

RESPONS MIMI (*LIMULIDAE*, 1819 LEACH) TERHADAP CAHAYA LAMPU LED MERAH DENGAN INTENSITAS YANG BERBEDA UNTUK MITIGASI *BYCATCH* JARING INSANG DASAR

Response of Horseshoe Crab (Limulidae, 1819 Leach) to Red Light Led With Different Intensities for Mitigating Bycatch of Bottom Gillnets

Rosi Rahayu*, Ronny Irawan Wahyu, Wazir Mawardi

Teknologi Perikanan Laut, Institut Pertanian Bogor

Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Institut Pertanian Bogor

Jl. Agatis, Dramaga, Bogor Jawa Barat – 16680, Telp/Fax +62518622915-16

Email: Rosirahayu88874@gmail.com, rwahyu06@gmail.com, wmawardi@gmail.com

Diserahkan tanggal 31 Mei 2019, Diterima tanggal 17 September 2019

ABSTRAK

Penelitian respons mimi terhadap cahaya *light emitting diode* merah dengan intensitas yang berbeda telah dilakukan pada skala laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola dan laju respons mimi terhadap lampu LED merah dengan intensitas yang berbeda serta menentukan tingkat intensitas LED merah yang tepat untuk mitigasi *bycatch* mimi. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen skala laboratorium dengan tiga variabel intensitas cahaya LED merah, yaitu rendah ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm²), intensitas sedang ($5,47 \times 10^{-6}$ W/cm²), dan intensitas tinggi ($1,05 \times 10^{-5}$ W/cm²). Pengujian dilakukan untuk mengamati pola dan laju respons mimi terhadap tiga intensitas cahaya lampu LED merah. Spesies mimi yang dijadikan objek penelitian adalah *Tachypleus gigas*. Jumlah mimi yang digunakan sebanyak 20 ekor dengan panjang total 30-38 cm. Analisis data yang digunakan adalah metode deskriptif komparatif. Hasil penelitian menunjukkan terdapat respons mimi menjauhi cahaya terbanyak pada LED merah intensitas rendah sebanyak 60%, sedangkan intensitas sedang dan tinggi sebanyak 35% dan 34%. Adapun waktu respons mimi yang tersingkat terdapat pada intensitas cahaya LED rendah selama 32,05 detik dan waktu respons terpanjang terdapat pada intensitas tinggi selama 59,06 detik. Berdasarkan respons penghindaran tersebut, lampu LED dengan intensitas $3,68 \times 10^{-6}$ W/cm² dapat digunakan sebagai alternatif dalam mitigasi *bycatch* mimi pada perikanan jaring insang dasar.

Kata kunci: Mimi; Mitigasi *Bycatch*; Tingkah Laku; *Light Emitting Diode* (LED)

ABSTRACT

Research on the response of horseshoe crab toward red light emitting diode lamps with different intensities were carried out on laboratory scale. The purpose of this study were to analyze the pattern and response rate of horseshoe crab against red LEDs with different intensities and determine the intensity of red LED light that is suitable for mitigation bycatch of horseshoe crab. The research method used was experimental laboratory with three variables, namely low intensity ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm²), moderate intensity ($5,47 \times 10^{-6}$ W/cm²), and high intensity ($1,05 \times 10^{-5}$ W/cm²). The experiment was carried out by observing the pattern and the response rate for the red LED lights. The type of spesies used in research is *Tachypleus gigas*. The number of horseshoe crabs used was 20 with a total length of 30-38 cm. Data analysis used was descriptive comparative method. The result showed that the intensity of the most avoided by horseshoe crab was a low intensity of 60%, while the moderate and high intensity were 35% and 34% respectively. The shortest horseshoe crab response time is at low intensity for 32,05 seconds and the longest response time is at high intensity for 59,06 seconds. LED light with an intensity of $3,68 \times 10^{-6}$ W/cm² provide an avoidance response to horseshoe crab. Based on the avoidance response, LED lights with an intensity of $3,68 \times 10^{-6}$ W/cm² can be used as an alternative in mitigation bycatch of horseshoe crab for bottom gillnets fisheries.

Keywords: Horseshoe Crab; Behavior; Bycatch Mitigation; *Light Emitting Diode* (LED)

PENDAHULUAN

Mimi merupakan arthropoda laut purba dan langka, oleh karena itu pemerintah melindungi mimi dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.P20/MEN-LHK/2018. Namun demikian, eksistensi mimi di suatu perairan membawa masalah bagi nelayan, yaitu mimi yang tertangkap berpotensi untuk merusak jaring (Supadminingsih *et al.* 2019). Untuk melepaskan mimi yang terbelit akan sangat sulit dan

membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, untuk menghemat waktu nelayan terkadang merobek jaring atau mengupah pekerja.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penting dilakukan upaya untuk mereduksi *bycatch* mimi pada jaring insang dasar dengan memanfaatkan tingkah laku visual, karena mimi dalam beraktivitas dominan menggunakan visual, seperti memijah dan mencari makan (Hubbard *et al.* 1960). Selain itu, mimi memiliki sensitivitas terhadap cahaya, terutama pada

ultraviolet yang dimanfaatkan mimi untuk bermigrasi (Watson *et al.* 2008). Namun tidak semua cahaya dapat ditoleransi oleh mimi, seperti cahaya dengan panjang gelombang yang mencapai 700 nm (Porter 2005), sebab adanya perbedaan *peak sensitivity* pada reseptor mimi sehingga menimbulkan perbedaan respons terhadap cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda. Oleh karena itu, mimi menunjukkan respons yang berbeda pada cahaya *uv*, hijau, dan merah (Srijaya *et al.* 2014).

Adanya respons yang berbeda dari mimi tersebut, menjadi dasar dalam penelitian ini menggunakan media cahaya untuk mereduksi *bycatch* dengan memanfaatkan teknologi lampu LED (*Light emitting diode*). Penelitian LED terkait *bycatch* mimi di Indonesia, baru dilakukan oleh Supadminingsih (2018) dengan menggunakan LED hijau. Namun, mimi menunjukkan ketertarikan, sehingga lampu hijau dinilai tidak tepat untuk dijadikan pereduksi *bycatch*. Selanjutnya penelitian lanjutan dilakukan oleh Utami (2018) dengan membandingkan berbagai warna seperti hijau, biru, ungu, dan merah. Dari keempat warna tersebut, warna merah adalah warna yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai pereduksi *bycatch*. Namun, pada penelitian terdahulu belum tersedia informasi mengenai pola penghindaran mimi terhadap cahaya. Mimi masih menunjukkan jarak yang cukup dekat dengan sumber cahaya pada saat bermanuver ke daerah gelap, dan waktu respons mimi masih cukup lambat (Utami 2018). Sehingga potensi mimi untuk tersangkut jaring masih cukup besar untuk itu maka perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan LED merah dengan intensitas yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola dan laju respons mimi terhadap cahaya LED merah dengan intensitas yang berbeda dan menentukan intensitas cahaya LED merah yang tepat untuk mitigasi *bycatch* mimi

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada April 2019 bertempat di laboratorium tingkah laku ikan FPIK IPB. Bahan yang digunakan adalah 20 ekor mimi dewasa dari jenis spesies *Tachypleus gigas* berukuran 30-38 cm. Adapun peralatan yang digunakan adalah bak pemeliharaan, kamera CCTV (*Close circuit television*) *night vision* untuk merekam pergerakan respons mimi, refraktometer untuk mengukur salinitas, bak perlakuan, dan lampu LED dengan tiga intensitas yang berbeda ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm², $5,47 \times 10^{-6}$ W/cm², dan $1,05 \times 10^{-5}$ W/cm²). Tiga intensitas yang digunakan dipilih berdasarkan kriteria seperti kecepatan reaksi mimi ketika diberi stimulus dan pola manuver mimi yang tidak terlalu dekat dengan sumber cahaya yang didapat dari hasil penelitian pendahuluan.

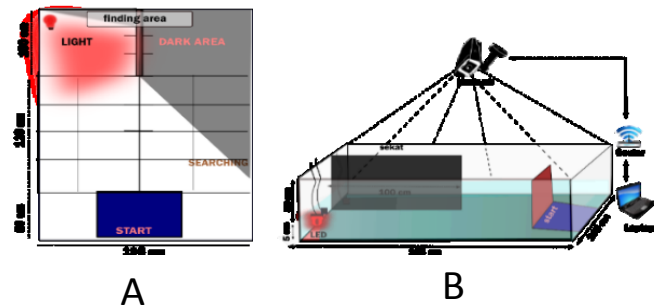
Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium observasi tingkah laku mimi terhadap cahaya merah dalam kondisi yang terkontrol (Nazir 2003). Observasi dilakukan untuk mengamati pola dan waktu respons mimi terhadap cahaya LED dengan tiga intensitas yang berbeda. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti berikut:

Pemeliharaan dan Persiapan Penelitian

Mimi dipelihara dalam bak fiber berukuran 180 cm × 90 cm × 70 cm dengan kondisi lingkungan yang di telah disetting mendekati habitat aslinya seperti penyesuaian salinitas 28-30 ‰ (Srijaya *et al.* 2014) serta diberi makan sehari sekali pada sore hari. Jenis pakan yang digunakan adalah *Tubifex sp.* Mimi

yang akan diuji coba diaklimatisasikan terlebih dahulu selama 10 hari di bak pemeliharaan sampai kondisi mimi layak untuk diuji coba.

Persiapan penelitian meliputi kamera CCTV, lampu LED, dan Bak perlakuan. Lampu LED yang digunakan berjenis *high power led* (HPL) dengan daya 10 watt. Selain itu, CCTV yang digunakan memiliki spesifikasi 1080p dan 9 fps. CCTV dipasang tegak lurus pada bagian atas bak dengan ketinggian yang mampu menjangkau seluruh area bak. Bak perlakuan yang digunakan terbuat dari terpal berukuran 280 cm × 195 cm × 50 cm dan dibagi atas tiga zona, yaitu *start*, *searching*, dan *finding*. Dasar bak perlakuan diberi garis bantu berupa *grid* berukuran 40 cm × 40 cm untuk memudahkan pengamatan. Ilustrasi bak perlakuan tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembagian zona bak perlakuan (A) dan (B)
 Bak perlakuan tampak samping

Pengumpulan Data

Pola respons dan waktu respons mimi yang berasal dari hasil rekaman CCTV. Pengulangan dilakukan sebanyak 40 kali dan setiap perlakuan dilakukan selama 10 menit. Pola pergerakan setiap mimi dikelompokkan kedalam kriteria pola respons. Kriteria respons mimi terhadap cahaya LED merah dengan intensitas berbeda disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Respons Mimi

Pola	Keterangan
SD (<i>Straight to the dark</i>)	Mimi menuju <i>dark area</i> secara langsung
LD (<i>Light to the dark</i>)	Mimi mendekati <i>light area</i> sebelum menetap ke <i>dark area</i>
SL (<i>Straight to the light</i>)	Mimi menuju <i>light area</i> secara langsung
DL (<i>Dark to the light</i>)	Mimi mendekati <i>dark area</i> sebelum menetap ke <i>light area</i>
ST (<i>Stagnant</i>)	Mimi tidak merespons

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap. Mimi yang telah digunakan dalam satu percobaan akan diistirahatkan selama seminggu untuk menghindari stres dan *learning behavior*.

Pengolahan Data

Pola dan waktu respons mimi didapatkan dari hasil rekaman video. Rekaman video selanjutnya diolah menggunakan *software kinovea*. Hasil pengolahan akan ditampilkan dalam bentuk gambar dengan pola *tracking path* dan tabel kecepatan. Selanjutnya akan disajikan dalam bentuk grafik.

Analisis Data

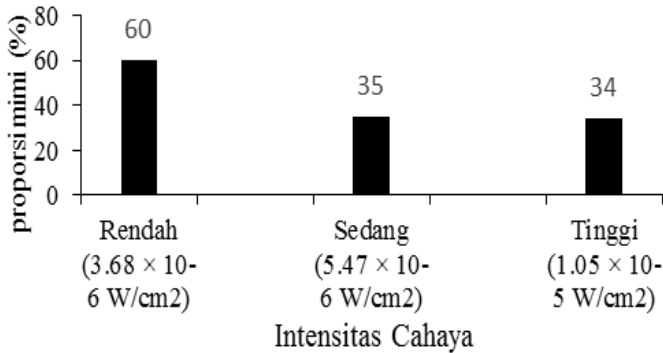
Pola respons mimi dikelompokkan berdasarkan kriteria respons (Supadminingsih 2018), dan dianalisis secara

deskriptif, Sedangkan waktu respons respons mimi dianalisis secara uji statistik dan deskriptif. Untuk membandingkan laju respons mimi terhadap tiga intensitas lampu yang berbeda, maka dilakukan uji ANOVA (*Analysis of variance*). Namun sebelum dilakukan uji ANOVA, data diuji normalitas dengan menggunakan *kolmogorov-smirnov* melalui *software* yang mendukung untuk dilakukan uji statistik pada taraf α 95% (0.05).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons Mimi Menjauhi Cahaya

Total proporsi mimi yang menjauhi lampu disajikan dalam bentuk grafik persentase. Persentase mimi menjauhi cahaya tertinggi terdapat pada intensitas rendah ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm²), yaitu 60% atau 24 respons, dan proporsi terendah berada pada intensitas tinggi ($1,05 \times 10^{-5}$ W/cm²) sebanyak 13 respons. Jika ketiga intensitas tersebut dibandingkan, terdapat perbedaan pada intensitas rendah, sedangkan proporsi respons mimi pada intensitas sedang dan tinggi tidak jauh berbeda. Dengan demikian, hal ini membuktikan bahwa intensitas yang paling dihindari mimi adalah intensitas rendah ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm²).

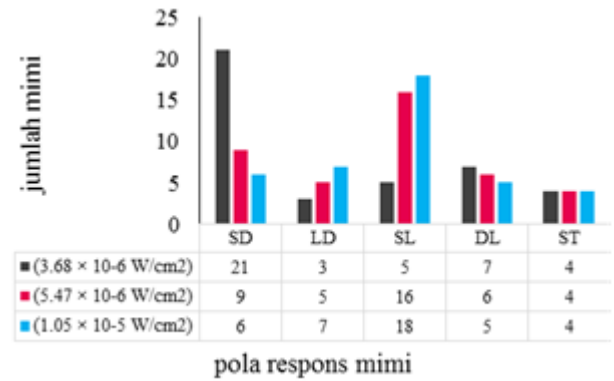


Gambar 2. Proporsi Mimi Terhadap Cahaya dengan Intensitas Berbeda

Besarnya proporsi respons mimi menghindari cahaya pada intensitas rendah, menunjukkan mimi tidak tertarik dengan sumber pencahayaan intensitas rendah. Menurut Yokoyama (2008), untuk dapat melihat pada keadaan intensitas cahaya rendah, organ visual mengandalkan hormon RH1 yang diproduksi oleh sel Rod. Diketahui bahwa mimi merupakan hewan yang memiliki *single photoreceptor* yaitu hanya memiliki sel kon untuk melihat. Selain itu, Huang *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa untuk melihat pada kondisi cahaya dengan intensitas rendah, mata membutuhkan lebih banyak energi daripada kondisi area terang. sehingga dapat diindikasikan mimi sulit untuk melihat pada kondisi cahaya dengan intensitas rendah karena mimi tidak memiliki sel rod untuk melihat pada kondisi cahaya redup.

Pola Respons Mimi Terhadap Cahaya

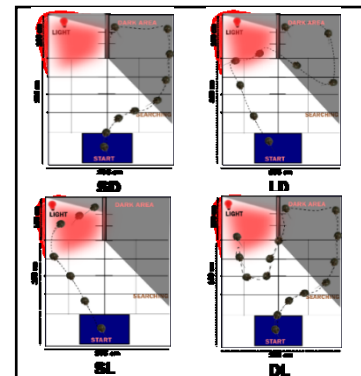
Pola respons mimi dikelompokkan kedalam beberapa kriteria, yaitu SD (*Straight to dark*), LD (*Light to dark*), SL (*Straight to light*), DL (*Dark to light*), dan ST (*Stagnant*).



Gambar 3. Pola Repons Mimi Terhadap Intensitas Berbeda

Gambar 3 memperlihatkan pola respons mimi terhadap masing-masing intensitas yang berbeda. Saat mimi menghindari cahaya, mimi cenderung memperlihatkan pola SD atau LD. Jumlah mimi menghindari dengan kriteria SD terbesar terdapat pada intensitas rendah, yaitu sebanyak 21 respons. Jumlah SD terkecil terdapat pada intensitas tinggi sebanyak 9 respons.

Kriteria LD terbesar terdapat pada intensitas tinggi sebanyak 7 respons dan terkecil terdapat pada intensitas rendah sebanyak 3 respons. Kriteria DL tertinggi terdapat pada intensitas rendah sebanyak 7 respons dan terendah terdapat pada intensitas tinggi sebanyak 5 respons. Pola mimi mendekati cahaya langsung ditunjukkan pada kriteria SL tertinggi sebanyak 18 respons pada intensitas tinggi dan terendah terdapat pada intensitas rendah sebanyak 5 respons. Selain menunjukkan empat pola tersebut, mimi juga menunjukkan pola yang *stagnant* atau ST, artinya mimi tidak memberikan respons pada saat perlakuan.



Gambar 4. Ilustrasi pola repons mimi

Intensitas rendah ($3,68 \times 10^{-6}$ W/cm²) memiliki jumlah pola SD tertinggi. Pada pola SD, waktu bertahan mimi pada area gelap selama ± 10 menit atau dari awal mulai sampai perlakuan berakhir. Dalam menghindari cahaya, mimi tidak langsung ke *dark finding area*, namun mimi cenderung menuju ke tempat gelap yang jaraknya lebih dekat dengan posisinya seperti *dark searching area* ataupun sudut bak perlakuan (Supadminingsih 2018). Ini disebabkan mimi memiliki kemampuan membedakan bayangan yang kontras pada suatu area dengan sangat baik (Liu *et al.* 2009). Sebaliknya, pola respons SL pada intensitas rendah merupakan jumlah yang

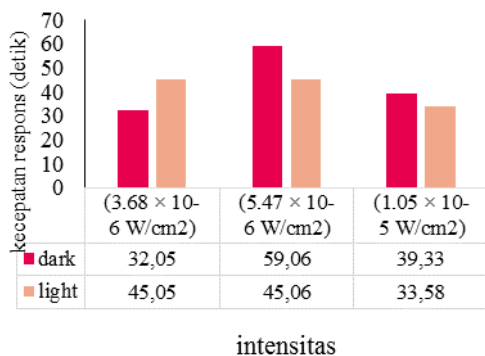
paling sedikit dibandingkan intensitas lain. Pada pola SL intensitas rendah, mimi hanya bertahan pada light area selama rata-rata ±15 detik. Selain itu, mimi menunjukkan perilaku menjaga jarak dari sumber cahaya, seperti membelakangi cahaya, berdiam diri di bagian sudut bak perlakuan yang minim cahaya, serta tidak memperlihatkan adanya tingkah laku agresif seperti menyentuh atau mendorong lampu.

Perilaku agresif ditunjukkan oleh mimi terhadap intensitas sedang dan tinggi ($1,05 \times 10^{-5} \text{ W/cm}^2$), khususnya pada kriteria SL. Pada intensitas tersebut, mimi menunjukkan adanya peningkatan agresifitas, seperti cenderung menyerang lampu dengan cara menabrak atau mendorong, hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Cheroske *et al.* (2009) bahwa dengan intensitas yang tinggi dapat membuat arthropoda laut dapat meningkatkan agresifitas seperti menyerang. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Johansen *et al.* (2011) yang menyatakan intensitas berpengaruh terhadap tingkah laku organisme karena dipengaruhi hormon yang berfungsi sebagai transmitter yang mengontrol lokomotor dan mempengaruhi respons (Schlichting *et al.* 2018). Namun, setelah beberapa saat mimi menuju tempat gelap untuk beristirahat sebelum kembali ke light area kembali. Lama mimi bertahan pada light area intensitas tinggi adalah >5 menit. Pada saat perlakuan berlangsung, mimi yang menuju ke cahaya, tidak menghabiskan seluruh waktu didalam light area, namun mimi sesekali menuju dark area untuk beristirahat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tanacredi (2001) yang menyatakan mimi menjadikan dark area sebagai tempat beristirahat.

Kecepatan Respons Mimi Terhadap Cahaya

Kecepatan respons adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh mimi dalam menerima stimulus. Kecepatan mimi merespons didapat dari nilai rata-rata pada setiap perlakuan. Waktu yang singkat menandakan mimi menerima stimulus dengan baik, apabila mimi merespons dengan waktu yang cenderung panjang, maka menandakan mimi lambat dalam menerima stimulus (Gibson *et al.* 2015)

Kecepatan mimi menerima stimulus tersaji pada Gambar 6. rata-rata tersingkat pada respons mimi menjauhi dari lampu terdapat pada intensitas $3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$, yaitu 32,05 detik, sedangkan kecepatan respons paling lambat ada pada intensitas $5,47 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ dengan nilai 59,06 detik.



Gambar 5. Waktu respons mimi

Berdasarkan uji *one way anova* terdapat adanya pengaruh intensitas cahaya LED merah terhadap kecepatan respons mimi. hal ini dapat dilihat dari nilai *Pvalue*<taraf kesalahan ($0,006 < 0,05$). Adanya pengaruh tersebut, maka dilakukan analisis lanjutan *tukey post hoc test* untuk mencari variabel mana yang paling berpengaruh. Hasil uji lanjut

menunjukkan intensitas yang paling rendah ($3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$) memiliki perbedaan signifikan.

Kecepatan mimi merespons sangat menentukan ketika lampu di aplikasikan dilapangan karena apabila mimi lambat untuk merespons maka dikhawatirkan mimi akan lambat dalam menghindari lampu ketika alat tangkap diturunkan dalam perairan sehingga resiko mimi terjatoh masih cukup besar, dan apabila mimi cepat dalam menerima respons, maka diasumsikan mimi akan lebih cepat dalam menghindari lampu sehingga resiko mimi tersangkut menjadi lebih kecil.

Pada intensitas $3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ mimi menunjukkan waktu respons tercepat terhadap dark area, yaitu rata-rata 32,05 detik. Respons tersebut berupa gerakan mimi langsung menuju dark area. Selain menentukan kecepatan penerimaan stimulus, waktu respons juga menunjukkan tingkat ketertarikan mimi terhadap intensitas cahaya. terlihat pada Gambar 6, bahwa waktu tercepat mimi merespons ke light area terdapat pada intensitas $1,05 \times 10^{-5}$ yaitu 33,58 detik., sedangkan intensitas yang paling lambat direspons mimi adalah intensitas $5,47 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ dan $3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$, yaitu 45,06 detik.

Dominannya proporsi respons SD pada intensitas $3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ dan singkatnya waktu mimi merespons pada keadaan gelap dengan waktu 32,05 detik dapat dijadikan rekomendasi sebagai intensitas cahaya LED merah yang paling tepat sebagai alternatif teknologi mitigasi bycatch mimi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian proporsi terbesar mimi menghindari cahaya terdapat pada intensitas $3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$ sebanyak 60% dengan pola SD. Waktu tercepat mimi menghindari cahaya terdapat pada intensitas rendah $3,68 \times 10^{-6}$, rata-rata selama 32,05 detik, dan waktu respons cahaya terlama ada pada intensitas tinggi ($3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$) dan ($5,47 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$), yaitu 49,06 detik. Intensitas yang paling tepat untuk digunakan sebagai teknologi alternatif untuk mitigasi bycatch mimi adalah intensitas rendah ($3,68 \times 10^{-6} \text{ W/cm}^2$)

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Laboratorium Tingkah Laku Ikan yang telah memberikan fasilitas selama penelitian, dan rekan TPL FPIK IPB yang telah membantu dalam kegiatan di lapangan dan laboratorium

DAFTAR PUSTAKA

Cheroske, A. G., Cronin, T. W., Durham, M. F., & Caldwell, R. L. (2009). Adaptive signaling behavior in stomatopods under varying light conditions. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 42(4), 219–232. <https://doi.org/10.1080/10236240903169222>

Gibson, W. T., Gonzalez, C. R., Fernandez, C., Ramasamy, L., Tabachnik, T., Du, R. R., Anderson, D. J. (2015). Behavioral responses to a repetitive visual threat stimulus express a persistent state of defensive arousal in drosophila. *Current Biology*, 25(11), 1401–1415. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.03.058>

Huang, J. S., Shimomura, Y., Katsuura, T. (2013). Effects of monochromatic light on muscle fatigue and its recovery. *Journal of the Human-Environment System*, 16(1), 001–009. <https://doi.org/10.1618/jhes.16.001>

- Hubbard, R., Wald, G. (1960). Visual Pigment of The Horseshoe Crab, *Limulus polyphemus*. *Nature Research Journal*. 186:212-215. <https://doi.org/10.1038/186212b0>
- Johansen, N. S., Vänninen, I., Pinto, D. M., Nissinen, A. I., & Shipp, L. (2011). In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Annals of Applied Biology*, 159(1), 1–27. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2011.00483.x>
- KEMENLHK (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan). 2018. Peraturan Menteri Lingkungan hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi.
- Liu, J. S., dan Passaglia, C. L. 2009. Using The Horseshoe Crab, *Limulus polyphemus*, in Vision research. *Journal of Visualized Experiment*. 29:1-5. <https://doi.org/10.3791/1384>
- Nazir, M. 2003. Metode penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta. 486 hal.
- Porter, M. L., & Porter, M. L. (2005). Crustacean phylogenetic systematics and opsin evolution. *Molecular Biology*, (August), 1–200.
- Schlichting, M., Menegazzi, P., Rosbash, M., Helfrich-Förster, C. (2018). Cryptochrome Interact with Actin and Enhances Eye-Mediated Light Sensitivity of The Circadian Clock in *Drosophila melanogaster*. *Molecular Neuroscience*. 11:238-251. <https://dx.doi.org/10.3389%2Fnmol.2018.00238>
- Srijaya, T. C., Pradeep, P. J., Hassan, A., Chatterji, A., Shaharom, F., & Jeffs, A. (2014). Colour preference and light sensitivity in trilobite larvae of mangrove horseshoe crab, *Carcinoscopius rotundicauda* (Latreille, 1802). *Indian Journal of Experimental Biology*, 52(3), 281–290.
- Supadminingsih, F. N., Wahju, R. I., & Riyanto, M. (2019). Composition of blue swimming crab portunus pelagicus and horseshoe crab limulidae on the gillnet fishery in Mayangan Waters, Subang, West Java. *AAFL Bioflux*, 12(1), 14–24.
- Supadminingsih, F. N. (2018). Tingkah Laku mimi (Limulidae, 1819 Leach) Terhadap lampu LED Warna Hijau. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tanacredi, J. T. (1982). *Limulus in The Limelight*. Springer. Boston. 160 hal.
- Usemahu, A. R., dan L. Tomasila. (2003). Teknik Penangkapan Ikan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 96 hal.
- Utami, A. (2018). Tingkah Laku Mimi (*Tachypleus* sp.) Terhadap Warna Cahaya yang Berbeda. Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Watson III, W. H., L. Bedford., C. C. Chabot. (2008). Rhythms of Locomotion Expressed by *Limulus polyphemus*, The American Horseshoe Crab: II. Relationship to Circadian Rythms of Visual sensitivity. *Biological Bulletin*. 215:46-56. <https://doi.org/10.2307/25470682>
- Yokoyama, S. (2008). Evolutions of dim Light and Color Vision Pigment. *The Annual Review of Genomic and Human Genetics*. 9:259-282. <https://doi.org/10.1146/annurev.genom.9.081307.164228>