(JPP) Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang
Vol. 19, No. 1, Juni 2024, e ISSN 2654-3427
DOI: https://doi.org/10.36086/jpp.v19i1.2164

KEMAMPUAN IKAN *BLACK SKIRT TETRA* (*Gymnocorymbus ternetzi*) MEMANGSA LARVA *Aedes aegypti*

ABILITIES OF BLACK SKIRT TETRA FISH (Gymnocorymbus ternetzi) PREYING ON Aedes aegypti LARVA

Info artikel **Diterima:10 Maret 2024** **Direvisi: 05 Mei 2024** **Disetujui :05 Juni 2024**

Bracovanca Diwayestara Bravimasta[1], **Ian Ardhiya Firmanto**[1], **Hebert Adrianto**[2]
[1]Sarjana Kedokteran, *School of Medicine*, Universitas Ciputra, Surabaya
[2]Parasitologi, Departemen Biomedik, *School of Medicine*, Universitas Ciputra, Surabaya
(E-mail penulis korespondensi: hebert.rubay@ciputra.ac.id)

ABSTRAK

Latar Belakang: Demam Berdarah Dengue adalah salah satu penyakit infeksi arbovirus yang endemis di Indonesia sepanjang tahun. Kementerian Kesehatan telah menetapkan penggunaan ikan predator larva sebagai program 3M Plus untuk menurunkan infeksi dengue. Tujuan penelitian adalah menganalisis kemampuan ikan black skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*) memangsa larva *Aedes aegypti*.
Metode: Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorium dengan desain *post test only control group design*. Eksperimen ini menggunakan 4 kelompok ikan, yaitu tetra merah, tetra oranye, dan tetra hijau. Ikan cupang serit sebagai kelompok kontrol. Pengujian dilakukan dengan cara akuarium kaca diisi 1 liter air, 1 ekor ikan, dan 25 larva *Ae. aegypti* instar III. Replikasi setiap kelompok sebanyak 5 kali. Data jumlah larva yang dimangsa oleh ikan selama 20 menit dianalisis dengan sofware SPSS dengan uji Kruskall Wallis.
Hasil: Rerata jumlah larva yang dimangsa adalah ikan tetra merah (22,20 larva), ikan tetra hijau (18 larva), ikan tetra oranye (15,20 larva), dan ikan cupang serit (25 larva). Uji statistik *Kruskall Wallis* menunjukkan bahwa keempat ikan uji memiliki kemampuan yang berbeda nyata dalam memangsa larva *Ae. aegypti* dengan nilai $p = 0{,}015$ ($p < 0{,}05$).
Kesimpulan: Ikan tetra (*G. ternetzi*) yang memiliki kemampuan paling baik dalam memangsa larva *Ae. aegypti* dengan jumlah larva yang dimakan paling banyak selama 20 menit adalah ikan tetra merah, ikan tetra hijau, dan terakhir ikan tetra oranye
Kata kunci : Tetra, *Gymnocorymbus ternetzi*, ikan predator, larva *Aedes aegypti*

ABSTRACT

Background: *Dengue Hemorrhagic Fever is an arbovirus infectious disease that is endemic in Indonesia throughout the year. The Ministry of Health has determined the use of larvivorous fish as part of the 3M Plus program to reduce dengue infections. The study aimed to analyze the ability of black skirt tetra fish (*Gymnocorymbus ternetzi*) to prey on* Aedes aegypti *larvae.*
Method: *This type of research is laboratory experimental research with a post-test-only control group design. This experiment used four fish groups: red tetras, orange tetras, and green tetras. Serit variety of betta fish as a control group. The test was performed by filling a glass aquarium with 1 liter of water, one fish, and 25 third instar* Ae. aegypti *larvae. Replicate each group 5 times. Data on the number of larvae preyed on by fish for 20 minutes were analyzed using SPSS software with the Kruskall Wallis test.*
Results: *The average number of larvae preyed on were red tetra fish (22.20 larvae), green tetra fish (18 larvae), orange tetra fish (15.20 larvae), and serit variety of betta fish (25 larvae). The Kruskall Wallis statistical test showed that the four test fish had significantly different abilities in preying on* Ae. aegypti *with a value of* $p = 0.015$ ($p < 0.05$).
Conclusion: *The tetra fish (G. ternetzi) with the best ability to prey on* Ae. aegypti *larvae with the highest number of larvae eaten in 20 minutes are red tetra fish, green tetra fish, and orange tetra fish.*

(JPP) Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang
Vol. 19, No. 1, Juni 2024, e ISSN 2654-3427
DOI: https://doi.org/10.36086/jpp.v19i1.2164
Keywords: *Tetra*, Gymnocorymbus ternetzi, *larvivorous fish*, Aedes aegypti *larvae*

PENDAHULUAN

Nyamuk merupakan hewan serangga kelas insekta dan ordo diptera yang penting di bidang kesehatan.[1] Nyamuk tinggal bersama manusia sehingga mempengaruhi kehidupan manusia. Peranan nyamuk adalah menganggu ketentraman hidup manusia dan menghisap darah. Selain itu, nyamuk bertindak sebagai vektor yang dapat memindahkan virus maupun parasit dari manusia sakit ke manusia sehat. Salah satu genus nyamuk penting adalah nyamuk *Aedes.* Ada dua spesies nyamuk di Indonesia, yaitu nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*.[2] Nyamuk *Aedes* dapat menularkan penyakit arbovirus, seperti demam berdarah dengue (DBD), chikungunya, yellow fever, west nile, dan zika. Nyamuk *Aedes* juga dapat bertindak sebagai vektor limfatik filarisis.[3] Nyamuk *Ae. aegypti* lebih menyukai tinggal di dalam rumah (*indoor*), sedangkan nyamuk *Ae. albopictus* lebih suka di luar rumah (*outdoor*).[4]

Salah satu penyakit penting yang ditularkan oleh nyamuk *Ae. aegypti* adalah demam berdarah dengue (DBD). Penyakit DBD merupakan masalah kesehatan nasional yang terjadi di seluruh provinsi Indonesia sepanjang tahun. DBD disebabkan oleh virus dengue, dengan 4 jenis serotipe yaitu DEN-1, DEN-2, DEN-3 dan DEN-4.[5] Virus dengue ditransmisikan ketika nyamuk menghisap darah.[6] DBD ditemukan pada tahun 1950an di Filipina dan Thailand.[7] DBD di Indonesia, ditemukan di kota Surabaya pada tahun 1968, dimana ada 58 orang terinfeksi dan 24 orang meninggal dunia.[8] Setelah itu, DBD menyebar ke seluruh provinsi di Indonesia hingga saat ini. Penyebab DBD menyebabkan tingginya kasus kesakitan dan kasus kematian setiap tahunnya. DBD kadang-kadang menyebabkan Kejadian Luar Biasa (KLB) di beberapa tempat.[9, 10] DBD juga melumpuhkan aktivitas manusia karena manusia yang terinfeksi harus dirawat di rumah sakit. DBD pernah menjadi beban kesehatan ganda ketika terjadi pandemi COVID-19.[11]

Sampai hari ini belum ada obat terapi dan vaksin yang tersedia secara komersil untuk mengatasi penyakit DBD ini sehingga untuk mencegah terjadinya ledakan penyakit DBD, maka upaya prevensi dilakukan dengan cara pengendalian populasi nyamuk sebagai vektor DBD.[11] Pengendalian vektor yang telah ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia sebagai program nasional adalah 3M Plus. Konsep 3M merupakan singkatan dari Menguras,Menutup dan Mengubur.[12] Konsep Plus artinya segala bentuk kegiatan pencegahan, seperti 1) menaburkan larvasida pada tempat penampungan air, 2) menggunakan obat nyamuk, 3) menggunakan kelambu saat tidur, 4) memelihara ikan pemangsa jentik nyamuk, 5) menanam tanaman pengusir nyamuk, 6) mengatur cahaya dan ventilasi dalam rumah, 7) menghindari kebiasaan menggantung pakaian di dalam rumah yang bisa menjadi tempat istirahat nyamuk, dan lain-lain.[13] Secara keseluruhan, prinsip pengendalian vektor nyamuk menggunakan metode fisik, kimia, dan biologi.[14]

Ikan pemangsa jentik nyamuk merupakan salah satu cara pengendalian vektor nyamuk dengan metode biologi. Ikan pemangsa jentik yang dapat digunakan adalah ikan karnivora atau omnivora sehingga diharapkan dapat memangsa larva. Banyak ikan hias yang telah diteliti dan ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) sebagai ikan predator, seperti *Aphanius dispar, Aplocheilus panchax, Aplocheilus blockii, Aplocheilus lineatus, Nothobranchius patrizii, Nothobranchius cyaneus, Nothobranchius guentheri, Nothobranchius microlepis, Oreochromis spilurus spilurus, Oreochromis niloticus, Oreochromis zillii, Puntius ticto, Puntius sophore, Rasbora daniconius, Gambusia affinis, Gambusia holbrooki,* dan *Poecilia reticulata*.[15] Penelitian kami sebelumnya telah melaporkan beberapa ikan yang memberikan potensi yang menjanjikan menjadi ikan predator, seperti barbir (*Pethia conchonius*), lemon (*Labidochromis caeruleus*), cupang (*Betta splendens*).[16, 19] Ikan hias tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*) banyak dijumpai di pasar ikan dengan morfologi warna tubuh yang beragam, seperti warna merah, kuning, pink, biru, hijau, oranye, ungu, dan lain-lain sehingga memunculkan nama-nama dagang seperti *electric green* (hijau), *sunburst orange* (kuning), *cosmic blue* (biru), *starfire red* (merah), *moonrise pink* (merah muda), dan *galactic purple* (ungu).[20] Ikan ini sering disebut dengan sebutan ikan *glowfish*. Ikan ini merupakan spesies yang sedang populer atau

banyak dicari karena warnanya yang bagus dan seperti bercahaya seperti lampu neon, selain itu memiliki harga terjangkau dari harga 2.500 hingga 25.000 serta perawatan ikan yang mudah.[20] Hal yang menarik menjadi penelitian ini adalah apakah ikan hias tetra (*G. ternetzi*) dengan warna yang beragam ini memiliki pola mangsa yang sama atau berbeda terhadap larva *Ae. aegypti.* Sejauh ini belum ada penelitian kemampuan ikan hias tetra (*G. ternetzi*) sebagai predator larva nyamuk *Ae. aegypti*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kemampuan ikan *black skirt* tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*) memangsa larva *Aedes aegypti*.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan studi eksperimen dengan menggunakan metode *post-test only control group design*. Penelitian dilakukan di laboratorium Penelitian, Universitas Ciputra Surabaya, dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2023. Penelitian ini telah mendapatkan keterangan laik etik (*ethical clearance*) dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah Surabaya dengan nomor E/141/UHT.KEPK/03/X/2023.

Bahan yang digunakan adalah ikan tetra berwarna merah (*starfire red tetra*), ikan tetra berwarna oranye (*sunburst orange tetra*), ikan tetra berwarna hijau (*electric green tetra*), dan ikan cupang varietas serit. Pemilihan ikan cupang sebagai kelompok kontrol mengacu pada penelitian sebelumnya. Semua ikan dibawa ke Laboratorium Fakultas Perikanan Kampus C Universitas Airlangga untuk diidentifikasi. Larva yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva *Ae. aegypti* instar III yang didapatkan dari Laboratorium Entomologi, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya. Alat yang digunakan di dalam penelitian ini adalah 20 buah akuarium dengan ukuran panjang 14 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 24 cm, stopwatch, bak plastik, pipet tetes plastik, nampan plastik, pot, jaring ikan, gelas beker, pH meter, penggaris, termometer.

Penelitian ini menggunakan empat kelompok ikan predator. Kelompok I adalah ikan tetra merah (*starfire red tetra*), kelompok II adalah ikan tetra oranye (*sunburst orange tetra*), kelompok III adalah ikan tetra hijau (*electric green tetra*), dan kelompok IV adalah ikan cupang varietas serit. Jumlah replikasi masing-masing kelompok sebanyak lima sehingga total keseluruhan ada 20 ekor ikan atau memerlukan 20 buah akuarium. Masing-masing akuarium diisi 1 ikan dan 25 individu larva *Ae. aegypti* instar III. Ikan dipuasakan 1 hari sebelum dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan di sore hari pada jam 16:00 WIB mengacu pada penelitian sebelumnya.[17,21] Waktu mangsa dimulai ketika 25 individu larva *Ae. aegypti* instar III dimasukkan ke dalam akuarium yang telah berisi ikan dan pengujian dilakukan selama 20 menit.

Data jumlah larva yang dimangsa oleh ikan selama 20 menit dianalisis dengan sofware SPSS menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Data penelitian yang telah memenuhi uji normalitas (*shapiro wilk*) dan uji homogenitas (*levene test*) akan dilanjutkan pada analisis uji *one-way anova*. Jika data penelitian dinyatakan tidak memenuhi salah satu asumsi dari normalitas dan homogenitas, maka uji perbedaan jumlah larva *Aedes Aegypti* yang dimakan akan dianalisis menggunakan uji statistika non parametrik yaitu uji *kruskall wallis.*

HASIL

Hasil identifikasi ikan telah dikeluarkan oleh Unit Layanan Manajemen Kesehatan Ikan dan Lingkungan Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga dengan surat nomor 60 /ULMKILP/UA.FPK/11/2023. Hasil identifikasi menyebutkan bahwa semua ikan uji memiliki nama spesies yang nama yaitu *Gymnocorymbus ternetzi* dengan nama umum *Black skirt tetra* varian putih. Sebenarnya ikan yang diuji memiliki warna dasar putih polos, namun perbedaan penampilan warna merah, oranye, dan hijau dikarenakan pemberian pemberian *Orange Fluorescence Protein* (OFP) secara transgenik membuat ikan ini berwarna *starfire red*, *sunburst orange*, maupun hijau elektrik.

Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa semua empat ikan uji dapat memangsa larva *Ae. aegypti*. Hasil uji normalitas *shapiro wilk* didapatkan jumlah larva nyamuk *Ae. aegypti* yang dimangsa oleh ikan tetra merah (p = 0,032), ikan tetra oranye (p = 0,959), ikan tetra hijau (p = 0,700), dan ikan cupang serit (p = 0,000). Hasil uji

normalitas menunjukkan bahwa ikan tetra oranye dan ikan tetra hijau berdistribusi normal ($p > 0,05$), sedangkan ikan tetra merah dan ikan cupang serit memiliki data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$). Hasil uji homogenitas dengan *levene test* ($p = 0,037$) menunjukkan bahwa keempat jenis ikan memiliki varians yang tidak homogen saat memangsa jumlah larva *Ae. aegypti* ($p < 0,05$). Dari uji ini maka uji perbedaan jumlah larva *Ae. aegypti* yang dimangsa berdasarkan empat jenis ikan uji dianalisis dengan uji *Kruskall Wallis*

Tabel 1. Hasil Uji Kruskall Wallis

Jenis Ikan	n	Median	Mean	Standar Deviasi	*p*
Tetra merah	5	25	22,20	3,90	
Tetra oranye	5	16	15,20	6,30	0,015*
Tetra hijau	5	18	18,00	4,85	
Cupang serit	5	25	25,00	0,00	

Kruskall Wallis (* = Berbeda signifikan pada taraf signifikan 5%)

Tabel 1 menunjukkan bahwa ikan tetra merah memiliki rerata jumlah larva *Ae. aegypti* yang dimangsa adalah sebanyak 22,20 larva dengan median 25 larva. Rata-rata ikan tetra oranye mampu menghabiskan jumlah larva *Ae. aegypti* sebanyak 15,20 ekor larva dengan median 16 larva. Rata-rata ikan tetra hijau mampu menghabiskan jumlah larva *Ae. aegypti* sebanyak 18 larva. Rata-rata ikan cupang serit mampu menghabiskan jumlah larva *Ae. aegypti* sebanyak 25 larva. Dengan demikian, secara deskriptif menunjukkan bahwa urutan ikan predator yang memangsa jumlah larva *Ae. aegypti* terbanyak adalah ikan cupang serit, ikan tetra merah, ikan tetra hijau, dan terakhir ikan tetra oranye.

Uji statistik *Kruskall Wallis* menunjukkan bahwa keempat ikan uji memiliki kemampuan yang berbeda nyata dalam memangsa larva *Ae. aegypti* dengan nilai $p = 0,015$ ($p < 0,05$). Uji selanjutnya adalah analisis *post hoc test* dengan uji *Tukey* untuk mengetahui ikan yang memiliki kemampuan paling berbeda signifikan dalam memangsa larva *Ae. aegypti* (Tabel 2)

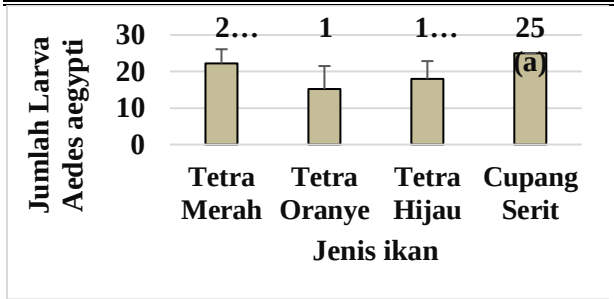
Tabel 2 Hasil Analisis Uji *Tukey*

Jenis Ikan	Tetra Merah	Tetra Oranye	Tetra Hijau	Cupang Serit
Tetra merah	-	-	-	-
Tetra oranye	**0,045***	-	-	-
Tetra hijau	0,196	0,462	-	-
Cupang serit	0,136	**0,005***	**0,019***	-

Keterangan:
* : Berbeda signifikan pada taraf signifikan 5%

Tabel 2 menunjukkan bahwa ikan tetra merah memiliki kemampuan memangsa larva *Ae. aegypti* yang berbeda signifikan dengan ikan tetra oranye ($p < 0,05$) namun tidak berbeda signifikan dengan ikan tetra hijau dan ikan cupang serit ($p > 0,05$). Hal ini berarti ikan tetra merah memiliki kemampuang mangsa lebih baik dibandingkan ikan tetra oranye, tetapi sama dengan ikan tetra hijau dan cupang serit. Ikan tetra oranye memiliki kemampuan yang sama dengan ikan tetra hijau ($p > 0,05$). Ikan tetra oranye dan ikan tetra hijau memiliki kemampuan memangsa larva *Ae. aegypti* yang berbeda signifikan dengan ikan cupang serit ($p < 0,05$). Secara keseluruhan dapat diambil makna bahwa ikan yang memiliki kemampuan paling baik dalam memangsa larva *Ae. aegypti* dengan jumlah larva yang dimakan paling banyak adalah ikan cupang serit dan ikan tetra merah, kemudian disusul dengan ikan tetra hijau dan ikan tetra oranye. Rerata jumlah larva *Ae. aegypti* yang dimangsa oleh keempat jenis ikan uji disajikan secara visual sebagai berikut.

(JPP) Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang
Vol. 19, No. 1, Juni 2024, e ISSN 2654-3427
DOI: https://doi.org/10.36086/jpp.v19i1.2164



Gambar 1. Rerata Kemampuan Memangsa Larva *Ae. aegypti*

Keterangan: Huruf kecil yang berbeda, menunjukkan kemampuan yang berbeda signifikan

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini nampak bahwa ikan cupang varietas serit yang paling banyak memangsa habis semua larva *Ae. aegypti* selama 20 menit. Temuan ini mirip dengan temuan sebelumnya bahwa ikan cupang varietas serit dapat memangsa habis semua larva *Ae. aegypti* dengan rerata predasi sebesar 3 menit 12 detik.[19] Ikan cupang juga merupakan ikan karnivora sehingga dapat memangsa larva *Ae. aegypti*. Ikan cupang sebagai kelompok kontrol karena telah diimplementasikan dalam program 3M Plus, telah diujikan dan diterima oleh masyarakat.[22] Implementasi ikan di di Desa Talok Kecamatan Turen telah dilaporkan ada perbedaan jumlah larva sebelum dan sesudah diberi ikan.[18]

Ikan *black skirt* tetra merupakan salah satu contoh ikan hias yang digemari oleh masyarakat.[20] Beberapa spesies ikan hias lain yang telah dieksplorasi dan berpotensi sebagai predator larva nyamuk *Aedes* adalah *Poecilia reticulata (Guppy), Poecilia sphenops (Black Molly), Betta splendens (Betta fish), Carassius auratus (Gold Fish), Pterophyllum scalare (Angel Fish)*. Ikan *Pterophyllum scalare*, Ikan *Carassius auratus*, dan ikan *Betta splendens* menunjukkan predator dengan predasi yang lebih besar dibandingkan ikan *Poecilia sphenops* dan *Poecilia reticulata*.[23] Ikan hias yang lain, seperti ikan lemon (*Labidochromis caeruleus*) dan ikan kapiat (*Barbonymus schwanenfeldii*) juga dilaporkan berpotensi sebagai predator, dimana ikan lemon lebih efektif karena membutuhkan rerata 5,7 menit untuk memangsa 25 ekor larva *Ae. aegypti* di akuarium.[16] Studi sebelumnya juga melakukan eksplorasi ikan hias barbir (*Pethia conchonius*), dimana didapatkan ikan barbir yang berkelamin jantan lebih direkomendasikan sebagai pengendali populasi larva, selain itu ikan barbir lebih cepat memangsa semua larva uji dibandingkan ikan lemon (*Labidochromis caeruleus*).[17] Penggunaan ikan hias yang telah dilaporkan berpotensi sebagai ikan predator larva memiliki harga yang sangat terjangkau oleh masyarakat sehingga diharapkan dalam diimplementasikan massal di lapangan.[16,18]

Kecepatan ikan sangat diperlukan di dalam menetapkan ikan predator larva karena berkaitan dengan lendir mukus dan kotoran yang dikeluarkan oleh ikan didalam air.[16] Penerimaan masyarakat terhadap penggunaan ikan adalah positif.[22] Sebanyak 96,7% responden umum di Bali setuju dengan penggunaan ikan *Betta splendens* untuk mengendalikan populasi larva nyamuk *Ae. aegypti* karena tidak merasakan perbedaan apa pun pada tampilan, bau, atau rasa air setelah menggunakan bahan biokontrol untuk membersihkan tempat penampungan air.[22] Ikan *black skirt* tetra dengan memiliki warna yang berbeda-beda memiliki kemampuan mangsa yang berbeda, meskipun sebenarnya dari hasil identifikasi ikan yang diuji memiliki warna dasar putih polos, namun perbedaan penampilan warna merah, oranye, dan hijau dikarenakan pemberian *Orange Fluorescence Protein* (OFP) secara transgenik. Studi sebelumnya ikan cupang *Betta splendens* dengan beda varietas sama sama dapat menjadi predator larva *Ae. aegypti*, namun memiliki kemampuan mangsa yang berbeda meskipun satu spesies yang sama (21). Diprediksi perbedaan kemampuan memangsa dikarenakan efek *Orange Fluorescence Protein* (OFP) secara transgenik sehingga mempengaruhi ketahanan hidup dan perilaku biologis sehingga ini masih memerlukan penelitian lanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kemampuan ikan black skirt tetra (*Gymnocorymbus ternetzi*) memangsa larva *Ae. aegypti* secara berurutan yang paling baik adalah ikan cupang serit dan ikan tetra merah, kemudian disusul dengan ikan tetra hijau dan ikan tetra oranye. Saran penelitian ini adalah pengujian ketahanan hidup ikan dan kemampuan mangsa di kontainer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Ciputra yang telah mendanai penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada rekan kami yang telah menemani dan mendukung pengambilan data, yaitu Maynard Adam Liemdjaja, Arnold Gennaro Geraldo Kumayas, dan Fauzi Mumtaz Santana.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kaboré DPA, Soma DD, Gil P, Kientega M, Sawadogo SP, Ouédraogo GA, et al. Mosquito (Diptera: Culicidae) populations in contrasting areas of the western regions of Burkina Faso: species diversity, abundance and their implications for pathogen transmission. *Parasites and Vectors* [Internet]. 2023;16(1):1–11. Available from: https://doi.org/10.1186/s13071-023-06050-2
2. Kramer IM, Pfeiffer M, Steffens O, Schneider F, Gerger V, Phuyal P, et al. The ecophysiological plasticity of *Aedes aegypti and Aedes albopictus* concerning overwintering in cooler ecoregions is driven by local climate and acclimation capacity. *Sci Total Environ.* 2021;778.
3. Istianah S, Mulyaningsih B, Umniyati SR, Arguni E. Aedes aegypti as potential vector of filariasis in Pekalongan, Central Java Province, Indonesia. *J Kedokt dan Kesehat Indones.* 2021;12(1):44–51.
4. Supriyono, Soviana S, Musyaffa MF, Noviato D, Hadi UK. Morphological characteristic of dengue vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* (Family: Culicidae) using advanced light and scanning electron microscope. *Biodiversitas.* 2023;24(2):894–900.
5. Azzahra A, Oktavia LV, Naviyanto MF, Fauziyah S, Sucipto TH, Winarni D, et al. Preliminary study of dengue virus serotype on *Aedes* mosquitoes in endemic area, surabaya, Indonesia, january 2020. *Ecol Environ Conserv.* 2020;26:S1–5.
6. Marín-López A, Raduwan H, Chen TY, Utrilla-Trigo S, Wolfhard DP, Fikrig E. Mosquito salivary proteins and arbovirus infection: from viral enhancers to potential targets for vaccines. *Pathogens.* 2023;12(3):1–16.
7. Shayla TA, Paul M, Sayma NJ, Suhee FI, Islam MR. The dengue prevalence and mortality rate surpass COVID-19 in Bangladesh: possible strategies to fight against a double-punch attack. *Clin Pathol.* 2023;16(December 2019).
8. Budiarti RR, Diarsvitri W, Rachman BE, Sugihartono T, Yamaoka Y, Miftahussurur M. The surge of dengue cases during COVID-19 in Indonesia. *New Armen Med J.* 2020;14(4):91–9.
9. Yushananta P, Setiawan A, Tugiyono T. Variasi iklim dan dinamika kasus DBD di Indonesia: systematic review. *J Kesehat.* 2020;11(2):294.
10. Kaur G, Kumar V, Puri S, Tyagi R, Singh A, Kaur H. Predictors of dengue-related mortality in young adults in a tertiary care centre in North India. *J Fam Med Prim Care* [Internet]. 2020;9:694–7.
11. Malavige GN, Jeewandara C, Ogg GS. Dengue and COVID - 19 : two sides of the same coin. *J Biomed Sci* [Internet]. 2022;29(48):1–14.
12. Kurniawati RD, Rohmawaty I, Sutriyawan A. Hubungan persepsi dan motivasi dengan pemberantasan sarang nyamuk 3M PLUS sebagai upaya pencegahan Demam Berdarah Dengue. *J Kesehat Indones.* 2022;13(1):20.
13. Sutriyawan A, Darmawan W, Akbar H, Habibi J, Fibrianti F. Faktor yang mempengaruhi Pemberantasan Sarang Nyamuk (PSN) melalui 3M Plus dalam upaya pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD). *J Ilmu Kesehat Masy.* 2022;11(01):23–32.
14. Versari A, Sukendra DM, Wulandhari SA. Overview of domestic and agricultural pesticides use contributing to *Aedes aegypti* resistence in Ambarawa Subdistrict, Indonesia. Unnes J Public Heal. 2021;10(1):100–9.
15. World Health Organization. Use of fish for mosquito control [Internet]. Egypt: World Health Organization Regional Office for the Eastern Mediterranean; 2003. 1–77 p. Available from: https://apps.who.int/iris/handle/10665/116355
16. Adriani ND. Daya predasi ikan lemon (*Labidochromis caeruleus*) dan ikan kapiat (*Barbonymus schwanenfeldii*) terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*. *Aspirator - J Vector-borne Dis Stud.* 2021 Jun

29;13(1):37–46.
17. Adrianto H, Rambung E, Christiani N. Potensi ikan barbir (*Pethia conchonius*) dan lemon (*Labidochromis caeruleus*) jantan dan betina sebagai predator biologis larva nyamuk *Aedes aegypti. J Kesehat Andalas.* 2022;11(1):50.
18. Pangesti M Della, Wahyudi Y, Susila WDC. Efektifitas pemberian ikan cupang (*Betta splendens*) dalam menurunkan jumlah jentik sebagai upaya pencegahan DBD di Desa Talok Kecamatan Turen. *Heal Care Media.* 2021;5(2):77–87.
19. Adrianto H, Ritunga I, Tabita H, Silitonga H, Electra R, Goein AM, et al. Predasi ikan cupang jantan varietas serit (Crowntail betta) terhadap larva *Aedes aegypti* pada sore hari. *Enviscience.* 2024;8(1):41–52.
20. Restanti AD, Muryanto BS, Pramudita DA, Fadzilah FPA, Zuani PAK, Ohee HL, et al. Biodiversitas ikan hias dan status konservasinya di Kota Surakarta Jawa Tengah, Indonesia. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon.* 2023;9:97–106.
21. Sheyoputri RE, Adrianto H, Silitonga HTH. Predation ability of single and multicolored placard varieties of Betta splendens against *Aedes aegypti* larvae. *Ranah Res.* 2024;3(1):1–8.
22. Sudiartawan IP, Erjana IGP, Juliasih NKA, Arsana IN. Community perception of biocontrol agent using *Betta splendens* (Ikan Cupang) against *Aedes aegypti* larvae: a community study in Bali. *BKM Public Heal Community Med.* 2023;39(6):1–8.
23. Banerjee R, Datta A, Sen R, Banerjee PK. Role of ornamental fishes to control *Aedes albopictus* larvae population. *Int J Mosq Res.* 2022;9(6):144–8.