

Profil Hemosit dan Aktifitas Fagositosis Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) yang Terserang Ektoparasit di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan, Bali

Alfi Hermawati Waskita Sari ^{a*}, Rani Ekawaty ^a

^a Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Kampus UNUD Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62-361-702-802
Alamat e-mail: alfihermawati@yahoo.co.id

Diterima (received) 24 Maret 2016; disetujui (accepted) 19 Juni 2016; tersedia secara online (available online) 27 Juni 2016

Abstract

Mangrove crab (*Scylla* sp.) is one of the commodities that live in the mangrove ecosystem and were developed through cultivation, but it encountered many obstacles in its development mainly due to parasitic infection. The purpose of this study is to determine the hemocytes profile and the phagocytic activity of the mud crab (*Scylla* sp.), in terms of parasitic infection and the water quality of the mangrove ecosystem in South Kuta, Bali. The results of study showed the Haemocyte Total Count (THC) of mangrove crab in the range of 1.8 to 2.57×10^6 cells/ml and Haemocyte Differential Count (DHC) mud crab shows the percentage of cells hyalinosit 14-32%, 24-38% and the semigranulocytes cells 39-58% of granulocytes cells, phagocytosis percentage of the mud crab (*Scylla* sp.) are in the range of 53%-66%, while the index of phagocytosis 1.81-2.11. Type ectoparasites found in mangrove crab (*Scylla* sp.), among others are *Vorticella* sp., *Zoothamnium* sp. and *Epistylis* sp.

Keywords: Mangrove crab (*Scylla* sp.); Parasites; Hemocytes; Phagocytosis activity

Abstrak

Kepiting bakau (*Scylla* sp.) merupakan salah satu komoditas yang hidup pada ekosistem mangrove dan mulai dikembangkan melalui kegiatan budidaya, namun dalam perkembangannya banyak ditemui kendala terutama akibat infeksi parasit. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui profil hemosit dan aktifitas fagositosis kepiting bakau (*Scylla* sp.) ditinjau dari infeksi parasit dan kualitas perairan ekosistem mangrove di Kuta Selatan, Bali. Hasil pengamatan menunjukkan *Total Haemocyte Count* (THC) Kepiting Bakau menunjukkan kisaran $1,85 - 2,57 \times 10^6$ sel/ml dan *Differential Haemocyte Count* (DHC) Kepiting bakau menunjukkan persentase sel hyalinosit 14-32%, sel semigranulosit 24-38% dan sel granulosit 39-58%, persentase fagositosis kepiting bakau (*Scylla* sp.) berada dalam kisaran 53%-66%, sedangkan indeks fagositosis 1,81-2,11. Jenis ektoparasit yang ditemukan pada kepiting bakau (*Scylla* sp.) antara lain *Vorticella* sp., *Zoothamnium* sp., dan *Epistylis* sp.

Kata Kunci: Kepiting bakau (*Scylla* sp.); Parasit; Hemosit; Aktivitas Fagositosis

1. Pendahuluan

Jumlah permintaan terhadap kepiting bakau (*Scylla* sp.) cukup tinggi baik didalam maupun di luar negeri sehingga sangat potensial dalam mendukung kegiatan ekspor (Watanabe *et al.*, 1996). Kepiting bakau (*Scylla* sp.) masih banyak diperoleh dari hasil tangkapan di alam, tetapi sudah banyak dikembangkan dari kegiatan budidaya mulai usaha penggemukan maupun budidaya keramba (Shelley, 2008). Selain dari segi ekonomi, kepiting bakau (*Scylla* sp.) juga memiliki peranan penting dalam ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove sebagai habitat utama dari kepiting bakau (*Scylla* sp.) yang merupakan pertemuan antara air tawar dan air laut sehingga sangat berpotensi mengandung bahan kimia antropogenik yang dapat berdampak pada kondisi fisiologis krustasea (Vijayavel and Balasubramanian, 2006; Saha *et al.*, 2009) sehingga mempengaruhi sistem imun organisme tersebut (Gupta *et al.*, 2013). Sedangkan siklus hidup kepiting

bakau dari tahap larva hingga dewasa sebagian besar terjadi di daerah mangrove (Vijayavel *et al.*, 2006).

Kepiting bakau (*Scylla* sp.) memiliki sel hemosit yang berperan sebagai *imuno effectors blood cells* yang menunjukkan fungsi fisiologis dan respon imun termasuk aktifitas fagositosis untuk mempertahankan homeostasis (Saha *et al.*, 2010). Perhitungan sel hemosit dan aktifitas fagositosis menunjukkan informasi fisiologis efek sub akut pada krustacea sehingga nantinya diharapkan informasi tersebut dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui respon fisiologis crustacea akibat stressor (Lorenzon *et al.*, 2001) yang disebabkan oleh penyakit akibat serangan parasit maupun stressor lingkungan dari kualitas perairan yang menurun terhadap sistem imun crustacea (Le Moullac *et al.*, 1998). Sehingga informasi untuk mengetahui status fisiologis kepiting bakau (*Scylla* sp.) dari profil hemosit dan aktifitas fagositosisnya ditinjau dari infeksi parasit dan perairan ekosistem mangrove penting untuk diketahui. Dengan

adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam upaya pemecahan masalah yang berkaitan dengan adanya infeksi parasit dalam hubungannya dengan kondisi kualitas perairan di ekosistem mangrove Kuta Selatan, Bali. Sehingga nantinya dapat terus mendukung upaya keseimbangan antara pengembangan perikanan kepiting bakau (*Scylla* sp.) berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret sampai Juni Tahun 2015 yang berlokasi di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan, Bali.

2.2 Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kepiting bakau yang terserang ektoparasit dari pengamatan morfologis tubuh bagian luarnya. Kepiting tersebut diperoleh dari ekosistem mangrove Kuta Selatan, Bali. Sodium sitrat 10%, *Tripan Blue Stain Solution*, baker's formol, *glutaraldehyde*, yeast, metanol absolute. Sedangkan alat yang digunakan antara lain jarum suntik 23G ukuran 1 ml, *haemocytometer*, mikroskop. *Cover glass* dan *glass slide*, tissue, timbangan, vial, wadah plastik, *handtally counter*.

2.3 Prosedur penelitian

2.3.1 Pengambilan Hemolimph Kepiting Bakau

Pengambilan hemolimph dilakukan pada membrane arthrodistalproksimal kaki jalan kedua kepiting bakau (*Scylla* sp.) menggunakan jarum suntik 23G ukuran 1 ml yang sebelumnya berisi sodium sitrat buffer pH 4,6 (2:1, v/v) (Hoq *et al.*, 2003) 10% sebagai antikoagulan dengan perbandingan 1 : 1 (100 µl hemosit: 100 µl anti koagulan). Hemolimph dikumpulkan lalu disimpan dalam vial *ependorph* yang telah berisi *Tripan Blue Stain Solution*. Selanjutnya, hemosit dalam suspensi diamati pada *glass slide* dan diperiksa di bawah mikroskop (Saha *et al.*, 2010).

2.3.2 Perhitungan Total Hemocyte Count (THC)

Hemolimph tiap sampel kepiting bakau (*Scylla* sp.) diambil sebanyak 100 µl dipindahkan ke dalam tabung vial yang berisi 900 µl *Tripan Blue Stain Solution*. Tetapan pertama *hemolimph* pada suntikan dibuang, baru kemudian ditetaskan pada *haemocytometer* untuk dihitung jumlah sel hemosit per ml di bawah mikroskop dengan pembesaran 400x. Total hemosit dihitung dengan menggunakan formulasi Wootton *et al.* (2003).

2.3.3 Perhitungan Differential Hemocyte Count (DHC)

Hemolimph kepiting bakau (*Scylla* sp.) yang telah diambil dicampurkan dengan antikoagulan dengan perbandingan 1 : 1 lalu ditetaskan pada *glass slide* dan didiamkan selama 30 menit, usap sedikit dengan *tissue* kemudian ditutup

dengan baker's formol kemudian dikeringkan selama 30 menit. Selanjutnya difiksasi dengan methanol 100% selama 5 menit lalu dikeringkan dan baru kemudian diwarnai dengan *wright stain* selama kurang lebih 10 menit, dicuci dengan air mengalir selama 30 detik dan dibiarkan kering. Preparat kemudian diamati dengan perbesaran 100x untuk dibedakan menurut jenisnya yakni sel hyalin, semigranular dan granular. Persentase jenis hemosit dihitung dengan menggunakan rumus Martin and Graves (1985).

2.3.4 Pengujian Viability Sel

Uji viabilitas sel dilakukan sebelum pengamatan aktivitas fagositosis untuk mengidentifikasi sel hemosit yang hidup dan menentukan total yeast yang akan ditambahkan. Sebanyak 100 µl hemolimph yang baru diambil ditambahkan dengan 1,2% *Trypan blue* 100 µl. Lalu sebanyak 20µl diletakkan diatas *glass slide* untuk diamati dan dihitung viabilitas selnya dengan perbesaran 400x (Saha *et al.*, 2010).

2.3.5 Aktifitas Fagositosis

Aktifitas fagositosis sel hemosit dilakukan dengan persiapan sebagai berikut yakni sebanyak 100µL suspensi hemolimph ditambahkan dengan yeast dengan perbandingan 1:50 dicampurkan merata, kemudian diletakkan pada *glass slide* lalu didiamkan selama 1 jam. Selanjutnya untuk menghentikan reaksi, dibilas dengan menggunakan PBS untuk mengurangi residu yeast pada *cover glass* dan didiamkan hingga kering. Populasi hemosit fagositik difiksasi dengan larutan 2.5% *glutaraldehyde* sebanyak 30 µL selama 5 menit dan difiksasi dengan pewarnaan giemsa selama kurang lebih 10 – 15 menit, kemudian *glass slide* dibilas dengan menggunakan air yang mengalir untuk menghilangkan pewarnaan yang terlalu kontras lalu dikeringkan.

Tahap selanjutnya adalah fiksasi dengan menggunakan larutan metanol absolut kurang lebih selama 5 menit, lalu didiamkan pada suhu ruang hingga kering. Kemudian aktifitas fagositosis diamati di bawah mikroskop pada perbesaran 100x dan jumlah sel yang mengalami fagositosis dihitung. Aktifitas fagositosis tersebut diamati melalui dua parameter, yakni persentase fagositosis dan fagositosis indeks. Persentase aktifitas fagositosis menunjukkan jumlah hemosit yang memfagositosis yeast dari total jumlah hemosit yang telah dihitung. Sedangkan fagositosis indeks mengindikasikan efektifitas hemosit dalam memfagositosis yeast. Aktifitas fagositosis kepiting bakau (*Scylla* sp.) dihitung tiap selnya dengan rumus formula Jensch-Junior *et al.* (2006).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Total Haemocyte Count (THC)

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap *Total Haemocyte Count* (THC) tiap individu kepiting bakau yang diamati berkisar antara 1,85 – 2,57 x 10⁶ sel/ml (Tabel 1).

Tabel 1.

Total Haemocyte Count (THC) di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan, Bali

Sampel Kepiting Bakau	Berat (gram)	THC (10^6 sel/ml)
K1	326	$2,02 \times 10^6$
K2	305	$2,45 \times 10^6$
K3	286	$1,85 \times 10^6$
K4	315	$2,17 \times 10^6$
K5	275	$2,57 \times 10^6$
K6	287	$2,25 \times 10^6$

Penelitian dilakukan saat pertengahan musim panas yakni bulan Maret dan Juni. Saat musim panas, *Total Haemocyte Count* (THC) krustasea cenderung mengalami penurunan dikarenakan efek *stressor* dari temperatur air yang dapat memicu terjadinya serangan patogen tidak terkecuali juga oleh parasit. Parameter kualitas air antara lain suhu, salinitas dan oksigen terlarut (DO) juga mempengaruhi jumlah hemosit pada kelas krustasea. Kelimpahan jumlah dan jenis sel hemosit pada krustasea dapat bervariasi dikarenakan oleh berbagai hal antara lain jenis kelamin, temperatur air, siklus moulting, kondisi kelaparan (Yildiz and Atar, 2002).

3.2 Differential Haemocyte Count (DHC)

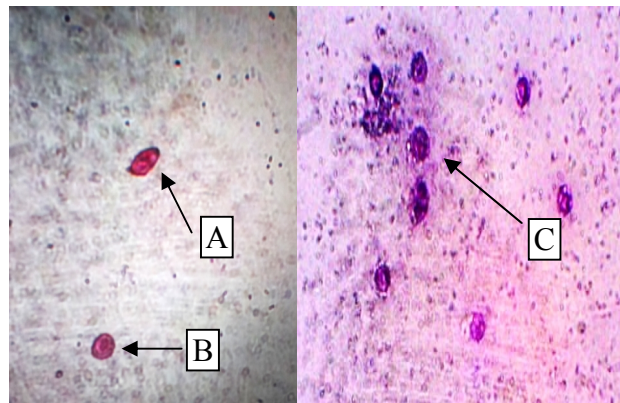
Persentase *Differential Haemocyte Count* (DHC) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.

Persentase *Differential Haemocyte Count* (DHC) Kepiting Bakau di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan, Bali

Sampel Kepiting Bakau	Hyalin (H)	Semi granulosit (Sg)	Granulosit (G)
K1	22	38	40
K2	18	24	58
K3	14	37	49
K4	32	28	40
K5	29	32	39
K6	23	34	43

Hasil pengamatan hemosit kepiting bakau di perairan Ekosistem Mangrove Kuta Selatan Bali menunjukkan adanya 3 jenis sel hemosit, yaitu hyalin, semigranulosit dan granulosit (Gambar 1). Persentase sel hyalin berkisar antara 14-32%, sel semigranulosit 24-38% dan sel granulosit 39-58%. Sel hyalin memiliki ukuran yang lebih kecil, *spherical* tanpa granula atau sedikit granula yang memiliki peran fagositosis (Söderhäll and Smith, 1983). Sedangkan semigranulosit berbentuk oval berperan dalam encapsulasi, fagositosis dan respon *cytotoxic* (Saha dan Ray, 2006). Granulosit berbentuk bundar, banyak granula yang berperan dalam aktivitas *cytotoxic* (Hose *et al.*, 1990).



Gambar 1. Sel hemosit Kepiting Bakau (*Scylla* sp.); Hyalin (A); Semigranulosit (B); Granulosit (C)

3.3 Aktifitas Fagositosis

Hasil pengamatan dan perhitungan aktifitas fagositosis kepiting bakau (*Scylla* sp.) di perairan ekosistem mangrove kuta selatan, Bali ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3.

Persentase fagositosis dan fagositosis indeks kepiting bakau (*Scylla* sp.)

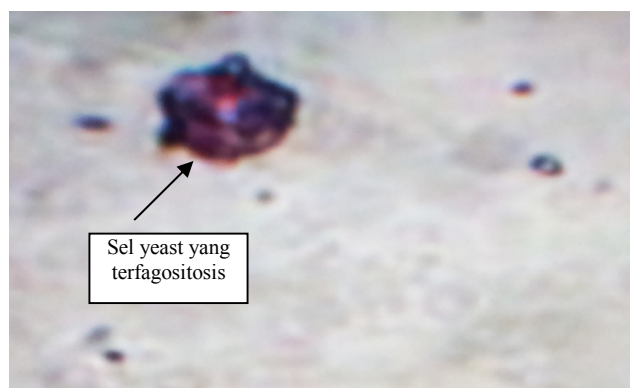
Sampel Kepiting Bakau	% Fagositosis	Fagositosis Indeks
K1	54	1.81
K2	58	1.96
K3	53	1.88
K4	66	1.89
K5	63	2.11
K6	58	2.06

Hasil penelitian menunjukkan persentase fagositosis kepiting bakau (*Scylla* sp.) berkisar 53%-66% dan indeks fagositosis menunjukkan 1,81-2,11. Aktifitas fagositosis diawali dengan pengenalan partikel target oleh sel fagosit yang kemudian diikuti mengikat, mencerna, membunuh serta *clearance* oleh sel fagosit (Takahashi and Mori, 2000) yang mana sel hemosit tersebut berperan sebagai sel imunoaktif yang melawan toksin dan serangan partikel asing termasuk serangan parasit (Saha, 2011). Pengamatan aktifitas fagositosis pada kepiting bakau (*Scylla* sp.) terlihat dengan adanya proses pelingkupan (*engulf*) sel *yeast* oleh sel hemosit yang ditunjukkan Gambar 2.

3.4 Parasit Kepiting Bakau (*Scylla* sp.)

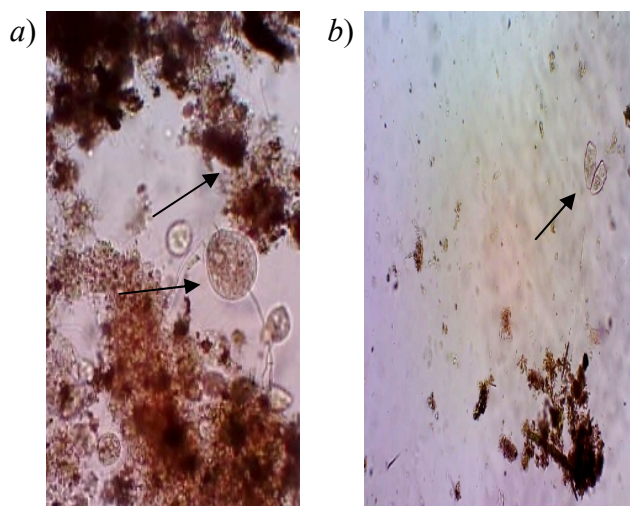
Hasil pengamatan ectoparasit kepiting bakau dibawah mikroskop dengan perbesaran 400x didapatkan jenis ectoparasit pada Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) antara lain *Vorticella* sp., *Zoothamnium* sp. dan *Epistylis* sp. *Vorticella* sp. berbentuk seperti lonceng, putih transparan dengan tangkai panjang dan tidak berkoloni, memiliki *contracted cell*, yang dapat berkontraksi dengan memanjangkan dan memendekkan bagian tangkainya. *Epistylis* sp. juga berbentuk lonceng dan berwarna transparan, berkoloni antara 2-5 individu. memiliki flagella, makronukleus, *infundibulum* dan *contracted cell*

(Setyaningsih dkk., 2014). *Epistylis* sp. banyak ditemukan pada kondisi oksigen terlarut rendah, Bergerombol seperti benang yang tumbuh dan menyerang bagian tubuh kepiting yang menyebabkan stress, gangguan pergerakan dan respirasi hingga kematian (Jithendran *et al.*, 2010)



Gambar 2. Encapsulasi sel yeast oleh sel hemosit kepiting bakau (*Scylla* sp.)

Sedangkan *Zoothamnium* sp. memiliki bentuk kerucut, cenderung membulat dan memiliki tangkai menyerupai rambut, berkoloni, banyak ditemukan pada hampir seluruh permukaan tubuh kepiting yakni bagian insang, abdomen, karapaks dan kaki renang kepiting. Kepiting bakau yang terinfeksi berat *Zoothamnium* sp. tampak berwarna pucat kecoklatan hingga kehitaman pada permukaan tubuhnya. Hal tersebut juga terjadi pada spesies kelas krustasea yakni udang windu dimana udang windu yang terinfeksi parasit tersebut mengalami peningkatan jumlah zooid hingga menyebabkan perubahan warna tubuh hingga berwarna coklat tua (Mahasri dkk., 2006).



Gambar 3. Ektoparasit Pada Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) di Perairan Mangrove, Kuta Selatan, Bali; a) *Zoothamnium* sp. dan *Epistylis* sp.; dan b) *Vorticella* sp.

3.5 Parameter Kualitas Air

Pengambilan sampel kualitas air di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan Bali dimulai pada bulan maret dan bulan juni dengan pengukuran parameter kualitas air antara lain suhu (temperature) air, *Dissolved Oxygen* (DO), salinitas dan

derajat keasaman (pH). Data lengkap hasil pengukuran kualitas air ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4.

Parameter Kualitas Air di Perairan Ekosistem Mangrove, Kuta Selatan, Bali

Waktu	Lokasi	Parameter kualitas air			
		Suhu (°C)	DO (mg/l)	Salinitas (ppt)	pH
Maret	A1 (S 08°44,654' – E 115°11,028')	28,8	5,6	23	8,19
	A2 (S 08°44,657' – E 115°11,019')	28,8	3,0	23	7,82
	A3 (S 08°44,657' – E 115°11055')	29,0	6,2	26	8,03
	A4 (S 08°44,612' – E 115°11101')	28,8	6,4	28	8,05
Juni	A1 (S 08°44,657' – E 115°11055')	28,9	5,2	22	7,05
	A2 (S 08°44,612' – E 115°11,101')	28,9	2,0	24	7,05
	A3 (S 08°44,638' – E 115°11096')	28,9	6,0	25	7,06
	A4 (S 08°44,673' – E 115°11104')	29,0	6,1	26	7,06

Hasil pengukuran kualitas air didapatkan bahwa kondisi kualitas air di lokasi pengambilan sampel berada dalam kisaran normal, namun pada satu titik pengambilan sampel memiliki kadar DO yang cukup rendah yakni 2 - 3 ppm sehingga sangat potensial terjadinya serangan parasit pada kepiting bakau. Hambatan pertukaran oksigen menyebabkan kondisi hipoksia hingga dapat memicu kematian krustasea, *Penaeus indicus* (Jayakumar and Ramasamy, 1999). Demikian pula pada spesies udang windu (*Penaeus monodon*) dari kelas krustasea dimana serangan parasit yang berat dari zooid *Zoothamnium* sp. menyebabkan udang windu menjadi tidak aktif berenang, tubuh lemah hingga dapat menyebabkan kematian akibat penurunan kadar oksigen terlarut (DO) dan peningkatan bahan organik terlarut (Mahasri dkk., 2006).

Kelimpahan jumlah dan jenis sel hemosit pada krustasea dapat bervariasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh berbagai hal antara lain jenis kelamin, temperatur air, siklus moulting, kondisi kelaparan (Yildiz dan atar, 2002). Penelitian dilakukan saat pertengahan musim panas yakni bulan Maret dan Juni. Pada musim panas, *Total Haemocyte Count* (THC) krustasea cenderung mengalami penurunan dikarenakan efek *stress* akibat temperatur air yang tinggi sehingga dapat memicu terjadinya serangan patogen tidak terkecuali juga oleh parasit. Kualitas air antara lain suhu, salinitas dan oksigen terlarut (DO) mempengaruhi jumlah hemosit pada kelas krustasea. Kondisi hipoksia juga dapat memicu stress pada *P. Stylirostris* dan menyebabkan spesies tersebut rentan terhadap infeksi *Vibrio alginolyticus* (Le moullac *et al.*, 1998).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Profil hemosit Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan Bali yang terserang ectoparasit menunjukkan *Total Haemocyte Count* (THC) berkisar antara $1,85 - 2,57 \times 10^6$ sel/ml dan *Differential Haemocyte Count* (DHC) menunjukkan persentase sel hyalinosit berkisar antara 14-32%, sel semigranulosit 24-38 % dan sel granulosit 39-58%. Persentase sel semigranulosit dan sel granulosit yang tinggi menunjukkan adanya mekanisme pertahanan sel dalam melawan serangan ectoparasit
2. Aktifitas fagositosis Kepiting Bakau (*Scylla* sp.) di Ekosistem Mangrove Kuta Selatan Bali yang terserang ectoparasit terlihat dengan persentase fagositosis kepiting bakau sebesar 53% - 66% dan indeks fagositosis menunjukkan 1,81- 2,11 yang juga mengindikasikan adanya respon imun terhadap serangan ectoparasit.
3. Adanya serangan ectoparasit sangat dipengaruhi kondisi kualitas air yang buruk, seperti DO rendah (DO < 4 mg/l) dapat mempengaruhi fisiologi darah kepiting bakau dalam merespon kondisi stress lingkungan perairan

4.2 Saran

Perlu adanya pemantauan kualitas perairan secara regular sebagai upaya biomonitoring agar tercipta keseimbangan antara pemanfaatan dan upaya monitoring perairan pada ekosistem mangrove terutama kesehatan biota kepiting bakau (*Scylla* sp.)

Daftar Pustaka

- Gupta, R. K., Sharma, J., & Vohra, A. (2013). Identification of Different Types of Haemocytes in Freshwater Crab *Paratelphusa masoniana* (Henderson). *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, **3**(1), 7-12.
- Hoq, M. I., Seraj, M. U., & Chowdhury, S. (2003). Isolation and characterization of antibacterial peptides from the mud crab *Scylla serrata*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **6**(11), 1345-53.
- Hose, J. E., Martin, G. G., & Gerard, A. S. (1990). A decapod hemocyte classification scheme integrating morphology, cytochemistry, and function. *The Biological Bulletin*, **178**(1), 33-45.
- Jayakumar, R., & Ramasamy, P. (1999). Bacterial and protozoan (Ciliate) diseases of prawn *Penaeus indicus* (Decapoda: Crustacea). *Indian Journal of Marine Sciences*, **28**(3), 285-296.
- Jensch-Junior, B. E., Pressinotti, L. N., Borges, J. C. S., & da Silva, J. R. M. C. (2006). Characterization of macrophage phagocytosis of the tropical fish *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). *Aquaculture*, **251**(2), 509-515.
- Jithendran, K. P., Poornima, M., Balasubramanian, C. P., & Kulasekarapandian, S. (2010). Diseases of mud crabs (*Scylla* spp.): an overview. *Indian Journal of Fisheries*, **57**(3), 55-63.
- Le Moullac, G., Soyeux, C., Saulnier, D., Ansquer, D., Avarre, J. C., & Levy, P. (1998). Effect of hypoxic stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Fish and Shellfish Immunology*, **8**(8), 621-629.
- Lorenzon, S., Francese, M., Smith, V. J., & Ferrero, E. A. (2001). Heavy metals affect the circulating haemocyte number in the shrimp *Palaemon elegans*. *Fish and Shellfish Immunology*, **11**(6), 459-472.
- Maharani, G., Sunarti, J. T., & Juniastuti, T. (2009). Kerusakan dan Jumlah Hemosit Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.) yang Mengalami Zoothamniosis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, **1**(1), 21-29.
- Martin, G. G., & Graves, B. L. (1985). Fine structure and classification of shrimp hemocytes. *Journal of Morphology*, **185**(3), 339-348.
- Saha, S., & Ray, S. (2006). Hemocyte profile of the estuarine mud crab, *Scylla serrata*. *Environment and Ecology*, **24**(3A), 818-819.
- Saha, S., Ray, M., & Ray, S. (2009). Activity of phosphatases in the hemocytes of estuarine edible mudcrab, *Scylla serrata* exposed to arsenic. *Journal of Environmental Biology*, **30**(5), 655-658.
- Saha, S., Ray, M., & Ray, S. (2010). Shift in cytoarchitecture of immunocytes of mudcrab exposed to arsenic. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, **1**(2), 234-246.
- Saha, S. (2011). Innate immune source and functional machinery in decapods of Crustacea. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, **1**(3), 310-324.
- Setiyaningsih, L., Sarjito, & Haditomo, A. H. C. (2014). Identifikasi Ektoparasit Pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) yang Dibudidayakan Di Tambak Pesisir Pemalang. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, **3**(3), 8-16.
- Shelley, C. (2008). Capture-based aquaculture of mud crabs (*Scylla* spp.). In Capture-based aquaculture. A. Lovatelli and P.F. Holthuis (eds.), *Capture-based aquaculture: Global overview*, FAO Fisheries Technical Paper. No. 508. Rome-Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Söderhäll, K., & Smith, V. J. (1983). Separation of the hemocyte populations of *Carcinus maenas* and other marine decapods, and prophenoloxidase distribution. *Developmental and Comparative Immunology*, **7**(2), 229-239.
- Takahashi, K. G., & Mori, K. (2000). Functional profiles of hemocytes in the bio-defense process of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, **51**(1), 15-27.
- Vijayavel, K., & Balasubramanian, M. P. (2006). Fluctuations of biochemical constituents and marker enzymes as a consequence of naphthalene toxicity in the edible estuarine crab *Scylla serrata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **63**(1), 141-147.
- Vijayavel, K., Anbuselvam, C., Balasubramanian, M. P., Samuel, V. D., & Gopalakrishnan, S. (2006).

- Assessment of biochemical components and enzyme activities in the estuarine crab *Scylla tranquebarica* from naphthalene contaminated habitats. *Ecotoxicology*, **15**(5), 469-476.
- Wootton, E. C., Dyrinda, E. A., & Ratcliffe, N. A. (2003). Bivalve immunity: comparisons between the marine mussel (*Mytilus edulis*), the edible cockle (*Cerastoderma edule*) and the razor-shell (*Ensis siliqua*). *Fish and Shellfish Immunology*, **15**(3), 195-210.
- Watanabe, S., Sulistiono, Yokota, M., & Fuseya, R. (1996). The fishing gears and methods of the mud crab in Indonesia. *Cancer*, **5**, 23-26. [In Japanese].
- Yildiz, H. Y., & Atar, H. H. (2002). Haemocyte classification and differential counts in the freshwater crab, *Potamon fluviatilis*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **26**(2), 403-406.

© 2016 by the authors; licensee Udayana University, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).