk hasil penangkapan diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo berdasarkan panduan O'Connor.<sup>12</sup>

### Pemeriksaan Lingkungan Kimia

Pemeriksaan karakteristik kimia dilakukan dengan mengukur variabel lingkungan abiotik meliputi pH yang diukur dengan pH meter digital secara langsung pada *breeding site (insitu)*, sedangkan pengukuran kadar garam dengan menggunakan *hand refractometer*, dengan cara mengambil satu tetes air sampel dari habitat perkembangbiakan dan kemudian di teteskan pada kaca refraktometer (tempat sampel), lalu ditutup, skala dibaca lewat sebuah lubang pengintai dan diarahkan ke sumber cahaya matahari untuk melihat hasilnya dalam skala *part per million (ppm)*.<sup>12</sup>

### HASIL

Kondisi habitat berupa suhu, salinitas, pH, vegetasi, fauna, serta larva *Anopheles*, disajikan pada Tabel 1. Habitat perkembangbiakan yang dijumpai di Desa Beurawang, Keuneukai, Batee Shok dan Iboih tersebar pada tipe habitat potensial positif larva *Anopheles*, yaitu genangan air hujan, tapak sapi, parit, dan rawa-rawa, kolam ikan, sumur tua, aliran gunung dan hutan *mangrove*. Tidak semua dilakukan pencidukan, hanya diamati kondisi fisiknya secara visual dikarenakan volume air dan kedalaman yang terdapat pada *breeding site* potensial sangat sedikit.

Hasil pengukuran faktor abiotik (lingkungan fisik dan kimia) pada habitat perkembang biakan jentik *Anopheles* spp., menunjukkan suhu air 23,7°C-30,2°C, dimana suhu rata-rata 29,5°C. pH air di semua lokasi berkisar antara 5,5-7,6, salinitas berkisar antara 0-8ppm, dapat dilihat pada (Tabel 1). Kedalaman rata rata 39,38cm, luas habitat perkembangbiakan 68,62m<sup>2</sup>, dimana kondisi air jernih dan rata-rata tidak mengalir serta pencahayaan terbuka, dapat dilihat pada (Tabel 3). Hasil analisis bivariat diketahui bahwa keluarga dengan lingkungan fisik yang tidak

mendukung perkembangan larva nyamuk *Anopheles*, merupakan keluarga dengan kasus malaria negatif, sedangkan keluarga dengan lingkungan fisik yang mendukung perkembangan penyakit malaria, adalah keluarga dengan kasus malaria positif dengan signifikansinya ( $p=0,0001$ ). Hasil penelitian ini menunjukkan lingkungan fisik telah mempengaruhi penularan kasus malaria di Kota Sabang.

Keberadaan habitat perkembangbiakan mempengaruhi kejadian malaria, yaitu dengan nilai  $p=0,001$  ( $OR=6,5$   $95\%$   $CI=1,9521,46$ ). Hasil pengamatan faktor biotik (lingkungan biologis), yaitu kepadatan larva, vegetasi air, dan predator pada habitat perkembangbiakan *Anopheles* spp. didapatkan kepadatan larva *Anopheles* spp. pada instar 3 dan 4, dengan kepadatan rata-rata 0,19 larva/cidukan di lokasi penelitian, dapat dilihat pada (tabel 4). Vegetasi air untuk semua habitat perkembangbiakan larva rata-rata ditemui limpahan vegetasi yang bervariasi yaitu *Enteromorpha* sp., *Hydrilla*, *Ipomoea* sp., *Eichhornia* sp, rumput liar, pakis hutan, dan daun kering mengapung. Jenis predator larva yang ditemukan pada habitat perkembangbiakan sangat sedikit yaitu ikan kepala timah (*Aplocheilichthys panchax*) dan nimfa capung. Predator larva ditemui keberadaannya pada kubangan babi, kubangan ternak, drainase, rawa, aliran air, dan hutan mangrove.

Survei nyamuk dewasa (*all night collection*) pada lokasi penelitian diperoleh 9 nyamuk *Anopheles* spp. Spesies nyamuk yang

diperoleh berdasarkan lokasi penangkapan dapat dijelaskan yaitu: *An. vagus* ditemukan di desa batee shok, *An. sundaicus* di Desa Keuneukai dan *An. maculatus* di Desa Iboih. Kepadatan rata-rata *Anopheles* yang tertangkap pada saat penelitian ini adalah 1,8 nyamuk perorang perjam dapat dilihat pada (Tabel 2). Fluktuasi kepadatan nyamuk *Anopheles* rata-rata perjam dapat dijelaskan pada Grafik 1.

Hasil penelitian tentang kasus malaria pada empat desa survei, menunjukkan bahwa 65% atau 65 lingkungan perumahan yang telah dijadikan sampel dalam penelitian ini, yaitu merupakan keluarga dengan kasus malaria negatif atau tidak pernah terkena malaria. Sedangkan untuk kasus malaria positif pada penelitian ini menunjukkan 35% atau 35 lingkungan perumahan, merupakan keluarga dengan riwayat pernah menderita penyakit malaria (positif). Hasil uji hipotesis seperti yang dijelaskan pada Tabel 5, diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara lingkungan fisik ( $p=0,0001$ ), lingkungan biologi ( $p=0,021$ ) dan lingkungan kimia ( $p=0,011$ ) dengan kasus malaria di Kota Sabang.

Tabel 6 menjelaskan tentang hasil analisis regresi logistik, yaitu lingkungan yang berhubungan secara simultan terhadap kasus malaria adalah lingkungan fisik ( $p=0,014$ ) dan lingkungan kimia ( $p=0,0006$ ). Sedangkan lingkungan biologi ( $p=0,603$ ) secara simultan tidak berhubungan dengan kasus malaria di Kota Sabang.

Tabel 1. Distribusi Habitat Perkembangbiakan Larva *Anopheles* spp. Berdasarkan Karakteristik Fisik, Kimia, dan Biologi di 4 Desa Penelitian Kota Sabang Bulan Februari 2022

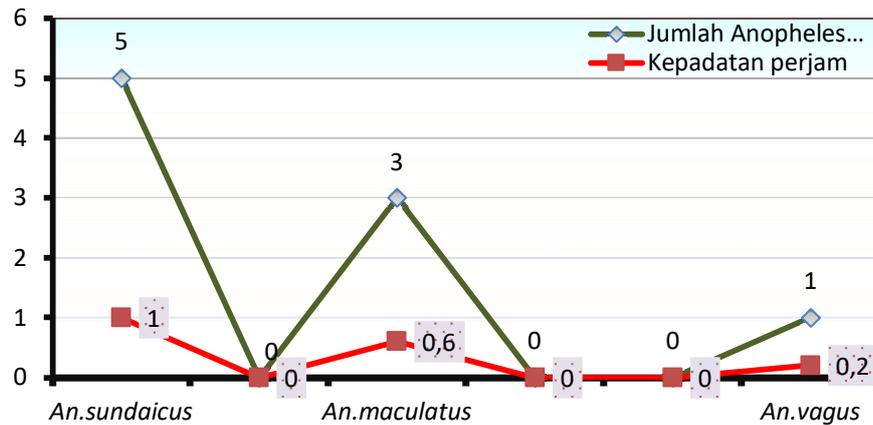
| Desa      | Jenis Tempat Perindukan | Fisik |                     |      | Vegetasi | Fauna | Larva                 |
|-----------|-------------------------|-------|---------------------|------|----------|-------|-----------------------|
|           |                         | Suhu  | Salinitas (permill) | pH   |          |       |                       |
| Beurawang | Botol Aqua Gelas        | 35,6  | 0                   | 7,01 | Ada      | Tidak | <i>Culex</i>          |
|           | Tempurung Kelapa        | 29,6  | 0                   | 6,16 | Ada      | Tidak | <i>culex</i>          |
|           | Aliran Gunung air (a)   | 28,9  | 0                   | 6,5  | Ada      | Tidak | -                     |
|           | Lubang Pohon            | 30,2  | 0                   | 5,8  | Ada      | Tidak | -                     |
| Keuneukai | Lubang Jalan Raya Desa  | 36,8  | 0                   | 7,6  | Tidak    | Tidak | -                     |
|           | Tapak Sapi              | 28,3  | 0                   | 5,53 | Ada      | Tidak | <i>Anopheles</i> spp. |

| Desa              | Jenis Tempat Perindukan           | Fisik |                     |      | Vegetasi | Fauna | Larva                 |
|-------------------|-----------------------------------|-------|---------------------|------|----------|-------|-----------------------|
|                   |                                   | Suhu  | Salinitas (permill) | pH   |          |       |                       |
|                   | Genangan Air Hujan (a)            | 36,3  | 0                   | 5,53 | Ada      | Tidak | <i>Anopheles</i> spp. |
|                   | Aliran Gunung(b)                  | 37,3  | 0                   | 5,53 | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Genangan Air Hujan (b)            | 37,3  | 0                   | 5,53 | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Sumur Tua                         | 31,5  | 0                   | 6,5  |          | ada   | <i>Anopheles</i> spp. |
|                   | Bambu Belah                       | 32,3  | 0                   | 6,5  | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Kubangan Babi                     | 32    | 0                   | 5,5  | Ada      | ada   | -                     |
| <b>Batee Shok</b> |                                   |       |                     |      |          |       |                       |
|                   | Kolam Ikan                        | 28,5  | 0                   | 7,1  | Ada      | ada   | <i>Anopheles</i> spp. |
|                   | Genangan Air Hujan (c)            | 28,5  | 0                   | 7,1  | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Genangan Air Hujan (e)            | 29,8  | 0                   | 7,45 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Rawa(a)                           | 29,8  | 0                   | 7,45 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Aliran Air                        | 29,8  | 0                   | 7,45 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Kubangan Ternak(a)                | 28,9  | 0                   | 7,25 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Parit(a)                          | 29,6  | 0                   | 7,2  | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Parit(b)                          | 29,6  | 0                   | 7,2  | Ada      |       | -                     |
|                   | Aliran air Gunung (c)             | 29,3  | 0                   | 7,2  | Ada      | ada   | <i>Anopheles</i> spp. |
| <b>Iboih</b>      |                                   |       |                     |      |          |       |                       |
|                   | Genangan Air Hujan di Hutan Bakau | 26,6  | 5                   | 7    | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Kubanagan Ternak(b)               | 27,8  | 0                   | 6,97 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Perahu Rusak(a)                   | 27,6  | 0                   | 7,36 | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Drainage Dekat Laut (a)           | 27,5  | 0                   | 7,35 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Drainage (b)                      | 23,7  | 0                   | 7,23 |          | ada   | -                     |
|                   | Perahu Rusak(a)                   | 27,7  | 0                   | 7,3  | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Hutan Bakau (Manggroves)          | 28,5  | 8                   | 7,37 | Ada      | ada   | <i>Anopheles</i> spp. |
|                   | Genangan Air Hujan (f)            | 26,5  | 0                   | 7    | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Parit(c)                          | 26,2  | 0                   | 7,3  | Ada      | Tidak | -                     |
|                   | Parit(d)                          | 26,3  | 0                   | 7,25 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Genangan Air Permanen             | 26,3  | 0                   | 7,25 | Ada      | ada   | <i>Culex</i>          |
|                   | Timba Bekas                       | 26,5  | 0                   | 7,25 | Ada      | Tidak | <i>Culex</i>          |
|                   | Kubangan Ternak(c)                | 26,5  | 0                   | 7,25 | Ada      | ada   | -                     |
|                   | Rawa(b)                           | 26,5  | 0                   | 7,02 | Ada      | Tidak | -                     |

Tabel 2. Kepadatan *Anopheles* spp. yang Tertangkap Serta Kepadatan Menggigit Orang (MBR) Perjam di Empat Desa Kecamatan Sukajaya dan Kecamatan Sukakarya Kota Sabang Bulan Februari Tahun 2022

| No     | Tgl/Buln/Tahun | Desa       | Tempat Penangkapan |     |     |     | Jumlah | MBR |
|--------|----------------|------------|--------------------|-----|-----|-----|--------|-----|
|        |                |            | UOD                | MBR | UOL | MBR |        |     |
| 1      | 21 Feb 2022    | Beurawang  | 0                  | 0   | 0   | 0   | 0      |     |
| 2      | 22 Feb 2022    | Keuneukai  | 0                  | 0   | 4   | 0,8 | 4      |     |
| 3      | 23 Feb 2022    | Batei shok | 0                  | 0   | 2   | 0,4 | 2      |     |
| 4      | 24 Feb 2022    | Iboih      | 1                  | 0,2 | 2   | 0,2 | 3      |     |
| Jumlah |                |            | 1                  | 0,2 | 8   | 1,6 | 9      |     |

Keterangan: UOD = Umpan Orang Dalam; MBR = *Man Biting Rate* UOL = Umpan Orang Luar



Gambar 1. Fluktuasi Kepadatan *Anopheles* spp. di Desa Beurawang, Keuneukai, Batee Shok dan Iboih Bulan Februari Tahun 2022.

Tabel 3. Habitat Perkembangbiakan Potensial Larva *Anopheles* spp. Berdasarkan Karakteristik Fisik di Empat Desa Penelitian Kota Sabang Bulan Februari 2022

| Breeding Site                 | Kedalaman (cm) | Luas Habitat perkembangbiakan (m <sup>2</sup> ) | Kejernihan Air | Pencahayaan | Aliran Air      |
|-------------------------------|----------------|---|----------------|-------------|-----------------|
| Gelas Air Mineral             | 5              | 0,02  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Aliran air Gunung (a)         | 10             | 0,2   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Aliran air Gunung (b)         | 50             | 40,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Lubang Pohon                  | 2              | 0,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Tempurung Kelapa              | 2              | 0,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Tapak Kaki Ternak             | 0,5            | 0,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Genagan air Hujan (a)         | 1,0            | 0,1   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Genagan air Hujan (b)         | 10             | 0,4   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Genagan air Hujan (c)         | 40             | 0,6   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Sumur Tua                     | 2,5            | 1,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Kubangan Babi                 | 50             | 0,6   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Bambu Belah                   | 1              | 0,3   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Rawa (a)                      | 30             | 18,0  | Jernih         | Terbuka     | Mengalir Lambat |
| Rawa (b)                      | 50             | 1000  | Jernih         | Terbuka     | Mengalir Lambat |
| Lubang Tanah (sarang Hewan) a | 50             | 15,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Kubangan Ternak (b)           | 50             | 15,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Kolam Ikan                    | 200            | 12,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Parit(a)                      | 5              | 30,0  | Jernih         | Terbuka     | Mengalir Lambat |
| Parit (b)                     | 5              | 30,0  | Jernih         | Terbuka     | Mengalir Lambat |
| Parit (c)                     | 5              | 80,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Parit (d)                     | 10             | 24,0  | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Genangan air Hujan            |                |   | Jernih         | Tertutup    | Mengalir Lambat |
| Hutan Bakau                   | 25             | 5,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Perahu Rusak                  | 10             | 6,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Drainase Pinggir Laut         | 90             | 210   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Hutan Bakau                   | 50             | 500   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Genangan air/Kubangan         | 100            | 1,0   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Ember Bekas                   | 24             | 0,2   | Jernih         | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Lubang Jalan Desa             | 30             | 0,3   | Keruh          | Terbuka     | Tidak Mengalir  |
| Total                         | 908            | 1.990   |                |             |                 |

Tabel 4. Kepadatan Larva *Anopheles* spp. pada Habitat Perkembangbiakan di Empat Desa Penelitian di Kecamatan Sukajaya dan Sukakarya pada Bulan Februari Tahun 2022

| Desa                  | Tempat Perindukan               | Jumlah<br>cidukan              | Jumlah Larva<br><i>Anopheles</i> spp. | Kepadatan<br>larva/10 Ciduk |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Beurawang             | Botol air Mineral               | 0                              | 0                                     | 0                           |
|                       | Aliran air Gunung (a)           | 0                              | 0                                     | 0                           |
|                       | Aliran air Gunung (b)           | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Lubang Pohon                    | 0                              | 0                                     | 0                           |
| Keuneukai             |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Lubang Jalan Desa               | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Tapak Kaki Ternak               | 10                             | 4                                     | 0,4                         |
|                       | Genangan air Hujan (a)          | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Genangan air Hujan (b)          | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Genangan air Hujan (c)          | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Sumur Tua                       | 10                             | 5                                     | 0,5                         |
|                       | Bamboo Belah                    | 0                              | 0                                     | 0                           |
|                       | Kubangan Babi                   | 10                             | 6                                     | 0,6                         |
|                       | Batee Shok                      | Kolam Ikan                     | 10                                    | 8                           |
| Parit (c)             |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Parit (e)             |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Rawa (a)              |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Aliran Air            |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Kubangan Ternak(a)    |                                 | 10                             | 12                                    | 1,2                         |
| Parit(a)              |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Parit(b)              |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Aliran air Gunung (d) |                                 | 10                             | 0                                     | 0                           |
| Iboih                 |                                 | Genangan air Hujan Hutan Bakau | 10                                    | 0                           |
|                       | Lubang Tanah (sarang Hewan) (b) | 10                             | 8                                     | 0,8                         |
|                       | Boat Bekas (a)                  | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Drainase Pinggir Laut (a)       | 10                             | 5                                     | 0,5                         |
|                       | Drainage (b)                    | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Perahu Bekas (b)                | 0                              | 0                                     | 0                           |
|                       | Hutan Bakau                     | 10                             | 14                                    | 1,4                         |
|                       | Genangan air Hujan              | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Parit (c)                       | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Parit (d)                       | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Genangan air/Kubangan           | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Ember Bekas                     | 0                              | 0                                     | 0                           |
|                       | Lubang Tanah (Sarang Hewan) (b) | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       | Rawa(b)                         | 10                             | 0                                     | 0                           |
|                       |                                 | 320                            | 62                                    | 0,19                        |

Tabel 5. Hubungan Faktor Lingkungan dengan Kasus Malaria di Kota Sabang (n=100)

| No                  | Variabel        | Frekuensi (f) | Persentase (%) | <i>p-value</i> |
|---------------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|
| Lingkungan Fisik    |                 |               |                |                |
| 1                   | Tidak Mendukung | 49            | 49,0           | 0,0001         |
| 2                   | Mendukung       | 51            | 51,0           |                |
| Lingkungan Biologik |                 |               |                |                |
| 1                   | Tidak Mendukung | 70            | 70,0           | 0,021          |
| 2                   | Mendukung       | 30            | 30,0           |                |
| Lingkungan Kimia    |                 |               |                |                |
| 1                   | Tidak Mendukung | 56            | 56,0           | 0,011          |
| 2                   | Mendukung       | 44            | 44,0           |                |

Tabel 6. Hasil Analisis Faktor Lingkungan Sebagai Prediktor Kasus Malaria di Kota Sabang (n = 100)

| Prediktor | B     | OR     | <i>p-value</i> | 95% CI |        |
|-----------|-------|--------|----------------|--------|--------|
|           |       |        |                | Lower  | Upper  |
| Fisik     | 2,407 | 11,096 | 0,014          | 1,623  | 75,863 |
| Biologik  | 0,424 | 1,529  | 0,603          | 0,309  | 7,565  |
| Kimia     | 2,220 | 0,109  | 0,006          | 0,022  | 0,528  |
| Constant  | 0,399 | 1,490  | 0,609          |        |        |

## PEMBAHASAN

Meningkatnya kasus malaria di Kota Sabang telah mengganggu status eliminasi malaria Kota Sabang sebagai daerah bebas malaria. Kondisi fisik lingkungan yang diamati meliputi suhu air, luas, kedalaman, pencahayaan, kekeruhan dan aliran air. Keluarga dengan lingkungan fisiknya yang tidak mendukung perkembangan larva nyamuk *Anopheles*, merupakan keluarga dengan kasus malaria negatif. Risiko terjadinya penularan kembali malaria di Kota Sabang sangat besar peluangnya, bila penanganan kasus malaria dan pengelolaan lingkungan tidak dikendalikan dengan baik. Berdasarkan hasil penelitian ini, determinan lingkungan fisik, biologis, dan kimia telah menggambarkan situasi dan kondisi lingkungan yang prospektif terhadap perkembangbiakan larva *Anopheles* spp. pada habitatnya. Berdasarkan hasil kajian statistik terhadap keluarga dengan lingkungan fisik yang mendukung perkembangan penularan penyakit malaria adalah keluarga dengan kasus malaria positif di Kota Sabang, dengan signifikansinya ( $p=0,0001$ ), ( $or=6,5$  95% CI=1,9521,46). Kondisi Suhu air pada semua

habitat perkembangbiakan di desa penelitian dengan suhu rata-rata adalah 30,2°C, dimana suhu terendah 23,7°C dan suhu tertinggi 35,6°C. Perbedaan suhu air di semua habitat perkembangbiakan di lokasi penelitian disebabkan oleh musim kemarau yang berkepanjangan. Keterpaparan sinar matahari terjadi secara langsung dan kontinyu pada habitat perkembangbiakan, sehingga kondisi ini telah menyebabkan peningkatan suhu secara bervariasi pada habitat perkembangbiakan.

Kondisi fisik yaitu suhu air pada desa penelitian juga telah membawa dampak dan berpengaruh terhadap habitat perkembangbiakan larva *Anopheles* spp. Menurut Endo *et al*, variasi suhu tidak mempengaruhi populasi *Anopheles* secara signifikan, akan tetapi dampaknya terhadap penularan malaria cukup besar. Hasil ini menunjukkan bahwa musim penularan malaria tidak serta merta dapat ditafsirkan dari ukuran populasi *Anopheles* dan bahwa tren pemanasan suhu kemungkinan akan memperburuk malaria di wilayah penelitian.<sup>8</sup>

Sejalan dengan penelitian Raharjo (2021), bahwa keberadaan genangan air dengan kejadian malaria secara statistik ada hubungan yang signifikan. Nilai  $p=0,003$  dan hasil perhitungan *odds ratio* (OR) diperoleh nilai sebesar 4,026, menunjukkan bahwa penduduk yang sekitar rumahnya terdapat air yang tergenang mempunyai risiko terkena malaria 4,026 kali lebih besar dibandingkan dengan orang yang disekitar rumahnya tidak dijumpai genangan air.<sup>13</sup> Sebaran habitat perkembangbiakan larva *Anopheles* berdasarkan ciri fisik di lokasi penelitian ini, yaitu: kedalam rata rata adalah 39,38cm, luas habitat perkembangbiakan larva adalah 68,62m<sup>2</sup> dengan kondisi air pada habitat perkembangbiakan adalah jernih dan tidak mengalir serta pencahayaannya terbuka. Secara fisik kondisi ini telah menyebabkan pedangkalan dan kenaikan suhu air pada lokasi penelitian.

Menurut Tulak, *et al* (2018), berdasarkan hasil penelitian diperoleh kedalaman air 5-115cm, suhu air 26.7-3.7°C dan pH air 6,7-7,7. Sebaran habitat positif larva signifikan dipengaruhi oleh curah hujan yaitu kubangan ( $p=0.000$ ;  $r=0.69$ ), kobakan ( $p=0.000$ ;  $r=0.87$ ), parit ( $p=0,000$ ;  $r=0.57$ ), bekas tapak ban ( $p=0.047$ ;  $r=0.34$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan mempengaruhi sebaran habitat positif larva nyamuk *Anopheles* spp. di distrik Heram.<sup>14</sup>

Penelitian yang lain yang menunjukkan nilai *threshold* suhu (ambang batas) air yang menjadi ciri atau spesifikasi adanya kepadatan larva pada semua habitat yang diamati sebesar 28°C, sedangkan nilai *threshold* salinitas air sebesar 6.5‰. Suhu air juga merupakan salah satu faktor lingkungan yang dominan terhadap kepadatan larva di habitat. Penurunan volume air pada tingkat tertentu diikuti oleh suhu air. Kepadatan jentik pada habitat perkembangbiakan menurun seiring dengan peningkatan suhu air. Kenaikan suhu air menyebabkan jentik nyamuk akan mati.<sup>15</sup>

Peningkatan suhu air pada habitat perkembangbiakan malaria di lokasi penelitian telah berdampak terhadap perkembangbiakan

biota air, terutama kelimpahan larva *Anopheles* spp., yang diperoleh pada saat penelitian. Nyamuk *Anopheles* lebih menyukai untuk berkembangbiak pada daerah yang terbuka dan terpapar sinar matahari sehingga dapat meningkatkan suhu air serta mempercepat laju perkembangan larva dan nyamuk *Anopheles*. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lingkungan fisik disekitar lingkungan masyarakat Kota Sabang sangat berhubungan dengan perkembangbiakan larva nyamuk dan populasi nyamuk dewasa. Sejalan dengan penelitian Kenangalem *et al* (2019), menyatakan bahwa sinar matahari merupakan faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi keberadaan nyamuk, yaitu faktor suhu udara karena nyamuk termasuk hewan berdarah dingin (*cold blooded animal*) atau *poikilothermic* yaitu suhu tubuhnya bervariasi dipengaruhi langsung oleh suhu lingkungannya atau dapat disesuaikan tetapi pada rentang yang sempit. Temperatur berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan serta kematian serangga dan berpengaruh pada kelembaban dan suhu. Pada beberapa jenis nyamuk suka berlindung dibawah lumut agar tidak terkena sinar matahari. Suhu air juga mempengaruhi perkembangbiakan nyamuk.<sup>16</sup>

Habitat tempat perindukan larva *Anopheles* pada lokasi penelitian ini, tersebar pada beberapa tipe habitat dominan, yaitu genangan air, tapak sapi, parit, rawa-rawa, kolam ikan, sumur tua, aliran gunung, dan hutan bakau. Kondisi lingkungan ini secara khusus telah menentukan kesesuaian habitat larva untuk jenis vektor *Anopheles* yang beragam. Kondisi fisik, biologis, dan kimia seperti ukuran tempat perindukan, genangan air, salinitas air dan kekeruhan, intensitas sinar matahari, serta adanya tumbuh-tumbuhan air yang ditemui pada tempat perindukan ini telah memberikan kontribusi lingkungan dalam perkembangan populasi nyamuk *Anopheles* spp., sebagai faktor utama penyebab terjadinya penularan malaria di Kota Sabang selama ini. Sejalan dengan penelitian Budiyanto (2017), habitat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles* di kabupaten Muara Enim adalah bekas kolam,

parit, sawah, dan sungai dengan aliran lambat. Jentik *Anopheles* paling banyak ditemukan pada habitat perkembangbiakan sawah. Genangan air sebagai syarat utama untuk habitat perkembangbiakan larva.<sup>17</sup>

Produktivitas habitat larva merupakan faktor kunci yang mengatur ukuran populasi nyamuk *Anopheles* sebagai vektor penularan parasit malaria. Kepadatan populasi nyamuk dewasa, tergantung pada kondisi yang serasi di habitat perkembangbiakan larva. Kelimpahan vegetasi air yang bervariasi, juga sangat mendukung perkembangan larva *Anopheles* spp. sebagai tempat berlindung bagi semua larva *Anopheles* terhadap serangan predator.<sup>18</sup> Minimnya predator larva pada habitat perkembangbiakan potensial di lokasi penelitian ini, disebabkan oleh musim kemarau.

Menurut Haryanti *et al* perkembangan parasit *Plasmodium* dan nyamuk *Anopheles* dipengaruhi oleh peran parameter ekologi dan meteorologi. Pengaruh yang signifikan suhu ( $p$  value = 0,006), kelembaban ( $p$  value = 0,002) dan hewan air ( $p$  value = 0,000) dengan kepadatan larva *Anopheles*.<sup>19</sup> Hasil survei nyamuk dewasa (*all night collection*) diperoleh 9 nyamuk *Anopheles* spp. yang tertangkap di lokasi penelitian, yaitu *An. vagus*, *An. maculatus*, dan *An. sundaicus*. Survei yang sama telah dilakukan juga di Kota Sabang pada beberapa desa lainnya pada tahun 2010, dimana perolehan spesiesnya adalah *An. minimus*, *An. sundaicus*, *An. aconitus* dan *An. dirus* yang merupakan vektor potensial di Kota Sabang. Kegiatan survei entomologi yang dilakukan oleh Departemen Kesehatan tahun 2008, juga telah memberikan kontribusi keanekaragaman spesies *Anopheles* di Kota Sabang, yaitu: *An. flavirostris*, *An. minimus*, *An. dirus*, *An. aconitus*, *An. sundaicus*, dan *An. Subpictus*.<sup>6</sup>

Menurut Weeraratne *et al* (2017) menyatakan bahwa identifikasi *Anopheles* penting dalam proses penentuan strategi pengendalian vektor malaria. Identifikasi secara morfologi dan pengamatan perilaku *blood feeding* tidak cukup untuk

mengidentifikasi secara tepat dan akurat. Metode identifikasi yang lebih modern, lebih tepat dan akurat adalah berdasarkan identifikasi molekuler. Hasil identifikasi spesies *Anopheles* yang dilakukan secara tepat dan akurat dapat dijadikan sebagai dasar penentuan strategi pengendalian vektor malaria di suatu daerah.<sup>20</sup> Rendahnya kepadatan populasi *Anopheles* spp. pada lokasi penelitian ini, sangat berkaitan dengan iklim pada saat pelaksanaan kegiatan. Kecepatan angin dari arah lautan sangat kencang (musim barat) dan musim kemarau telah mengganggu perilaku nyamuk dalam mencari darah, sehingga populasi *Anopheles* spp. dewasa sangat sulit dijumpai di lokasi penelitian. Sejalan dengan Sugiarto *et al* menyatakan kecepatan angin dan curah hujan mempunyai hubungan dengan kepadatan nyamuk *Anopheles* spp.

Fluktuasi kejadian kasus malaria terjadi di desa sungai nyamuk dengan nilai  $p=0,04$  ( $p<0,05$ ). Korelasi kepadatan *Anopheles* dengan kasus malaria, telah menunjukkan hubungan bermakna yaitu dengan koefisien determinasi dengan nilai 0,54, artinya kasus malaria yang terjadi di desa sungai nyamuk 54% disebabkan karena angka gigitan *Anopheles* (MBR).<sup>21</sup> Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa lingkungan biologis berhubungan erat dengan kasus malaria pada masyarakat di lokasi penelitian. Habitat perkembangbiakan *An. vagus*, *An. maculatus*, *An. sundaicus* yang ditemukan berada dalam radius 250-500m dari permukiman penduduk. Jarak tersebut masih dalam jangkauan terbang nyamuk (*flight of range*) nyamuk *Anopheles* sehingga berpeluang transmisi *Plasmodium* dari nyamuk. Menurut Moge R.A. *et al* (2018), jarak terbang dari nyamuk *Anopheles* betina adalah 2,5km, akan tetapi bila kecepatan angin 11-14m perdetik atau 25-31 mil perjam, maka akan menghambat penerbangannya sehingga penularan malaria juga akan menurun pada suatu daerah.<sup>22</sup> Sedangkan menurut Amlarrasit *et al* (2018), risiko penularan malaria juga tergantung pada jarak terbang nyamuk *Anopheles*, biasanya tidak lebih dari 2-3km dari tempat habitat

perkembangbiakannya.<sup>23</sup> Berdasarkan hasil penelitian diatas maka lingkungan perumahan penduduk dengan tempat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles* sangat mempengaruhi tinggi rendahnya transmisi kasus malaria pada daerah tertentu.

Analisis bivariat terhadap lingkungan biologis pada penelitian ini, diketahui bahwa keluarga dengan lingkungan biologis tempat tinggal yang tidak mendukung perkembangan larva nyamuk *Anopheles*, adalah sebanyak 72,9%, yang merupakan keluarga dengan kasus malaria negatif. Sedangkan keluarga dengan lingkungan biologis yang mendukung perkembangan larva nyamuk *Anopheles*, sebanyak 53,3% adalah keluarga dengan kasus malaria positif. Hasil uji hipotesis diketahui bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara lingkungan biologis dengan kasus malaria di Kota Sabang, ( $P=0,021$ ). Dengan demikian kondisi ekologis di lokasi penelitian ini, telah mendukung untuk perkembangan larva dan nyamuk *Anopheles* dewasa, meskipun pada saat penelitian ini perolehan larva *Anopheles* spp. dan nyamuk dewasa relatif sangat rendah, namun kelimpahan larva *Anopheles* dan keberadaan nyamuk dewasa telah ditemui dan teridentifikasi pada lokasi penelitian.

Hasil pengukuran salinitas air pada habitat perkembangbiakan, menunjukkan bahwa ada hubungan dengan kasus malaria yang terjadi pada masyarakat di Kota Sabang. Hasil pemeriksaan salinitas pada habitat nyamuk hampir rata-rata 0 permil, namun genangan air hujan di pinggiran hutan bakau diperoleh salinitasnya adalah 5 permil, salinitas air pada hutan bakau adalah 8 permil, artinya kondisi habitat perkembangbiakan di Kota Sabang sangat mendukung terhadap perkembangbiakan larva *Anopheles* spp., baik di air payau (*saline water*) ataupun air bukan payau (*fresh water*) dengan salinitas 0 permil.

Penelitian Herdiana *et al* (2016), juga mengatakan bahwa *An. sundaicus* mempunyai sifat yang lebih toleran terhadap salinitas. Larva *Anopheles* spp. juga dapat tumbuh dan berkembang di perairan tawar yang

salinitasnya rendah atau nol.<sup>6</sup> Hasil pengukuran pH pada semua tempat perindukan di lokasi penelitian diperoleh nilai dengan hasil pengamatan antara pH 5,53-7,45 dengan rata-rata 6,67. Kondisi ini disebabkan oleh musim kemarau yang telah merubah kondisi perairan atau vegetasi pada tempat perindukan potensial di Kota Sabang. Keberadaan genangan air dan vegetasi yang minim pada sebuah tempat perindukan telah membuat pola perkembangbiakan larva nyamuk yang rendah di Kota Sabang. Kondisi ini sangat menguntungkan terhadap perkembangbiakan larva *Anopheles* spp.

Hasil penelitian tentang lingkungan kimia yaitu pH dan salinitas, menunjukkan berhubungan dengan kasus malaria pada keluarga di lokasi penelitian. Hasil analisis kondisi air pada semua habitat perkembangbiakan di lokasi penelitian rata-rata adalah 0 permil dan 5 permil sampai dengan 8 permil, artinya kondisi habitat perkembangbiakan di lokasi penelitian sangat mendukung terhadap perkembangbiakan larva *Anopheles* spp., baik di air payau (*saline water*) ataupun air bukan payau (*fresh water*) dengan salinitas 0 permil. Hasil analisis multivariat, variabel yang paling berpengaruh terhadap kejadian malaria adalah lingkungan fisik dan lingkungan kimia. Lingkungan fisik telah mempengaruhi prevalensi kasus malaria di lokasi penelitian sebesar 11,096 kali, sedangkan lingkungan kimia telah mempengaruhi prevalensi kasus malaria sebesar 0,109 kali. Faktor lingkungan fisik dan biologis berhubungan erat dengan bionomik atau sifat nyamuk *Anopheles* sebagai vektor malaria.<sup>24</sup>

Secara geografis Kota Sabang yang ekologiannya pegunungan, pantai, dan dataran masih banyak sekali ditemui daerah *receptive*, dimana daerah tersebut tidak ditemui adanya kasus malaria positif. Akan tetapi nyamuk *Anopheles* spp. sebagai suspek vektor berada di sekitar masyarakat yang tersebar pada 18 desa, dan termasuk pada empat desa penelitian yang telah dilakukan survei ini. Kondisi ekologis habitat perkembangbiakan potensial

ditemui di sepanjang pantai dan pegunungan sekitar rumah masyarakat. Faktor lingkungan dan ekosistem yang potensial ini sangat berpengaruh dalam penularan malaria sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2021 di Kota Sabang. Sugiarti *et al* (2020), mengatakan bahwa lingkungan fisik mempengaruhi habitat perkembangbiakan *An. sundaicus*, salah satu faktor yang mempengaruhi adalah air. Curah hujan berperan dalam ketersediaan air sebagai habitat perkembangbiakan nyamuk di rawa-rawa dan genangan air.<sup>25</sup> Menurut Widiastuti *et al* suatu *breeding site* dapat berperan dalam peningkatan populasi nyamuk dan densitas larva pada suatu daerah tergantung dari kondisi lingkungan baik lingkungan biotik, abiotik, dan keadaan geografis serta topografi daerah setempat.<sup>26</sup>

Penelitian ini mempunyai beberapa keterbatasan, yaitu terhadap karakteristik lingkungan fisik, biologis, dan kimia; habitat perkembangbiakan yang diamati pada survei lapangan adalah suhu air, luas habitat perkembangbiakan, kedalaman air, pencahayaan, aliran air, hewan predator, larva, vegetasi air, nyamuk *Anopheles* spp., pH, dan salinitas. Sedangkan variabel lingkungan lainnya seperti: *Dissolved of Oxygen* (DO), kelembaban, arah angin, kecepatan angin, curah hujan tidak dilakukan. Pengamatan dan pemetaan habitat monyet (*Macaca fascicularis*) dan keberadaannya di sekitar lokasi penelitian, seharusnya dilakukan untuk mengetahui faktor risiko masyarakat terhadap penularan malaria. Pencegahan kasus impor bisa dilakukan dengan pemantauan mobilitas penduduk pada desa penelitian, karena survei migrasi ini penting untuk mengetahui tingkat pergerakan masyarakat ke daerah endemis lainnya.

## KESIMPULAN

Faktor yang berpengaruh terhadap penularan kembali kasus malaria di Kota Sabang adalah lingkungan fisik ( $p=0,014$ ) dan lingkungan kimia ( $p=0,006$ ). Lingkungan fisik merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi penularan kasus malaria di

Kota Sabang (OR 11,096). Penularan malaria yang terjadi di Kota Sabang merupakan kontribusi lingkungan yang telah mempengaruhinya, antara lain adalah habitat perkembangbiakan larva *Anopheles* spp.; lingkungan fisik yaitu: suhu air, pencahayaan, luas tempat perindukan dan kedalamannya. Sedangkan lingkungan biologis, yaitu: vegetasi air (flora dan fauna), dan predator; lingkungan kimia, yaitu: pH, dan salinitas.

## SARAN

Pemerintah dalam hal ini Dinas kesehatan Kota Sabang dan instansi terkait harus melakukan pengelolaan lingkungan perumahan masyarakat, dan mengaktifkan kembali peran serta masyarakat, melalui Juru Malaria Lingkungan (JML). Melakukan skrining awal malaria pada daerah endemis, serta survei entomologi terutama pada wilayah reseptif untuk memperkecil faktor risiko keterpaparan manusia dengan nyamuk dan sumber penularan *zoonotic* lainnya.

## KONTRIBUSI PENULIS

Kontribusi setiap penulis dalam artikel ini adalah TM sebagai kontributor utama bertanggung jawab dalam konsep penulisan artikel secara menyeluruh. SDA dan SS sebagai kontributor anggota bertanggung jawab dalam pengumpulan data, analisis dan penyajian data.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan syukur peneliti sampaikan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dalam penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dinkes Kota Sabang, Puskesmas Iboih dan Priaot serta semua pihak yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization. WHO Guidelines for malaria - 2021. World Heal Organ. 2021;1:210.
2. World Health Organization. WHO technical

- brief for countries preparing malaria funding requests for the Global Fund (2020–2022). 2020. 75 p.
3. Pemerintah Aceh 2010. Peraturan Gubernur Aceh No.40 Tahun 2020 Tentang Pedoman Eliminasi Malaria di Aceh. Banda Aceh; 2010.
  4. Herdiana H, Fuad A, Asih PB, Zubaedah S, Arisanti RR, Syafruddin D, et al. Progress towards malaria elimination in Sabang Municipality, Aceh, Indonesia. *Malar J*. 2013;12:1–13.
  5. Dinkes Kota Sabang 2021. Laporan Kasus Malaria 2014-2021. No Publication. Sabang; 2021.
  6. Herdiana H, Cotter C, Coutrier FN, Zarlinda I, Zelman BW, Tirta YK, et al. Malaria risk factor assessment using active and passive surveillance data from Aceh Besar, Indonesia, a low endemic, malaria elimination setting with *Plasmodium knowlesi*, *Plasmodium vivax*, and *Plasmodium falciparum*. *Malar J*. 2016;15(1):1–15.
  7. Cooper DJ, Rajahram GS, William T, ... *Plasmodium knowlesi* malaria in Sabah, Malaysia, 2015–2017: ongoing increase in incidence despite near-elimination of the human-only *Plasmodium* species. *Clin Infect ...* [Internet]. 2020; Available from: <https://academic.oup.com/cid/article-abstract/70/3/361/5393645>.
  8. Endo N, Eltahir EAB. Environmental determinants of malaria transmission around the Koka Reservoir in Ethiopia. *GeoHealth*. 2018;2(3):104–15.
  9. Naserrudin NA. The role of human behavior in *Plasmodium knowlesi* malaria Infection: a systematic review [Internet]. Vol. 19, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Available from: [https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus\\_id/85126472153](https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85126472153).
  10. Ramadhan R, Ichwansyah F, Fitria E, Abdullah A, Maidar M, Jontari J. Kajian epidemiologi *P. kowlesi* di Provinsi Aceh tahun 2018-2019. *Sel J Penelit Kesehat*. 2021;8(1):47–63.
  11. Sandy S, Wike I. Pengaruh iklim terhadap annual parasite incidence malaria di Kabupaten Jayapura tahun 2011 – 2018. *J Heal Epidemiol Commun Dis*. 2019;5(1):9–15.
  12. P2MPL D, 1999 Depkes R.I Tahun. O’connor, C.T., Soepanto, T., 1999, Identifikasi nyamuk *Anopheles* betina di Sulawesi. Ditjen P2MPL Depkes R.I Tahun 1999.
  13. Afrina Y, Raharjo M, Nurjazuli. Literatur Review: faktor lingkungan dan kepadatan larva *Anopheles* dengan kejadian malaria. *J Ris Kesehat* [Internet]. 2021;13(1):20–8. Available from: <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v13i1.1828>.
  14. Tulak N, Handoko H, Hidayati R, Hadi UK, Hakim L. Karakteristik dan distribusi spasial habitat positif larva nyamuk *Anopheles* spp. berdasarkan curah hujan. *Media Kesehat Masy Indones*. 2018;14(3):285.
  15. Tulak N, Handoko H, Hidayati R, Kesumawati U, Hakim L. Effect of Climatic Factors and Habitat Characteristics on *Anopheles* Larval Density. *J Kesehat Masy*. 2018;13(3):345–55.
  16. Kenangalem E, Rini J, Id P, Id NMD, Burdam H, Gdeumana K, et al. Malaria morbidity and mortality following introduction of a universal policy of artemisinin-based treatment for malaria in Papua , Indonesia : A longitudinal surveillance study. *PLoS Med*. 2019;16(5):1–23.
  17. Budiyanto A, Ambarita LP, Salim M. Konfirmasi *Anopheles sinensis* dan *Anopheles vagus* sebagai vektor malaria di Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. *ASPIRATOR - J Vector-borne Dis Stud*. 2017;9(2):51–60.
  18. Roux O, Robert V. Larval predation in malaria vectors and its potential implication in malaria transmission: an overlooked ecosystem service? *Parasites & Vectors* [Internet]. 2019;12(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13071-019-3479-7>.
  19. Haryanti T, Maharani NE, Kristanto H. Effect of characteristics breeding site againts density of larva *Anopheles* in Tegalombo Sub District Pacitan Indonesia. *Int J Appl Environ Sci* [Internet]. 2016;11(3):799–808. Available from: <http://www.ripublication.com>.
  20. Weeraratne TC, Surendran SN, Reimer LJ, Wondji CS, Perera MDB, Walton C, et al. Molecular characterization of Anopheline (Diptera: Culicidae) mosquitoes from eight geographical locations of Sri Lanka. *Malar J*. 2017;16(1):1–14.

21. Sugiarto S, Hadi UK, Soviana S, Hakim L. Kepadatan Nyamuk *Anopheles* spp. dan Korelasinya terhadap Faktor-Faktor Meteorologi di Desa Sungai Nyamuk, Kabupaten Nunukan, Kalimantan .... J Vektor Penyakit. 2018;12(1):25–32.
22. Rina A. Moge. Plasmodium dominan dalam nyamuk *Anopheles* betina (*Anopheles* spp.) pada beberapa tempat di distrik Manokwari barat. J Nat. 2018;14(1):29–36.
23. Amlarrasit, Wijaya MA, Fatiqin A. Faktor fisik dan biologi yang mempengaruhi kepadatan larva *Anopheles* di Kelurahan Kemelak. Semin Nas Sainst dan Teknol [Internet]. 2018;33–7. Available from: [semnas.radenfatah.ac.id](http://semnas.radenfatah.ac.id).
24. Perdana AA. Karakteristik kondisi lingkungan penderita malaria terhadap kejadian malaria. J Med Utama. 2021;03(01):1686–703.
25. Sugiarti S, Wahyudo R, Kurniawan B, Suwandi JF. The physical, chemical, and biological characteristics of *Anopheles* sp. a potential breeding place in Puskesmas Hanura Working Area. Medula. 2020;10(2):272–7.
26. Widiastuti D, Djati AP, Pramestuti N. Faktor biotik dan abiotik pada tempat perkembangbiakan *Anopheles* spp. di Desa Gunung Jati, Kecamatan Pagedongan, Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. Balaba J Litbang Pengendali Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara. 2017;13(2):153–62.