

---

## STUDI PENDAHULUAN: RESPON TINGKAH LAKU KEPITING TAPAL KUDA (*Tachypleus gigas*) TERHADAP LAMPU LED HIJAU

*Preliminary Studies: Behavioral Response of Horseshoe Crab (*Tachypleus gigas*) to Green LED Lights*

**Fahresa Nugraheni Supadminingsih<sup>1\*</sup>, Mochammad Riyanto<sup>2</sup>, Ronny Irawan Wahyu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Kampus Sindang Sari, Jalan Raya Palka, Pabuaran, Serang, Banten

<sup>2</sup> Departemen Pemanfaatan Sumberaya Perikanan IPB University, Jl. Agathis Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat

\*Penulis korespondensi: fahresans@untirta.ac.id

---

### Informasi Naskah:

Diterima 18 Januari 2021

Direvisi 20 Februari 2021

Disetujui 25 Februari 2021

---

### Keywords:

Green LED  
Horseshoe Crab  
Response  
Phototaxis

---

### Kata kunci:

LED Hijau  
Kepiting Tapal Kuda  
Respons  
Fototaksis

### ABSTRACT

*Horseshoe crabs are one of animals that has a high sensitivity to light. The trilobite larva of horseshoe crab were tested to the light color, where the response of adult horseshoe crabs to green LED lights is unknown. This study aimed to observe the behavioral response of adult horseshoe crab towards green LED lights. The experimental laboratory used in this study with 22 individuals *T.gigas* with a total length  $\pm 34$  cm in certain criteria such as having hard carapace, no shell damage, no molting, and not in the spawning phase. The experiment was carried out in 82 repetitions in artificial ponds and observed under infrared camera. The data was collected by number of responses, time, and patterns. The results showed that 77% horseshoe crabs gave a positive response to light and 23% gave a positive response to dark areas. Horseshoe crab pattern to light response is divided into Straight to Light (41), Side to light (9), Ligth to dark (13) and Straight to dark (12), Side to dark (5) and dark to light (2). The fastest direct straight response is that LED lights that attract horseshoe crabs move quickly and respond immediately Straight to Light with is 18,66 sec/m. This study shows that the adult stage have positive phototaxis and attract to green LED lights by giving faster time with direct response patterns.*

### ABTSRAK

Kepiting tapal kuda merupakan salah satu hewan yang memiliki kepekaan tinggi terhadap cahaya. Larvanya memiliki respon positif terhadap warna cahaya tertentu, namun respon individu dewasa terhadap lampu LED hijau belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati respon perilaku kepiting tapal kuda dewasa terhadap lampu LED hijau. Metode yang digunakan adalah eksperimental laboratorium menggunakan 22 individu *T. gigas* dengan ukuran rata-rata panjang total  $\pm 34$  cm. Kriteria *T.gigas* yang digunakan memiliki karapas keras, karapas utuh, karapas tidak dalam kondisi molting, dan tidak sedang bertelur. Percobaan dilakukan sebanyak 82 kali pengulangan pada kolam buatan dan diamati di bawah kamera infra merah. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan jumlah respon, waktu, dan pola. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 77% kepiting tapal kuda memberikan respon positif terhadap cahaya dan 23% memberikan respon positif pada area gelap. Pola respon kepiting tapal kuda respon terbagi menjadi *Straight to Light* (41), *Side to light* (9), *Ligth to dark* (13) dan *Straight to dark* (12), *Side to dark* (5) and *Dark to light* (2). Respon langsung tercepat masing-masing area adalah waktu res

pon *Straight to Light* sebesar 18,66 detik/m. Penelitian ini menunjukkan bahwa kepiting tapal kuda dewasa memiliki fototaksis positif terhadap lampu LED hijau.

## Pendahuluan

Kepiting tapal kuda atau dikenal sebagai mimi merupakan salah satu filum arthropoda yang menggunakan bantuan photoreceptor untuk melihat dengan baik pada perairan keruh (Srijaya *et al.* 2014; Lunt dan Delbert 2015). Kemampuan mimi lainnya yaitu memiliki kemampuan membedakan warna dan bentuk (Barlow *et al.* 1982) sementara larva mimi memiliki respons positif terhadap cahaya (Srijaya *et al.* 2014). Indra penglihatan mimi sangat berperan penting dalam menemukan objek, dimana mimi jantan menggunakan indera penglihatan untuk menemukan mimi betina sebagai pasangan saat musim pemijahan (Barlow *et al.* 1982; Srijaya *et al.* 2014).

Penelitian terkait tingkah laku mimi telah dilakukan baik terhadap perbedaan bentuk, warna dan cahaya. Salah satu penelitian terhadap bentuk dan perbedaan kondisi gelap terang telah dilakukan oleh Barlow *et al.* (1982), menyatakan bahwa penglihatan mimi mampu membedakan mimi dewasa terhadap warna dan kondisi baik terang dan gelap. Respons mimi terhadap bentuk lebih tertarik pada bentuk menyerupai sesama jenisnya dibandingkan bentuk tabung atau bentuk hemispher. Mimi dewasa lebih menyukai bentuk menyerupai dirinya yang diberi warna hitam dibandingkan warna yang lebih kontras yaitu abu-abu, sementara kemampuan mimi dalam melihat baik siang maupun malah tidak berbeda jauh.

Penelitian terkait perbedaan kekontrasan warna juga dilakukan oleh Krutky *et al.* (2000), dengan melihat perbedaan respons mimi terhadap properti menyerupai bentuk badan mimi. Mimi tertarik pada warna kontras dalam keadaan *strobic condition*, yaitu dimana kondisi perairan bergelombang dan mampu memantulkan pantulan warna sehingga mimi lebih tertarik pada warna kontras seperti abu-abu dibandingkan properti berwarna hitam. Sementara dalam kondisi *non strobic*, yaitu kondisi tidak terdapat gelombang, angin dan dikondisikan dalam

perairan tenang ternyata mimi tertarik pada properti gelap. Penelitian lain terkait penggunaan warna dan cahaya berbeda telah dilakukan oleh Srijaya *et al.* (2014), pada larva yang baru menetas atau larva tertarik atau phototaksis positif terhadap cahaya terang, yaitu putih kemudian kuning dan oranye. Sementara larva mimi lebih tertarik pada cahaya sinar *Ultraviolet* (UV) dibandingkan *infrared*. Menurut (Cole 1923; Northrop dan Loeb 1922) larva yang berumur beberapa hari tidak menyukai cahaya dan phototaksis negatif terhadap cahaya serta semakin bertambahnya usia mimi memberikan respon negatif terhadap cahaya.

Penelitian terkait respons mimi dalam ukuran dewasa atau non larva terhadap cahaya belum dilakukan. Menurut Hubbard dan Wald (1960), menyatakan bahwa mata mimi dewasa sangat sensitif terhadap cahaya pada panjang gelombang 520-545 nm. Kisaran panjang gelombang tersebut dimiliki oleh lampu LED hijau (*Green-Light Elettrolume Diode*) yang berkisar antara 529,59 nm, dimana kisaran tersebut mendekati lampu LED hijau. Alasan pemilihan penggunaan lampu LED hijau dengan beberapa pertimbangan, seperti kepraktisan, kemudahan pemasangan dan telah tersedia dipasaran. Pendekatan respons mimi terhadap cahaya lampu LED hijau tersebut belum dilakukan, terutama penelitian dengan pendekatan respons pada stadia mimi dewasa belum dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah menentukan respons tingkah laku mimi terhadap cahaya lampu LED hijau pada skala laboratorium

## Metode Penelitian

Metode penelitian skala laboratorium menggunakan metode eksperimental, dimana penelitian dilakukan untuk memanipulasi objek penelitian dengan adanya uji kontrol dibawah kondisi buatan (*artificial condition*) (Nazir 2009).

## Tempat

Tempat Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Tingkah Laku Ikan Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan-Institut Pertanian Bogor.

## Alat

LED hijau tipe LP-Eletrolume green dengan merk CENTRO, dan telah digunakan pada pengurangan *bycatch* penyu pada *gillnet* (Prasetyo 2016). Lampu LED yang digunakan merupakan salah satu produk *smartgear* oleh WWF (*World Wild Fund*)-US dan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

Kamera perekam menggunakan kamera CCTV (*Close Circuit Television*) P2P IP Camera yang telah dilengkapi infrared dengan resolusi 720p dan 25 fps.

## Bahan

Bahan yang di ujikan adalah Mimi species *T.gigas* sebanyak 22 ekor, dengan ukuran panjang badan total total 21-34 cm dalam kondisi tidak cacat, tidak sedang moulting dan bertelur.

## Tahap pemeliharaan

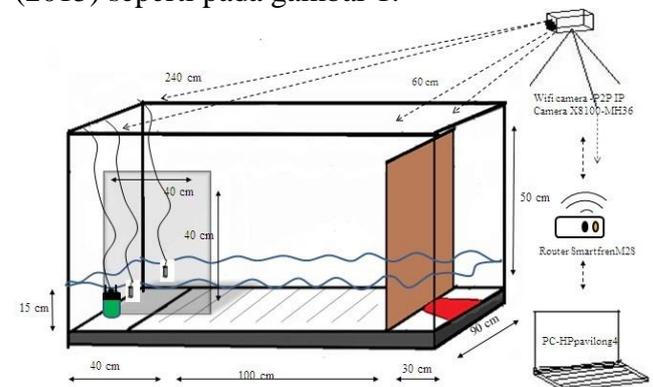
Persiapan bak pemeliharaan mimi ditempatkan pada bak fiber berukuran ( $p \times l \times t : 3 \times 1 \times 0,7$  m) dilengkapi dengan saluran pembuangan air, *filter*, *skimer* dan aerasi. Bak pemeliharaan mimi dilengkapi media pasir laut. Mimi diaklimatiasi pada kondisi laboratorium yang dikontrol menyerupai habitat aslinya yang berlumpur (Cartwright-Taylor *et al.* 2009) atau pasir (Smith *et al.* 2016). Mimi dipelihara pada bak pemeliharaan berpasir dan kondisi air laut yang disesuaikan salinitasnya 20 psu (Srijaya *et al.* 2014) dan suhu 24°C serta akan disesuaikan dengan suhu, salinitas, dan pH habitat mimi dilapangan. Bak pemeliharaan di isi air sebanyak 210 liter dengan kedalaman 5 cm.

## Tahap persiapan perlakuan

Pengamatan dilakukan pada akuarium perlakuan yang berbahan kaca dengan ukuran ( $p \times l \times t : 1,9 \times 1 \times 0,5$  m) yang dilengkapi aerasi. Dasar akuarium telah diberi garis bantu

setiap interval 10 cm sepanjang 1 m sebagai jalur tempuh mimi. Pengaturan jarak *searching* sepanjang 1 m berdasarkan keterbatasan mimi dalam melihat benda pada jarak 1-1,2 m (Krutky *et al.*, 2000) dan melihat hingga jarak 2 m (Barlow *et al.* 1982). Ukuran *are start* dan *finding* sebesar 40 cm, hal ini untuk memberikan kecukupan manuver mimi. Selain itu berdasarkan ukuran distribusi panjang karapas mimi yang ditemukan pada survey lapang di Subang berukuran 25-26 cm (Mashar *et al.* 2017).

Akuarium perlakuan dibuat dengan membagi 3 area seperti pada penelitian sebelumnya oleh Fitri (2008); Riyanto (2008); Purbayanto *et al.* (2010); Supadminingsih (2015) seperti pada gambar 1.



**Gambar 1** Ilustrasi akuarium perlakuan

Pembagian area perlakuan terdiri dari 3 Area yaitu:

1. *Start Area*: merupakan tahap awal dimana mimi diletakkan sebelum memasuki area pencarian hingga menuju area C. Area *start* diberi sekat penutup untuk menghindari bias penglihatan pada objek uji.
2. *Searching Area*: merupakan area pencarian oleh mimi untuk memilih area lampu atau area tanpa lampu.
3. *Finding Area*: merupakan area yang terbagi 2 yaitu dengan lampu LED disebut *light area*, dan tanpa lampu yang disebut dengan *without light area*. Area C dijadikan penentu akhir kecepatan mimi ketika mencapai area *finding*.

Mimi dikatakan merespon pada masing-masing area apabila telah mencapai garis tanda pada *grid* 100 cm kemudian dihitung waktu tempuhnya serta dilakukan pengamatan terhadap pola kedatangan mimi.

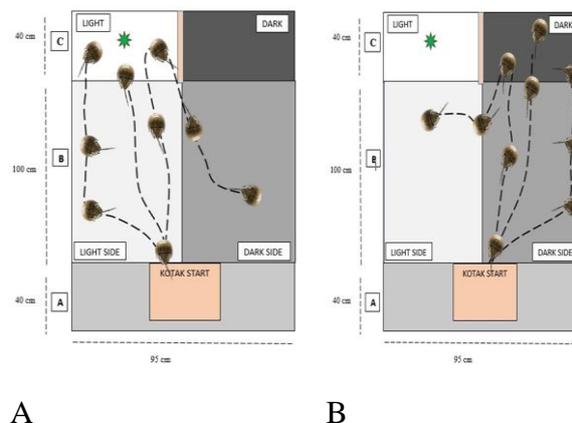
## Pengumpulan Data

Data primer yang digunakan berupa waktu tempuh, dan jumlah respon terhadap lampu LED. Kriteria respons yang digunakan secara keseluruhan terbagi menjadi 6 pola respons kedatangan mimi hingga akhir respons yang tersaji pada Tabel 1.

**Tabel 1** Kriteria respons mimi

Respons	Label	Keterangan
Lampu	SL ( <i>Straight to Light</i> )	Respons langsung dimana mimi bergerak dari area <i>start</i> langsung menuju lampu dan tanpa jeda kemudian menetap di area lampu hingga menit ke- 5
	SIL ( <i>side to light</i> )	Respons tidak langsung dimana mimi bergerak dari <i>start</i> menuju lampu secara bertahap dengan beberapa jeda berhenti dan menyusuri sisi dinding area lampu kemudian menetap di area lampu hingga menit ke- 5 menit
	LD ( <i>Light to Dark</i> )	Respons perpindahan mimi yang bergerak dari arah <i>start</i> baik langsung atau tidak langsung menuju lampu kemudian meninggalkan lampu ke area gelap selama pengamatan hingga menit ke-5 menit
Gelap	SD ( <i>Straight to Dark</i> )	Respons langsung: mimi bergerak dari area <i>start</i> menuju langsung ke area gelap tanpa berhenti, dan berhenti menetap di area gelap hingga menit ke- 5
	SID ( <i>side to Dark</i> )	Respons tidak langsung dimana mimi bergerak dari <i>start</i> menuju gelap secara bertahap dengan jeda berhenti menyusuri sisi dinding area gelap (area redup) hingga menetap di area hingga menit ke-5.
	DL ( <i>Dark to Light</i> )	Respons perpindahan mimi yang bergerak dari arah <i>start</i> baik langsung atau tidak langsung menuju area gelap kemudian meninggalkan area gelap menuju lampu selama pengamatan hingga menit ke-5.

Gambaran respons pola gerakan mimi terhadap lampu atau area tanpa lampu di ilustrasikan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Pola respons mimi ke lampu (A) dan pola respons mimi ke area *non* lampu (B)

## Pelaksanaan

Pelaksanaan uji respons mimi terhadap cahaya dilakukan pada ruangan minim cahaya dan dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Aklimatisasi perlakuan tanpa eksperimen apapun selama 30 menit.
2. Usai aklimatisasi mimi diberi penanda stiker *fluorescence* hijau pada bagian *prosoma* atau *ophisoma* untuk mempermudah pendeteksian rekaman.
3. Mimi diletakkan pada area *start* yang telah diberi sekat pemisah area *start* dengan *searching* selama 5 menit.
4. Sekat papan dibuka dan perhitungan kecepatan dilakukan dengan bantuan *stopwatch* dan kamera perekam. Selanjutnya diamati keberadaan gerakan mimi menuju area *light* dan *without light* untuk membedakan respons tertarik dan tidak pada cahaya.

Pengamatan dilakukan melalui kamera perekam hingga mimi memasuki batas area *finding* (C). Perhitungan kecepatan respons dihentikan saat mimi mencapai area *finding*. Pengamatan selanjutnya dengan mengetahui respons mimi terhadap cahaya menjadi 2 respons yaitu: tertarik (mendekati cahaya lampu) dan tidak tertarik (memilih area *without light*).

### Analisis data

Data kecepatan masing-masing kontrol dan eksperimen diolah menggunakan *non-parametric independent samples t-test* dengan SPSS 16.00 dengan  $\alpha$  95% (0,05).

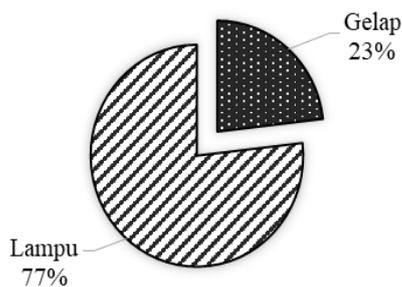
Hipotesis uji untuk pengambilan keputusan sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan rata-rata kecepatan respons mimi terhadap area lampu dan *non* lampu ( $p > 0,05$ )

$H_1$  : Terdapat perbedaan rata-rata kecepatan respons mimi terhadap area lampu dan *non* lampu ( $p > 0,05$ ).

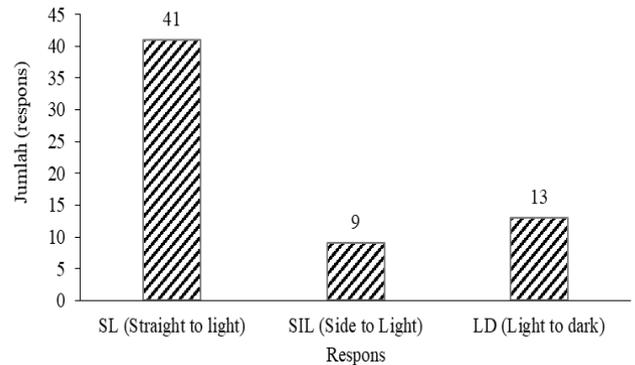
### Hasil

Respons mimi terhadap lampu LED dengan total ulangan sebanyak 82 kali sebanyak 76,82% (63 respons) tertarik pada lampu LED hijau, sementara 23,17% (19 respons) memberikan respons pada area tanpa lampu.



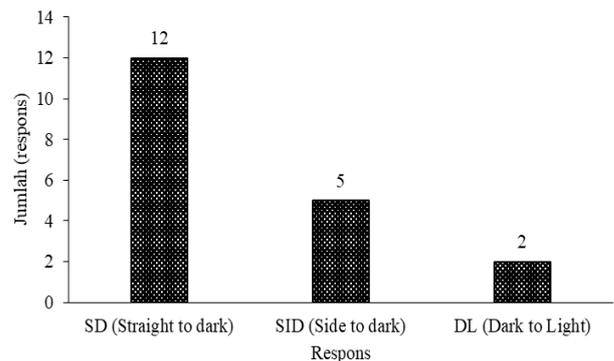
**Gambar 3** Proporsi respons mimi terhadap perlakuan lampu dan tanpa lampu

Pola terbanyak yang diberikan mimi terhadap lampu LED adalah SL sebanyak, 41 (65,08%) respons, kemudian respons LD sebanyak 13 (20,63%) respons dan respons terkecil SIL sebanyak 9 (14,29%) respons. Respons langsung mimi terhadap cahaya mengidentifikasi tertariknya mimi ketika melihat lampu LED hijau. Respons langsung ini diberikan mimi usai sekat penutup dibuka. Besarnya jumlah respons mimi pada lampu disajikan pada Gambar 4.



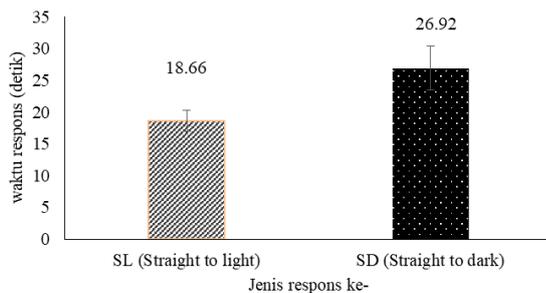
**Gambar 4** Respons mimi pada pada lampu LED hijau

Pola respons mimi pada area tanpa lampu sebagai kontrol didapatkan respons SD sebanyak 12 (63,16%) respons, dimana mimi langsung menuju area *finding* (ujung) tanpa lampu dan menetap hingga menit ke-5. Pola terbanyak selanjutnya yaitu SID sebanyak 5 (26,32%) dan sebanyak 2 (10,53%) respons yang tersaji pada Gambar 5.



**Gambar 5** Respons mimi pada area tanpa lampu

Perhitungan kecepatan respons langsung masing-masing dilihat perbandingan untuk memperlihatkan respons tercepat mimi, dimana respons langsung terhadap lampu LED hijau diperoleh rata-rata 19 detik untuk mencapai area *finding* berupa lampu. Respons waktu tempuh mimi pada area *non* lampu rata-rata yaitu 26,92 detik. Secara statistik ( $p < 0,05$ ;  $0,035 < 0,05$ ) terdapat perbedaan nyata antara respons waktu mimi pada lampu dan *non* lampu, sehingga dapat dikatakan mimi merespons positif terhadap lampu lebih banyak dan cepat dibandingkan merespons ke area gelap atau tanpa lampu yang disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6** Kecepatan respons langsung mimi terhadap cahaya dan tanpa cahaya

## Pembahasan

Uji coba tingkah laku mimi dilakukan terhadap lampu LED hijau di laboratorium. Perlakuan eksperimen berupa lampu LED hijau dan kontrol ditujukan pada kondisi tanpa lampu. Hasil respons mimi terhadap lampu LED hijau menunjukkan sebanyak 63 respons tertarik menuju area lampu, sementara 19 respons menuju area tanpa lampu. Banyaknya mimi memilih lampu menunjukkan bahwa mimi tertarik dengan lampu LED hijau dibandingkan dengan area gelap. Hal ini berlawanan pada penelitian Cole (1923); Northrop dan Loeb (1922), yang menyatakan bahwa semakin meningkat usia mimi maka akan semakin memberikan respons negatif terhadap cahaya. Mimi memiliki respons positif terhadap cahaya biasanya terjadi pada fase larva seperti pada penelitian Srijaya *et al.* (2014), yaitu larva mimi tertarik pada sumber cahaya terang yaitu lampu *Ultra Violet* (UV). Mimi tersendiri aktif pada malam hari dibandingkan siang hari (Rudloe, 1981) yang disebut sebagai hewan *nocturnal* dan memiliki sensitivitas penglihatan yang tinggi ketika malam hari, (Barlow 1983) yang semakin meningkat pada malam hari atau kondisi gelap sehingga memungkinkan mimi melihat dalam kondisi gelap (Barlow 2015). Mimi memiliki 2 tipe mata yaitu *compound eye* atau mata majemuk dan *ocelli* atau mata sederhana (Barlow *et al.* 1982; Srijaya *et al.* 2014;). Mata majemuk berjumlah 2 buah yang terletak pada bagian prosoma, dan 2 buah mata sederhana yang terletak pada bagian tengah kepala (Ehlinger 2001) dan mata median larva yang berjumlah 6 titik (Batelle *et al.* 2014) sehingga total 10 mata terletak melekat pada tubuh mimi.

Berdasarkan penelitian tersebut ternyata mimi memiliki sensitivitas tinggi pada malam hari dimana memiliki kemampuan penglihatan yang baik pada pagi atau siang hari. Respons sensitif tersebut berupa sensitif positif, dimana mimi tertarik pada cahaya lampu LED hijau dengan memberikan waktu respons lebih cepat yaitu 18,66 detik. Jumlah respons terhadap sumber cahaya lebih banyak dibandingkan pada area tanpa cahaya. Lampu LED hijau tersendiri memiliki panjang gelombang 524,59 nm, serta pada penelitian Srijaya *et al.* (2015) didapatkan lampu UV memiliki panjang gelombang pada kisaran 360-380 nm dan larva mimi memperlihatkan kepekaan pada cahaya tampak antara 450-620 nm, sementara Hubbart dan Wald (1960) menyatakan bahwa mata lateral dan majemuk mimi dewasa sangat sensitif terhadap cahaya pada panjang gelombang 520-545 nm. Hal ini menunjukkan bahwa panjang gelombang lampu LED dapat terlihat oleh mimi, serta menunjukkan bahwa baik pada mimi stadia larva dan dewasa yang diujikan di laboratorium baik pada penelitian ini dan Srijaya *et al.* (2014) sama-sama memiliki kepekaan positif dengan tertarik pada cahaya.

Respons tertarik juga diperlihatkan oleh waktu respons mimi terhadap lampu, dimana mimi memberikan respons tercepat dalam 19 detik untuk mencapai area lampu. Respons langsung tersebut berupa gerakan mimi langsung menuju lampu. Lampu yang tercelup air pun ternyata mampu direspons mimi dengan mengitari badan lampu, dimana mimi juga memiliki kemampuan dalam melihat bentuk. Biasanya mimi menggunakan penglihatan untuk menemukan pasangan (Barlow *et al.* 1983) serta pada penelitian Krutky *et al.* (2000), menyatakan bahwa mimi mampu melihat objek yang ada didepan dan mendeteksi objek seperti bebatuan, lamun, dan objek yang menyerupai pasangannya. Respons langsung mimi terhadap lampu menunjukkan kepekaan mimi terhadap objek di depannya, dimana mimi dapat melihat objek di depannya pada jarak 1.2 m (Barlow *et al.* 1982). Sementara mimi yang memberikan respons tertarik langsung terhadap area gelap tanpa lampu memberikan respons kecepatan lebih lambat dibandingkan saat merespons cahaya. Barlow (2015),

menyatakan mimi memang memiliki sensitivitas yang tinggi saat malam dibandingkan siang, tetapi memiliki adaptasi pada siang hari lebih cepat sementara adaptasi pada kondisi gelap memerlukan waktu yang lambat. Hal ini memungkinkan mimi tertarik pada kondisi gelap namun memerlukan waktu adaptasi yang lebih lama, sehingga ketika mimi melihat pada area dengan cahaya menjadikan adaptasi mata lebih cepat yang ditunjukkan oleh waktu respons langsung dibandingkan merespons pada area gelap. Penelitian ini memperlihatkan bahwa penggunaan lampu LED hijau terhadap respons mimi dewasa menunjukkan respons fototaksis positif terhadap cahaya LED hijau serta memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan area tanpa cahaya.

### Kesimpulan

Respons tingkah laku mimi terhadap lampu LED hijau memberikan respons positif fototaksis terhadap cahaya dengan jumlah sebanyak 63 (77%) respons yang didominasi pola SL (*Straight to light*) dengan rata-rata waktu 18,66 detik, sementara respons pada area gelap sebanyak 19 (23%) respons didominasi pola SD (*Straight to dark*) dengan rata-rata waktu 26,92 detik

### Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai respons mimi terhadap warna lampu berbeda baik pada panjang gelombang rendah atau tinggi, sehingga dapat memberikan informasi yang akurat, serta diperlukan perbaikan metode perlakuan respon mimi terhadap lampu dilihat dari segi luasan bak perlakuan untuk memudahkan mimi melakukan manuver.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan atas dukungannya dana penelitian, serta rekan-rekan Ikatan Alumni Undip-IPB yang setia menemani selama pelaksanaan penelitian.

### Daftar Pustaka

- Barlow JRB, Ireland LC, Kass L. 1982. Vision has a Role in *Limulus* Mating Behavior. *Macmillan Journal*. (296):66-65.
- Barlow JRB. 1983. Circadian Rhythms in The *Limulus* Visual System. *Journal Neuroscience*. (3): 856-870.
- Barlow RB. 2015. Vision in Horseshoe Crabs. In review: J.T.Tanacredi *et al.* 2015 (eds). *Biology and Conservation of Horseshoe Crab*. 223-247.
- Batelle BA, Kempler KE, Harrison A, Dugger DR, Payne R. 2014. Opsin Expression in *Limulus* eyes: a UV Opsin is Expressed in Each Eye Type and Co-Expressed With a Visible Light-Sensitive Opsin in Ventral Larval Eyes. *The Journal of Experimental Biology*. (217): 3133-3145.
- Cartwright-Taylor L, J Lee, and CC Hsu, 2009. Population Structure and Breeding Pattern of The Mangrove Horseshoe Crab *Carcinoscorpius rotundicauda* in Singapore. *Aquatic Biology*. (8):61-69.
- Cole WH. 1923. The Effect of Laboratory Age Upon The Phototropic Reaction of *Limulus*. *J Gen Physiol* (6): 295.
- Ehlinger G. 2001. Horseshoe Crab, King Crab. Florida Institute of Technology.
- Fitri ADP. 2008. Respons Penglihatan dan Penciuman Ikan Kerapu Terhadap Umpan Terkait dengan Efektivitas Penangkapan [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hubbard R dan Wald G. 1960. Visual Pigment of The Horseshoe Crab, *Limulus polyphemus*. *Nature*. 186-212.
- Krutky, Matthew A, Jillian LA, Spence S, Frederick AD, Robert BB. 2000. Do the Properties of Underwater Lighting Influence The Visually Guided Behavior of *Limulus* spp. *Biology Bulletin University of Chichago*. 199: 178-180.
- Lunt J, Delbert LS. 2015. Turbidity Inferred with Foraging Success of Visual but not Hemocensory Predators. *Peer Journal*. 1-12.

- Mashar A, Butet NA, Juliandi B, Qonita Y, Hakim AA, Wardianto Y. 2017. Biodiversity and Distribution of Horseshoe Crabs in Northern Coast of Java and Southern Coast of Madura. Earth and Environmental Science. IOP Conference Publishing.
- Nazir M. 2009. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Northrop JH, Loeb. 1922. The Photochemical Basis of Animal Heliotropism. J Gen Phytol (5): 417.
- Purbayanto A, Riyanto M, Fitri ADP. 2010. Fisiologi dan Tingkah Laku Ikan pada Perikanan Tangkap. Bogor: IPB Press.
- Riyanto M. 2008. Respons Penciuman Ikan Kerapu Macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) terhadap Umpan Buatan [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rudloe A. 1981. Aspects of the Biology of Juvenile Horseshoe Crabs, *Limulus polyphemus*. Bulletin Marine Science. 31(1):125.
- Smith DR, Brockmann HJ, Beekey MA, Timothy LK, Michael J, Millard. Zaldivar-Rae J. 2016. Conservation Status of The American Horseshoe Crab (*Limulus polyphemus*): A Regional Assessment. Review Fisheries Biology Fisheries. 1-4.
- Srijaya TC, Pradeep PJ, Hassan A, Chatterji A, Shaharom F, Andrew J. 2014. Colour Preference and Light Sensitivity in Trilobite Larvae of Mangrove Horseshoe Crab, *Carcinossopus rotundicauda* (Latreille 1802). Indian Journal Experimental Biology. (52): 281-190.
- Supadminingsih FN. 2015. Analisis Tingkah Laku Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) pada Umpan dan Stadia Umur yang Berbeda Skala Laboratorium. Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology. 3(3): 57-61.