

## **Pengaruh Simulasi Transportasi Kapal pada Kerentanan Kerang Hijau *Perna viridis* terhadap Hyposalinity**

### **Effect of Simulated Ship Transport on the Susceptibility of the Green Mussel *Perna viridis* to Hyposalinity**

**Yasser Ahmed<sup>1\*</sup> & Dian R. Widianari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Satya Negara Indonesia, Jakarta  
Jl. Arteri Pondok Indah No.11 Gd D USNI, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12240

<sup>2</sup>Universitas Surya, Serpong

Jl. MH. Thamrin Panunggangan Utara, Tangerang 15143

\*Penulis untuk korespondensi, e-mail: yasser\_marine@yahoo.co.id

#### **Abstrak**

Pergerakan organisme dipengaruhi oleh penyebaran alami dan aktivitas manusia. Spesies yang terbawa memiliki sebaran yang melebihi distribusi batas normal oleh pengaruh tertentu (vektor). Distribusi akibat kegiatan manusia mempengaruhi distribusi normal spesies. Pergerakan organisme yang dipengaruhi oleh manusia seperti budidaya, perdagangan ikan hias, dan aktivitas alat transportasi kapal. Peranan terbesar organisme yang terbawa adalah aktivitas kapal-kapal yang mendistribusikan barang-barang dan membawa organisme dalam tanki air ballast serta kemampuan organisme yang melekat pada lambung kapal (*hull fouling*). Distribusi organisme tersebut mempengaruhi kemampuan bertahan hidup selama transportasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji simulasi kapal dengan mengekspose grup pra-stres dan grup non-stres sebelum masuk ke fase stres dan membandingkan laju ketahanan untuk melihat kemampuan organisme tersebut. Organisme yang dipilih adalah Kerang Hijau (*P. viridis*) dari Muara Kamal dengan menggunakan stres perbedaan salinitas (*hyposalinity*). Pengukuran respon variabel dari organisme tersebut yaitu ketahanan hidup dan byssus. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa grup pra-stres dan grup non-stres tidak ada perbedaan dalam simulasi transportasi baik untuk ketahanan hidup dan byssus.

**Kata kunci: Hyposalinity, pengaruh simulasi transportasi kapal, *Perna viridis***

#### **Abstract**

Introduced species are species which exceed their natural distribution limits (native range) by a certain mode of introduction (vector). Natural movements are responsible to a limited extent. Introduction of a species could influence the susceptibility of a species to environmental stress no matter if introduced purposely or un purposely. Introduction of species could happen by natural movement i.e. organism can movement influenced by current and some organism can migrate to one area to another area; and human activity either purposely i.e. aquarium trade, aquaculture or un purposely such as accidentally through fouling on ship hulls. However, a dominant vector which has large contribution on species introduction is transported by ship hulls and ballast water tanks. Furthermore, the objective of this experiment is to investigate whether the organism can increase their tolerance during transport. The experimental design to mimicking transport condition in short term lab experiment and compared pre-stress group and non-stress group on the second stress. Afterward, looking forward the survival of the organism. Chosen of Green Mussels (*P. viridis*) from Muara Kamal, Jakarta Bay, and hyposaline stress. The response variable these experiments are survival and byssus. The results of this study showed that the group of pre-stress and non-stress group was no difference in the simulation of transport for survival. Byssus thread increase when recovery long enough and decrease when getting double stress.

**Keywords: Effect of simulated ship transport, hyposalinity, *Perna viridis***

#### **Pengantar**

Pergerakan organisme dipengaruhi oleh penyebaran alami dan aktivitas manusia. Spesies yang terbawa memiliki sebaran yang melebihi distribusi batas normal oleh pengaruh tertentu (*vector*). Pergerakan organisme secara alami memiliki pergerakan yang terbatas. Spesies yang terbawa tersebut dapat

mempengaruhi kerentanan pada stres, baik disengaja maupun tidak disengaja. Distribusi organisme dipengaruhi oleh alam dan aktivitas manusia. Spesies yang terbawa karena pengaruh alam seperti organisme yang bergerak akibat pergerakan arus dan beberapa organisme bermigrasi ke area lain; sedangkan spesies yang terbawa akibat

pengaruh aktivitas manusia yang disengaja seperti perdagangan ikan hias, dan aktivitas budidaya, dan untuk kegiatan manusia yang tidak disengaja seperti masukan air *ballast* dalam kapal (Baker *et al.*, 2007). Air *ballast* digunakan untuk menjaga keseimbangan kapal dan beberapa organisme masuk ke dalam *ballast tank* dan memiliki kemampuan untuk menempel pada permukaan atau dinding dari tanki air *ballast* kapal (Mead *et al.*, 2011). Pada umumnya, spesies yang terbawa oleh kapal sering terjadi akibat dari padatnya aktivitas perjalanan kapal yang ukurannya lebih dari 10.000 GT selama tahun 2007 (Kaluza *et al.*, 2010). Aktifitas transportasi kapal yang padat di seluruh dunia, dapat mempengaruhi distribusi organisme melalui badan atau tanki air *ballast* kapal (Kölzsch & Blasius, 2011). Pertanyaannya adalah apa yang terjadi pada spesies yang terbawa selama transportasi kapal? Spesies yang terbawa terdapat berbagai mekanisme (vector) yang tersedia untuk membawa organisme yang bersifat invasi akibat pengaruh perjalanan kapal dan menyebar dalam jumlah yang besar; akan tetapi hanya dalam jumlah kecil yang dapat bertahan dan menjadi pesaing (*competitor*) dengan spesies asli dalam mendapatkan makanan di lingkungan yang baru, sehingga ini disebut sebagai spesies yang invasif (*invasive species*). Spesies yang berinvasif dianggap sebagai spesies pendatang atau tidak asli yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem, sehingga berdampak pada perekonomian setempat dan juga kesehatan masyarakat (Bax *et al.*, 2003; ISAC, 2006; Lucy *et al.*, 2016).

Lenz *et al.* (2011) membandingkan spesies asli dan tidak asli pada invertebrata yang dianggap memiliki toleransi terhadap stres diantaranya meliputi: Bivalvia (diawali dengan spesies asli): *Brachidontes exustus* dan *Perna viridis* (Trinidad), *P. perna* dan *Isognomon bicolor* (Brazil), *Saccostrea glomerata* dan *Crassostrea gigas* (New Zealand); dua jenis Ascidians: *Diplosoma listerianum* dan *Didemnum vixillum* (Wales); dan dua jenis Crustaceans: *Gammarus zaddachi* dan *G. tigrinus* (Finland) yang diinvestigasi. Mereka menemukan bahwa spesies tidak asli lebih resistan terhadap stres seperti stres salinitas (*desalination*), stres suhu (*warming*) dan stres oksigen (*hypoxia*) yang sesuai dengan taksonomi dan ekologi yang tersedia. Menurut Kleunen *et al.* (2010), bahwa toleransi terhadap abiotik stres adalah kunci yang penting dalam menentukan spesies yang invasif. Tentunya hasil yang didapat oleh Lenz *et al.* (2011) menarik dan oleh karena itu perbedaan yang menonjol pada masing-masing spesies memiliki toleransi terhadap stres yang berbeda pula. Satu peluang dalam menjelaskan observasi ini adalah apa yang terjadi pada kondisi yang kritis bagi spesies

selama transportasi yang terdapat pada badan dan tanki air *ballast* kapal.

Spesies yang terbawa oleh kapal semakin meningkat sejak abad yang lalu (Mead *et al.*, 2011), sehingga organisme yang terbawa juga akan semakin meningkat. Perlu simulasi transportasi kapal agar diketahui kemampuan bertahan dari organisme tersebut. Tujuan dari penelitian ini untuk menginvestigasi apakah *Perna viridis* dapat meningkatkan toleransi terhadap perbedaan salinitas selama transportasi. Pendekatan eksperimen memiliki keterkaitan dengan transportasi kapal dan dibuat secara sederhana. Desain penelitian ini disesuaikan dengan kondisi di laboratorium. Hipotesis dari penelitian ini adalah grup pre stres dapat meningkatkan toleransinya selama transportasi.

## Bahan dan Metode

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

### Metode

#### Pemilihan organisme dan lokasi sampling

Dalam memilih organisme, ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan yaitu: 1) Kerang termasuk biota asli (*native*) di Indo-Pasific dan *invasive* di area yang lain, 2) Secara umum dapat ditemukan di tanki air *ballast* dan lambung kapal (Lee & Chown, 2007), sehingga organisme ini relevan untuk dijadikan sebagai simulasi transportasi kapal, 3) Organisme mudah didapatkan di berbagai tempat.

Lokasi sampling dilakukan di Muara Kamal, Jakarta Utara, dimana kerang hijau dibudidayakan oleh nelayan setempat untuk menjadi komoditas ekonomi. Suhu air laut di lokasi sampling adalah 29 °C, dan salinitas 33 ppt. Muara Kamal merupakan salah satu tempat budidaya kerang hijau yang menggunakan tiang bambu. Lokasi ini juga sebagian besar dipengaruhi oleh aktivitas *anthropogenic*. Mayoritas populasi Indonesia yang di Pulau Jawa berada di Jakarta. Oleh karena itu, sumberdaya pesisir di Jakarta telah banyak dipengaruhi oleh aktivitas manusia seperti budidaya kerang hijau dan setiap tahun menunjukkan peningkatan eutrofikasi dan sedimentasi yang dapat berpengaruh pada komunitas organisme laut (Damar, 2003; Van Der Meij *et al.*, 2009).

#### Pengambilan sampel dan perpindahan organisme

Sampel dibawa dari lokasi pengambilan ke laboratorium. Pengambilan sampel kerang hijau

Tabel 1. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian.

Bahan	Spesifikasi	Fungsi
Air laut	Salinitas: 33 – 35 ‰ yang diambil dari Teluk Jakarta	Untuk media bagi Kerang Hijau
Garam		Untuk mengatur perbedaan salinitas
Penyambung selang (L, I, T)		Untuk menyambung selang aerasi
Toples	Volume 1,5 liter	Tempat organisme disimpan
Bak air	Tanki <i>fiber</i>	Untuk menyimpan air tawar pada pilot studi dan penelitian utama
Pipa transparan dan kain jaring		Untuk membuat <i>frame</i> penelitian (pilot studi)
Jangka sorong		Untuk mengukur panjang dan lebar kerang hijau
Timbangan digital	<i>Digital scale</i> <i>Capacity: 200 g x 0.01 g</i>	Untuk mengukur berat kerang hijau
Thermometer Digital	40 °C – 250 °C 40 °F– 482 °F <i>Resolution: 0.1°</i>	Untuk mengukur suhu di dalam bak penampungan air laut
Tongkat bambu kecil	Bambu	Alat untuk mengecek kerang hijau
Kamera		Untuk mengambil gambar atau dokumentasi
Fitoplankton	Makanan untuk invertebrata	Makanan untuk kerang hijau
Oven		Untuk mengeringkan kerang hijau
Data sheet	Paper	Untuk catatan
Refractometer	<i>Salinity 0~100 ‰</i>	Untuk mengukur salinitas
<i>Nitrate and Nitrite Aquarium test strips</i>	<i>For fresh and saltwater aquarium</i> Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ): 0 - 0.5 - 1 - 3 - 5 - 10 Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ): 0 - 20 - 40 - 80 - 160 – 200	Untuk mengukur Nitrat dan Nitrit air laut
<i>Ammonia aquarium test strips</i>	<i>For fresh and saltwater aquarium</i> Ammonia (ppm (mg/L)): 0 - 0.5 - 1.0 - 3.0 - 6.0	Untuk mengukur amoniak air laut
<i>pH aquarium test strips</i>	<i>For fresh and saltwater aquarium</i> pH air tawar: 6.0 – 6.5 – 7.0 – 7.5 – 8.0 – 8.5 – 9.0 pH air laut: 6.0 – 6.5 – 7.0 – 7.5 – 8.0 – 8.5 – 9.0	Untuk mengukur pH air laut
Tanki <i>filter</i> dan pompa telah tersedia di Laboratorium		Filterisasi dan pompa air laut

dilakukan bersama para nelayan setempat dengan menggunakan perahu. Kerang hijau diambil di daerah budidaya dengan konstruksi tiang bambu. Selanjutnya, kerang hijau dibawa dari Muara Kamal ke laboratorium dengan menggunakan mobil. Organisme tersebut disimpan dalam *cool box* tanpa air laut. Pada bagian bawah *cool box* tersebut, diisi dengan es balok yang telah dipecahkan beberapa bagian dan ditutup

dengan stereofoam. Hal ini dilakukan agar kondisi tetap dingin dan menjaga metabolisme organisme. Perjalanan transportasi perpindahan organisme membutuhkan waktu 2 jam dari Muara Kamal ke laboratorium. Setelah tiba di laboratorium, organisme dibersihkan dari parasit yang menempel. Selanjutnya, organisme disimpan dalam akuarium untuk aklimasi.

**Aklisasi dan pemberian makanan**

Aklisasi adalah respon organisme terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, salinitas, oksigen, dan lain-lain, yang diamati di laboratorium untuk membedakan pengaruh dan respon pada perubahan fisiologi, aktivitas, pertumbuhan, dan sebagainya (Nielsen, 1990; Braby & Somero, 2006). Tujuan dari aklisasi agar organisme dapat beradaptasi pada kondisi laboratorium (suhu, salinitas, oksigen) hingga mencapai 1% mortalitas. Selama aklisasi, pergantian air dan pemberian pakan terus dilakukan. Setengah air laut dalam ember plastik (40 liter) diganti setiap hari. Hari pertama dan kedua pada aklisasi, pergantian air dilakukan dua kali sehari dan hari selanjutnya dilakukan sekali sehari. Seluruh organisme di aklisasi sebelum penelitian.

Kerang hijau diberi makan dengan Sera marine coraliqum (*Nanochloropsis aculata*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Chlorella* 2-20 microns) yang memiliki konsentrasi  $1,58 \times 10^7$ . Pada hari pertama dan kedua aklisasi, organisme tidak diberi makan karena stres selama transportasi dari lokasi pengambilan ke laboratorium. Setelah itu, organisme diberi makan pada hari ketiga. Pemberian makan dilakukan setiap hari dengan konsentrasi 0,0125 ml/ind. Total organisme yang diaklimasi sebanyak 240 individu yang disimpan dalam 4 ember plastik. Masing-masing akuarium berjumlah 60 individu.

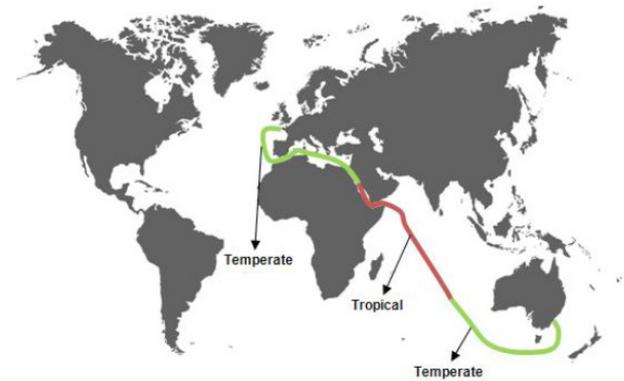
**Desain eksperimen dan analisis data**

Pada umumnya kapal selalu berinteraksi dengan air laut dan masukan air tawar dari aktifitas kapal, sehingga perbedaan salinitas menjadi relevan dan sangat cocok untuk simulasi kapal di dalam laboratorium. Di sisi lain, perbedaan salinitas juga relevan terhadap organisme bentik dan organisme perairan dangkal yang sering mendapat masukan air tawar dari daratan. Organisme yang menempel di lambung kapal dapat terbawa hingga pada lintang yang berbeda sehingga berpengaruh pada perbedaan salinitas juga (Schneider, 2008; Seiden *et al.*, 2011).

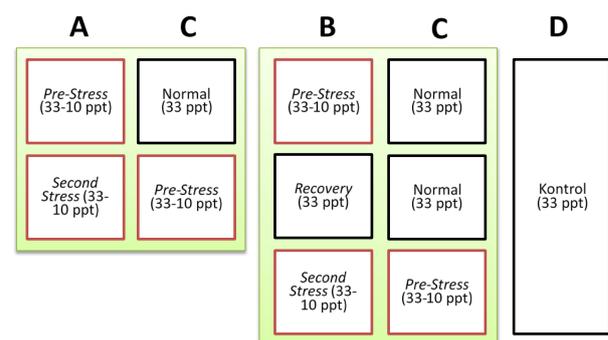
Desain eksperimen dibuat untuk meniru kondisi transportasi di laboratorium. Pada eksperimen laboratorium, organisme dipaparkan pada stres yang mirip atau serupa dengan yang terjadi selama perjalanan transportasi oleh kapal, dan juga dapat menyebabkan mortalitas sekitar 80% selama 10 hari (*pre stress*). Setelah masa *pre stress*, organisme yang hidup dan bertahan pada salah satu grup diberi waktu untuk *recovery* selama 2 minggu dan grup yang lain langsung kembali dipaparkan stres seperti pada kondisi *pre stress* di tahap kedua (*second stress*). Tahapan selanjutnya yakni membandingkan organisme yang hidup (*survival*) antara organisme yang terpapar pada *second stress* dan organisme

yang akan terpapar stress (*non stress*) untuk menginvestigasi apakah grup yang terpapar *second stress* dapat meningkatkan ketahanannya selama simulasi transportasi (Gambar 1). Pada eksperimen ini, grup dikelompokkan menjadi empat yakni grup *second stress* dengan *recovery* (grup A); grup *second stress* tanpa *recovery* (grup B); selanjutnya, grup *single stress* (grup C) dan grup *control* (grup D). Pada eksperimen ini, kemudian dibandingkan grup *second stress* dengan *recovery* dan grup *single stress* (grup A dan grup C), serta grup *second stress* tanpa *recovery* dan grup *single stress* (grup B dan grup C) (Gambar 2).

Analisis data menggunakan program R (version 2.14.2). Kurva *Kaplan Meier* untuk menganalisis organisme yang tetap hidup atau *survival* (log rank test), dan normalitas pada *byssus* menggunakan Shapiro wilk test.



Gambar 1. Simulasi transportasi kapal dari Eropa ke Australia.

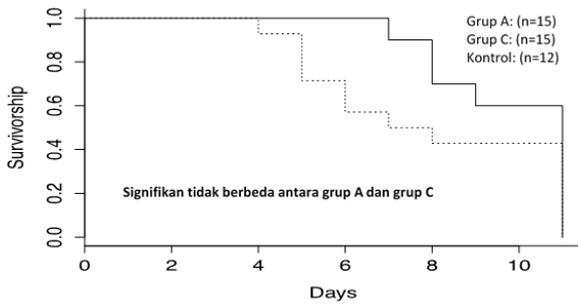


Gambar 2. Beberapa grup yang ada pada eksperimen.

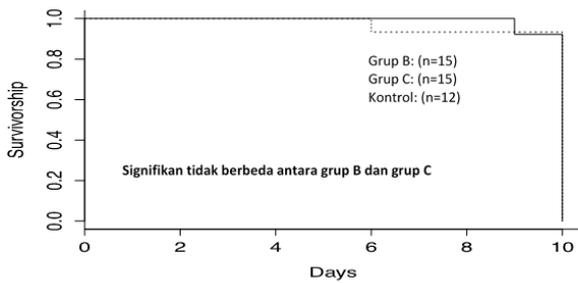
**Hasil dan Pembahasan**

*Survival*

Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa tingkat survival pada grup *pre-stress* tanpa *recovery* diperoleh selama 11 hari (Log-Rank Test:  $X^2 = 0$ ,  $p = 0.45$ , Gambar 3), sedangkan grup *pre-stress* dengan *recovery*



Gambar 3. *Survival* grup A dan grup C.

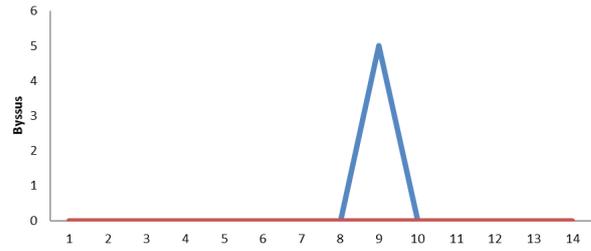


Gambar 4. *Survival* grup B dan grup C.

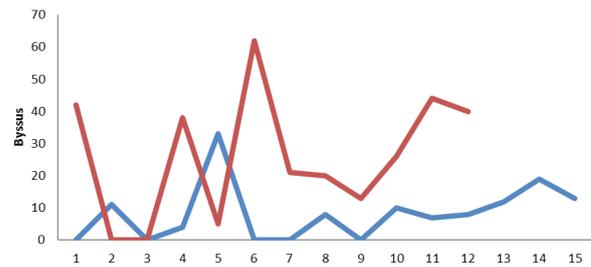
diperoleh selama 10 hari (Log-Rank Test:  $X^2 = 0$ ,  $p = 0.46$ , Gambar 4) dengan perlakuan perbedaan salinitas (*hyposalinity*). Hal ini menunjukkan relatif tidak ada pengaruh perbedaan salinitas terhadap tingkat *survival* Kerang Hijau *P. viridis*. Kerang Hijau yang berukuran kecil (4-6 cm) memiliki tingkat *survival* yang rendah, sedangkan Kerang Hijau yang berukuran besar (7-11 cm) memiliki tingkat *survival* yang tinggi (Setyobudiandi *et al.*, 2013; Rist *et al.*, 2016). Kerang Hijau memiliki *survival* yang kuat pada salinitas 35-37 dan menurun pada salinitas yang rendah (Yuan *et al.*, 2016). Kerang Hijau memiliki waktu *survival* selama 10 hari di daerah antropogenik dan 12 hari di daerah yang alami (Huhn *et al.*, 2016; Wendling *et al.*, 2013). *Survival* berpengaruh besar terhadap ketersediaan pakan (*food supply*), semakin besar pasokan makanan maka semakin besar tingkat *survival* (Huhn *et al.*, 2016). Kerang Hijau yang diambil di daerah Muara Kamal (antropogenik) dapat mempengaruhi penurunan *survival*. Pada simulasi transportasi, Kerang Hijau tidak dapat bertahan lama (> 10 hari) (Creed *et al.*, 2016; Huhn *et al.*, 2015; Garcia *et al.*, 2016).

#### *Byssus*

Berdasarkan data yg diperoleh menunjukkan bahwa Kerang Hijau memproduksi *byssus* pada grup pre-stress tanpa *recovery* cukup tinggi hingga 5 (hari ke 8-10) (Gambar 5), sedangkan produktifitas *byssus* pada grup pra-stress dengan *recovery* fluktuatif (hari ke 1-15) (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa *byssus* meningkat ketika waktu *recovery* cukup lama,



Gambar 5. Produksi *byssus* grup A dan grup C. Keterangan: ■ Grup A; ■ Grup B



Gambar 6. Produksi *byssus* grup B dan grup C. Keterangan: ■ Grup A; ■ Grup B

sedangkan *byssus* menurun ketika terpapar dengan stress yang terus menerus (10-32 psu). Kerang Hijau yang berukuran lebih besar (7-11 cm) memiliki kecenderungan memproduksi *byssus* dengan energi dan daya tahan yang kuat (Setyobudiandi *et al.*, 2013). Kerang Hijau lebih banyak memproduksi benang *byssus* pada salinitas normal 32 psu dibandingkan dengan salinitas dibawah 15 psu (Huhn *et al.*, 2016). Di sisi lain, produktifitas *byssus Mytilus edulis* (Kerang Biru) mencapai 27-31 benang dengan durasi waktu selama 144 jam (Babarro *et al.*, 2008).

#### Kesimpulan

1. Ketahanan *P. viridis* pada seluruh grup tidak signifikan berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa *P. viridis* tidak tahan selama simulasi transportasi kapal. *P. viridis* diambil di perairan Teluk Jakarta (Muara Kamal) yang dipengaruhi antropogenik, sehingga dapat disimpulkan bahwa antropogenik tidak mempengaruhi ketahanan dari *P. viridis*.
2. Produksi *byssus* pada *P. viridis* fluktuatif. Pada salinitas normal (33 ppt), *byssus* dapat berkembang dengan baik. Pada salinitas diturunkan hingga 10 ppt, produksi *byssus* menurun. Dapat disimpulkan ketika simulasi transportasi kapal, Kerang Hijau mampu memproduksi *byssus* pada saat *recovery* yang cukup lama atau kapal bersandar di pelabuhan.

## Saran

Pada eksperimen ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan pada ketahanan Kerang Hijau selama simulasi transportasi. Ada beberapa masalah yang kemungkinan bisa terjadi seperti kandungan pemberian pakan yang tepat pada saat Kerang Hijau mendapatkan stres. Pada studi ini, masih perlu tindak lanjut untuk dapat menjelaskan secara detail tentang Kerang Hijau ini yaitu: 1). Apakah Kerang Hijau sudah beradaptasi dengan stress, 2). Apakah Kerang Hijau membutuhkan makanan tambahan ketika mengalami *double stress*, 3). Apakah Kerang Hijau memiliki batas waktu selama eksperimen di laboratorium.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan peneliti saya, Dian Respati Widianari yang telah banyak membantu berkontribusi dalam penelitian ini. Dr. Mark Lenz (Geomar-Germany) selaku pembimbing dengan ide-ide kreatifnya. Rekan-rekan sejawat Universitas Satya Negara Indonesia dalam membantu memfasilitasi beberapa alat penelitian.

## Daftar Pustaka

- Baker, P., J.S. Fajans, W.S. Arnold, D.A. Ingrao, D.C. Marelli & S.M. Baker. 2007. Range and dispersal of a tropical marine invader, the Asian Green Mussel, *Perna viridis*, in subtropical waters of the southeastern United States. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 26, No. 2, 345–355, 2007.
- Bax, N.A., Williamson, M. Aguerob, E. Gonzalez & W. Geeves. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. Elsevier science direct Ltd. Marine policy. Doi: 10.1016/S0308-597X(03)00041-1.
- Braby, C. & G. Somero. 2006. Following the heart: temperature and salinity effects on heart rate in native and invasive species of blue mussels (Genus *Mytilus*). *J. Exp. Biol.* 209, 2554-2556.
- Creed, J.C., D. Fenner, P. Sammarco, S. Cairns, K. Capel, A. O. R. Junqueira, I. Cruz, R. J. Miranda, L. Carlos-Junior, M. C. Mantelatto & S. Oigman-Pszczol. 2016. The invasion of the azooxanthellate coral *Tubastraea* (Scleractinia: Dendrophylliidae) throughout the world: history, pathways and vectors. *Biological invasions*. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/s10530-016-1279-y.
- Damar, A. 2003. Effect of enrichments on nutrient dynamics, phytoplankton dynamics and productivity in Indonesian tropical waters: a comparison between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay. Dissertation, Kiel University, Germany.
- Garcia, M., C. Lodeiros, L. Freitas, H. Cordova, J. M. M. Suastegui & J. Babarro. 2016. Comparative performance of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis*, cultivated at four different depths. *Brazilian Journal of Oceanography* 64(3): 249-262
- Green, K. D., C. Laverty, J. T. A. Dick, D. Barrios-O'Neill, P. J. Mensink, V. Me´doc, T. Spataro, J. M. Caffrey, F. E. Lucy, P. Boets, J. R. Britton, J. Pegg & C. Gallagher. 2017. Assessing the ecological impacts of invasive species based on their functional responses and abundances. *Biological invasion*. DOI 10.1007/s10530-017-1378-4.
- Huhn, M., N. P. Zamani & M. Lenz. 2015. A ferry line facilitates dispersal: Asian Green mussels *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) detected in eastern Indonesia. *BioInvasions Records Volume 4*, Issue 1: 23–29.
- Huhn, M., G.S.I. Hattich., N.P. Zamani., K.V. Juterzenka & M. Lenz. 2016. Tolerance to stress differs between Asian Green Mussels *Perna viridis* from the impacted Jakarta Bay and from natural habitats along the coast of West Java. *Marine pollution bulletin*. 0025-326X.
- Huhn, M., N. P. Zamani, K. von Juterzenka & M. Lenz. 2016. Food availability in an anthropogenically impacted habitat determines tolerance to hypoxia in the Asian green mussel *Perna viridis*.
- ISAC [National Invasive Species Council, Invasive Species Advisory Committee]. 2006. Invasive Species Definition Clarification 6. References State of the Gulf of Maine Report: Marine Invasive Species June 2010 20 and Guidance White Paper.11p. [http://www.invasivespecies.gov/global/ISAC/ISAC\\_index.html](http://www.invasivespecies.gov/global/ISAC/ISAC_index.html).
- Kaluza, P., A. Kölzsch, M.T. Gastner & B. Blasius. 2010. The complex network of global cargo ship movements. *Interface journal of the royal society*.
- Kleunen, V.M., W. Dawson, D. Schlaepfer, J. Jeschke & M. Fischer. 2010. Are invaders different? A conceptual framework of comparative approaches for assessing determinants of invasiveness. *Ecol. Lett.* 13, 937-946 pp.
- Kölzsch, A. & B. Blasius. 2011. Indications of marine bioinvasion from network theory An analysis of the global cargo ship network. *The European*

- physical journal B. DOI: 10.1140/epjb/e2011-20228-5.
- Lee, J. E., & S. L. Chown. 2007. *Mytilus* on the move: transport of an invasive bivalve to the Antarctic. *Marine ecology progress series*. Vol. 339: 307-310.
- Lenz, M., B.A.P. da Gama, N.V. Gerner, J. Gobin, F. Groener, A. Harry, S.R. Jenkins, P. Kraufvelin, C. Mummelthei, J. Sareyka, E. Xavier & M. Wahl. 2011. Non-native marine invertebrates are more tolerant towards environmental stress than taxonomically related native species: Results from globally replicated study. *Environmental Research, Elsevier Journal*. 943-952 pp.
- Lucy, F.E., H. Roy, A. Simpson, J. T. Carlton, J. M. Hanson, K. Magellan, M. L. Campbell, M. J. Costello, S. Pagad, C. L. Hewitt, J. McDonald, P. Cassey, S. M. Thomaz, S. Katsanevakis, A. Zenetos, E. Tricarico, A. Boggero, Q. J. Groom, T. Adriaens, S. Vanderhoeven, M. Torchin, R. Hufbauer, P. Fuller, M. R. Carman, D. B. Conn, J. R.S. Vitule, J. Canning-Clode, B. S. Galil, H. Ojaveer, S. A. Bailey, T. W. Therriault, R. Claudi, A. Gazda, J. T.A. Dick, J. Caffrey, A. Witt, M. Kenis, M. Lehtiniemi, H. Helmisaari & V. E. Panov. 2016. *INVASIVESNET* towards an International Association for Open Knowledge on Invasive Alien Species. *Management of Biological Invasions*. Vol. 7, Issue 2: 131–139.
- Mead, A, J.T. Carlton, C.L. Griffiths & M. Rius. 2011. Revealing the scale of marine bioinvasions in developing regions: a South African re-assessment. *Biological invasion*. doi:10.1007/s10530-011-0016-9
- Nielsen, K.S. 1990. *Animal Physiology: Adaptation and Environment*, Fourth Edition. Cambridge University Press. 217-236 pp.
- Rist, S. E., K. Assidqi, N. P. Zamani, D. Appel, M. Perschke, M. Huhn & M. Lenz. 2016. Suspended micro-sized PVC particles impair the performance and decrease survival in the Asian Green Mussel *Perna viridis*. *Marine pollution bulletin*. Vol. 111, issues 1-2: 213–220.
- Schneider, K.R. 2008. Heat Stress in the Intertidal: Comparing Survival and Growth of an Invasive and Native Mussel Under a Variety of Thermal Conditions. *The biological bulletin*. *Biol. Bull.* 215: 253–264.
- Seiden, J.M., C.J. Way & R.B. Rivkin. 2011. Bacterial dynamics in ballast water during trans-oceanic voyages of bulk carriers: environmental controls. *Marine ecology progress series*. Vol. 436: 145–159, 2011
- Setyobudiandi, I., Yonvitner., W. Mawardi. & S. Arief. 2013. Kekuatan penempelan byssus Kerang Hijau (*Perna viridis*) pada media penempel (The strengthen of *Perna viridis* on settling media). *Journal of Experimental Biology*. Pp 1005-1017.
- Van der Meij, S.E.T., R.G. Moolenbeek & B.W. Hoeksema. 2009. Decline of the Jakarta Bay molluscan fauna linked to human impact. *Marine Pollution Bulletin* 59. 101-107.
- Wendling, C.C., Huhn, M., Ayu, N., Bachtiar, R., von Juterzenka, K. & Lenz, M. 2013. Habitat degradation correlates with tolerance to climate-change related stressors in the green mussel *Perna viridis* from West Java, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 71: 222-229.
- Yuan W. S., L. J. Walters, S. A. Brodsky, K. R. Schneider & E. A. Hoffman. 2016. Synergistic effects of salinity and temperature on the survival of two nonnative bivalve molluscs, *Perna viridis* [Linnaeus,1758] and *Mytella charruana* [d'Orbigny 1846]. *Hindawi Publishing Corporation, Journal of Marine Biology*. Vol. 2016. Article ID 9261309, 14 pages.