



PREDASI KUMBANG PENYELAM DEWASA *Cybister* sp. (COLEOPTERA: DYTISCIDAE) TERHADAP LARVA NYAMUK *Aedes aegypti*

Fiktor Imanuel Boleu^{1*} dan Boyke Raymond Toisuta²

¹Program Studi Kehutanan, FIATR, Universitas Halmahera, Indonesia

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, FIATR, Universitas
Halmahera, Indonesia

*E-Mail : fiktor.imanuelhanna@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7231>

Submit: 16-02-2023; Revised: 28-02-2023; Accepted: 06-03-2023; Published: 30-06-2023

ABSTRAK: Penggunaan agen biokontrol dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* dapat menjadi alternatif untuk menghindari dampak buruk dari ketergantungan penggunaan insektisida kimia. Eksplorasi serangga lokal yang potensial sebagai agen biokontrol penting dilakukan dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju predasi kumbang penyelam dewasa *Cybister* sp. terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti*. Penelitian eksperimental ini dilaksanakan di Laboratorium MIPA terpadu Universitas Halmahera. Sebanyak 1 predator dan 30 larva instar akhir *Ae. aegypti* ditempatkan pada akuarium (20 cm x 14 cm x 14 cm, kapasitas 2 L) yang berisi 1 liter air. Observasi predasi *Cybister* sp. dewasa terhadap larva *Ae. aegypti* dilakukan selama 72 jam yang diatur dalam selang waktu per 6 jam. Eksperimen predasi ini dilakukan dengan tiga ulangan. Analisis laju predasi larva *Ae. aegypti* mengacu pada model matematika. Uji statistik yang digunakan yaitu korelasi untuk melihat kecepatan predasi larva dan analisis varians. Hasil menunjukkan bahwa kumbang penyelam fase dewasa *Cybister* sp. mampu mengurangi jumlah larva *Ae. aegypti* dengan laju predasi dalam interval waktu per 12 jam sebesar 0,755; 0,294; 0,188; dan 0,132 per jam secara berturut-turut. Predasi ini menunjukkan hubungan yang akurat dan berpengaruh signifikan ($R^2 = 0,8608$; $P < 0,05$). Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa kumbang penyelam fase dewasa *Cybister* sp. mampu mengurangi jumlah larva *Ae. aegypti* dengan laju predasi dalam interval waktu per 12 jam sebesar 0,755; 0,294; 0,188; dan 0,132 per jam secara berturut-turut, dan secara statistik predasi tersebut menunjukkan hubungan yang akurat dan berpengaruh signifikan.

Kata Kunci: *Aedes aegypti*, Biokontrol, *Cybister* sp., Laju Predasi.

ABSTRACT: The use of biocontrol agents in controlling *Aedes aegypti* mosquitoes can be an alternative to avoid the adverse effects of dependence on chemical insecticides. Exploration of potential local insects as biocontrol agents is important in maintaining the balance of the ecosystem. This study aims to determine the predation rate of the adult diving beetle *Cybister* sp. against *Ae. mosquito* larvae. *aegypti*. This experimental research was carried out at the Integrated MIPA Laboratory, Halmahera University. A total of 1 predator and 30 late instar larvae of *Ae. aegypti* was placed in an aquarium (20 cm x 14 cm x 14 cm, 2 L capacity) containing 1 liter of water. Observation of predation of *Cybister* sp. adults against *Ae. aegypti* was carried out for 72 hours at intervals of 6 hours. This predation experiment was carried out with three replicates. Analysis of the predation rate of *Ae. aegypti* refers to a mathematical model. The statistical test used was correlation to see the speed of larval predation and analysis of variance. The results showed that the adult diving beetle *Cybister* sp. able to reduce the number of *Ae. aegypti* with a predation rate in 12 hour intervals of 0.755; 0.294; 0.188; and 0.132 per hour respectively. This predation showed an accurate and significant relationship ($R^2 = 0.8608$; $P < 0.05$). The conclusions of this study indicate that the adult diving beetle *Cybister* sp. able to reduce the number of *Ae. aegypti* with a predation rate in 12 hour intervals of 0.755; 0.294; 0.188; and 0.132 per hour respectively, and statistically the predation shows an accurate and significant relationship.





Keywords: *Aedes aegypti*, Biocontrol, *Cybister sp.*, Predation Rate.



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia masuk kategori “A” dalam stratifikasi WHO yang mengindikasikan tingginya angka perawatan dan kematian akibat DBD (Umayu *et al.*, 2013). Berbagai faktor dapat menjadi penentu berkembangnya vektor dan kasus DBD, seperti kondisi lingkungan fisik, iklim, dan sanitasi (Apriyani *et al.*, 2017; Astuti & Lustiyati, 2018; Yushananta & Ahyanti, 2016). Sebagai vektor penyakit DBD, *Aedes aegypti* merupakan parasit antropofilik, dikenal juga sebagai vektor penyakit lain seperti demam kuning (*yellow fever*), virus Zika, dan demam Chikungunya. Di samping itu, tingginya virulensi yang berhubungan dengan patogen yang ditularkan oleh *Ae. aegypti*, baru-baru ini dikaitkan terjadinya malformasi janin dengan infeksi virus Zika (Coelho *et al.*, 2017).

Pengendalian populasi nyamuk dilakukan dengan mengadopsi berbagai pendekatan, dengan tujuan agar mengurangi insiden penyakit yang ditularkan melalui vektor, yang meliputi proses kimia, fisik, dan biologi (Das *et al.*, 2018). Terkait pengendalian secara kimia, saat ini sangat diperlukan regulasi penggunaan insektisida sintesis, mengingat bahwa perkembangan resistensi insektisida menyebar luas dan terdapat perhatian tentang isu kerusakan lingkungan dan efek pada organisme non-target (Benelli *et al.*, 2016). Beberapa studi melaporkan secara spesifik resistensi spesies nyamuk terhadap insektisida sintesis. Ononamadu *et al.* (2020) melaporkan bahwa *Anopheles coluzzi* memiliki resistensi yang tinggi terhadap piretroid. Resistensi *Culex pipiens* terhadap klorpirifos suatu insektisida organofosfat, dan piretroid permetrin ditemukan di Tunisia (Tabbabi *et al.*, 2017). Terdapat pula temuan resistensi *Ae. aegypti* terhadap insektisida organofosfat yang terdistribusi pada beberapa wilayah di Bali, Indonesia (Purnama *et al.*, 2013). Penggunaan insektisida untuk pengendalian nyamuk seperti organofosfat, karbamat, dan piretroid dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia (Benelli *et al.*, 2016).

Pengendalian vektor menggunakan agen biokontrol dapat menjadi alternatif dari penggunaan insektisida kimia. Sejumlah perlakuan biologis dapat mengontrol populasi nyamuk seperti penggunaan bakteri, jamur, tumbuhan, dan ikan. *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* (Bti), *Bacillus sphaericus* (Bs), dan bakteri intraseluler *Wolbachia* dapat menginfeksi nyamuk dan memanipulasi populasinya. Jamur *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*, dapat juga digunakan sebagai biokontrol terhadap nyamuk (Singh *et al.*, 2018). Selain itu, *Mesocyclops thermocyclopoides* dan *Mesocyclops aspericornis* D (Crustacea: Copepoda) dan ikan *Tilapia nilotica* L. diketahui dapat mengendalikan nyamuk demam berdarah (Nasir *et al.*, 2015; Singh *et al.*, 2018). Penelitian terbaru yang





dilakukan Couret *et al.* (2020) melaporkan bahwa tumbuhan karnivora akuatik *Utricularia macrorhiza* berperan dalam pengendalian biologis larva Aedes.

Kumbang penyelam (Coleoptera: Dytiscidae) merupakan predator dominan di lahan basah dan sawah dan dikenal sebagai pemangsa jentik nyamuk (Ohba & Takagi, 2010). Menurut Watanabe (2019), baik fase larva maupun dewasa kumbang penyelam bersifat karnivora. Larva merupakan predator eksklusif, sementara dewasa juga aktif mengais makanan. Kumbang ini diketahui memangsa zooplankton, serangga, gastropoda, ikan, amfibi, dan reptil. Eksplorasi pada genus *Cybister*, sejumlah laporan mendeskripsikan bahwa larva genus ini memakan berudu, ikan, dan serangga air. Larva instar 3 *Cybister tripunctatus orientalis* diketahui menangkap berudu dan larva odonata *Pantala flavescens* di sawah di wilayah Tottori, Jepang. Data lain ditemukan predasi larva *C. tripunctatus orientalis* terhadap nimfa Odonata jauh lebih tinggi dibandingkan berudu. Kasus yang mirip ditemukan pada perkembangan larva *C. chinensis Motschulsky* bertepatan dengan periode kemunculan nimfa Odonata dan berudu, tetapi larva ini memakan nimfa Odonata dan tidak makan berudu (Ohba & Inatani, 2012).

Penerapan agen biokontrol dalam pengendalian vektor tidak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Biokontrol yang merujuk pada laju predasi dimaksudkan sebagai eksistensi dan mempertahankan kelangsungan hidup suatu organisme (Udayanga *et al.*, 2019). Fenomena laju predasi dapat dijelaskan menggunakan model matematika, dan menurut Dalengkade (2019, 2020a, 2020b) model tersebut mampu menggambarkan perubahan ruang dan waktu pada fenomena alam. Larva dan dewasa dari beberapa spesies kumbang penyelam diketahui sebagai predator efektif larva nyamuk (Inoda *et al.*, 2015). Predasi sejumlah kumbang penyelam seperti *Acilius sulcatus* dan *Laccophilus fasciatus rufus* terhadap larva nyamuk diketahui menunjukkan hasil yang signifikan (Bofill, 2014; Chandra *et al.*, 2008). Berdasarkan ulasan predasi berbagai kumbang penyelam dari penelitian sebelumnya maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui laju predasi kumbang penyelam dewasa *Cybister* sp. terhadap larva nyamuk *Ae. aegypti*.

METODE

Penelitian eksperimental ini dilaksanakan pada bulan Juli dan Agustus tahun 2020 di Laboratorium MIPA terpadu Universitas Halmahera untuk melihat predasi kumbang penyelam *Cybister* sp. terhadap larva *Ae. aegypti*. Penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, kumbang penyelam dewasa *Cybister* sp. dengan panjang rata-rata 37 mm diambil dari selokan yang tergenang air di sekitar pemukiman warga di Desa Wari Ino, Kecamatan Tobelo, Kabupaten Halmahera Utara. Untuk identifikasi jenis kumbang penyelam dari keluarga Dytiscidae merujuk pada Miller & Bergsten (2016). Aklimatisasi kumbang penyelam *Cybister* sp. pada akuarium percobaan dilakukan selama 1 minggu dengan memberi makan pelet ikan. Sementara larva *Ae. aegypti* diperoleh dari wadah perangkap nyamuk yang ditempatkan di sekitar pemukiman di Desa Gosoma, Kecamatan Tobelo, Kabupaten Halmahera Utara. Hal ini berdasarkan hasil



penelitian sebelumnya bahwa survei larva di daerah tersebut lebih dominan ditemukan larva *Ae. aegypti* (Boleu *et al.*, 2019; Manik *et al.*, 2020). Identifikasi larva nyamuk dilakukan melalui pemeriksaan mikroskopis pada instar empat larva menggunakan kunci taksonomi larva genera *Aedes* menurut Becker *et al.* (2010). Pada pelaksanaannya, sebanyak 1 predator dan 30 larva instar akhir *Ae. aegypti* ditempatkan pada akuarium (20 cm x 14 cm x 14 cm, kapasitas 2 L) yang berisi 1 liter air. Observasi konsumsi larva *Ae. aegypti* oleh kumbang penyelam dewasa *Cybister* sp. dilakukan selama 72 jam yang diatur dalam selang waktu per 6 jam. Eksperimen predasi ini dilakukan dengan tiga ulangan.

Analisis laju predasi larva *Ae. aegypti* mengacu pada model matematika, dimana model tersebut menggambarkan perubahan laju (y sebagai variabel terikat) di setiap selang interval waktu (x sebagai variabel bebas) yakni merupakan fungsi jarak sehingga menghasilkan fungsi semata untuk setiap laju predasi melalui interval waktu. Adapun tahapan dalam menganalisis kasus tersebut diuraikan sebagai berikut: langkah pertama, analisis data awal dengan membuat plot grafik konsumsi larva *Ae. aegypti*, dan interpolasi data konsumsi per satuan waktu. Persamaan (1) merupakan rujukan dari persamaan interpolasi menurut Siau & Bayen (2014).

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}(x - x_0) \quad (1)$$

Penggunaan persamaan (1) yakni menghubungkan data-data diskrit dalam penelitian ini (variabel waktu dan jumlah larva *Ae. aegypti*), dimana grafik interpolasi melalui semua data. Langkah kedua yakni penentuan model berdasarkan langkah pertama. Mengacu dari hasil data grafik konsumsi larva *Ae. aegypti* per satuan waktu, dimana mengalami perubahan secara eksponensial. Maka model matematika merunut pada Chandra *et al.* (2008) dinyatakan ke dalam persamaan (2).

$$CR = \frac{V \cdot (\ln P)}{T \cdot N} \quad (2)$$

dengan CR = laju predasi larva *Ae. aegypti*, V = volume air (liter), $\ln$ = natural logaritma, P = perubahan jumlah larva *Ae. aegypti*, T = waktu pengamatan, dan N = jumlah predator.

Selanjutnya dilakukan uji statistik (Witte & Witte, 2017). Penggunaan uji tersebut yakni melihat sejauh mana hubungan antara konsumsi *Cybister* sp. pada larva *Ae. aegypti* sebagai peubah terikat (y) dengan peubah bebas (x) di setiap selang waktu pengamatan. Dalam penyajian simpulan yakni dengan memperhatikan nilai koefisien korelasi dari dua peubah dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini tidak ada kematian predator (*Cybister* sp.) selama 72 jam pengamatan. Hasil observasi menunjukkan kumbang penyelam cenderung aktif memangsa larva nyamuk dalam jumlah banyak saat memasuki waktu 04.50

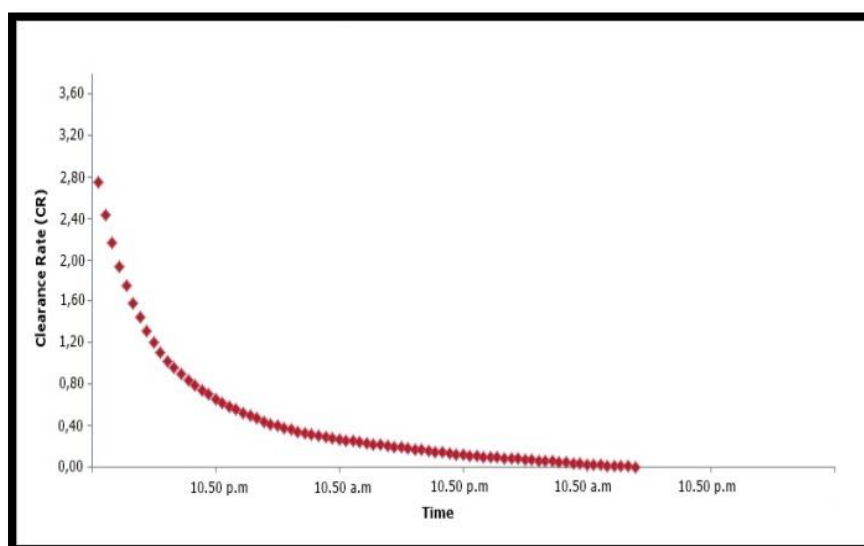
p.m. dan hingga 54 jam pengamatan jumlah larva *Ae. aegypti* dapat dikatakan stabil, berkurang pada kisaran 2 sampai 4 larva. Pada waktu pengamatan 60 jam hingga 72 jam berikutnya jumlah larva nyamuk menjadi 0.

Fungsi semata yang diwakili oleh *CR* (laju predasi) pada Tabel 1 dengan jelas menunjukkan bahwa pada setiap selang waktu terjadi perubahan atau penurunan larva *Ae. aegypti*. Guna melihat sejauh mana penurunan larva *Ae. aegypti*, maka visualisasi penurunan selama selang waktu pengamatan dinyatakan ke dalam Gambar 1.

Tabel 1. Rangkuman Fungsi Semata Waktu Pengamatan.

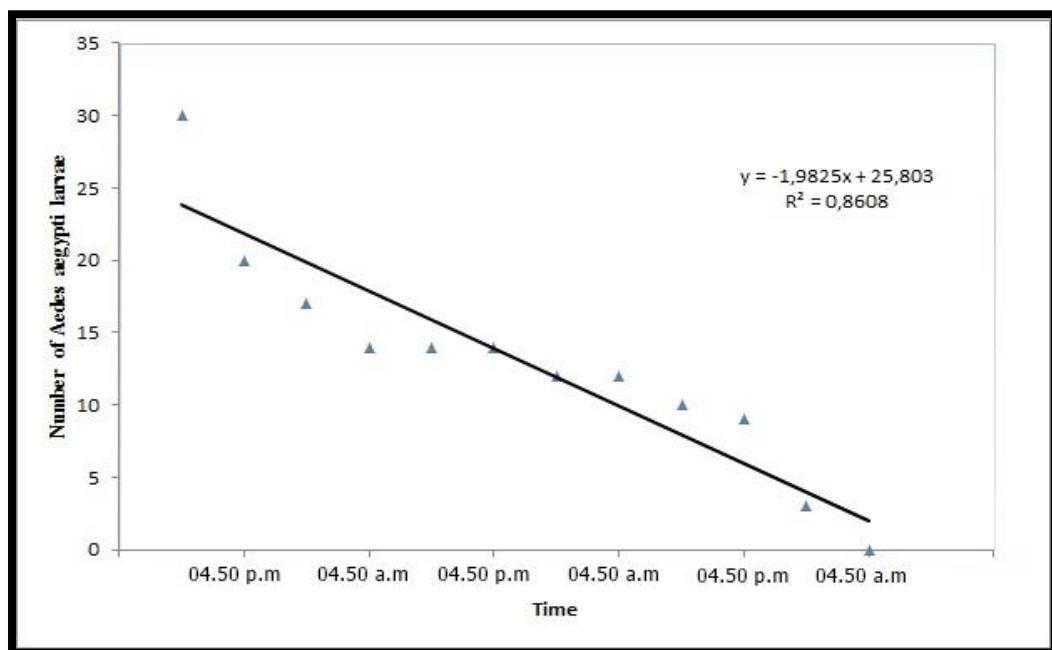
No.	Waktu	Fungsi Semata
1	10.50 a.m	$CR = 1.(\log 30)/1.1 = 1.477$
2	04.50 p.m	$CR = 1.(\log 20)/2.1 = 0.650$
3	10.50 p.m	$CR = 1.(\log 17)/3.1 = 0.410$
4	04.50 a.m	$CR = 1.(\log 14)/4.1 = 0.286$
5	10.50 a.m	$CR = 1.(\log 14)/5.1 = 0.229$
6	04.50 p.m	$CR = 1.(\log 14)/6.1 = 0.191$
7	10.50 p.m	$CR = 1.(\log 12)/7.1 = 0.154$
8	04.50 a.m	$CR = 1.(\log 12)/8.1 = 0.134$
9	10.50 a.m	$CR = 1.(\log 10)/9.1 = 0.111$
10	04.50 p.m	$CR = 1.(\log 9)/10.1 = 0.095$
11	10.50 p.m	$CR = 1.(\log 3)/11.1 = 0.043$

Gambar 1 mewakili setiap titik pengamatan, dan menggambarkan laju predasi dalam selang waktu per 12 jam. Pada selang waktu 12 jam pertama laju predasi sebesar 0,755 per jam dan diikuti 0,294 per jam pada selang waktu kedua. Selanjutnya, laju predasi *Ae. aegypti* mencapai 0,188 per jam dan 0,132 per jam pada selang waktu 12 jam berikutnya secara berturut-turut. Dengan melihat data laju predasi tersebut membuktikan bahwa kumbang penyelam *Cybister* sp. mampu mengurangi jumlah larva *Ae. aegypti*.



Gambar 1. Kurva Laju Predasi Larva *Ae. aegypti* Terbentuk dari Persamaan (2).

Pada Gambar 2, kurva segitiga merupakan data jumlah larva *Ae. aegypti*, sedangkan garis lurus terbentuk dari $y = -1.982x + 25.80$ (kurva korelasi). Nilai dari persamaan korelasi mengartikan beberapa hal sebagai berikut: 1) nilai negatif pada slop mengindikasikan koefisien regresi memaknai terjadinya predasi larva sepanjang waktu pengamatan; dan b) nilai positif (intersep) merepresentasikan rerata predasi larva pada selang waktu tertentu. Sebagai contoh Gambar 2, waktu awal pengamatan 10:50 a.m jumlah sebanyak 30 larva dan mengalami predasi pada waktu 04:50 p.m sebanyak 10 larva. Pada penelitian ini diperoleh $R^2 = 0,8608$ dan analisis varian menunjukkan p -value 0,015, artinya predasi kumbang penyelam *Cybister* sp. terhadap larva instar akhir *Ae. aegypti* dalam selang waktu pengamatan menunjukkan hubungan yang akurat atau sangat kuat dan berpengaruh signifikan.



Gambar 2. Kurva Korelasi Predasi Kumbang Penyelam *Cybister* sp. terhadap Larva *Ae. Aegypti*.

Hasil penelitian sebelumnya telah mengonfirmasi bahwa kumbang penyelam dewasa genus *Cybister* memangsa larva nyamuk. Ohba & Takagi (2010) melaporkan bahwa *C. chinensis* Motschulsky (sinonim *C. japonicus* Sharp) dan *C. brevis* Aubé dewasa sebagai predator larva instar 4 *Culex tritaeniorhynchus* dengan laju predasi sebesar 19% (*C. brevis* Aubé 32% dan *C. chinensis* Motschulsky 6%) pada kondisi laboratorium. Pada penelitian ini, *Cybister* sp. secara jelas mampu mengurangi jumlah larva *Ae. aegypti*, hal tersebut dilihat dari dinamika laju predasi dalam interval waktu per 12 jam sebesar 0,755; 0,294; 0,188; dan 0,132 per jam secara berturut-turut. Menariknya, studi lain melaporkan pada fase juvenil pun kumbang penyelam memangsa larva nyamuk. Juvenil *Acilius sulcatus* makan rata-rata 34 dari 200 instar akhir *Culex quinquefasciatus* (17%) dalam periode 24 jam dan *Laccophilus fasciatus rufus*



mengonsumsi 28% larva instar akhir *C. quinquefasciatus* (Bofill, 2014; Chandra *et al.*, 2008).

Predasi kumbang penyelam *Cybister* sp. terhadap larva instar akhir *Ae. aegypti* dalam selang waktu pengamatan menunjukkan hubungan yang akurat dan berpengaruh signifikan ($R^2 = 0,8608$; $P < 0,05$). Hasil yang signifikan pada jenis lain dilaporkan Younes (2008) terkait laju predasi *Eretes sticticus* terhadap larva nyamuk *C. pipiens* L. Temuannya dijelaskan bahwa meningkatnya laju predasi seiring dengan peningkatan densitas larva pada instar pertama ($r = 0,8987$; $P < 0,05$; slope = 1,146) dan kedua ($r = 0,8337$; $P < 0,05$; slope = 0,4943). Di sisi lain, tidak terdapat perbedaan signifikan ($P > 0,05$) pada laju predasi *E. sticticus* dewasa terhadap densitas larva nyamuk instar ketiga dan keempat (slope = - 0,3663 – 0,6549, secara berturut-turut). Menariknya, pada pengujian preferensi dengan kombinasi 4-prey instar larva, kumbang cenderung lebih menyukai larva nyamuk instar ketiga dan keempat dibandingkan instar pertama dan kedua.

Bofill (2014) menemukan fenomena serupa pada predasi *L. fasciatus rufus* terhadap larva *C. quinquefasciatus*. *L. fasciatus rufus* dewasa mengonsumsi larva nyamuk instar akhir dengan laju (*rate*) lebih tinggi dibandingkan dengan fase juvenil. Younes (2008) mendeskripsikan bahwa sebagian besar serangga mendeteksi mangsanya secara mekanis, melalui getaran atau signal visual dan bereaksi pada sedikit atau sekecilnya agitasi air, hal ini yang memungkinkan kumbang lebih cenderung menyerang instar larva tertua. Kemampuan predasi kumbang penyelam bahkan ditemukan pada fase larva. Inoda *et al.* (2015) menjelaskan larva *Dytiscus verticalis* (Coleoptera: Dytiscidae) menggunakan rangsangan mekanis atau signal kimia sebagai pengganti deteksi visual untuk menemukan mangsa, larva *Dytiscus sharpi sharpi* juga merespon bau mangsa saat berburu. Pada kasus *E. sticticus*, kumbang dewasa menggunakan kaki depan mereka untuk menangkap mangsa (larva nyamuk) dengan satu gerakan cepat dan kemudian mengonsumsinya (Younes, 2008), tingkah laku predasi seperti ini sama ditemukan pada *Cybister* sp., dimana memakan mangsanya dengan mulut mengunyah (Cabrera-Guzmán *et al.*, 2012).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kumbang penyelam fase dewasa *Cybister* sp. mampu mengurangi jumlah larva *Ae. aegypti* dengan laju predasi dalam interval waktu per 12 jam sebesar 0,755; 0,294; 0,188; dan 0,132 per jam secara berturut-turut. Predasi tersebut menunjukkan hubungan yang akurat dan berpengaruh signifikan ($R^2 = 0,8608$; $P < 0,05$). Selain itu, hasil penelitian ini memberikan alternatif dalam pengendalian vektor penyakit (nyamuk) menggunakan agen biokontrol (musuh alami). Sehingga tidak selamanya pengendalian vektor bergantung pada penggunaan bahan kimia yang memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan.





SARAN

Penggunaan model matematika dan pengembangannya pada kasus predasi atau respon suatu hewan atau tumbuhan sebagai agen biokontrol sangat penting untuk penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementrian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional (RISTEK-BRIN) melalui program Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2020. Penulis berterima kasih kepada Mario Nikolaus Dalengkade dan Dwi Rahayu Pujiastuti yang membantu selama penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- Apriyani, A., Sutomo, A.H., dan Umniyati, S.R. (2017). Sanitasi Lingkungan dan Keberadaan Jentik *Aedes* sp. dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue di Banguntapan Bantul. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 33(2), 79-84.
- Astuti, P., dan Lustiyati, E. (2018). Hubungan Kondisi Lingkungan Fisik terhadap Tingkat Kepadatan Larva *Aedes* sp. di Sekolah Dasar Wilayah Kecamatan Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 9(3), 216-225.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., and Kaiser, A. (2010). *Mosquitoes and Their Control*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Benelli, G., Jeffries, C.L., and Walker, T. (2016). Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present, and Future. *Insects*, 7(4), 52-62.
- Bofill, C.E. (2014). Differences in Consumption Rates between Juvenile and Adult *Laccophilus fasciatus rufus* (Coleoptera: Dytiscidae) on Larval *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Honors Theses*, 254.
- Boleu, F.I., Janis, H.B., dan Mangimbulude, J.C. (2019). Larval Mosquito Fauna (Diptera: Culicidae) in Dusun IV Gosoma Village, North Halmahera. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 83-92.
- Cabrera-Guzmán, E., Crossland, M.R., and Shine, R. (2012). Predation on the Eggs and Larvae of Invasive Cane Toads (*Rhinella marina*) by Native Aquatic Invertebrates in Tropical Australia. *Biological Conservation*, 153, 1-9.
- Chandra, G., Mandal, S.K., Ghosh, A.K., Das, D., Banerjee, S.S., and Chakraborty, S. (2008). Biocontrol of Larval Mosquitoes by *Acilius sulcatus* (Coleoptera: Dytiscidae). *BMC Infectious Diseases*, 8(1), 138.
- Coelho, W.M.D., Coelho, J. de C.A., Bresciani, K.D.S., and Buzetti, W.A.S. (2017). Biological Control of *Anopheles darlingi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* Larvae Using Shrimps. *Parasite Epidemiology and Control*, 2(3), 91-96.
- Couret, J., Notarangelo, M., Veera, S., LeClaire-Conway, N., Ginsberg, H.S., and LeBrun, R.L. (2020). Biological Control of *Aedes mosquito* Larvae with Carnivorous Aquatic Plant, *Utricularia macrorhiza*. *Parasites & Vectors*, 13(208).





- Dalengkade, M.N. (2019). Pemodelan Reaksi Suhu Udara terhadap Penyinaran Cahaya Matahari dalam Hutan Bakau. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 13(2), 61-68.
- _____. (2020a). Fluktuasi Temporal Kelembaban Udara di Dalam dan Luar Ekosistem Mangrove. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(2), 159-166.
- _____. (2020b). Profil 24 Jam Kuat Penerangan, Suhu Udara, Kelembaban Udara di Luar dan di Dalam Hutan Mangrove. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 14(1), 047-058.
- Das, M.K., Rao, M.R.K., and Kulsreshtha, A.K. (2018). Native Larvivorous Fish Diversity as a Biological Control Agent Against Mosquito Larvae in an Endemic Malarious Region of Ranchi District in Jharkhand, India. *Journal of Vector Borne Diseases*, 55(1), 34-41.
- Inoda, T., Inoda, Y., and Rullan, J.K. (2015). Larvae of the Water Scavenger Beetle, *Hydrophilus acuminatus* (Coleoptera: Hydrophilidae) are Specialist Predators of Snails. *European Journal of Entomology*, 112(1), 145-150.
- Manik, J.R., Luma, D., Kutani, L.F., Kailola, J., dan Boleu, F.I. (2020). Karakteristik Habitat Perkembangbiakan *Aedes aegypti* di Desa Gosoma, Halmahera Utara, Indonesia. *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 5(1), 31-36.
- Miller, K.B., and Bergsten, J. (2016). *Diving Beetles of the World: Systematics and Biology of the Dytiscidae*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Nasir, S., Abbas, S., Jabeen, F., Nasir, I., Hussain, S.M., and Hafeez, F. (2015). Biological Control of Dengue Mosquito (*Aedes aegypti* L.) with the Copepod (*Mesocyclops aspericornis* D.) and Fish (*Tilapia nilotica* L.). *International Journal of Biosciences (IJB)*, 6(9), 82-89.
- Ohba, S., and Inatani, Y. (2012). Feeding Preferences of the Endangered Diving Beetle *Cybister tripunctatus orientalis* Gschwendtner (Coleoptera: Dytiscidae). *Psyche*, 2012(139714), 1-4.
- Ohba, S.-Y., and Takagi, M. (2010). Predatory Ability of Adult Diving Beetles on the Japanese Encephalitis Vector *Culex tritaeniorhynchus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26(1), 32-36.
- Ononamadu, C.J., Datit, J.T., and Imam, A.A. (2020). Insecticide Resistance Profile of *Anopheles gambiae* Mosquitoes: A Study of a Residential and Industrial Breeding Sites in Kano Metropolis, Nigeria. *Environmental Health Insights*, 14(1), 1-9.
- Purnama, S., Baskoro, T., dan Prabandari, Y. (2013). Pemetaan Spatial Kasus Infeksi Dengue dan Uji Kerentanan *Aedes aegypti* pada Organofosfat. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 148-157.
- Siauw, T., and Bayen, A. (2014). *An Introduction to MATLAB® Programming and Numerical Methods for Engineers*. Cambridge: Academic Press.
- Singh, R.K., Dhama, K., Khandia, R., Munjal, A., Karthik, K., Tiwari, R., Chakraborty, S., Malik, Y.S., and Bueno-Marí, R. (2018). Prevention and Control Strategies to Counter Zika Virus, a Special Focus on Intervention





- Approaches Against Vector Mosquitoes-Current Updates. *Frontiers in Microbiology*, 9(1), 87-97.
- Tabbabi, A., Rhim, A., and Daaboub, J. (2017). Insecticide Resistance in Mosquitoes: an Overview and Strategies to Mitigate Insecticide Resistance Development. *Intern. J. Mosquito Res*, 4(5), 14-18.
- Udayanga, L., Ranathunge, T., Iqbal, M.C.M., Abeyewickreme, W., and Hapugoda, M. (2019). Predatory Efficacy of Five Locally Available Copepods on *Aedes larvae* Under Laboratory Settings: An Approach Towards Bio-Control of Dengue in Sri Lanka. *PloS One*, 14(5), e0216140.
- Umay, R., Faisya, A.F., dan Sunarsih, E. (2013). Hubungan Karakteristik Pejamu, Lingkungan Fisik dan Pelayanan Kesehatan dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) di Wilayah Kerja Puskesmas Talang Ubi Pendopo Tahun 2012. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 262-269.
- Watanabe, R. (2019). Field Observation of Predation on a Horsehair Worm (Gordioda: Chordodidae) by a Diving Beetle Larva *Cybister brevis* Aubé (Coleoptera: Dytiscidae). *Entomological Science*, 22(2), 230-232.
- Witte, R.S., and Witte, J.S. (2017). *Statistics Eleventh Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Younes, A.A. (2008). Predation of the Diving Beetle, *Eretes sticticus* (Coloptera: Dytiscidae) on Mosquito Larvae, *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *Egypt. J. Biol. Pest Control*, 18(2), 303-308.
- Yushananta, P., dan Ahyanti, M. (2016). Pengaruh Faktor Iklim dan Kepadatan Jentik *Ae. aegypti* terhadap Kejadian DBD. *Jurnal Kesehatan*, 5(1), 1-10.

