

**DETEKSI *Plasmodium* PADA SPESIES NYAMUK *Anopheles* SEBAGAI
VEKTOR MALARIA DENGAN METODE *END POINT*-PCR BESERTA
AKTIVITAS MENGGIGITNYA DI DESA HANURA, KECAMATAN
TELUK PANDAN, KABUPATEN PESAWARAN**

(Skripsi)

Oleh

**ADHELIA WULAN PRAMESTI
NPM 2057061005**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**DETEKSI *Plasmodium* PADA SPESIES NYAMUK *Anopheles* SEBAGAI
VEKTOR MALARIA DENGAN METODE *END POINT*-PCR BESERTA
AKTIVITAS MENGGIGITNYA DI DESA HANURA, KECAMATAN
TELUK PANDAN, KABUPATEN PESAWARAN**

Oleh

ADHELIA WULAN PRAMESTI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

DETEKSI *Plasmodium* PADA SPESIES NYAMUK *Anopheles* SEBAGAI VEKTOR MALARIA DENGAN METODE *END POINT-PCR* BESERTA AKTIVITAS MENGGIGITNYA DI DESA HANURA, KECAMATAN TELUK PANDAN, KABUPATEN PESAWARAN

Oleh

ADHELIA WULAN PRAMESTI

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh infeksi *Plasmodium* yang ditularkan dari gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Penyakit malaria masih menjadi masalah kesehatan di Indonesia, terutama di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pelaksanaan pengendalian vektor malaria akan rasional, efisien, dan efektif apabila didukung oleh informasi mengenai vektor. Spesies vektor malaria di setiap daerah berbeda-beda dan bersifat lokal secara spesifik yaitu tergantung pada faktor kondisi daerah lokal tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi spesies nyamuk *Anopheles*, mendeteksi *Plasmodium* guna mengonfirmasi spesies nyamuk yang berperan sebagai vektor malaria, mengetahui aktivitas menggigitnya, dan menghitung kepadatan nyamuk *Anopheles* di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Penelitian dilakukan dengan metode survei untuk melihat aktivitas menggigit, dilanjutkan dengan mengidentifikasi jenis nyamuk *Anopheles* secara morfologi dan menghitung jumlah spesies *Anopheles* yang dominan serta mendeteksi *Plasmodium* pada nyamuk *Anopheles* dengan metode *End Point-PCR*. Hasil identifikasi nyamuk di rumah warga di Desa Hanura didapatkan satu spesies yaitu *Anopheles sundaicus*. Uji deteksi *Plasmodium* dengan *End Point-PCR* pada spesies *Anopheles* didapatkan hasil negatif. Hasil dari uji *Analysis of Variance* (ANOVA) pada aktivitas menggigit nyamuk menunjukkan perbedaan nyata sehingga dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata (BNT) pada taraf 5% dan didapatkan hasil bahwa nyamuk *Anopheles* di Desa Hanura memiliki puncak menggigit pada pukul 02.00 WIB saat di dalam rumah dan pukul 03.00 saat di luar rumah. *Anopheles* di daerah ini bersifat eksofagik dengan kepadatan populasi (*Man Hour Density*) di dalam rumah sebesar 1,77 per ekor/orang/jam dan di luar rumah sebesar 2,93 per ekor/orang/jam.

Kata kunci : Aktivitas menggigit, *Anopheles*, malaria, EP-PCR, pengendalian

ABSTRACT

DETECTION OF *Plasmodium* IN *Anopheles* MOSQUITO SPECIES AS A VECTOR OF MALARIA USING THE *END POINT*-PCR METHOD AND ITS BITING ACTIVITY IN HANURA VILLAGE, TELUK PANDAN DISTRICT, PESAWARAN REGENCY

By

ADHELIA WULAN PRAMESTI

Malaria is a disease caused by *Plasmodium* infection which is transmitted from the bite of female *Anopheles* mosquitoes. Malaria is still a health problem in Indonesia, especially in Pesawaran Regency, Lampung Province. Implementation of malaria vector control will be rational, efficient and effective if supported by information about vectors. Malaria vector species in each region are different and are specifically local, that is, they depend on the conditions of the local area. This research aims to identify the *Anopheles* mosquito species, detect *Plasmodium* to confirm the mosquito species that act as malaria vectors, determine their biting activity, and calculate the density of *Anopheles* mosquitoes in Hanura Village, Teluk Pandan District, Pesawaran Regency, Lampung Province. The research was carried out using a survey method to see biting activity, followed by identifying the type of *Anopheles* mosquito morphologically and counting the number of dominant *Anopheles* species and detecting *Plasmodium* in *Anopheles* mosquitoes using the End Point-PCR method. The results of identifying mosquitoes in residents' homes in Hanura Village revealed one species, namely *Anopheles sundaicus*. The *Plasmodium* detection test using End Point-PCR on *Anopheles* species yielded negative results. The results of the Analysis of Variance (ANOVA) test on mosquito biting activity showed significant differences so it was continued with the Significant Difference Test (BNT) at the 5% level and the results showed that *Anopheles* mosquitoes in Hanura Village had peak biting at 02.00 WIB when inside the house and 03.00 when outside the house. *Anopheles* in this area is exophagic with a population density (Man Hour Density) inside the house of 1,77 per head/person/hour and outside the house of 2,93 per head/person/hour.

Key words: Biting activity, *Anopheles*, malaria, EP-PCR, control

Judul Skripsi : DETEKSI *Plasmodium* PADA SPESIES NYAMUK
Anopheles SEBAGAI VEKTOR MALARIA DENGAN
METODE *END POINT*-PCR BESERTA AKTIVITAS
MENGGITNYA DI DESA HANURA, KECAMATAN
TELUK PANDAN, KABUPATEN PESAWARAN

Nama Mahasiswa : **Adhelia Wulan Pramesti**

NPM : 2057061005

Program Studi : S1 Biologi Terapan

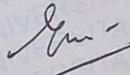
Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

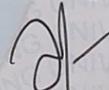
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



Dr. Endah Setyaningrum, M. Biomed.
NIP 196405171988032001

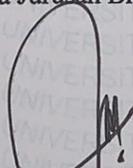
Pembimbing Kedua



Dzul Fithria Mumtazah, M.Sc.
NIP 199105212019032020

2. Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi FMIPA

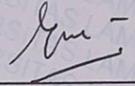


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP 198301312008121001

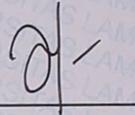
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

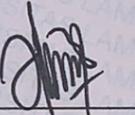
Ketua : Dr. Endah Setyaningrum, M. Biomed.



Sekretaris : Dzul Fithria Mumtazah, M.Sc.

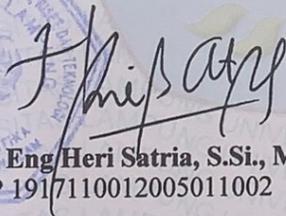


Anggota : Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 1917110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Juli 2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Adhelia Wulan Pramesti
NPM : 2057061005
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Deteksi *Plasmodium* Pada Spesies Nyamuk *Anopheles* Sebagai Vektor Malaria Dengan Metode *End Point*-PCR Beserta Aktivitas Menggigitnya di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran**” merupakan karya tulis yang dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri dan bukan merupakan plagiasi dari karya tulis orang lain. Jika di kemudian hari terbukti adanya ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya serta dengan sebenar-benarnya.

Bandarlampung, 18 Juli 2024

Yang menyatakan,



Adhelia Wulan Pramesti
2057061005

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Sidomulyo, pada tanggal 30 Juli 2002 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Wahyono dan Ibu Sulastri. Mempunyai satu orang adik yang bernama Muhammad Bagus Nur Asyiqin.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Raudhatul Athfal Nurul Iman pada tahun 2007-2008, kemudian melanjutkan di SDN 2 Sidowaluyo pada tahun 2008. Pada tahun 2014 penulis bersekolah di SMPN 1 Sidomulyo dan pada tahun 2020 penulis menyelesaikan pendidikannya di SMAN 1 Kalianda.

Pada tahun yang sama, penulis berhasil diterima sebagai mahasiswa di Prodi Biologi Terapan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SMMPTN (Mandiri). Semasa kuliah, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Entomologi Kesehatan. Selain itu, penulis juga melaksanakan kuliah praktik di UPTD Laboratorium Lingkungan Daerah Provinsi Lampung pada 4 Januari-10 Februari 2023. Penulis juga aktif di dunia organisasi dalam kampus antara lain pengurus Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota bidang KOMINHUM tahun (Periode 2021) dan aktif menjadi anggota BEM FMIPA Unila (Periode 2021-2022).

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhan-Mu lah engkau berharap”

(Q.S Al-Insyirah, 6-8)

“Pengetahuan yang baik adalah yang memberikan manfaat, bukan hanya diingat”

(Imam Syafi'i)

“The future belongs to those who believe in the beauty of their dreams”

(Eleanor Roosevelt)

“The only impossible journey is the one you never begin”

(Tony Robbins)

*Teruntuk Ayah, Ibu, dan Adik yang
selalu menjadi lentera perjalananku*

SANWACANA

Bismillahirrahmanirraahim, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahuwata'ala, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan segala rangkaian proses skripsi ini.

Skripsi dengan judul “**Deteksi *Plasmodium* Pada Spesies Nyamuk *Anopheles* Sebagai Vektor Malaria Dengan Metode *End Point*-PCR Beserta Aktivitas Menggigitnya di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran**” merupakan salah satu syarat wajib untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis penulis mendapatkan bantuan dan dukungan, arahan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung;
3. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Terapan sekaligus selaku penguji utama pada ujian skripsi, yang telah memberikan kritik, masukan, saran, dan nasihat yang membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini menjadi lebih baik;

4. Ibu Dr. Endah Setyaningrum, M.Biomed. selaku pembimbing pertama atas kesediannya memberikan bimbingan, waktu, motivasi, saran, dan kritik dengan kesabaran penuh selama penulis menyusun skripsi hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
5. Ibu Dzul Fithria Mumtazah, M.Sc. selaku pembimbing kedua atas kesediannya memberikan bimbingan, waktu, motivasi, saran, dan kritik dengan kesabaran penuh selama penulis menyusun skripsi hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
6. Ibu Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., PhD selaku pembimbing akademik atas bimbingan, bantuan, saran kepada penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi;
7. Seluruh dosen Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu tanpa mengurangi rasa hormat penulis. Terimakasih atas ilmu pengetahuan dan segala bantuan yang telah diberikan pada penulis selama menempuh pendidikan hingga selesainya skripsi ini;
8. Bapak Aris, Bapak Dody, Bapak Budi Santoso, dan Ibu Enna yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya penelitian sebagai tugas akhir dengan baik;
9. Kedua orang tua tercinta dan tersayang, Ayah dan Ibu serta Adik dan seluruh keluarga besar yang selalu mendoakan, menyayangi dan memberi semangat, dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik;
10. Sahabat terdekat Annisa Dina Ayura, Alsyifani Ismaga, Arnila Septia Cahaya, Callista Holivianto, Dilla Fitri Purnama, Ghina Nafisa Lalita, Nanda Mahiyah, Rara Rahma Fadilla, Retno Ayu Ningsih, Rosa Dwi Amanda dan masih banyak lagi yang tidak penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala canda tawa, dukungan, motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik;
11. Bripda Arya Putra Pamungkas dan keluarga yang selalu mendoakan, mendukung, dan memberikan semangat bagi penulis selama penulis menyelesaikan skripsi;

12. Teman-teman Jurusan Biologi FMIPA Unila angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama penulis menyelesaikan skripsi ini;
13. Almamater Universitas Lampung beserta seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian perkuliahan dan penulisan skripsi ini;

Semoga Allah Subhanahuwata'ala senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya atas segala kebaikan. Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan serta dapat digunakan sebagai bahan referensi maupun informasi bagi seluruh pihak.

Bandarlampung, 18 Juli 2024

Penulis,

Adhelia Wulan Pramesti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Kerangka Teoritis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Identifikasi Spesies <i>Anopheles</i>	6
2.1.1. Identifikasi Morfologi	7
2.1.2. Identifikasi Berbasis Molekuler	7
2.1.3. Identifikasi Berbasis Aplikasi Mobile.....	8
2.2. Bionomik Nyamuk Vektor Malaria	8
2.3. Pengendalian Vektor Malaria	13
2.4. Karakteristik Lingkungan Tempat Perindukan Nyamuk.....	13
2.5. Gambaran Umum Nyamuk <i>Anopheles</i>	15
2.5.1. Klasifikasi <i>Anopheles</i> sp.	15
2.5.2. Daur Hidup Nyamuk <i>Anopheles</i>	16
2.5.3. Morfologi Nyamuk <i>Anopheles</i>	19
2.5.4. Identifikasi Nyamuk <i>Anopheles</i>	21
2.5.5. Konfirmasi <i>Anopheles</i> Sebagai Vektor	22
2.6. <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	25
2.7. Malaria	27
2.8. <i>Plasmodium</i>	29
III. METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2. Alat dan Bahan	31
3.3. Rancangan Penelitian	32

3.3.1. Penangkapan Sampel Nyamuk <i>Anopheles</i>	32
3.3.2. Identifikasi Nyamuk <i>Anopheles</i> Secara Morfologi	33
3.3.3. Perhitungan Jumlah <i>Anopheles</i> Dominan	34
3.3.4. Deteksi <i>Plasmodium</i> Pada <i>Anopheles</i>	34
3.4. Analisis Data	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Penelitian	36
4.1.1. Identifikasi Nyamuk yang Tertangkap	36
4.1.2. Deteksi <i>Plasmodium</i> Pada Nyamuk <i>Anopheles sundaicus</i>	40
4.1.3. Kepadatan Nyamuk <i>Anopheles</i> (<i>Man Hour Density</i>)	41
4.1.4. Kesukaan Menggigit <i>Anopheles</i>	42
4.1.5. Aktivitas Menggigit Nyamuk <i>Anopheles</i>	43
4.2. Pembahasan	46
4.2.1. Identifikasi Nyamuk yang Tertangkap	46
4.2.2. Deteksi <i>Plasmodium</i> Pada Nyamuk <i>Anopheles sundaicus</i>	49
4.2.3. Kepadatan Populasi <i>Anopheles</i>	51
4.2.4. Kesukaan Menggigit <i>Anopheles</i>	52
4.2.5. Aktivitas Menggigit Nyamuk <i>Anopheles</i>	54
V. SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Siklus Hidup Nyamuk <i>Anopheles</i>	16
Gambar 2. Telur Nyamuk <i>Anopheles</i>	17
Gambar 3. Larva Nyamuk <i>Anopheles</i>	17
Gambar 4. Pupa Nyamuk <i>Anopheles</i>	18
Gambar 5. Nyamuk <i>Anopheles</i> Betina Dewasa	18
Gambar 6. Morfologi Nyamuk <i>Anopheles</i>	19
Gambar 7. Rambut Nyamuk <i>Anopheles</i>	20
Gambar 8. Sayap <i>Anopheles sundaicus</i>	39
Gambar 9. Kepala <i>Anopheles sundaicus</i>	40
Gambar 10. Kaki <i>Anopheles sundaicus</i>	40
Gambar 11. Aktivitas menggigit nyamuk <i>Anopheles</i> di dalam dan di luar rumah.	43
Gambar 12. Kondisi lingkungan di Desa Hanura, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran	78
Gambar 13. Penangkapan nyamuk di dalam rumah.	79
Gambar 14. Penangkapan nyamuk di luar rumah	79
Gambar 15. Nyamuk hasil tangkapan (di dalam dan di luar rumah)	79
Gambar 16. Pengambilan kloroform	80
Gambar 17. Pembiusan nyamuk dengan kloroform.	80
Gambar 18. Identifikasi nyamuk dengan mikroskop digital	80
Gambar 19. Identifikasi nyamuk dengan menggunakan buku kunci identifikasi	80
Gambar 20. Genus <i>Culex</i> yang tertangkap	80

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Genus nyamuk yang tertangkap di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran	38
Tabel 2. Karakteristik morfologi nyamuk <i>Anopheles sundaicus</i> yang tertangkap di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran	39
Tabel 3. Hasil <i>End Point</i> -PCR sampel nyamuk <i>Anopheles sundaicus</i>	41
Tabel 4. Kepadatan populasi nyamuk <i>Anopheles</i> (per ekor per orang per jam) di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran	42
Tabel 5. Kesukaan menggigit nyamuk <i>Anopheles</i> di dalam dan di luar rumah di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran	43
Tabel 6. Nilai uji rata-rata Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% terhadap aktivitas menggigit nyamuk (di dalam rumah)	44
Tabel 7. Nilai uji rata-rata Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% terhadap aktivitas menggigit nyamuk (di luar rumah).....	45

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Di Indonesia penyakit malaria masih endemis di beberapa wilayah, umumnya daerah terpencil dan sebagian penderitanya adalah dari golongan ekonomi lemah (Everald dkk., 2015). Salah satu daerah di Indonesia bagian barat yang menjadi daerah endemis malaria dan belum terbebas dari penyakit malaria adalah Provinsi Lampung. Menurut data Provinsi Lampung pada tahun 2021 sebanyak 37 desa yang endemis dari 2.435 desa (1,4%). *Annual Parasite Incidence* (API) atau jumlah kasus penularan malaria per 1.000 penduduk Provinsi Lampung pada tahun 2021 sebesar 0,07 per 1000 penduduk. Data tersebut mengalami kenaikan dari *Annual Parasite Incidence* (API) pada tahun 2020 yaitu 0,05 per 1000 penduduk (Elbands dan Jhons, 2022).

Daerah Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung merupakan daerah endemis malaria karena kondisi alamnya. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi geografis di daerah Pesawaran terdiri dari pesisir pantai, hutan, dan tambak yang tidak terurus sehingga berpotensi menjadi tempat perindukan nyamuk *Anopheles*. Kasus dan kematian akibat malaria masih sering terjadi di Kabupaten Pesawaran selama tahun 2014-2015. Berdasarkan laporan bulanan, pada tahun 2014 ditemukan penemuan dan pengobatan malaria sebanyak 3.037 kasus dan 3 kasus kematian akibat malaria (*Case Fatality Rate* (CFR) 0,10%). Pada tahun 2015 ditemukan penemuan dan pengobatan malaria sebanyak 2.712 kasus dan 2 kematian akibat malaria (*Case Fatality Rate* (CFR) sebesar 0,07%).

Sedangkan berdasarkan data endemisitas malaria dari Dinas Kesehatan Kabupaten Pesawaran tahun 2015 menunjukkan bahwa sebagian besar desa di wilayah Kabupaten Pesawaran merupakan desa tanpa kasus malaria. Dari 144 desa terdapat 18 desa dengan *High Case Incidence* (HCI), 10 desa dengan *Medium Case Incidence* (MCI), dan 2 desa dengan *Low Case Incidence* (LCI), sedangkan 114 desa lainnya adalah desa tanpa kasus malaria (Ritawati dan Yanelza, 2018).

Upaya pengendalian nyamuk *Anopheles* yang merupakan vektor penularan malaria perlu dilaksanakan selain dengan tindakan pengobatan terhadap pasien. Pelaksanaan pengendalian vektor akan rasional, efisien, dan efektif apabila didukung oleh informasi mengenai vektor tersebut. Studi mengenai bionomik nyamuk *Anopheles* meliputi pertumbuhan dan perkembangan fase larva serta kehidupan dan perilaku nyamuk dewasa di bawah pengaruh kondisi lingkungan (Rahmawati dkk., 2014).

Spesies *Anopheles* yang telah terkonfirmasi berperan sebagai vektor malaria di setiap daerah berbeda-beda dan bersifat lokal secara spesifik yang artinya sangat tergantung pada faktor kondisi daerah lokal tersebut. Perilaku nyamuk khususnya vektor malaria juga berbeda-beda pada tiap wilayah dan dapat berpengaruh secara langsung pada epidemiologi serta pengendalian. Oleh karena itu penelitian ini penting dilakukan untuk mengonfirmasi spesies yang berperan sebagai vektor malaria di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran (Kawulur dkk., 2014).

Konfirmasi (pemetaan) ulang vektor perlu dilakukan secara terus menerus untuk mengetahui spesies, kepadatan, aktivitas menggigit, dan spesies *Anopheles* terinfeksi parasit *Plasmodium* yang berperan sebagai vektor malaria. Hingga saat ini metode biomolekuler yang efektif dan telah dikembangkan untuk mendeteksi *Plasmodium* adalah metode *End Point-PCR* karena memiliki nilai sensitivitas 94,1% dan nilai spesifitas 100% (Tooy dkk., 2016). Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mendeteksi *Plasmodium* dengan menggunakan *End Point-PCR*.

Konfirmasi ulang mengenai bionomik seperti spesies, kepadatan, dan aktivitas menggigit vektor dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan untuk menentukan intervensi dalam pengendalian vektor sehingga mempermudah dalam penentuan metode atau cara untuk pengendalian nyamuk *Anopheles* dan menjadikan pengendalian vektor agar lebih efektif kedepannya (Lestari dkk., 2016). Untuk itu, dilakukan penelitian yang berjudul “Deteksi *Plasmodium* Pada Spesies Nyamuk *Anopheles* Sebagai Vektor Malaria Dengan Metode *End Point*-PCR Beserta Aktivitas Menggigitnya di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran”.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain adalah :

1. Mengidentifikasi spesies (jenis) nyamuk *Anopheles* secara morfologi di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.
2. Mendeteksi *Plasmodium* untuk mengonfirmasi spesies (jenis) nyamuk *Anopheles* yang berperan sebagai vektor malaria dengan *End Point*-PCR di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.
3. Mengetahui aktivitas menggigit pada nyamuk *Anopheles* di dalam dan luar rumah di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.
4. Menghitung kepadatan nyamuk *Anopheles* di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terbaru mengenai spesies yang berperan sebagai vektor malaria dan aktivitas menggigitnya yang dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam upaya perencanaan pengendalian vektor malaria khususnya di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran.

1.4. Kerangka Teoritis

Malaria merupakan penyakit menular yang sangat dominan di daerah tropis dan subtropis yang dapat menyebabkan kematian lebih dari sejuta manusia di setiap tahunnya. Penyakit malaria disebabkan oleh parasit sporozoa *Plasmodium* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina infeksius. Sebagian besar nyamuk *Anopheles* akan menggigit pada waktu senja atau malam hari. Pada beberapa jenis nyamuk puncak gigitannya adalah tengah malam sampai fajar.

Ada tiga faktor utama yang saling berhubungan dalam penyebaran malaria yaitu *host* (manusia dan nyamuk), *agent* (*Plasmodium*), dan *environment* (lingkungan). Penyebaran malaria terjadi apabila ketiga komponen tersebut saling mendukung. Sebagai *host intermediate*, manusia bisa terinfeksi oleh *Plasmodium* dan sebagai tempat berkembang biaknya *Plasmodium*.

Penyebaran nyamuk *Anopheles* di Indonesia bersifat lokal spesifik artinya spesies *Anopheles* yang ditemukan di suatu wilayah dipengaruhi oleh kespesifikan perkembangbiakannya. Pola sebaran *Anopheles* ditentukan oleh faktor lingkungan, zoogeografi, dan ekologi.

Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran menjadi daerah yang endemis malaria karena kondisi alamnya. Kondisi alam di daerah tersebut memungkinkan menjadi tempat untuk perkembangbiakan sekaligus perindukan nyamuk penyebab penyakit malaria. Hal ini disebabkan karena daerah tersebut memiliki banyak genangan air, parit, dan tambak terlantar yang berpotensi menjadi tempat perindukan nyamuk. Adanya masalah tersebut, maka perlu dilakukan pengendalian vektor yang efektif dalam mengendalikan penyakit malaria di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

Penerapan pengendalian vektor akan efektif apabila didukung oleh informasi mengenai vektor. Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi dan deteksi *Plasmodium* guna mengonfirmasi spesies nyamuk yang berperan

sebagai vektor malaria serta melihat sisi bionomiknya. Hal tersebut dilakukan karena spesies *Anopheles* yang berperan sebagai vektor malaria dapat berbeda-beda di setiap wilayah dan harus selalu diperbarui informasinya. Penelitian ini mengidentifikasi jenis nyamuk dengan cara melihat morfologi dan deteksi *Plasmodium* untuk mengonfirmasi spesies yang berperan sebagai vektor malaria secara molekuler dengan metode *End Point-PCR* serta melihat sisi bionomik vektor seperti waktu aktivitas menggigit nyamuk.

Atas dasar pemikiran tersebut maka penelitian yang dilakukan diharapkan dapat berfungsi untuk mendapat informasi terbaru mengenai spesies *Anopheles* yang berperan sebagai vektor malaria dan aktivitas menggigitnya yang dapat digunakan sebagai dasar dalam pengendalian vektor yang efektif dalam pengendalian penyebab penyakit malaria di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Identifikasi Spesies *Anopheles*

Secara umum identifikasi merupakan suatu tindakan yang akan dilakukan melalui beberapa proses seperti mencari, menemukan, meneliti, dan mencatat data serta informasi mengenai suatu objek. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui identitas suatu bagian dari keseluruhan dengan melihat ciri-ciri tertentu seperti morfologi dan anatomi. Identifikasi vektor malaria adalah kegiatan mencari, menemukan, meneliti, mencatat data dan informasi mengenai nyamuk *Anopheles* yang berperan sebagai vektor pembawa *Plasmodium* dan dapat menyebabkan agen penyakit melalui gigitannya. Identifikasi nyamuk *Anopheles* penting dilakukan karena setiap spesies mempunyai kemampuan penularan penyakit yang berbeda-beda sehingga proses identifikasi nyamuk merupakan langkah penting untuk mengenal ciri-ciri berbagai jenis *Anopheles* (Wahyuni dkk., 2018).

Identifikasi jenis nyamuk *Anopheles* berguna untuk perencanaan dan pengendalian vektor malaria karena setiap spesies mempunyai perbedaan bionomik, ekologi, serta faktor-faktor yang mempengaruhinya sehingga pengendalian malaria akan lebih efektif melalui pengendalian vektor nyamuk. Ada beberapa jenis identifikasi yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi vektor antara lain adalah identifikasi karakter morfologi, identifikasi berbasis molekuler, dan identifikasi menggunakan aplikasi mobile (Lestari dkk., 2016).

2.1.1. Identifikasi Morfologi

Pada identifikasi karakter morfologi, nyamuk ditangkap dengan menggunakan kloroform dan dibius menggunakan kloroform. Selanjutnya nyamuk diidentifikasi spesiesnya menggunakan mikroskop stereo dan berdasarkan buku kunci identifikasi. Ciri-ciri yang diamati dalam menentukan morfologi nyamuk *Anopheles* dewasa antara lain adalah ada tidaknya bercak pada kaki, probosis, palpus, dan venasi pada sayap. Variasi hasil identifikasi morfologi antar spesies *Anopheles* dapat dipengaruhi oleh perbedaan habitat maupun perbedaan geografis. Variasi tersebut dapat berupa perbedaan ukuran, warna, tingkah laku, dan lain-lain sehingga menimbulkan perbedaan morfologi. Identifikasi morfologi yang akurat dapat bermanfaat untuk mengetahui karakter dan jumlah spesies sehingga dapat memberikan gambaran mengenai keanekaragaman *Anopheles* di suatu daerah. Oleh karena itu, identifikasi karakter secara morfologi diharapkan dapat dijadikan sebagai landasan ilmiah dalam pengendalian kasus malaria sesuai dengan daerah penyebarannya (Sabir dkk., 2017).

2.1.2. Identifikasi Berbasis Molekuler

Selain identifikasi morfologi, saat ini juga telah berkembang identifikasi berbasis molekuler dengan metode DNA *barcoding* (Beebe, 2018). Tujuan dari karakterisasi molekuler adalah untuk mengonfirmasi hasil dari identifikasi morfologi. Identifikasi molekuler penting digunakan dalam identifikasi nyamuk *Anopheles* karena nyamuk tersebut memiliki anggota yang tergolong dalam spesies kompleks yang sulit dibedakan hanya dengan mengandalkan identifikasi karakter morfologi seperti *sibling* dan *cryptic*. Oleh karena itu, identifikasi molekuler berbasis DNA *barcoding*

digunakan untuk menentukan keakuratan identifikasi spesies *Anopheles* (Weeraratne dkk., 2018).

2.1.3. Identifikasi Berbasis Aplikasi Mobile

Selain identifikasi karakter morfologi dan identifikasi berbasis molekuler, saat ini juga terdapat identifikasi dengan aplikasi mobile. Identifikasi dengan aplikasi mobile dilakukan menggunakan telepon pintar yang sudah diinstal aplikasi yang telah dibuat. Adanya aplikasi dengan teknologi modern melalui telepon pintar mampu memberikan tampilan informasi yang menarik. Pada identifikasi dengan aplikasi mobile, pengenalan objek dan grafika dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan untuk pemrograman mobile berdasarkan pada citra tanpa penggunaan model tiga dimensi. Pendekatan yang sesuai adalah menggunakan algoritma *Eigenface*. Algoritma ini dinilai cukup sederhana, yaitu citra diekstraksi kemudian informasi yang terkandung dalam citra yang berupa sekumpulan variasi-variasi penting dalam citra digunakan sebagai informasi untuk mengkodekan dan membandingkan citra nyamuk *Anopheles* (Dengen, 2022).

2.2. Bionomik Nyamuk Vektor Malaria

Penularan malaria dilakukan oleh nyamuk betina dari Genus *Anopheles* (Indriyati dkk., 2017). Penyebaran nyamuk *Anopheles* di Indonesia bersifat lokal spesifik artinya spesies *Anopheles* yang ditemukan di suatu wilayah dipengaruhi oleh kespesifikan perkembangbiakannya. Pola sebaran *Anopheles* ditentukan oleh faktor lingkungan, zoogeografi, dan ekologi. Di Indonesia, *Anopheles* tersebar di sebagian besar provinsi dan kota, dimana setiap wilayah mempunyai kondisi geografis, topografi, dan iklim yang berbeda-beda (Mahdalena dan Tri, 2020).

Berdasarkan habitatnya, nyamuk *Anopheles* hidup di daerah pesisir pantai, sawah dan daerah pegunungan. Di daerah pesisir atau perairan yang memiliki karakteristik air payau, kelembaban yang tinggi, dan paparan sinar matahari langsung biasanya disukai oleh nyamuk *Anopheles flavirostris*, *Anopheles koliensis*, *Anopheles ludlowi*, *Anopheles minimus*, *Anopheles punctulatus*, *Anopheles parangensis*, *Anopheles sundaicus*, dan *Anopheles subpictus*. Pada daerah tersebut, kepadatan nyamuk tertinggi dapat ditemui pada musim kemarau. Pada daerah persawahan yang memiliki karakteristik tersedianya air tawar sepanjang tahun, sinar matahari tidak langsung menyinari permukaan air, dan kelembaban tinggi serta suhu yang stabil banyak ditinggali oleh nyamuk *Anopheles aconitus*, *Anopheles barbirostris*, *Anopheles vagus*, *Anopheles kochi*, *Anopheles annularis*, dan *Anopheles sinensis*. Pada daerah persawahan, kepadatan nyamuk biasanya muncul pada saat padi berumur 50 hari hingga tiba masa panen. Hal itu karena pada usia tersebut daun padi telah rimbun sehingga menjadi tempat berkembang biak yang ideal bagi nyamuk. Berbeda dengan daerah pesisir dan persawahan, nyamuk *Anopheles* yang hidup di daerah pegunungan banyak mendiami daerah dengan air tawar yang jernih dengan kelembaban yang tinggi seperti danau dan kolam yang terhindar dari sinar matahari langsung. Jenis *Anopheles* yang banyak ditemukan di kawasan ini antara lain *Anopheles maculatus*, *Anopheles philipinensis*, *Anopheles ramsayi*, *Anopheles annularis*, *Anopheles bancrofti*, dan *Anopheles umbrosus*. Kepadatan nyamuk tertinggi sering terjadi pada musim kemarau yaitu pada saat permukaan air di danau dan kolam menurun (Huda dkk., 2022).

Upaya masyarakat dalam mengendalikan vektor tersebut belum mendapatkan hasil yang optimal karena masih tingginya kasus malaria di beberapa wilayah Indonesia. Salah satu penyebab belum optimalnya pengendalian tersebut adalah kurangnya informasi terhadap aspek bionomik vektor malaria. Bionomik adalah pengaruh lingkungan terhadap perilaku nyamuk. Studi mengenai bionomik nyamuk *Anopheles* meliputi perilaku nyamuk dewasa di bawah pengaruh kondisi lingkungan. Bionomik nyamuk

Anopheles sangat berhubungan dengan kebiasaan aktivitas menggigit (*biting activity*), tempat mencari makan atau pakan darah (*feeding place*), tempat istirahat (*resting place*), dan tempat berkembangbiak (*breeding place*).

1. Aktivitas Menggigit Nyamuk (*Biting Activity*)

Sebagian besar nyamuk *Anopheles* mempunyai aktivitas menggigit pada malam hari dan menunjukkan fluktuasi pada waktu-waktu tertentu. Berdasarkan waktu menggigitnya, nyamuk akan aktif menghisap darah dari suatu hospesnya pada waktu malam hari, yaitu dimulai dari senja hingga dini hari (Adityo dan Mala, 2018). Sebagian besar nyamuk *Anopheles* mempunyai dua puncak gigitan di malam hari yang berbeda diantara satu spesies dan spesies lainnya. Kondisi tersebut dapat berubah karena pengaruh suhu, kelembaban udara, dan kecepatan angin sehingga dapat menyebabkan bertambahnya atau berkurangnya keberadaan nyamuk *Anopheles* di suatu tempat.

Daerah yang disukai nyamuk adalah habitat nyamuk yang dapat digunakan sebagai tempat peristirahatan, tempat berkembang biak, serta tempat hospes yang disukainya. Pada tempat yang disukai, di berbagai aktivitasnya nyamuk akan melakukan orientasi mengenai habitatnya untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan fisiologisnya. Meskipun nyamuk akan berkumpul di tempat yang disukai, namun kadang mencari tempat baru yang lebih baik dengan cara terbang jauh dari habitat awalnya (Khairiyanti dkk., 2021).

Berdasarkan tempat menggigitnya, perilaku nyamuk dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu perilaku nyamuk yang lebih suka menggigit di luar rumah (eksofagik) dan perilaku nyamuk yang lebih suka menggigit di dalam rumah (endofagik). Kemudian berdasarkan obyek yang digigit, nyamuk dapat dibagi menjadi tiga, yaitu perilaku nyamuk yang lebih suka menggigit darah manusia (antropofilik), perilaku nyamuk yang lebih suka menggigit hewan (zoofilik), dan perilaku nyamuk tanpa kesukaan tertentu terhadap hospes

(*indiscriminate biters/indiscriminate feeders*) yaitu tergantung ketersediaan hospes. Sedangkan berdasarkan aktivitas menggigit atau menghisap darah, nyamuk dapat dibagi menjadi dua yaitu nyamuk yang menghisap darah ketika waktu malam hari (*night-biters*) dan nyamuk yang menghisap darah pada waktu siang hari (*day-biters*) (Mutiarra dan Anindita, 2019).

Berdasarkan penelitian Arifianto dkk, (2018) selama enam bulan, aktivitas menggigit nyamuk *Anopheles* menunjukkan di dalam rumah (HMDR) hanya ditemukan sekali yaitu antara pukul 21.00-22.00 dengan kepadatan 0,06 ekor/orang/jam. Hal tersebut disebabkan karena pada waktu tersebut penduduk menonton televisi dengan kebiasaan membuka pintu rumah pada malam hari sehingga memungkinkan adanya kontak nyamuk dengan manusia yang lebih besar dan menyebabkan penularan. Sedangkan pada Pengamatan Hinggap Manusia Luar Rumah (HMLR), aktivitas menggigit nyamuk *Anopheles* mulai mengalami peningkatan antara pukul 19.00 dan puncak kepadatan *Anopheles* menggigit terjadi antara pukul 21.00-22.00 dengan jumlah kepadatan 5,18 ekor/orang/jam. Hal tersebut menunjukkan bahwa nyamuk *Anopheles* memiliki tingginya kemampuan menggigit orang di luar rumah daripada di dalam rumah sehingga dapat dikatakan bahwa nyamuk *Anopheles* lebih bersifat eksofagik.

2. Tempat Mencari Darah (*Feeding Place*)

Pada umumnya, hanya nyamuk betina yang mempunyai telur pada tingkat pertumbuhannya saja yang aktif mencari darah. Ketika mencari darah, nyamuk akan terbang berkeliling untuk mencari rangsangan yang menjadi indikator keberadaan inang dan kemudian menggigit inangnya (Tindige dkk., 2018). Nyamuk *Anopheles* aktif mencari darah pada waktu sore dan malam hari (Rehena dkk., 2021).

3. Tempat Istirahat (*Resting Place*)

Setelah menghisap darah, nyamuk akan mencari tempat istirahatnya. Waktu istirahat nyamuk dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu waktu istirahat sebenarnya dan waktu istirahat sementara. Waktu istirahat sebenarnya adalah waktu istirahat nyamuk dengan menunggu poses pematangan telur untuk kemudian siap bertelur *breeding site*, sedangkan istirahat sementara adalah waktu sebelum dan sesudah nyamuk mencari darah. Tempat yang disenangi nyamuk untuk istirahat adalah tempat yang teduh dengan intensitas cahaya rendah, lembab, sedikit angin, dan gelap. Berdasarkan tempat hinggap atau istirahatnya, perilaku nyamuk dapat dibagi menjadi 2 yaitu perilaku nyamuk yang lebih suka hinggap atau beristirahat di luar rumah (eksofilik) seperti di kandang hewan dan perilaku nyamuk yang lebih suka hinggap atau beristirahat di dalam rumah (endofilik) seperti di dinding rumah.

4. Tempat Berkembangbiak (*Breeding Place*)

Dalam proses perkembangbiakannya nyamuk selalu menggunakan air yang tergenang dalam melakukan siklus aquaticnya. Nyamuk *Anopheles* betina mempunyai kemampuan memilih tempat perindukan atau perkembangbiakan berdasarkan kesukaan dan kebutuhannya. Nyamuk lebih menyukai genangan air yang bersentuhan dengan tanah. Namun apabila tidak dapat menemukan tempat tersebut, maka nyamuk *Anopheles* juga akan memanfaatkan genangan air yang ada meskipun tidak bersentuhan langsung dengan tanah.

Informasi mengenai spesies *Anopheles* di setiap wilayah harus selalu diperbarui terutama informasi spesies *Anopheles* yang menjadi vektor malaria di wilayah tertentu sehingga upaya pengendalian vektor malaria dapat disesuaikan dengan bionomik dari vektor tersebut. Oleh karena itu, pemahaman terhadap bionomik vektor sangat penting dalam perencanaan pengendalian vektor agar memberikan hasil yang optimal (Mahdalena dan Tri, 2020).

2.3. Pengendalian Vektor Malaria

Pengendalian vektor adalah salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit menular. Upaya pengendalian vektor malaria yang dapat dilakukan yaitu dengan berbagai cara, antara lain dengan pengendalian secara fisik, lingkungan, kimiawi, dan biologis. Pengendalian vektor berguna untuk memutus rantai penularan penyakit. Pengendalian vektor meliputi tindakan yang ditujukan terhadap vektor penyakit untuk membatasi kemampuannya menularkan penyakit dengan melindungi daerah yang diketahui reseptif terhadap penularan. Upaya pemberantasan nyamuk *Anopheles* yang merupakan vektor penularan malaria perlu dilakukan selain dengan tindakan pengobatan terhadap penderita. Hal ini merupakan upaya penting untuk mengurangi jumlah kasus malaria. Penerapan pengendalian vektor akan efektif apabila didukung oleh informasi mengenai vektor khususnya perilaku, penyebaran, dan aktivitas menggigit vektor. Oleh karena itu, pengetahuan dan pemahaman mengenai nyamuk *Anopheles* sebagai vektor penyakit malaria di daerah penularannya penting dalam program intervensi pengendalian vektor. Pengendalian vektor akan berhasil secara efektif dan optimal apabila terdapat kesesuaian antara perilaku vektor selaku sasaran dengan metode pengendalian yang diterapkan (Kaltsum dkk., 2022).

2.4. Karakteristik Lingkungan Tempat Perindukan Nyamuk

Salah satu faktor yang memberikan kontribusi besar terhadap penyebaran penyakit malaria adalah faktor lingkungan. Lingkungan yang berpengaruh terhadap penyakit malaria yaitu lingkungan fisik, lingkungan kimia, dan lingkungan biologis (Sugiarti, 2020).

1. Lingkungan Fisik

Adapun lingkungan fisik yang mendukung perkembangbiakan *Anopheles* meliputi musim hujan, kelembaban, angin, matahari, dan aliran air (Sinum dkk., 2023). Adanya faktor musim seperti musim hujan akan mempengaruhi keberadaan habitat vektor malaria. Tingginya curah hujan akan mempengaruhi perkembangbiakan larva nyamuk. Selain itu, curah hujan yang berlebihan juga dapat mengubah air dengan aliran kecil menjadi aliran yang deras hingga menyebabkan larva, pupa, serta telur-telur terbawa aliran air. Sebaliknya, curah hujan yang rendah akan berdampak pada beberapa spesies *Anopheles* sehingga menyebabkan mereka berkembang biak lebih banyak (Putri dkk., 2019).

2. Lingkungan Kimia

Adapun lingkungan kimia yang dapat mendukung perkembangan vektor malaria antara lain adalah pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO). pH air mempunyai peranan penting dalam pengaturan respirasi dan fotosintesis. Derajat keasaman air berperan dalam respirasi dan sistem enzim dalam tubuh larva nyamuk. Larva tidak dapat hidup dalam medium pH 3 atau pH 10 karena terlalu asam dan basa (Zamil dkk., 2021). Selain itu, keberadaan nyamuk malaria di suatu daerah dapat dipengaruhi oleh salinitas air. Menurut penelitian Putri dkk (2021), tempat perindukan vektor malaria *Anopheles* di Desa Hanura Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung memiliki rata-rata salinitas air sebesar 3,28%. Hasil uji korelasi menunjukkan salinitas berkorelasi positif terhadap kepadatan dengan nilai korelasi (r) sebesar 0,647 yang berarti semakin rendah salinitas maka semakin rendah pula kepadatan larva di tempat perindukan.

3. Lingkungan Biologis

Lingkungan biologis menjadi salah satu karakteristik lingkungan yang mempengaruhi tempat perindukan nyamuk untuk berkembang. Dalam lingkungan biologis, berbagai tumbuhan air dan hewan air dapat mempengaruhi perkembangbiakan nyamuk malaria. Adanya tumbuhan air sangat mempengaruhi kehidupan nyamuk antara lain sebagai tempat meletakkan telur, tempat berlindung, tempat mencari makanan, dan tempat hinggap istirahat nyamuk. Tumbuhan di sekitar perairan akan mempengaruhi keberadaan oksigen yang dibutuhkan oleh organisme perairan tersebut untuk hidup. Selain tumbuhan air, ikan merupakan predator yang efektif dalam pengendalian vektor malaria dengan cara penebaran di laguna sebagai predator larva nyamuk. Keberadaan ikan pada habitat perkembangbiakan mempengaruhi kepadatan jentik nyamuk. Semakin banyak ikan maka kepadatan jentik semakin kecil, demikian sebaliknya.

2.5. Gambaran Umum Nyamuk *Anopheles*

2.5.1. Klasifikasi *Anopheles* sp.

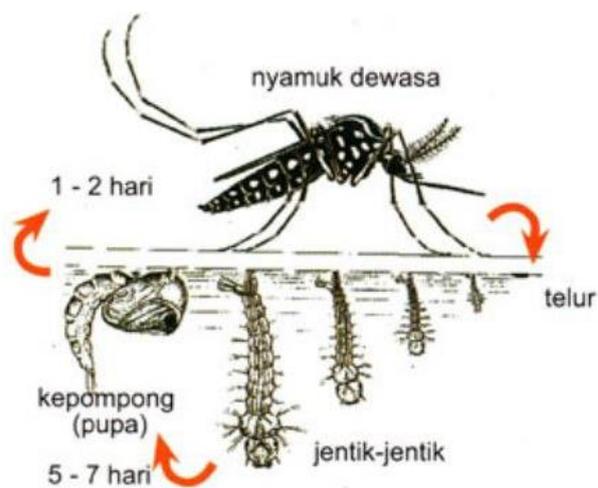
Klasifikasi nyamuk *Anopheles* sp. menurut Borror dkk, (1996) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Diptera
Family	: Culicidae
Genus	: <i>Anopheles</i>
Species	: <i>Anopheles</i> sp.

2.5.2. Daur Hidup Nyamuk *Anopheles*

Fase hidup nyamuk *Anopheles* mengalami metamorfosis sempurna yang terdiri dari empat stadium (**Gambar 1**) yaitu telur, larva, pupa, dan nyamuk dewasa. Dalam daur hidupnya, stadium telur, larva, dan pupa hidup di dalam air sedangkan stadium dewasa hidup berterbangan.

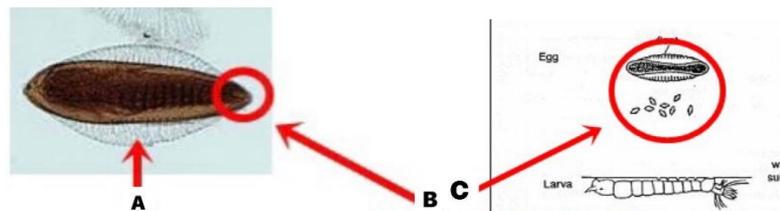
Tahap metamorfosis *Anopheles* berlangsung 2-5 minggu yang bervariasi tergantung jenis spesies dan keadaan alam atau faktor luar seperti makanan, suhu, dan lokasi peletakan telur.



Gambar 1. Siklus Hidup Nyamuk *Anopheles* sp. (Febby, 2021)

Pada fase telur, *Anopheles* betina mampu menghasilkan telur 50 hingga 200 butir pada satu kali fase bertelur. Morfologi telur nyamuk *Anopheles* berukuran panjang dan lonjong dengan kedua ujungnya yang meruncing (**Gambar 2A;2B**). Telur ini diletakkan pada permukaan air yang tenang. Peletakan telur *Anopheles* adalah terpisah satu persatu dan terpisah di atas permukaan air (**Gambar 2 C**). Dalam waktu 1-2 hari atau seminggu lebih telur akan berkembang menjadi larva tergantung dengan keadaan suhu. Pada

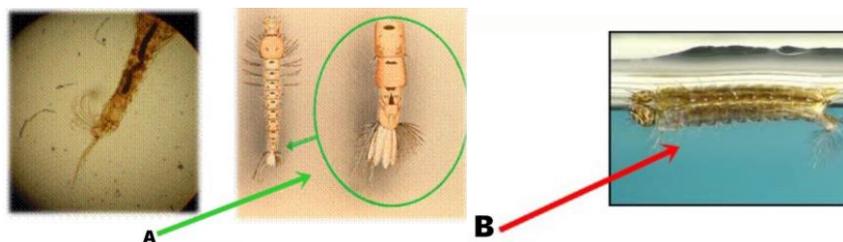
suhu 30°C telur akan menetas dalam 1-2 hari, sedangkan pada suhu 16°C telur akan menetas dalam waktu seminggu atau lebih. Hal tersebut dikarenakan bahwa pada suhu 25°C menjadi kontrol yang memiliki tingkat penetasan telur yang tertinggi. Rentang suhu optimal bagi telur untuk menetas adalah pada suhu 25°C (Embong dan Made, 2016).



Gambar 2. Telur Nyamuk *Anopheles* (Agus, 2015).

(A). Bentuk telur panjang lonjong, (B). Ujung telur runcing, (C). Peletakan telur *Anopheles* secara terpisah satu persatu

Setelah menetas, telur akan berubah menjadi larva nyamuk. Larva pada nyamuk *Anopheles* terdiri dari 4 substadium (instar). Pertumbuhan larva dari stadium I hingga stadium IV membutuhkan waktu yang berlangsung selama 8-10 hari. Larva memiliki kepala, mulut, toraks, dan abdomen. Pada stadium ini, larva nyamuk *Anopheles* sp. tidak memiliki alat bantu pernapasan (*siphon*) (**Gambar 3A**). Oleh karena itu, letak pada saat beristirahat akan sejajar dengan permukaan air (**Gambar 3B**) (Andriyani dan Anita, 2019).



Gambar 3. Larva Nyamuk *Anopheles* (Agus, 2015)

(A). Larva tidak memiliki siphon, (B). Posisi larva *Anopheles* saat istirahat (sejajar dengan permukaan air)

Tahap pembentukan pupa dapat disebut juga tahap istirahat dari daur hidup nyamuk (**Gambar 4**). Pada fase pupa dibutuhkan suhu pada kisaran 25°C- 27°C yang berlangsung selama 2 hingga 4 hari. Pada stadium ini oksigen diperlukan dan diambil melalui pernafasan namun tidak memerlukan makan. Pada nyamuk jantan pupa akan menetas lebih dahulu dibandingkan dengan betina. Pupa akan menempel pada permukaan air dan kemudian masuk ke fase pembentukan alat-alat tubuh nyamuk dewasa yang meliputi bagian kaki, kedua sayap, serta alat kelamin.



Gambar 4. Pupa Nyamuk *Anopheles* (Hamrsky, 2015)

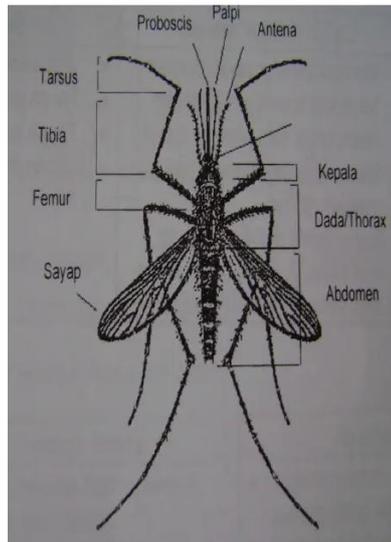
Daur hidup nyamuk yang terakhir adalah ketika pupa berkembang menjadi nyamuk dewasa dan tidak lagi menghabiskan hidupnya di air (**Gambar 5**). Meski begitu, nyamuk dewasa yang baru saja berubah dari tahap pupa akan beristirahat di permukaan air untuk sementara waktu.



Gambar 5. Nyamuk *Anopheles* Betina Dewasa (Sambuaga dkk., 2019)

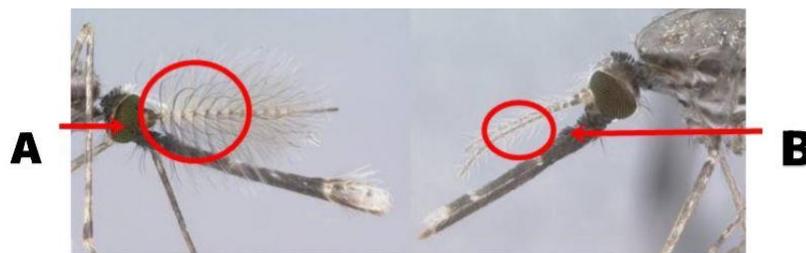
2.5.3. Morfologi Nyamuk *Anopheles*

Pada umumnya nyamuk *Anopheles* dewasa memiliki tubuh yang ramping dan terdiri atas 3 bagian utama, yaitu kepala (*caput*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*) (**Gambar 6A;6B;6C**) (Sambuaga dkk., 2019).



Gambar 6. Morfologi Nyamuk *Anopheles* (Educhanel, 2022)
(A). Kepala (*Caput*), (B). Dada (*Thorax*), (C). Perut (*Abdomen*)

Pada bagian kepala terdapat sepasang mata, sepasang antena, probosis, dan palpus. Bagian mata nyamuk *Anopheles* atau sering disebut juga *hensen* berupa mata majemuk. Antena pada nyamuk *Anopheles* berfungsi sebagai alat untuk mendeteksi bau dari hospesnya (manusia atau hewan) serta tempat untuk meletakkan telur. Antena tersebut terbagi menjadi 15 segmentasi yang setiap segmennya memiliki rambut yang dapat berfungsi untuk membedakan jenis kelamin betina dan jantan. Perbedaan antara keduanya adalah pada nyamuk *Anopheles* betina memiliki bulu pendek dan jarang (*pilose*), sedangkan pada nyamuk *Anopheles* jantan memiliki bulu yang panjang dan lebar (*plumose*) (**Gambar 7**).



Gambar 7. Rambut pada *Anopheles* (Agus, 2015)

(A). Rambut *Anopheles* jantan (panjang dan lebat), (B). Rambut *Anopheles* betina (pendek dan jarang)

Probosis atau mulut nyamuk *Anopheles* berbentuk lurus dan tidak runcing yang terletak di kepala bagian tengah dan berfungsi untuk menusuk atau menghisap darah maupun makanan lainnya seperti nektar. Di bagian kiri kanan probosis terdapat sepasang palpus yang terdiri dari 5 ruas dengan panjang hampir sama. Perbedaan antara nyamuk jantan dan betina adalah pada nyamuk jantan memiliki ruas palpus di bagian apikal yang berbentuk gada, sedangkan pada nyamuk betina memiliki ruas yang mengecil. Probosis pada nyamuk *Anopheles* betina digunakan sebagai alat untuk menghisap darah, sedangkan pada nyamuk *Anopheles* jantan digunakan sebagai alat untuk menghisap bahan-bahan cair, seperti cairan tumbuh-tumbuhan, buah-buahan, dan keringat (Wahyuni dkk., 2021).

Dada (*thorax*) pada nyamuk *Anopheles* terdiri dari tiga bagian yaitu *mesothorax*, *prothorax*, dan *methathorax* yang lebih menonjol dibandingkan kedua *thorax* lainnya. Pada setiap bagian *thorax* memiliki penggerak berupa 3 pasang kaki (*hexapoda*) yang melekat. Setiap pasang kaki terdiri dari 1 ruas femur, 1 ruas tibia, dan 5 ruas tarsus. Pada *mesothorax* menjadi bagian yang terbesar dengan otot-otot yang kuat dan terdapat sepasang sayap yang ditumbuhi sisik-sisik sayap berbintik dan berkelompok membentuk gambaran belang-belang hitam dan putih. Selain itu, di bagian ujung sisik sayap membentuk lengkung tumpul. Sedangkan pada

metathorax terdapat penanda jenis nyamuk yang berupa post dorsal yang memiliki *scutellum* dan berjumlah tiga lobi.

Anopheles memiliki abdomen yang terdiri dari 8 segmen yang terlihat dengan jelas dan berbeda dengan segmen ke-9 dan ke-10 yang bentuknya menyerupai alat kelamin. Di setiap segmennya terdapat lempeng atas atau keping dorsal (*tergit*) dan lempeng bawah atau keping ventral (*sternit*). Pada segmen terakhir abdomen terdapat alat kopulasi yang berfungsi untuk perkawinan dan oviposisi pada nyamuk betina. Kedua lempeng pada segmen saling berhubungan satu sama lain melalui membrane pleura. Pada segmen depan berhubungan dengan bagian membran pleura depan sedangkan bagian segmen belakang berhubungan dengan membran intersegmen (selaput antar segmen).

2.5.4. Identifikasi Nyamuk *Anopheles*

Morfologi bagian tubuh nyamuk sangat penting untuk diketahui guna membantu dalam melakukan identifikasi nyamuk. Berbagai spesies nyamuk memiliki ciri khusus dan ciri umum yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengidentifikasi sampai dengan tingkat spesies, salah satunya adalah *Anopheles*.

Ciri-ciri umum yang dimiliki *Anopheles* diantaranya adalah bentuk probosis dan palpi yang sama panjang, urat sayap berwarna gelap dan pucat, kaki yang berukuran panjang dan langsing, serta penopang dada (*scutellum*) yang berbentuk setengah lingkaran. Sedangkan ciri khusus yang dapat membedakan nyamuk *Anopheles* dengan nyamuk yang lain diantaranya adalah pada sayap yang terdapat urat-urat dengan noda gelap dan pucat serta kaki belakang yang terdapat bintik-bintik bernoda pucat. Selain itu cara membedakannya dari nyamuk lain yaitu mengamati posisi istirahat

dan mengisap darahnya dengan cara mengangkat abdomen bagian belakangnya (Mahdalena dan Tri, 2020).

Terdapat perbedaan antara morfologi nyamuk Anophelini (*Anopheles*) apabila dibandingkan dengan morfologi nyamuk Culicini seperti *Aedes*, *Culex*, dan *Mansonia*, terutama mengenai bagian-bagian tubuhnya. Pada *Anopheles* dapat dibedakan secara umum yaitu terletak pada panjang probosis yang sama dengan palpi dan juga keberadaan bintik-bintik hitam dan putih pada sayap. Pada nyamuk *Aedes* memiliki ciri kaki yang berwarna belang hitam pada kaki serta abdomen yang memiliki ujung meruncing. Sedangkan ciri umum pada *Mansonia* terdapat sisik-sisik sayap berwarna coklat dan bercampur pucat, serta *Culex* dapat dilihat dari ukuran probosis yang lebih panjang dan ujung kakinya yang terdapat *pulvilli* (Wahyuni dkk., 2021).

Untuk mempermudah dalam melakukan identifikasi nyamuk *Anopheles* Departemen Kesehatan RI menerbitkan buku kunci bergambar nyamuk dan jentik *Anopheles* di Indonesia oleh oleh C Connor dan Soepanto (2021) yang dapat dijadikan sebagai petunjuk atau acuan dalam melakukan identifikasi sehingga bermanfaat untuk upaya pemberantasan vektor penyebab penyakit malaria di Indonesia.

2.5.5. Konfirmasi *Anopheles* Sebagai Vektor

Nyamuk dapat dikatakan menjadi vektor penyakit apabila memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Persyaratan-persyaratan tersebut meliputi tingginya kontak vektor nyamuk terhadap manusia yang dinyatakan dalam kepadatan menggigit orang (MBR), memiliki jumlah yang selalu dominan apabila dibandingkan dengan spesies lainnya, memiliki umur yang

cukup panjang dalam persen nyamuk, dan telah dikonfirmasi sebagai vektor penyakit di tempat lain.

Di Indonesia ada sekitar 80 spesies nyamuk *Anopheles* dan 24 diantaranya telah terbukti berperan sebagai vektor penyakit malaria. Diantara masing-masing spesies memiliki sifat yang berbeda-beda antara suatu daerah dengan daerah yang lain bergantung dari berbagai macam faktor seperti iklim, tempat perindukan, dan geografis.

Sampai saat ini ditemukan 80 spesies *Anopheles* di Indonesia sebagai vektor penularan penyakit malaria. Sebanyak 25% spesies *Anopheles* telah dikonfirmasi sebagai vektor malaria di beberapa daerah. Berbagai jenis nyamuk tersebar dan ditemukan di seluruh wilayah Indonesia. Di Indonesia bagian timur, nyamuk yang ditemukan sebagai vektor malaria antara lain *Anopheles bancrofti*, *Anopheles koliensis*, *Anopheles farauti*, *Anopheles subpiktus*, *Anopheles barbirostris*, dan *Anopheles sundaicus*. Di wilayah Sulawesi, nyamuk yang berperan sebagai vektor malaria adalah *Anopheles barbirostris*, *Anopheles sundaicus*, *Anopheles kochi*, dan *Anopheles nigerrimus*. Di Kalimantan nyamuk yang berperan sebagai vektor penularan penyakit malaria antara lain *Anopheles balabacensis*, *Anopheles leucosphru*, dan *Anopheles sundaicus*. Sedangkan di Pulau Sumatera, nyamuk yang menjadi vektor penyakit malaria adalah *Anopheles kochi*, *Anopheles sundaicus*, *Anopheles tessellatus*, *Anopheles campestris*, *Anopheles letifer*, *Anopheles minimus*, *Anopheles phillipinensis*, dan *Anopheles separatus* (Aida dkk., 2022).

Di daerah Lifuleo, Kabupaten Nusa Tenggara Timur, umumnya penyakit malaria disebabkan oleh *Plasmodium falciparum* (Rahmawati dkk., 2014). Kondisi curah hujan di daerah tersebut berbanding lurus dengan kepadatan *Anopheles* yang berarti apabila

curah hujan tinggi maka kepadatan *Anopheles* juga akan meningkat. Sebaliknya di daerah Cilacap, vektor yang paling dominan adalah *Anopheles sundaicus*. Di daerah tersebut, kasus malaria lebih banyak ditemukan disaat musim kemarau karena terdapat peningkatan dalam pembentukan tempat perindukan di muara sungai (Pratama, 2015).

Malaria terjadi ketika ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Untuk menjadi vektor malaria, nyamuk *Anopheles* betina harus hidup minimal 9 hingga 16 hari untuk mendorong perkembangan sporozoit. Hal tersebut berkaitan dengan siklus sporozoit dalam tubuh nyamuk yang berlangsung selama 8 hingga 16 hari. Lama pertumbuhan parasit di dalam tubuh nyamuk diperkirakan berkisar selama 7 hari untuk *Plasmodium vivax*, 9 hari untuk *Plasmodium ovale*, 10 hari untuk *Plasmodium falcifarum*, 14-16 hari untuk *Plasmodium malariae*, dan 10 hari untuk *Plasmodium knowlesi*. Dalam prosesnya, sporozoit infeksiif akan masuk ke dalam kelenjar ludah nyamuk untuk ditularkan ke tubuh manusia. Beberapa fakta menyebutkan bahwa sporozoit *Plasmodium* hanya dapat berkembang dan melalui kelenjar saliva nyamuk karena reseptor dari saliva yang spesifik, artinya pada beberapa spesies nyamuk tertentu hanya dapat membawa sporozoit *Plasmodium* pada kelenjar salivanya sementara spesies lainnya tidak (Ghosh dkk., 2009). Secara keseluruhan vektor malaria di Indonesia mempunyai perilaku zoofilik (penularan dari hewan ke manusia) dan sedikit antropofilik (penularan dari manusia ke manusia) yang berbeda-beda di setiap daerah endemis (Mahdalena dan Tanwiroton, 2016).

Salah satu metode yang digunakan untuk deteksi *Plasmodium* guna mengonfirmasi vektor malaria melalui identifikasi molekuler adalah *End Point*-PCR. Penentuan vektor menggunakan PCR semakin dikembangkan dengan berbagai metode pemeriksaan.

Dalam sebuah penelitian yang membandingkan berbagai metode PCR, pemeriksaan PCR tunggal dinyatakan kurang sensitif dalam mendeteksi *Plasmodium*, sedangkan metode *End Point*-PCR diklaim mampu mendeteksi keempat spesies *Plasmodium* pada manusia. Kelemahan dari pendekatan *End Point*-PCR adalah meningkatkan biaya uji. Meskipun begitu, metode *End Point*-PCR dinyatakan lebih efektif sebagai alat penentu vektor malaria, karena dapat mendeteksi sedikitnya 10 sporozoit dalam kelenjar ludah *Anopheles* dibandingkan dengan 200-400 sporozoit yang diperlukan oleh CS antigen. Sebuah hasil penelitian menyatakan bahwa sporozoit yang ditemukan di kelenjar ludah *Anopheles gambiae* berkisar 125-79.875 dengan rata-rata geometris 1.743 sporozoit (Dormond dkk., 2011).

2.6. *Polymerase Chain Reaction (PCR)*

Polymerase Chain Reaction (PCR) merupakan salah satu metode biomolekuler yang telah dikembangkan untuk mendeteksi penyakit infeksi seperti malaria. PCR bekerja dengan memurnikan suatu sekuens gen yang diinginkan dan kemudian dibaca pada agarose gel yang telah dielektroforesis. *Polymerase Chain Reaction (PCR)* merupakan suatu metode *in vitro* untuk menghasilkan sejumlah besar fragmen DNA spesifik dengan panjang dan sekuens yang telah ditentukan dari sebagian kecil templete kompleks. *Polymerase Chain Reaction (PCR)* didasarkan pada amplifikasi enzimatik fragmen DNA dengan menggunakan dua oligonukleotida primer yang komplementer dengan ujung 5' dari kedua rantai sekuens target. Keberhasilan proses PCR salah satunya ditentukan oleh primer yang digunakan, oleh karena itu diperlukan kriteria tertentu yang harus dipenuhi untuk memperoleh desain primer terbaik. Primer merupakan molekul liganukleotida untai tunggal yang terdiri dari sekitar 30 basa dan memiliki peran penting dalam proses PCR (Sasmitha dkk, 2018).

Proses yang terjadi dalam mesin PCR meliputi tiga tahap utama yaitu denaturasi (pemisahan untai ganda DNA), *annealing* (penempelan primer), dan *extention* (pemanjangan primer) (Ramadhan dkk., 2019).

1. Denaturasi

Di dalam proses PCR, denaturasi awal dilakukan sebelum enzim *taq polymerase* ditambahkan ke dalam tabung reaksi. Denaturasi DNA merupakan proses pembukaan DNA untai ganda menjadi DNA untai tunggal. Proses ini berlangsung sekitar 3 menit untuk meyakinkan bahwa molekul DNA terdenaturasi menjadi DNA untai tunggal. Denaturasi yang tidak lengkap akan mengakibatkan DNA mengalami renaturasi (membentuk DNA untai ganda lagi) secara cepat dan akan mengakibatkan gagalnya proses PCR.

2. *Annealing* (Penempelan Primer)

Annealing merupakan tahapan penempelan primer yang sangat mempengaruhi keberhasilan dari proses amplifikasi menggunakan PCR. Primer yang digunakan pada umumnya berukuran 18-25 basa nukleotida dan mengandung 50- 60% G+C. Primer dengan %GC rendah dapat menurunkan efisiensi proses PCR yang disebabkan karena primer tidak mampu berkompetisi untuk menempel secara efektif pada DNA cetakan. Pada tahap ini terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari amplifikasi, salah satunya adalah suhu. Proses penempelan primer pada DNA yang sudah terbuka memerlukan suhu yang optimal. Apabila suhu pada tahap *annealing* terlalu rendah, primer akan menempel pada sisi lain dari DNA sehingga DNA yang terbentuk memiliki spesifitas yang rendah. Sebaliknya apabila suhu terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan gagalnya amplifikasi karena tidak terjadi penempelan primer. Suhu *annealing* bergantung pada panjang ukuran primer dan %GC dari primer tersebut. Semakin panjang dan tinggi %GC maka semakin tinggi suhu yang digunakan. Suhu *annealing* berkisar antara 36-72°C, namun biasanya digunakan 50-60°C. Proses *annealing* merupakan salah satu proses yang sangat penting. Oleh karena itu, perlu

dilakukan pada suhu optimum, sehingga diharapkan dapat diperoleh hasil DNA dengan maksimum pada daerah yang ditargetkan dan memudahkan dalam analisis DNA.

3. *Extention* (Pemanjangan Primer)

Pada tahap ini, *taq polymerase* memulai aktivitasnya dengan memperpanjang DNA primer dari ujung. Kecepatan penyusunan nukleotida oleh enzim tersebut pada suhu 72°C diperkirakan 35 – 100 nukleotida/detik tergantung pada buffer, pH, konsentrasi garam, dan molekul DNA target. Dengan demikian untuk produk PCR dengan panjang 2000 pasang basa, waktu 1 menit sudah lebih dari cukup untuk tahap perpanjangan primer tersebut.

Hasil dari reaksi PCR dapat divisualisasi menggunakan gel elektroforesis. Prinsip dari gel elektroforesis yaitu pemanfaatan kutub positif dan negatif elektroda untuk menarik fragmen DNA didalam matriks gel berarus listrik sehingga fragmen DNA terpisah berdasarkan ukurannya. Fragmen DNA dengan panjang yang sama membentuk pita pada gel, yang dapat dilihat apabila gel diwarnai dengan pewarna pengikat DNA. Sebagai contoh, reaksi PCR pada sampel yang positif mengandung *Plasmodium* apabila menghasilkan fragmen 260 base pair (bp) yang terlihat pada gel (Harahap, 2018).

2.7. Malaria

Istilah malaria berasal dari bahasa Itali yaitu "*mala-area*" atau "*aria cattiva*" yang berarti udara buruk (*bad air*). Dalam bahasa Prancis disebut dengan istilah "*paludisme*" yang berarti berakar di rawa-rawa (*rooted in swamp*). Hal tersebut karena pada awal ditemukan, malaria banyak ditemukan di kalangan penduduk yang tinggal di daerah dekat rawa-rawa, sehingga dapat disimpulkan bahwa malaria disebabkan oleh udara beracun yang naik dari rawa-rawa. Malaria dapat didefinisikan sebagai penyakit dengan kondisi demam yang tidak stabil atau naik turun secara *intermitten* dan *remitten*

disertai dengan kondisi menggigil yang disebabkan oleh parasit protozoa dan menginfeksi eritrosit atau sel-sel darah merah yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* (Sardjono dan Loeki, 2019).

Malaria masih menjadi salah satu masalah kesehatan di Indonesia sebagai penyakit yang menular. Penyakit ini disebabkan oleh parasit dari filum Protozoa yaitu genus *Plasmodium* yang hidup dan berkembang biak dalam sel darah merah manusia. Penyakit malaria dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina sebagai vektor yang mengandung *Plasmodium* sp. (Arifianto dkk., 2018).

Berdasarkan jenis parasitnya, penyakit malaria pada manusia dibagi menjadi lima macam, yaitu malaria tertiana yang disebabkan oleh *Plasmodium vivax* dengan gejala demam setiap dua hari sekali. Kemudian malaria tropika yang disebabkan oleh *Plasmodium falciparum* yang umumnya dapat menyebabkan kematian. Selanjutnya malaria kuartana yang disebabkan oleh *Plasmodium malariae* dengan gejala demam setiap 3 hari, malaria knowlesi yang disebabkan oleh *Plasmodium knowlesi* dengan gejala demam yang diawali dengan menggigil, dan malaria ovale yang sangat jarang ditemukan dan disebabkan oleh *Plasmodium ovale* (Manumpa, 2016). Malaria merupakan salah satu penyakit yang menjadi perhatian global saat ini karena dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti ikterus, anemia, malaria selebral, edema paru, bahkan kematian (Selvia, 2019).

Berdasarkan laporan dari *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2015, sebanyak 212 juta kasus kejadian penyakit malaria dan menyebabkan kematian sebanyak 429.000 jiwa. Kemudian pada tahun 2017, kasus penyakit malaria terus mengalami peningkatan menjadi 219 juta kasus malaria dan kematian sebanyak 435.000 jiwa. Tingginya angka kesakitan malaria tersebut ditentukan berdasarkan *Annual Parasite Incidence* (API) per seribu penduduk yaitu jumlah penderita positif malaria di suatu wilayah dibandingkan dengan jumlah penduduk yang berisiko terkena malaria pada suatu wilayah tersebut (WHO, 2018)

Merujuk dari teori Bloom, terdapat empat faktor yang dapat mempengaruhi status kesehatan individu antara lain adalah faktor lingkungan, perilaku, pelayanan kesehatan, dan faktor genetik. Penyebaran malaria dapat terjadi karena adanya interaksi antara faktor *host* (manusia dan nyamuk), *agent* (parasit) dan *environment* (lingkungan). Perilaku dan lingkungan merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam penyebaran penyakit malaria. Perilaku yang diketahui dapat meningkatkan risiko penularan penyakit malaria adalah dengan melakukan aktivitas yang dapat meningkatkan kontak antara vektor malaria dengan individu. Sedangkan lingkungan yang berperan dalam perkembangan bionomik nyamuk adalah lingkungan fisik dan lingkungan biologis (Hanida, 2018).

2.8. *Plasmodium*

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan oleh parasit protozoa dari genus *Plasmodium* yang menginfeksi sel darah merah. Parasit tersebut masuk ke dalam tubuh manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. *Plasmodium* adalah makhluk hidup bersel satu yang termasuk dalam kelompok protozoa dan menyebabkan kekurangan sel darah merah karena banyaknya sel darah merah yang hancur. *Plasmodium* hidup dan berkembang biak di dalam sel darah manusia. *Plasmodium* mempunyai dua fase perkembangan yaitu satu fase pada tubuh nyamuk (fase seksual) dan fase pada tubuh manusia (fase aseksual). Fase pada tubuh nyamuk disebut fase ekstrinsik karena terjadi diluar manusia atau fase seksual karena terjadi proses perkawinan antara mikrogamet (jantan) dan makrogamet (betina). Fase akhir pada siklus ini berupa sporozoit, sehingga disebut juga siklus sporogoni. Fase pada tubuh manusia disebut fase intrinsik atau aseksual dimana fase akhir siklus ini berupa gamet sehingga disebut juga siklus gametogoni. *Plasmodium* memiliki morfologi yang sangat mirip dan kadar parasitemianya yang rendah sehingga sulit untuk dibedakan dari spesies lain. Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih spesifik untuk mengidentifikasi *Plasmodium* seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR).

Adapun spesies *Plasmodium* yang menginfeksi manusia antara lain yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale*, dan *Plasmodium knowlesi* (Avichena dan Anggraini, 2023).

1. *Plasmodium falciparum* merupakan spesies yang dapat menyebabkan penyakit malaria tropika. Spesies ini menjadi salah satu jenis *Plasmodium* yang paling banyak di Indonesia. Malaria tropika termasuk malaria paling berbahaya dengan masa inkubasi 9-14 hari. Spesies ini menjadi spesies yang paling berbahaya karena malaria yang ditimbulkan dapat menjadi berat. Hal tersebut disebabkan dalam waktu singkat dapat menyerang eritrosit dalam jumlah besar, sehingga menimbulkan berbagai komplikasi di dalam organ-organ tubuh. Infeksi parasit malaria jenis ini diawali dengan nyeri, sakit kepala rematik, dan nyeri punggung bawah.
2. *Plasmodium vivax* merupakan spesies yang dapat menyebabkan penyakit malaria tersier dengan serangan demam setiap tiga hari sekali. Malaria jenis ini telah menyebar hampir ke seluruh pulau di Indonesia dan menjadi salah satu jenis malaria yang paling banyak ditemukan di daerah Indonesia.
3. *Plasmodium malariae* merupakan spesies yang dapat menyebabkan penyakit malaria quartana yang dapat menyebabkan serangan demam setiap 4 hari sekali. Malaria jenis ini dapat terjadi baik di dataran rendah maupun dataran tinggi di daerah tropis.
4. *Plasmodium ovale* merupakan spesies yang dapat menyebabkan penyakit malaria ovale dengan gejala serangan demam setiap tiga hari sekali. *Plasmodium* jenis ini jarang ditemukan di Indonesia
5. *Plasmodium knowlesi* merupakan salah satu spesies parasit *Plasmodium* yang menyebabkan malaria knowlesi pada manusia. Pada awalnya *Plasmodium knowlesi* hanya dapat menginfeksi monyet ekor panjang, namun saat ini dapat menyebabkan zoonosis dan menginfeksi manusia.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2024. Penangkapan nyamuk dilakukan di rumah warga di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran. Identifikasi spesies nyamuk secara morfologi dilakukan di Laboratorium Zoologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Sedangkan deteksi *Plasmodium* pada spesies *Anopheles* dilakukan di Laboratorium Biomolekuler Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (BBPPVRP) Kabupaten Salatiga, Provinsi Jawa Tengah.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk penangkapan nyamuk antara lain adalah aspirator, lampu senter, kertas label, kain kasa, *paper cup*, dan karet gelang. Kemudian alat-alat yang digunakan untuk identifikasi nyamuk secara morfologi adalah mikroskop digital. Sedangkan alat-alat yang digunakan untuk deteksi *Plasmodium* pada vektor secara molekuler antara lain adalah *Polymerase Chain Reaction* (PCR), elektrik grinder, vortex, centrifuge, *QIAamp DNA mini kit*, dan kit elektroforesis.

Bahan-bahan yang digunakan untuk identifikasi nyamuk secara morfologi adalah kapas dan kloroform. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan untuk

deteksi *Plasmodium* pada vektor secara molekuler antara lain adalah *ethanol absolute* untuk mengurangi kontaminan DNA pada nyamuk, *Phosphate Buffered Saline (PBS)* untuk menjaga keutuhan DNA pada nyamuk dan mencegah proses osmosis selama inkubasi, *RNase (DNase)* untuk mendegradasi RNA sehingga yang tinggal adalah DNA, *buffer TE* untuk melarutkan DNA yang dihasilkan dan menjaga DNA agar tidak mudah rusak, *Proteinase K* untuk menghancurkan dan mencerna protein, *lysis enhancer* untuk menghancurkan jaringan dan membran sel dan mengeliminasi kontaminan pada DNA nyamuk, *buffer TB*, *wash buffer* untuk membersihkan (mencuci) DNA dari kotoran, *elution buffer*, gel agarosa 1% untuk memisahkan potongan DNA dengan panjang berbeda, dan ethidium bromide sebagai pewarna dalam mendeteksi keberadaan dan jumlah DNA.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode survei deskriptif dengan rancangan penelitian *cross sectional*. Penentuan lokasi penangkapan nyamuk berdasarkan adanya penduduk yang terdampak malaria dan rumah-rumah yang terdapat banyak tempat perindukan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk. Identifikasi spesies dengan menentukan ciri-ciri morfologi nyamuk yang mengacu pada kunci determinasi nyamuk. Deteksi *Plasmodium* untuk mengonfirmasi spesies *Anopheles* yang berperan sebagai vektor malaria di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran menggunakan metode *End Point-PCR*.

3.3.1. Penangkapan Sampel Nyamuk *Anopheles*

Penangkapan sampel nyamuk *Anopheles* dilakukan 3 rumah berbeda yang dilakukan menggunakan umpan manusia (*human landing collection*). Penentuan rumah dilakukan dengan teknik *purposive sampling* yaitu memilih rumah-rumah penduduk yang terdampak malaria dan rumah-rumah yang terdapat banyak tempat

perindukan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk. Berdasarkan Data Puskesmas Hanura, bahwa penduduk yang menempati rumah-rumah yang digunakan untuk pengambilan sampel telah terkonfirmasi pernah menderita malaria. Kolektor (umpan) manusia yang digunakan berjumlah empat yang meliputi dua penangkap di dalam rumah dan dua penangkap di luar rumah. Dalam penangkapan tersebut, satu kolektor bertindak sebagai umpan dan satu kolektor bertindak sebagai penangkap. Umpan manusia menggunakan celana pendek, apabila ada nyamuk yang hinggap dan menggigit selanjutnya ditangkap menggunakan aspirator dan kemudian dimasukkan ke dalam *paper cup* yang bagian atasnya ditutup kain kasa dan diikat dengan karet gelang. Penangkapan nyamuk yang Hinggap pada Manusia Dalam Rumah (HMDR/*Landing Indoor Collection*) dan Hinggap pada Manusia Luar Rumah (HMLR/*Landing Outdoor Collection*) masing-masing dilakukan dimulai sejak pukul 19.00–05.00 WIB dan dilaksanakan selama 40 menit dalam satu jam (Arifianto dkk., 2018).

3.3.2. Identifikasi Nyamuk *Anopheles* Secara Morfologi

Pada tahap identifikasi vektor, langkah awal yang dilakukan adalah membunuh nyamuk hasil tangkapan dengan menggunakan kloroform yang telah diteteskan pada kapas. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi yaitu melakukan pengamatan di bawah mikroskop digital untuk mengidentifikasi nyamuk yang tertangkap sampai dengan tingkat Genus dan tingkat spesies.

Langkah pertama adalah diletakkan mikroskop digital yang telah terkoneksi dengan laptop di atas meja yang datar, kemudian diletakkan nyamuk dewasa lempengan mikroskop. Pengamatan pertama dilakukan untuk membedakan antara nyamuk yang tertangkap hingga tingkat Genus. Identifikasi tingkat Genus dilakukan dengan mengamati ukuran palpus dan probosis.

Selanjutnya nyamuk *Anopheles* dilakukan pemisahan untuk diidentifikasi sampai dengan tingkat spesies di mikroskop yang sama. Pengamatan dilakukan dengan mengamati perbedaan probosis dan palpus, urat pada sayap, dan bercak pada kaki. Identifikasi pada nyamuk dilakukan dengan berdasarkan buku kunci bergambar nyamuk dan jentik *Anopheles* di Indonesia oleh Connor dan Soepanto (2021) dan Arifianto dkk (2018).

3.3.3. Perhitungan Jumlah *Anopheles* Dominan

Perhitungan jumlah *Anopheles* yang dominan berdasarkan aktivitas menggigitnya yang dilakukan di dalam dan luar rumah bertujuan untuk menghitung ketertarikan dalam menggigit dan kepadatan populasi nyamuk. Menurut Permenkes RI (2017), spesies nyamuk yang menggigit dan tertangkap melalui metode umpan orang dalam (UOD) dan umpan orang luar (UOL) dihitung kepadatannya dengan menggunakan rumus MHD (*Man Hour Density*) :

$$\text{MHD} = \frac{\text{Jumlah spesies nyamuk } Anopheles \text{ tertangkap}}{\text{Waktu penangkapan (jam)} \times \text{jumlah penangkap}}$$

Keterangan :

MHD = *Man Hour Density* (Kepadatan nyamuk (per ekor/orang/jam))

3.3.4. Deteksi *Plasmodium* Pada *Anopheles*

Nyamuk *Anopheles* betina yang telah ditangkap di lapangan dan telah diidentifikasi kemudian dipisahkan bagian kepala-dada dan abdomen untuk dilakukan deteksi *Plasmodium* secara molekuler dengan menggunakan metode *End Point-PCR*.

Sampel yang berupa spesimen nyamuk yang berjumlah 30 ekor Sampel yang dipilih untuk dikirim ditentukan berdasarkan status paritas *Anopheles* sasaran (*parous* atau *nulliparous*) yaitu

berdasarkan hasil pemeriksaan (Andiyatu dkk., 2016). Nyamuk dinyatakan *parous* (pernah bertelur/berumur dewasa) apabila ujung *tracheola ovarium* tampak membuka/terburai, sedangkan *nulliparous* (belum pernah bertelur/ berumur muda) apabila ujung *tracheola* masih menggulung. Sampel nyamuk yang dipakai adalah nyamuk yang dinyatakan *parous* lalu dikirim dengan diperlakukan sesuai SOP yaitu dikemas dalam box beserta *silica gel* dengan kelengkapan formulir dan menggunakan kardus sterofom. Dalam pengiriman spesimen, *silica gel* berfungsi untuk menghindari kontaminasi pada sampel. Kemudian paket spesimen diserahkan kepada ekspedisi untuk dikirim ke laboratorium B2P2VRP Salatiga.

Prosedur deteksi *Plasmodium* vektor malaria dari Genus *Anopheles* secara molekuler adalah dimulai dengan ekstraksi DNA dari nyamuk *Anopheles* menggunakan *tissue DNA extraction kit* (Vivantis, Malaysia) (Indriyati dkk., 2017).

Tahap awal pada ekstraksi DNA adalah persiapan jaringan sampel (*tissue preparation*) yaitu kepala-dada *Anopheles* dimasukkan ke dalam pool (dikumpulkan maksimal 15 ekor berdasarkan spesies, tanggal, dan metode penangkapan) ke dalam vial 1,5 ml. Kemudian tahap berikutnya adalah dilakukan penghancuran jaringan sampel (*tissue lysis*) yaitu ditambahkan 250 μ l *buffer TL* dan 20 μ l *Proteinase K* yang berfungsi untuk menghancurkan jaringan sampel dan mencerna protein.

Tahap kedua adalah sampel digerus dengan elektrik grinder dan vortex untuk mendapatkan larutan yang homogen, lalu ditambah 12 μ l *lysis enhancer* untuk mengeliminasi kontaminan pada DNA nyamuk kemudian divortex kembali. Homogenat nyamuk diinkubasi selama 1-3 jam pada suhu 65°C. Tahap ketiga adalah proses homogenasi yaitu ditambahkan 2 volume *buffer TB* dan

divortex sampai larutan homogen. Sampel diinkubasi 10 menit pada suhu 65°C. Tahap selanjutnya yaitu ditambahkan *ethanol absolute* sebanyak 200 µl untuk mengurangi kontaminan DNA pada nyamuk dan dicampur menggunakan vortex sampai larutan homogen. Tahap kelima yaitu dimasukan 600 µl sampel homogenat ke dalam tube kemudian disentrifuse pada 5.000 rpm selama 1 menit. Cairan dalam tube dibuang dan diulangi tahapan keempat pada saat penambahan *ethanol absolute*. Tahap keenam yaitu kolom (*column washing*) dicuci dengan 750 µl *wash buffer* untuk membersihkan DNA dari kotoran dan disentrifuse pada 5.000 rpm selama 1 menit kemudian cairan dibuang dan dicuci kolom kembali lalu sampel disentrifus.

Tahapan ke tujuh yaitu kolom (*column washing*) dikeringkan dengan cara disentrifuse dengan 10.000 rpm selama 1 menit untuk menghilangkan semua bekas ethanol. Tahapan terakhir adalah tahap DNA *elution* yaitu kolom ditempatkan ke mikrosentrifuse tube kemudian ditambahkan 200 µl *elution buffer, TE buffer* untuk melarutkan DNA yang dihasilkan dan menjaga DNA agar tidak mudah rusak, dan air steril langsung ke dalam saringan kolom lalu didiamkan dalam suhu ruang selama 2 menit. Sampel kemudian disentrifuse pada 5.000 rpm selama 1 menit untuk mengelusi DNA, selanjutnya DNA disimpan pada suhu 4°C-20°C.

DNA hasil ekstraksi kemudian diamplifikasi menggunakan *QIAamp DNA mini kit* yang terdiri atas *DNase free water, Buffer, dNTP, Primer F, Primer R, qiagen enzyme mix*, dan sampel DNA. Hasil dari amplifikasi dideteksi dengan elektroforesis menggunakan gel agarosa 1% untuk memisahkan potongan DNA dengan panjang berbeda yang diwarnai dengan ethidiom bromide sebagai pewarna dalam mendeteksi keberadaan dan jumlah DNA. Sampel dinyatakan positif mengandung *Plasmodium* apabila pada

amplifikasi kedua pita menunjukkan ukuran amplicon sebesar 260 bp.

3.4. Analisis Data

Analisis data pada identifikasi morfologi Genus *Anopheles* disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Deteksi *Plasmodium* dengan metode *End Point-PCR* disajikan dalam bentuk tabel. Data rata-rata jumlah nyamuk yang tertangkap berdasarkan waktu penangkapan disajikan dalam bentuk grafik dan dianalisis dengan *Analysis of Variance (ANOVA)*. Apabila ada perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Anopheles* yang tertangkap dan teridentifikasi di Desa Hanura Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran hanya terdapat satu spesies yaitu *Anopheles sundaicus*.
2. Uji *Plasmodium* yang telah dilakukan dengan metode *End Point-PCR* menunjukkan hasil negatif *Plasmodium* pada *Anopheles sundaicus*.
3. *Anopheles* yang didapatkan di Desa Hanura, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran lebih bersifat eksofagik dengan puncak aktivitas menggigit nyamuk di dalam rumah pukul 02.00 WIB dan di luar rumah pukul 03.00 WIB.
4. Kepadatan populasi *Anopheles* (*Man Hour Density*) di rumah warga Desa Hanura di dalam rumah (1,77 per ekor/orang/jam) dan di luar rumah (2,93 per ekor/orang/jam).

5.2. Saran

Perlu dilakukan uji lanjutan pada deteksi *Plasmodium* dengan cara pembedahan kelenjar ludah secara mikroskopik sebagai *gold standard* untuk penentuan nyamuk vektor malaria.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityo, Y. dan Mala, K. 2018. Perbandingan Karakteristik Habitat Potensial Larva Nyamuk *Anopheles* (pH, Salinitas, dan Suhu) di Dataran Rendah dan Dataran Tinggi di Kabupaten Pesawaran, Lampung Tahun 2017. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*. 5(1) : 68-76.
- Agus. 2015. Siklus Hidup dan Morfologi *Anopheles* sp. <http://informasikesling.blogspot.com/2016/05/siklus-hidup-dan-morfologi-anopheles-sp.html> diakses pada tanggal 18 November 2023.
- Aida, P. N., Faradhiasih, D. A. dan Arlina, A. 2022. Keanekaragaman Spesies dan Bionomik *Anopheles* spp. pada Daerah Endemis Malaria di Indonesia. *ASPIRATOR-Jurnal Penelitian Penyakit Tular Vektor*. 14(2) : 89-104.
- Andiyatu, Soesilohadi. R.C, Niken, S.N.H. dan Sukarti, M. 2016. Indeks Sporozoit *Anopheles* spp. (Culicidae : Anophelinae) di Daerah Endemis Malaria di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 13(2) : 63-72.
- Andriyani, R. dan Anita, D. P. 2019. *Ekologi, Pemanasan Global, dan Kesehatan*. Penerbit ASENI, Papua. 339 hlm.
- Ariati, J., Ima, N. I. dan Doian, P. 2014. Sebaran Habitat Perkembangbiakan Larva *Anopheles* spp di Kecamatan Bula, Kabupaten Seram Bagian Timur, Provinsi Maluku. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 13(1) : 10-22.
- Arifianto, R. P., Dewi, M., Maulana, J. H., Mochtar, G. W., Syubhanul, W., Rike, O. dan Kartika, S. 2018. Identifikasi dan Analisis Bionomik Vektor Malaria *Anopheles* sp. di Desa Bangsring Kecamatan Wongsorejo, Banyuwangi. *Jurnal Acta Veterinaria Indonesiana*. 6(1) : 44-50.
- Astuti, E. P., Mara, I., Heni, P., Hubullah, F. dan Pandji, W. D. 2016. Kapasitas Vektor dan Laju Inokulasi Entomologis *Anopheles vagus* dari Wilayah Endemis Malaria di Provinsi Banten. *Jurnal Vektora*. 8(1) : 2-30.
- Avichena dan Anggraini, R. 2023. Analisis Penyakit Malaria Akibat Infeksi *Plasmodium* sp. Terhadap Darah Manusia. *Jurnal Penelitian Biologi*. 8(1) : 30-37.

- Bass, C., Dimitra, N., Andrew, M., John, V., Robert, E. S., Martin, S. W. dan Linda, M. F. 2018. PCR-based Detection of *Plasmodium* in *Anopheles Mosquitoes*: a Comparison of a New High-throughput Assay With Existing Methods. *Malaria Journal*. 7(177) : 1-9
- Beebe, N. W. 2018. DNA Barcoding Mosquitoes: Advice for Potential Prospectors. *Journal of Parasitology*. 145(5) : 622-633.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A. dan Johnson, N.F. 1996. *Pengenalan Pelajaran Serangga*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 1983 hlm.
- Cambey, R.M., Josef, S. B. T. dan Angle, M. H. S. 2014. Perbandingan Deteksi *Plasmodium* spp. Antara Cara Pemeriksaan Mikroskopik Sediaan Darah Tipis Dengan Teknik *Polymerase Chain Reaction*. *Jurnal eBiomedik*. 2(1) : 1-6.
- Connor , C. T. O' dan Soepanto, A. 2021. *Kunci Bergambar Nyamuk dan Jentik Anopheles di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta. 76 hlm.
- Dengen, A. 2022. Pengembangan Aplikasi Identifikasi *Anopheles* Berbasis Mobile. *Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*. 24(1) : 59-70.
- Didik, S., Nur. B., Kamsidi. Dan Hastuti. 2018. Perilaku Vektor Malaria di Kabupaten Purworejo Provinsi Jawa Tengah Tahun 2017-2018. 1-71. *Jurnal Human Media*. 12(2) :1-20.
- Dormond, L., K. J. Ogay., Valliere., B. Genton., J. Bille. dan G. Greub. 2011. Multiplex Real-Time PCR for the Diagnosis of Malaria: Correlation With Microscopy. *PubMed*. 17(3) : 75-469.
- Educhannel. 2022. Nyamuk. <https://educhannel.id/artikel/flora-dan-fauna/nyamuk.html> diakses pada tanggal 18 November 2023.
- Elbands, E. S. dan Jhons, F. 2022. Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Kejadian Malaria *Vivax*. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*. 4 (2) : 655-662.
- Embong, N. B. dan Made, S. 2016. Pengaruh Suhu Terhadap Angka Penetasan Telur *Aedes aegypti*. *E-Jurnal Medika*. 5(12) : 1-8.
- Everald, H., Nurhayati. dan Elizabeth, E. 2015. Gambaran Diagnosis Malaria pada Dua Laboratorium Swasta di Kota Padang Periode Desember 2013 – Februari 2014. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 4(3) : 872-876.
- Febby, S. 2021. Yuk Ketahui Siklus Hidup Nyamuk Mulai Dari Fase Telur. <https://m.mediaindonesia.com/humaniora/443782/yuk-ketahui-siklus-hidup-nyamuk-mulai-dari-fase-telur> diakses pada tanggal 18 November 2023.

- Ghosh, A. K., Devenport, M., Jethwaney, D., Kalume, D. E., Pandey, A., Anderson, V. E., Sultan, A. A., Kumar, N. dan Jacobs-Lorena, M. 2009 Malaria Parasite Invasion of the Mosquito Salivary Gland Requires Interaction Between the Plasmodium TRAP and the Anopheles Saglin Protein', *PLoS Pathogens*. 5(1) : 1-13.
- Halim, I., Rosa, E., Setyaningrum, E. dan Murwani, S. 2011. Identifikasi dan Aktivitas Menggigit Nyamuk Vektor Malaria di Daerah Pantai Puri Gading Kelurahan Sukamaju Kecamatan Teluk Betung Barat Bandar Lampung. *Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* : 34-44.
- Hamrsky. 2015. Mosquito (*Anopheles* sp.) Pupa Breathing Atmospheric. <https://www.naturepl.com/stock-photo-mosquito-anopheles-sp-pupa-breathing-atmospheric-oxygen-at-surface-image01490699.html> diakses pada tanggal 3 Desember 2023.
- Hanida, S. F. 2018. Potensi Tinggi Faktor Lingkungan Fisik dan Biologis Terjadinya Penularan Malaria di Wilayah Kerja Puskesmas Pandean Trenggalek. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 10(1) : 82-91.
- Harahap, M.R. 2018. Elektroforesis: Analisis Elektronika Terhadap Biokimia Genetika. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. 2(1) : 21-26
- Harviyanto, I.Z dan Rudatin, W. 2017. Lingkungan Tempat Perindukan Nyamuk *Culex quinquefasciatus* di Sekitar Rumah Penderita Filariasis. *Higeia Journal of Public Health Research And Development*. 1(2) : 131-140.
- Huda, M., Marhamah. dan Filia, Y. 2022. Edukasi Masyarakat dan Pelatihan Kader Dalam Pencegahan Serta Pemeriksaan Malaria di Wilayah Kerja Puskesmas Maja Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat*. 5(9) : 2829-2842.
- Indriyati, L., Dicky, A., Budi, H. dan Paisal. 2017. Vektor Malaria Baru di Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan, Indonesia. *Jurnal Vektora*. 9(1) : 1-8.
- Kaltsum, U., Yuanita, W. dan Hamzah, H. 2022. Pengendalian Vektor dan Eliminasi Malaria : Literature Review. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 22(3) : 1709-1713.
- Kawulur, H. S. I., Hidayat, S., Suwarno, H. dan Andi Y.T. 2014. Hubungan Kepadatan dan Biting Behaviour Nyamuk *Anopheles farauti* Dengan Kasus Malaria di Ekosistem Pantai dan Rawa (Kabupaten Biak Numfor dan Asmat). *Biota*. 19 (1) : 27-35.

- Khairiyanti, L., Lenie, M., Agung, W., Anugrah, W., Rasyid, R. dan Dicky, A. 2021. *Buku Ajar Pengendalian Vektor dan Binatang Pengganggu*. CV Mine, Yogyakarta. 122 hlm.
- Lestari, S., Adrial. dan Rosfita, R. 2016. Identifikasi Nyamuk *Anopheles* Sebagai Vektor Malaria dari Survei Larva di Kenagarian Sungai Pinang Kecamatan Koto XI Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 5(3) : 656-660.
- Mahdalena, V. dan Tanwiroton, N. 2016. Ekologi Nyamuk *Anopheles* spp. di Kecamatan Lengkiti, Ogan Komering Ulu, Sumatra Selatan Tahun 2004-2015. *Jurnal SPIRAKEL*. 8(2) : 27-36.
- Mahdalena. dan Tri, W. 2020. Gambaran Distribusi Spesies *Anopheles* dan Perannya Sebagai Vektor Malaria di Provinsi Nusa Tenggara Timur, Papua dan Papua Barat. *Jurnal SPIRAKEL*. 12(1) : 46-59.
- Manumpa, S. 2016. Pengaruh Faktor Demografi dan Riwayat Malaria Terhadap Kejadian Malaria. *Jurnal Berkala Epidemiologi*. 4(3) : 338-348.
- Mutiara, H. dan Anindita. 2016. Filariasis : Pencegahan Terkait Faktor Resiko. *Jurnal Majority*. 5(3) : 1-1.
- Nuhdi, A. 2017. Potensi Penularan Filariasis Pada Ibu Hamil di Kecamatan Muara Pawan Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(2) : 217-222.
- Pangastuti, R. L., Betta, K. dan Emantis, R. 2015. Characteristic *Anopheles* sp Larvae Breeding Places In The Village Way Muli Lampung South. *Jurnal Majority*. 4(1) : 57-68.
- Permenkes. 2017. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit Serta Pengendaliannya. Nomor 50 . 82 hlm
- Pratama, G. Y. 2015. Nyamuk *Anopheles* sp. dan Faktor yang Mempengaruhi di Kecamatan Rajabasa, Lampung Selatan. *Jurnal Majority*. 4(1) : 20-27.
- Putri, D. F. 2012. Studi Fauna Vektor Malaria di Daerah Endemis Malaria Desa Way Muli Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Dunia Kesmas*. 1(1) : 58-66.
- Putri, D. F., Ismalia, H., Dessy, H. dan Firmansyah. 2021. Korelasi Karakteristik Ekologi Tempat Perindukan Vektor Malaria Dengan Kepadatan *Anopheles* Spp di Desa Hanura Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung Tahun 2019. *Jurnal Medika Malahayati*. 5(1) : 8-20.
- Putri, N. W. dan Sevilla, U. H. 2019. Analisis Partisipasi Masyarakat Dalam Program Pengendalian Vektor DBD. *Jurnal Kesehatan*. 1(1) : 1-44.

- Selvia, D. 2019. Keluar Rumah pada Malam Hari dan Penggunaan Kelambu Berinsektisida dengan Penyakit Malaria di Desa Lempasing. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*. 1(2) : 89-95.
- Setyaningrum, E., Yulianty., Nurcahyani, N., Master, J., Bambang, H. dan Budi, S. 2022. Pengendalian Malaria Bagi Masyarakat Desa Gebang Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran Lampung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2(4) : 31-38.
- Shinta dan Wigati. 2018. Penggunaan Metode Jaring Penghalang (Barrier) Sebagai Metode Alternatif Koleksi Nyamuk *Anopheles* di Lapangan. *BALABA*. 14(1) : 43-52.
- Sinum, I. M., Betta, K., Tri U. dan Hanna, M. 2023. Identifikasi dan Analisis Kepadatan Nyamuk *Anopheles* sp. yang Berpotensi Sebagai Vektor Malaria Berdasarkan Lingkungan Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten pesawaran. *Jurnal Medula*. 13(5) : 878-886.
- Sugiarti, S., Riyan, W., Betta, K. dan Jhons, F.S. 2020. Karakteristik Fisik, Kimia, dan Biologi Tempat Perindukan Potensial Nyamuk *Anopheles* sp. di Wilayah Kerja Puskesmas Hanura. *Jurnal Medula*. 10(2) : 272-277.
- Sugiarto., Upik, K.H., Susi, S., dan Lukman, H. 2016. Karakteristik Habitat Larva *Anopheles* spp. Di Desa Sungai Nyamuk, Daerah Endemik Malaria di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *BALABA*. 12(1) : 47-54.
- Sugiarto., Upik, K.H., Susi, S., dan Lukman, H. 2016. Kepadatan Nyamuk *Anopheles* spp. Dan Korelasinya Terhadap Faktor-Faktor Meteorologi di Desa Sungai Nyamuk, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Jurnal Vektor Penyakit*. 12(1) : 25-32.
- Sukowati dan Shinta. 2019. Habitat Perkembangbiakan dan Aktivitas Menggigit Nyamuk *Anopheles sudaicus* dan *Anopheles subpictus* di Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 8 (I) : 915-925.
- Soesilohadi, R.H., Suwarno, H. dan Y. Andi, T. 2015. Perilaku Vektor Malaria *Anopheles farauti* Laveran (Diptera : Culicidae) di Ekosistem Pantai (Kabupaten Biak Numfor) dan Ekosistem Rawa (Kabupaten Asmat) Provinsi Papua. *Bioma Berkala Ilmiah Biologi*. 17(1) : 34-40.
- Tindige, M., Joy V. I. S., Steven. J. dan Soenjono. Studi Spasial Keberadaan *Breeding Places* Dengan Kejadian Malaria di Desa Bulude Kecamatan Kabaruan Kabupaten Kepulauan Talaud. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(2) : 39-47.
- Tooy, D. C., Janno, B. B. dan Angle, S. 2016. Deteksi *Plasmodium falciparum* Dengan Menggunakan Metode Real-Time Polymerase Chain Reaction di Daerah Likupang dan Bitung. *Jurnal Biomedik*. 4(1) : 1-9.

- Rahmawati, E., Upik, K. H. dan Susi, S. 2014. Keanekaragaman Jenis dan Perilaku Menggigit Vektor Malaria (*Anopheles* spp.) di Desa Lifuleo, Kecamatan Kupang Barat, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Entomologi Indonesia*. 11(2) : 53-64.
- Ramadhan, D., Rafika, S. dan Pratiwi, A. 2019. Pengaruh Suhu *Annealing* Terhadap Amplifikasi Gen Tem Menggunakan Primer Dengan %GC Rendah. *Jurnal Fakultas Kedokteran UNTAN*. 4(1) :1-7.
- Rasjid, A. dan Mukrim, M. 2020. Hubungan Kondisi Lingkungan Dengan Kepadatan Nyamuk *Anopheles* (Study Literatur). *Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*. 20(2) : 152-160.
- Rehena, J. F., Muhammad, N. M. dan Zasendy, R. 2021. Perilaku Nyamuk Perilaku Nyamuk *Mansonia* dan *Anopheles* Serta Hubungannya Dengan Penyakit Filariasis di Kecamatan Taniwel Timur dan Taniwel Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*. 7(2) : 167-179.
- Ritawati dan Yanelza, S. 2018. Berbagai Aspek Tentang Malaria di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Jurnal SPIRAKEL*. 10(1) : 41-53.
- Ruliansyah, A., Wawan, R. dan Asep. J. K. 2019. Pemetaan Habitat Jentik Nyamuk di Kecamatan Cibalong, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Vektor Penyakit*. 13(2) : 115-124.
- Sabir, M., Annawaty., dan Fahri. 2017. Inventarisasi Jenis-Jenis Nyamuk Di Desa Alindau, Donggala, Sulawesi Tengah, *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 6(3) : 263-269.
- Sambuaga, J. V. I., Risman, S. D. dan Djani, H. 2019. Kepadatan (*Man Biting Rate*) Nyamuk *Anopheles* di Desa Ranoketang Tua, Kecamatan Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 9(2) : 100-109.
- Sardjono, T. W. dan Loeki, E. F. 2019. *Kupas Bahas Ringkas Tentang Malaria*. UB Press, Malang. 171 hlm.
- Sari, R. G., Nurhayati. dan Rosfita, R. 2016. Identifikasi Vektor Malaria di Daerah Sekitar PLTU Teluk Sirih Kecamatan Bungus Kota Padang Pada Tahun 2011. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 5(3) : 584-589.
- Sasmitha, L. V., Yustiantara, P. S. dan Yowani, S. C. 2018. Desain Dna Primer Secara In Silico Sebagai Pendeteksi Mutasi Gen *Gyra Mycobacterium Tuberculosis* Untuk Metode *Polymerase Chain Reaction*. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry)*. 6(1) : 63-69.

- Wahono, T., Dionisius, W. dan Soernawan, H. P. 2021. Karakteristik Habitat Larva Nyamuk dan Kepadatan Nyamuk Dewasa (Diptera : Culicidae) di Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali (Analisis Data Sekunder Rikhus Vektora 2017). *Jurnal Penelitian Penyakit Tular Vektor*. 14(1) : 45-56.
- Wahyuni, I., Kartika, S., Rike, O. dan Syubbanul, W. 2018. Identifikasi Morfologi Spesies Sibling *Anopheles vagus vagus* dan *Anopheles vagus limosus* Asal Desa Bangsring, Banyuwangi, *Biosfer J. Bio. & Pend. Bio*. 3(1) : 1-31.
- Wahyuni, D., Makomulamin. dan Nila, P. S. 2021. *Buku Ajar Entomologi dan Pengendalian Vektor*. Grup Penerbitan CV Budi Utama, Sleman. 172 hlm.
- Weeraratne, T. C., Sinnathamby, N. S. dan S. H. P, Parakrama, K. 2018. DNA Barcoding of Morphologically Characterized Mosquitoes Belonging to the Subfamily Culicinae from Sri Lanka. *Parasites & Vectors*. 11(266) : 1-10.
- WHO [World Health Organization]. 2018. *World Malaria Report*. Geneva. World Health Organization.
- Zamil, N. N., Khoidar, A. dan Agung, A. P. 2021. Karakteristik Habitat Lingkungan Terhadap Kepadatan Larva *Anopheles* spp. *Journal Health & Science*. 5(1) : 229-242.