

**PENAMBAHAN KONSENTRASI MOLASE BERBEDA UNTUK PERBAIKAN KUALITAS AIR DAN PRODUKSI UDANG VANAME (*Litopenus vannamei*) (BOONE 1931)**

*(The Addition of Different Molasses Concentrations for Improving Water Quality and Production of Vaname Shrimp (*Litopenus vannamei*) (Boone 1931))*

Andri Hendriana<sup>1)</sup>, Wiyoto<sup>1)</sup>, Wida Lesmanawati<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kumbang no. 14, Bogor, Jawa Barat

**Email : andri.hendriana@apps.ipb.ac.id**

**ABSTRACT**

*The research was conducted to determine the most optimal concentration of molasses in maintaining the quality of water and increasing the production performance of vannamei shrimp. The study used 4 different molasses concentration treatments with 4 replications, consisted of (A) 50% molasses concentration of the total feed, (B) 100% of the total feed, (C) 150% of the total feed, and (K) 0% of the total feed (control). Molasses was given every day for 40 days by mixing it directly into the test shrimp's rearing media (PL 12). Throughout the rearing, the treatment of various concentrations of molasses did not affect temperature, DO, pH and water salinity parameters, but had a tendency to improve water quality by reducing TAN and nitrite values. Molasses can also significantly improve production performance. The best concentration of molasses is 150% of the total feed (treatment C), which resulted in a biomass weight of  $293.05 \pm 5.57$  g with an LPS value of  $6,08 \pm 0,03\%/day$  and an FCR of  $2,23 \pm 0,05$ .*

**Keywords : *Litopenus vannamei*, molasses, production performance, water quality**

**ABSTRAK**

Penelitian dilakukan untuk mengetahui konsentrasi molase yang paling optimal dalam mempertahankan kualitas air pemeliharaan dan meningkatkan kinerja produksi udang vaname. Penelitian terdiri dari 4 perlakuan konsentrasi molase berbeda dengan 4 ulangan yaitu (A) konsentrasi molase 50% dari jumlah jumlah pakan, (B) 100% jumlah pakan, (C) 150% jumlah pakan, dan (K) 0% jumlah pakan (kontrol). Molase diberikan setiap hari selama 40 hari dengan cara dicampurkan langsung ke media pemeliharaan udang uji (PL 12). Perlakuan pemberian molase berbagai konsentrasi tidak mempengaruhi parameter suhu, DO, pH dan salinitas air selama pemeliharaan udang namun memiliki kecenderungan memperbaiki kualitas air dengan menurunkan nilai TAN dan nitrit. Pemberian molase secara nyata mampu meningkatkan kinerja produksi. Konsentrasi molase terbaik yaitu 150% dari jumlah pakan (perlakuan C) menghasilkan bobot biomasa sebesar  $293,05 \pm 5,57$  g dengan nilai LPS sebesar  $6,08 \pm 0,03\%/hari$  dan FCR sebesar  $2,23 \pm 0,05$ .

**Kata kunci : udang vaname, *Litopenus vannamei*, molase, kinerja produksi, kualitas air**

## PENDAHULUAN

Udang vaname merupakan salah satu komoditas yang memiliki prospek tinggi dan profit yang menjanjikan (Ravuru and Mude 2014). Kegiatan budidaya udang telah menjadi industri besar dikarenakan permintaannya sangat tinggi. Udang vaname merupakan komoditas utama akuakultur di dunia dengan permintaan paling besar dibandingkan jenis udang lainnya. Produksi udang berada di urutan kedua setelah produksi rumput laut (KKP 2018) dan Indonesia merupakan negara ke empat terbesar untuk ekspor udang vaname (FAO 2019). Keunggulan udang vaname salah satunya yaitu dapat dipelihara dengan kepadatan super intensif (Wiyoto *et al* 2017; Xu *et al.*2018) sehingga diharapkan dapat memenuhi permintaan pasar yang tinggi.

Intensifikasi pada kegiatan akuakultur sering dikaitkan dengan permasalahan sumberdaya alam dan lingkungan (Klinger 2012). Hal ini dimungkinkan karena pada sistem budidaya intensif, pakan buatan menjadi satu-satunya sumber makanan bagi organisme yang dipelihara (Tacon 2002). Selain menyebabkan tingginya biaya pakan, metabolisme protein pakan oleh organisme akuatik umumnya menghasilkan ammonia sebagai hasil ekskresi sehingga semakin intensif suatu kegiatan budidaya akan diikuti dengan semakin tingginya konsentrasi senyawa nitrogen terutama ammonia dalam air (Avnimelech 2007).

Penumpukan bahan organik di dasar tambak yang berasal dari sisa pakan dan kotoran udang akan menyebabkan penurunan kualitas air, sehingga dapat menghambat pertumbuhan udang dan menimbulkan serangan penyakit yang akhirnya menyebabkan kematian massal (Hamsiah *et al.* 2002). Selain itu, kegiatan budidaya yang tidak dikelola dengan baik dan benar, khususnya dalam hal pemberian pakan dan penanganan kualitas air, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan sekitarnya.

Salah satu alternatif dalam mengurangi pencemaran budidaya adalah penerapan budidaya dengan meminimalkan pergantian air melalui penambahan sumber karbon. Penambahan sumber karbon organik tersebut akan mendorong transformasi nitrogen anorganik menjadi protein mikroba heterotropik (Lu 2012) yang dapat dijadikan sumber pakan tambahan untuk udang. Sumber karbon diperlukan untuk pertumbuhan bakteri heterotroph sebagai sumber energi (Avnimelech 1999) dalam mengkonversi hampir 100% nitrogen anorganik menjadi nitrogen organik. Menurut Brune *et al.* (2003) dan Ebeling *et al.* (2006), bakteri heterotroph mampu mengkonversi per 1 kg N menjadi 8,06 kg biomassa bakteri. Konversi ini dapat berlangsung optimal jika rasio karbon: nitogen di air budidaya antara 10 – 20 (De Schryver 2008). Salah satu sumber karbon yang banyak digunakan adalah molase. Menurut Kusmiati (2007) molase mengandung nutrisi cukup tinggi untuk kebutuhan bakteri, sehingga dijadikan bahan alternatif sebagai sumber karbon dalam media fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi molase yang paling optimal dalam mempertahankan kualitas air pemeliharaan dan meningkatkan kinerja produksi udang vaname.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan udang vaname *Litopenaeus vannamei* stadia *Post Larvae* (PL) 12 yang dipelihara dalam akuarium berukuran 40 cm x 40 cm x 30 cm sebanyak 100 ekor setiap akuarium. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perikanan, Sekolah Vokasi IPB. Udang uji diberi pakan pelet khusus udang (kadar protein 40%) dengan *feeding rate* 5-10% sesuai tahapan pertumbuhan. Pakan diberikan 4 kali sehari pada pukul 07.00 WIB, 11.00 WIB, 15.00 WIB dan 17.00 WIB. Penelitian terdiri dari 4 perlakuan konsentrasi molase berbeda dengan 4 ulangan yaitu (A) konsentrasi molase 50% dari jumlah jumlah pakan, (B) 100% jumlah pakan, (C) 150% jumlah pakan, (K) 0% jumlah pakan (kontrol). Molase diberikan setiap hari selama 8 minggu waktu penelitian dengan cara dicampurkan langsung ke media pemeliharaan.

Parameter penelitian yang diamati meliputi parameter kualitas air dan kinerja produksi udang vaname. Parameter kualitas air meliputi suhu, oksigen terlarut (DO) menggunakan DO meter Lutron 5510, pH (menggunakan pH meter HANNA HI 98107) dan salinitas (menggunakan refractometer ATAGO Mastert) dilakukan setiap hari sedangkan nitrit, nitrat dan total amonia nitrogen (TAN) dilakukan pada awal, tengah dan akhir penelitian. Pengukuran parameter nitrit, nitrat dan total amoniak nitrogen menggunakan APHA 2012. Semua parameter kualitas air diukur sebanyak 4 ulangan. Parameter kinerja produksi udang vaname yang diamati meliputi sintasan, laju pertumbuhan spesifik, jumlah pakan, bobot rata-rata/*average body weight* (ABW), biomasa dan rasio konversi pakan/*food conversion ratio* (FCR).

### Sintasan

Sintasan atau tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan menggunakan rumus (Zokaeifar *et al.* 2012).

$$\text{Sintasan} = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

Ket :

$N_t$  = Jumlah udang pada akhir pemeliharaan (ekor)

$N_o$  = Jumlah udang pada awal pemeliharaan (ekor)

### Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik (LPS) adalah persentase penambahan bobot individu setiap harinya selama pemeliharaan. Laju pertumbuhan spesifik dihitung menggunakan rumus berikut (Zokaeifar *et al.* 2012) :

$$\text{LPS} = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

LPS : Laju pertumbuhan spesifik individu (%/hari)

t : Waktu pemeliharaan (hari)

Wi : Bobot rata-rata individu pada waktu ke- i (g/ekor)

Wo : Bobot rata-rata individu pada waktu ke- 0 (g/ekor)

### **Rasio Konversi Pakan**

Rasio konversi pakan (FCR) adalah jumlah kg pakan yang dibutuhkan untuk menaikkan bobot udang sebesar 1 kg, atau jumlah kg pakan yang diubah menjadi kg daging. Nilai FCR dihitung dengan menggunakan rumus (Zokaeifar *et al.* 2012) :

$$FCR = \frac{\sum F}{(Bt + D) - Bo} \times 100 \%$$

Ket :

EP = Efisiensi pakan (%)

Bt = Biomasa udang pada akhir pemeliharaan (g)

Wo = Biomasa udang pada awal pemeliharaan (g)

$\sum F$  = jumlah pakan

### **Analisis Data**

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat ulangan. Data kualitas air dianalisis secara deskriptif sedangkan data kinerja produksi dianalisis menggunakan analisis ragam dengan tingkat kepercayaan 95%. Jika terdapat beda nyata antar perlakuan, kemudian dilakukan uji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range* menggunakan SPSS 20.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Kualitas Air**

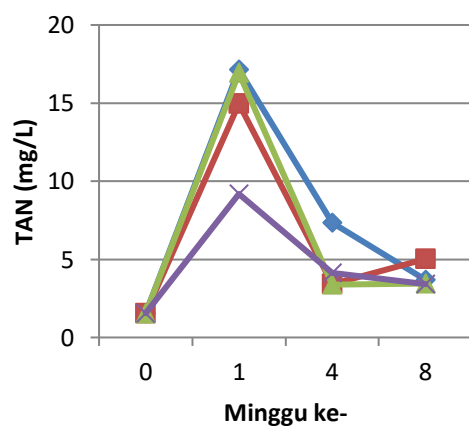
Kualitas air memiliki peran sangat penting dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname. Perlakuan pemberian molase berbagai konsentrasi tidak mempengaruhi parameter suhu, DO, pH dan salinitas air selama pemeliharaan udang. Parameter suhu, DO, pH dan salinitas pada semua perlakuan masih berada dalam kisaran optimal pemeliharaan udang vaname (Tabel 1). Nilai optimum suhu untuk budidaya udang vaname berkisar 27–32°C sedangkan nilai kadar oksigen terlarut > 3 mg/L (Suprpto 2005). Pada penelitian nilai suhu berkisar antara 24,4-30,6°C, nilai tersebut dikatakan masih sesuai karena udang vaname memiliki nilai toleransi suhu antara 20 - 32°C (Kumlu *et al.* 2010). Suhu air mempunyai peranan penting dalam mengatur aktivitas dan metabolisme udang. Beberapa peubah kualitas air lainnya diduga berpengaruh pada laju pertumbuhan udang yang dibudidayakan. Pada penelitian nilai DO 3,9-8,4, salinitas 24-25 ppt, pH 7,4-8,3 pada penelitian masih dikatakan layak. Suprpto (2005) melaporkan bahwa salinitas optimum untuk pertumbuhan udang

vaname adalah 15-25 ppt. Wyban & Sweeny (1991) mengemukakan bahwa kisaran pH air yang cocok untuk budidaya udang vaname secara intensif sebesar 7,4–8,9 dengan nilai optimum 8,0.

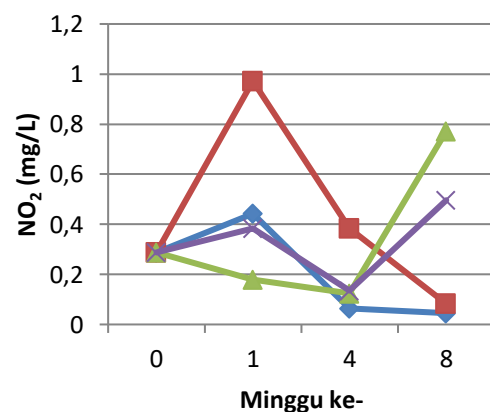
Tabel 1 Kualitas air pemeliharaan udang vaname pada setiap perlakuan

| Perlakuan | Suhu (°C)   | DO (ppm)  | pH        | Salinitas (%) |
|-----------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| A         | 24,4 – 30,6 | 3,9 – 8,4 | 7,4 – 8,3 | 24 - 25       |
| B         | 24,4 – 29,4 | 3,9 – 8,4 | 7,4 – 8,3 | 24 – 25       |
| C         | 24,4 – 31,0 | 3,9 – 8,4 | 7,4 – 8,3 | 24 – 25       |
| K         | 24,4 – 30,6 | 3,9 – 8,4 | 7,4 – 8,3 | 24 - 25       |

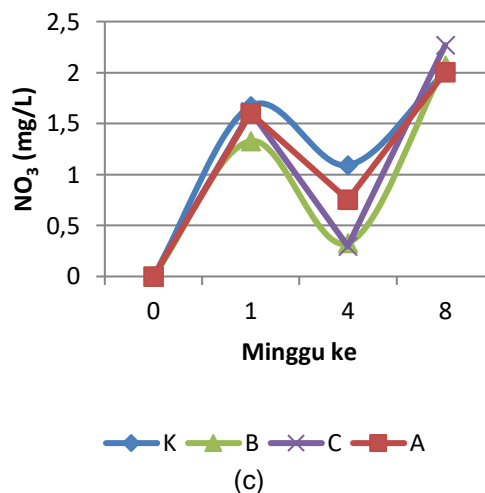
Pengukuran kualitas air lainnya yaitu total amoniak nitrogen (TAN), nitrit ( $\text{NO}_2$ ), dan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) media pemeliharaan udang vaname disajikan pada Gambar 1. Penambahan molase berbagai konsentrasi yang ditunjukkan pada Gambar 1 cenderung mempengaruhi nilai TAN,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{NO}_3$ . Nilai TAN pada perlakuan kontrol grafik menunjukkan cenderung lebih tinggi daripada perlakuan A, B dan C. Nilai  $\text{NO}_2$  pada kontrol memiliki nilai lebih rendah dari perlakuan B dan C, sedangkan nilai  $\text{NO}_3$  cenderung mengalami akumulasi. Akumulasi  $\text{NO}_3$  di kontrol lebih tinggi dibandingkan semua perlakuan. Penambahan molase pada berbagai perlakuan konsentrasi memiliki kecenderungan memperbaiki nilai TAN dan nitrit pada pemeliharaan udang. Amoniak merupakan salah satu hasil sampingan dari proses perombakan bahan organik di dalam air yang dapat bersifat racun. Kisaran optimum nilai nitrit untuk budidaya vaname sebesar 0,01–0,05 mg/L sedangkan kisaran nilai optimal bahan organik total pada budidaya udang vaname < 55 mg/L (Adiwijaya *et al.* 2003). Menurut Clifford (1994), konsentrasi nitrat yang optimum untuk udang vaname berkisar 0,4–0,8 mg/L.



(a)



(b)



Gambar 1 Hasil pengukuran parameter kualitas air: (a) total amoniak nitrogen (TAN), (b) nitrit (NO<sub>2</sub>), dan (c) nitrat (NO<sub>3</sub>) pada pemeliharaan udang vaname

### Kinerja Produksi Udang Vaname

Kinerja produksi udang vaname yang diberi perlakuan molase menunjukkan perbedaan yang nyata ( $P < 0,05$ ) dibandingkan dengan kontrol pada parameter LPS, jumlah pakan, ABW, biomasa dan FCR, sedangkan parameter sintasan tidak memperlihatkan beda nyata (Tabel 2). Biomassa udang vaname di akhir penelitian semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi molase yang diberikan. Biomassa udang uji berturut-turut dari yang paling besar yaitu perlakuan C (293,05±5,57 g), perlakuan B (215,00±10,25 g), perlakuan A (173,95±8,58 g) dan kontrol (149,36±20,36 g). Biomassa udang pada perlakuan C mencapai hampir 2 kali lipat lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Tabel 2 Kinerja produksi udang vaname dengan perlakuan penambahan konsentrasi molase

| Perlakuan | LPS (%/hari)           | Jumlah Pakan (g)          | ABW (g)                | Sintasan (%)            | Biomasa (g)               | FCR                    |
|-----------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| A         | 5,15±0,13 <sup>b</sup> | 528,51±25,49 <sup>b</sup> | 1,87±0,12 <sup>a</sup> | 93,00±2,58 <sup>a</sup> | 173,95±8,58 <sup>b</sup>  | 3,25±0,02 <sup>a</sup> |
| B         | 5,55±0,14 <sup>c</sup> | 547,61±35,09 <sup>b</sup> | 2,31±0,17 <sup>b</sup> | 93,50±2,65 <sup>a</sup> | 215,00±10,25 <sup>c</sup> | 2,63±0,09 <sup>b</sup> |
| C         | 6,08±0,03 <sup>d</sup> | 627,00±9,36 <sup>c</sup>  | 3,05±0,05 <sup>c</sup> | 96,00±0,82 <sup>a</sup> | 293,05±5,57 <sup>d</sup>  | 2,23±0,05 <sup>c</sup> |
| K         | 4,87±0,19 <sup>a</sup> | 463,00±34,62 <sup>a</sup> | 1,61±0,16 <sup>a</sup> | 92,50±5,45 <sup>a</sup> | 149,36±20,36 <sup>a</sup> | 3,40±0,55 <sup>a</sup> |

Ket : Angka yang diikuti oleh huruf superscript yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ )

Biomasa mikroba yang dihasilkan dari transformasi nitrogen inorganik digunakan sebagai sumber nutrisi tambahan untuk udang (Schryver *et al.* 2008). Biomasa mikroba ini memiliki kandungan crude protein yang tinggi berkisar antara 27,3% - 31,6% dan crude lipid 3,7%-4,2% (Xu and Pan 2012). Oleh karena itu bobot rata-rata dan laju pertumbuhan spesifik udang yang diberi molase lebih

tinggi dibandingkan kontrol sehingga meningkatkan biomasa udang di akhir pemeliharaan.

Peningkatan kinerja produksi atau performa pertumbuhan yang signifikan pada udang yang dipelihara di media budidaya yang ditambahkan karbon dari berbagai sumber juga dilaporkan oleh Emerenciano *et al.* (2011) pada *Farfantepenaeus paulensis*, Xu and Pan (2012) pada juvenile *Litopenaeus vanammei*, Zhao *et al.* (2012) pada *Marsupenaeus japonicas*, Xu *et al.* (2012) pada *Litopenaeus vanammei*, dan Megahead (2010) pada *Penaeus Semisulcatus*. Peningkatan performa pertumbuhan ini diduga selain dikarenakan nutrisi yang baik juga meningkatnya aktivitas enzim pencernaan protease, amilase, selulase dan lipase pada udang uji (Xu and Pan 2012; Xu *et al.* 2012).

Pada perlakuan pemberian molase, jumlah pakan yang dihabiskan selama masa pemeliharaan lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol. Jumlah pakan paling banyak yaitu pada perlakuan C mencapai 35,42% lebih tinggi dibandingkan kontrol. Meskipun demikian, nilai FCR udang perlakuan C paling rendah dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 2). Parameter FCR digunakan dalam mengukur efisiensi pemanfaatan energi pakan untuk pertumbuhan. Konversi pakan merupakan hal yang sangat penting dalam produksi akuakultur terkait tingginya proporsi komponen biaya pakan terhadap biaya variabel total. Pemberian molase 150% dari jumlah pakan (perlakuan C) menunjukkan ABW, LPS, biomasa akhir dan FCR yang paling baik dibandingkan perlakuan A, B, dan K.

Pada akhir penelitian, sintasan hidup udang uji pada semua perlakuan di atas 90%. Perlakuan pemberian karbon tidak memberi perbedaan yang nyata pada nilai sintasan udang uji. Hal ini sesuai dengan percobaan yang dilakukan Xu and pan (2012), Emerenciano *et al.* (2011), Xu *et al.* (2012), dan Megahead (2010).

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa perlakuan pemberian molase berbagai konsentrasi tidak mempengaruhi parameter suhu, DO, pH dan salinitas air selama pemeliharaan udang namun memiliki kecenderungan memperbaiki kualitas air dengan menurunkan nilai TAN dan nitrit. Pemberian molase secara nyata mampu meningkatkan kinerja produksi udang uji. Konsentrasi molase terbaik yaitu 150% dari jumlah pakan (perlakuan C) yang menghasilkan bobot biomasa sebesar  $293,05 \pm 5,57$  g dengan nilai LPS sebesar  $6,08 \pm 0,03\%$ /hari dan FCR sebesar  $2,23 \pm 0,05$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya D, Sapto PR, Sutikno E, Sugeng, Subiyanto. 2003. Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) system tertutup yang ramah lingkungan. Departemen Kelautan dan Perikanan, Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau, Jepara, 29 hlm
- APHA. 2012. *Standar Methods for Examination of Water and Waste. 21<sup>th</sup> Ed.* American Public Health association. Washington DC.146p

- Avnimelech Y. 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227–235.
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264,140-147.
- Brune D, Schwartz G, Eversole A, Collier J, Schwedler T. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquacultural Engineering* 28: 65–86.
- De Schryver P, Crab R, Defoirdt T, Boon N, Verstraete W. 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture* 277: 125–137.
- Ebeling, James M, Timmons MB, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic autotrophic and heterotrophic removal of ammonia – nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257: 346–358.
- Emerenciano M, Ballester ELC, Ronaldo O Cavalli RO, Wasielesky W. 2011. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research* 43: 447-457
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. *Fisheries and aquaculture information and statistics branch*. Fisheries and Aquaculture Department. Rome (IT): FAO
- Hamsiah, Djokosetiyanto D, Adiwilaga EM, Nirmala K. 2002. The role of bakau snail, *Telescopium telescopium* L., as biofilter in waste water management of intensive shrimp culture. *Jurnal akuakultur Indonesia* 1, 57-63.
- Hargreaves JA. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquac. Eng.* 34:344-363
- Klinger D. 2012. Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. *Environment and Resources*, 37.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2018. *Laporan Kinerja Kementerian Kelautan 2018*. Jakarta (ID): KKP.
- Kumlu M, Türkmen S, Kumlu M. 2010. Thermal tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae) acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 35(6), 305-308.
- Kusmiati, Swasono R. Tamat, Eddy J, Ria I. 2007. Produksi Glukan dari dua Galur *Agrobacterium* sp. Pada Media Mengandung Kombinasi Molase dan Urasil. *Biodiversitas, (Online)*, Vol. 8. No.1
- Lu L, Tan H, Luo G, Liang W. 2012. The Effects of *Bacillus subtilis* on Nitrogen Recycling from Aquaculture Solid Waste Using Heterotrophic Nitrogen Assimilation in Sequencing Batch Reactors. *Bio Tech* 124: 180-185.
- Megahead ME. 2010. The Effect of Microbial Biofloc on Water Quality, Survival and Growth of the Green Tiger Shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) Fed with Different crude Protein Levels. *J. of the Arabian Aquaculture Society* 5: 119-142
- Ravuru DB, Mude JN. 2014. Effect of Density on Growth and Production of *Litopenaeus Vannamei* of Brackish Water Culture System In Summer Season With Artificial Diet In Prakasam District, India. *Am. Int. J. Res. Formal, Appl. Nat. Sci.* 14, 10–13



- Suprpto. 2005. Petunjuk teknis budidaya udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). CV. Biotirta. Bandar Lampung, 25 hlm.
- Tacon AGJ, Cody JJ, Conquest LD, Divakaran S, Forster LP, Decamp OE. 2002. Effect of culture sistem on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* 8:121 -137
- Xu WJ, Pan L Q. 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, 356, 147-152.
- Xu WJ, Pa LQ, Sun XH, Huang J. 2012. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research* 44: 1093-1102
- Xu WJ, Morris TC, & Samocha T M. 2018. Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. *Aquaculture*, 490, 194-202.
- Zhao P, Huang J, Wang X, Song X, Yang C, Zhang X, Wang G. 2012. The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicas*. *Aquaculture* 354-355: 97-106
- Wiyoto W, Sukenda S, Harris E, Nirmala K, Djokosetiyanto D, Ekasari J. 2017. The effects of sediment redox potential and stocking density on Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* production performance and white spot syndrome virus resistance. *Aquaculture Research*, 48(6), 2741-2751.
- Wyban JA, Sweeny JN. 1991. *Intensive Shrimp Production Technology*. The Oceanic Institute Makapuu Point. Honolulu, Hawaii USA, 158 pp.
- Zokaeifar H, Balcázar JL, Saad CR, Kamarudin MS, Sijam K, Arshad A, Nejat N. 2012. Effects of *Bacillus subtilis* on the growth performance, digestive enzymes, immune gene expression and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish Shellfish Immunol.* 33, 683–689. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.05.027>