

Kinerja Pertumbuhan Dan Kualitas Air Pada Budidaya Udang Vaname Dengan Teknik Bioremediasi Di Tambak Udang Karawang

Warih Hardanu¹, Anggoro Prihutomo¹, Heru Nugroho¹, Fitria Nawir¹, Dwi Febrianti², Yayah Mardianti² dan Tri Widiyanto²

¹ Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB), Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat

² Pusat Penelitian Limnologi – LIPI

Email: triw@limnologi.lipi.go.id

Abstrak

Pemanfaatan mikroorganisme melalui teknik bioremediasi menjadi salah satu cara yang banyak digunakan untuk menjaga kualitas lingkungan dalam kegiatan kegiatan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran pola pertumbuhan dan kualitas air pada budidaya udang Vaname melalui teknik bioremediasi. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 5 Juni - 12 September 2019 bertempat di Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB), Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Udang uji PL 11 dipelihara dengan kepadatan 60 ekor/m² pada lima petak tambak air payau, masing-masing berukuran 2500 m² selama 100 hari. Jenis mikroba yang digunakan sebagai agen bioremediasi terdiri dari kelompok bakteri *Thiobacillus* spp., *Bacillus* spp., dan *Lactobacillus* spp. Pengukuran kinerja pertumbuhan dan kualitas air dilakukan secara periodik setiap sepuluh hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *survival rate* (SR) udang yang dipelihara dengan sistem bioremediasi mencapai 54,99 - 66,86%. Biomassa panen mencapai 1796,78 - 1991,27 kg dengan *size* sebesar 43,79 - 50,22 indv Kg⁻¹ dan *final body weight* (FBW) mencapai 19,91-22,83 g ind⁻¹. Rata-rata pertumbuhan harian (ADG) mencapai 0,27 - 0,32 % hari⁻¹, Rasio konversi pakan berkisar antara 1,48 - 1,60 dengan tingkat efisiensi pakan mencapai 59,53 - 65,50%. Nilai pH air berkisar antara 6,38 -7,92; nitrit berkisar antara 0,01 - 1,60 ppm; ammoniak berkisar antara 0 - 0,04 ppm; dan ammonium berkisar antara 0,07 - 2,59 ppm. Sementara itu, suhu selama masa pemeliharaan berkisar antara 24,1 - 28,5 °C; dan salinitas berkisar antara 16 - 28 ppt. Secara keseluruhan pemanfaatan bakteri agen bioremediasi dapat mempertahankan pertumbuhan dan kualitas air tambak, walaupun hanya memberikan hasil kelangsungan hidup sekitar 54,99 sampai 66,86%.

Kata kunci: *Litopenaeus vannamei*, aquaculture, bioremediasi, pertumbuhan, kualitas air

Pendahuluan

Budidaya sistem intensif telah menjadi salah satu cara yang banyak digunakan untuk meningkatkan produksi dibidang akuakultur. Dalam sistem budidaya intensif, persentase jumlah pakan yang termanfaatkan menjadi biomasa

produksi dalam kegiatan budidaya hanya sebagian kecil saja. Dari keseluruhan kandungan nitrogen yang bersumber dari pakan, hanya 28% nitrogen pakan yang berhasil dipanen dalam bentuk biomasa, 49% lainnya terbuang kelingkungan perairan, sementara 23% sisanya mengendap di sedimen. Sementara itu untuk kandungan fosfor, sebanyak 18% termanfaatkan oleh ikan, 54% diantaranya menumpuk disedimen dan 28% diantaranya dibuang ke lingkungan perairan (Holby dan Hall (1991); Hall *et al.* (1992) *dalam* White (2013)). Sementara itu, Jackson *et al.* (2003) melaporkan bahwa dalam suatu kegiatan budidaya udang, hanya 22% dari total input nitrogen yang berhasil menjadi biomassa panen sedangkan sebanyak 14% nitrogen akan mengendap di sedimen, sebanyak 3% nitrogen akan hilang melalui proses denitrifikasi ke udara bebas, sementara sisanya akan terbuang ke lingkungan.

Dalam suatu sistem budidaya sistem tertutup yang menggunakan pakan komersil dalam jumlah banyak, jumlah buangan bahan organik baik yang berasal dari sisa pakan maupun sisa metabolisme biota juga akan semakin meningkat (White 2013). Hal ini membuktikan secara tidak langsung bahwa semakin banyak jumlah pakan yang digunakan dalam suatu kegiatan akuakultur, maka potensi jumlah buangan organik yang akan menjadi limbah bagi lingkungan perairan juga mengalami peningkatan. Banyaknya sisa pakan yang masuk ke dalam perairan dapat meningkatkan aktivitas bakteri aerobik dalam badan air yang secara tidak langsung akan meningkatkan kebutuhan oksigen (*chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand*) untuk mengoksidasi bahan organik dan menurunkan kandungan oksigen terlarut di badan air (Timmons dan Lorsodo 1994). Sementara itu, keberadaan beberapa nutrien terlarut seperti NH₃ dan NO₂⁻ dalam konsentrasi tertentu dapat menyebabkan stress, mengganggu kesehatan, bahkan dapat menyebabkan kematian biota akuatik (Valencia-Castañeda *et al.* 2019).

Kerugian yang ditimbulkan dari adanya limbah organik ini tidak hanya berupa kerugian dari sisi ekologi saja, melainkan juga telah menyebabkan kerugian dari aspek ekonomi baik dari segi biaya produksi maupun kerugian-kerugian lain. Oleh sebab itu, dibutuhkan penanganan khusus yang dapat meminimalkan dampak dari buangan organik yang ditimbulkan dari kegiatan produksi akuakultur. Beberapa metode seperti perbaikan dalam manajemen pakan, pemilihan bahan baku

pakan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nutrien, serta pemanfaatan mikroba telah banyak dilakukan untuk mengurangi pengaruh merugikan limbah nutrien dalam kegiatan akuakultur.

Mikroorganisme seperti bakteri, mikroalga dan cyanobacteria memiliki kemampuan dalam memanfaatkan limbah nutrien menjadi sumber karbon dan energi untuk metabolisme serta pertumbuhan selnya (Megharaj *et al.* 2014; Lananan *et al.* 2014). Mikroorganisme tertentu berperan sebagai bioremediator melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Beberapa penelitian telah banyak melaporkan aplikasi mikroba untuk memanfaatkan limbah nutrien di lingkungan perairan misalnya dari kelompok *Bacillus*, *Lactobacillus* dan *Thiobacillus* (Ma *et al.* 2009; Torrento *et al.* 2010; Lu *et al.* 2012). Lu *et al.* (2012) melaporkan bahwa *Bacillus subtilis* mampu memanfaatkan limbah nitrogen inorganik terlarut 1,17 kali lebih besar dibanding kontrol dalam penelitian tersebut. Wu *et al.* (2011) melaporkan bahwa penggunaan berbagai jenis strain bakteri mampu mengeliminasi limbah organik dan unsur logam seperti Cu, Zn, dan Fe dalam suatu bioreaktor. Beberapa penelitian juga menyebutkan bahwa kelompok *Thiobacillus* banyak berperan dalam proses denitrifikasi (Torrento *et al.* 2010; Pous *et al.* 2014 Capua *et al.* 2016; Chen *et al.* 2019) dan oksidasi H₂S (Oprime *et al.* 2001; Toth *et al.* 2015). *Thiobacillus* merupakan kelompok bakteri kemolitoautotrofik yang memiliki kemampuan untuk mengoksidasi sulfur dan mereduksi komponen hidrogen, Fe²⁺, uranium (IV) sebagai donor elektron dan karbon anorganik (CO₂ or HCO₃⁻) melalui proses denitrifikasi (Beller 2005; Beller *et al.* 2006; Zumft 1997). Kelompok bakteri ini mampu memanfaatkan sulfur dan bentuk tereduksinya (H₂S) sebagai sumber energi untuk pertumbuhan. Jenis *T. denitrificans* mampu bekerja pada pH mendekati netral, sementara jenis *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans* merupakan kelompok bakteri acidofilik yang bekerja optimum pada kisaran pH 1,0-3,5 (Oprime *et al.* 2001). Sementara itu, anggota genus *Lactobacillus* yang merupakan kelompok bakteri asam laktat (*Lactic Acid Bacteria*) dengan kemampuan fermentatif yang telah banyak dimanfaatkan dalam kegiatan akuakultur karena dilaporkan mampu meningkatkan sistem imun dan pencernaan inang, memodulasi komunitas bakteri, dan menekan keberadaan patogen (Rossland *et al.* 2003; Yousefian dan Amiri 2009; Ige 2013; Maeda *et al.* 2014), serta memperbaiki kualitas air dengan

menurunkan konsentrasi nitrogen seperti amoniak, nitrit, dan nitrat dalam air (Ma et al. 2009)

Pemanfaatan mikroba dalam kegiatan akuakultur diharapkan mampu menjaga kualitas media budidaya selama masa pemeliharaan. Kualitas media budidaya yang baik akan memberikan memberikan pengaruh positif terhadap proses produksi biota aquatik dan diharapkan dapat membantu meningkatkan kinerja pertumbuhan. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kinerja pertumbuhan dan kualitas air udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dibudidayakan dengan Teknik bioremediasi melalui penambahan konsorsium tiga kelompok bakteri yaitu *Thiobacillus* spp., *Bacillus* sp., dan *Lactobacillus* spp.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 5 Juni – 12 September 2018 bertempat di Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB), Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat.

Materi Uji

Jenis bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Thiobacillus* spp., *Bacillus* sp., dan *Lactobacillus* spp dalam bentuk produk komersil berbentuk serbuk (*powder*). Sementara hewan uji yang digunakan adalah benur udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) PL-11 yang berasal dari Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB), Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Pakan yang digunakan selama pemeliharaan adalah pakan komersial dengan kadar protein 40 %.

Kegiatan Pemeliharaan

Persiapan wadah dilakukan sebelum kegiatan pemeliharaan dilakukan. Wadah pemeliharaan berupa tambak berlapis plastik mulsa masing-masing berukuran 2500 m² sebanyak 5 petak. Kegiatan persiapan tambak terdiri dari pengeringan, penjemuran tanah dasar tambak, pembersihan dinding dan dasar tambak, serta dilakukan perbaikan wadah. Media pemeliharaan terlebih dahulu

didesinfeksi dengan menggunakan desinfektan dengan bahan aktif chlor dengan dosis 10-30 mg L⁻¹ untuk membunuh organisme patogen seperti bakteri dan virus, dan kelompok krustase pengganggu. Setelah desinfeksi media selesai, maka dilakukan proses pemupukan dengan menggunakan pupuk anorganik dengan dosis 3-5 mg L⁻¹. Setelah itu, media dibiarkan hingga 14 hari hingga ditumbuhi oleh plankton dan siap dilakukan penebaran benur. Benur ditebar dengan kepadatan 60 individu/m² dan dilakukan pemeliharaan selama 100 hari. Pemberian pakan dilakukan sebanyak 4 kali sehari dengan menggunakan pakan komersil, sementara *feeding rate* yang digunakan mengacu pada SNI 7772:2013. Konsorsium bakteri yang diberikan berupa sediaan tepung dengan dosis pemberian sebesar 1-2 kg/Ha luasan tambak setiap 1 kali seminggu.

Analisis Data

Parameter biologis udang Vaname

Parameter biologi diamati untuk melihat perkembangan pertumbuhan udang Vaname selama masa pemeliharaan. Parameter biologis yang diamati meliputi tingkat kelangsungan hidup, *size panen*, *final body weight* (FBW), jumlah konsumsi pakan (JKP), dan biomassa panen. Nilai *average daily growth rate* (ADG), *feed conversion ratio* (FCR), dan efisiensi pakan (EP) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Average daily growth rate (ADG)} = \left(\frac{W_t - W_0}{t} \right) \times 100 \quad (\text{Balakrishnan } et \ al. 2011)$$

$$\text{Food conversion ratio (FCR)} = \frac{F}{B_t - B_0} \quad (\text{Zokaeifar } et \ al. 2012)$$

$$\text{Efisiensi pakan (EP)} = \frac{B_t - B_0}{F} \times 100 \quad (\text{Nobrega } et \ al. 2017)$$

dengan W_t adalah berat rata-rata udang diakhir pengamatan (g); W₀ adalah berat rata-rata udang diawal pengamatan (g); t adalah lama pemeliharaan; B_t adalah biomasa udang pada akhir pemeliharaan; B₀ adalah biomasa udang pada awal pemeliharaan dan F adalah total konsumsi pakan.

Parameter kualitas air

Kualitas air selama pemeliharaan diamati pada hari (DOC, *days of culture*) ke-0, 40, 50, 60, 70, 80, 90, dan 100. Parameter kualitas air yang diamati meliputi suhu, pH, nitrit (NO_2^-), amonium (NH_4^+), Amoniak (NH_3), total alkalinitas, *total organic matter* (TOM), dan salinitas. Metode yang digunakan dalam pengukuran kualitas air mengacu pada APHA (1999), dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1. Metode pengukuran kualitas air tambak

Parameter	Satuan	Metode/Alat
Suhu	°C	Termometer
pH	-	pH meter
Nitrit (NO_2^-)	mg L^{-1}	Spektrofotometer
Amonium (NH_4^+)	mg L^{-1}	Spektrofotometer
Amoniak (NH_3)	mg L^{-1}	Spektrofotometer
Total alkalinitas	$\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$	Titrasi
<i>Total organic matter</i> (TOM)	mg L^{-1}	Titrasi
Salinitas	ppt	Refraktometer

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa udang yang dipelihara dengan menggunakan teknik bioremediasi mampu mencapai tingkat kelangsungan hidup hingga 54,99 - 66,86% (Tabel 2).

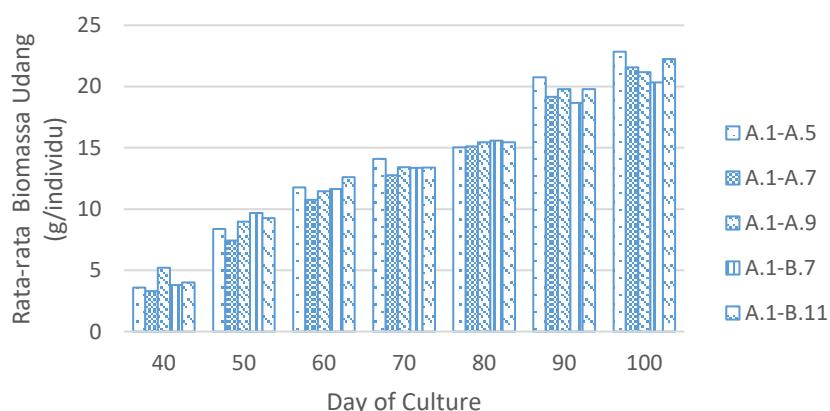
Tabel 2. Kinerja pertumbuhan udang Vaname (*L. vannamei*) yang dipelihara dengan teknik bioremediasi

Parameter	Petak Tambak				
	A.I-A.5	A.I-A.7	A.I-A.9	A.I-B.7	A.I-B.11
Area (m^2)	2500	2500	2500	2500	2500
Populasi Awal (individu)	150000	150000	150000	150000	150000
Populasi Akhir (individu)	86680	90198	91441	100302	82499
Tingkat Kelangsungan Hidup (%)	57,78	60,13	60,96	66,86	54,99
<i>Size</i> Panen (ind kg^{-1})	43,79	50,2	48,12	50,22	44,48
<i>Final Body Weight</i> (g ind $^{-1}$)	22,83	19,92	20,7813	19,91	22,48
Biomassa panen (Kg)	1979,46	1796,78	1900,28	1997,27	1854,76
Jumlah Konsumsi Pakan (Kg)	3.010,50	3.005,50	2.990,50	3.055,50	2.980,50

<i>Feed Conversion Ratio</i>	1,50	1,65	1,56	1,48	1,60
<i>Average daily growth rate (% hari⁻¹)</i>	0,32	0,3	0,27	0,28	0,30
Efisiensi Pakan (%)	65,50	59,53	63,29	65,12	61,98

Sementara hasil pemanenan mencapai 1796,78 - 1997,27 kg dengan size panen mencapai 43,79 - 50,22 ind kg⁻¹ udang, dengan berat rata-rata udang mencapai 19,92 - 22,83 g ind⁻¹. Selama masa pemeliharaan, jumlah konsumsi pakan mencapai 2980,50 - 3010,50 kg dengan rasio konversi pakan sebesar 1,48 - 1,65 dan efisiensi pakan berkisar 59,53 - 65,50%. Berikut ini adalah profil kinerja pertumbuhan udang Vaname yang dipelihara dengan Teknik bioremediasi (Tabel 2).

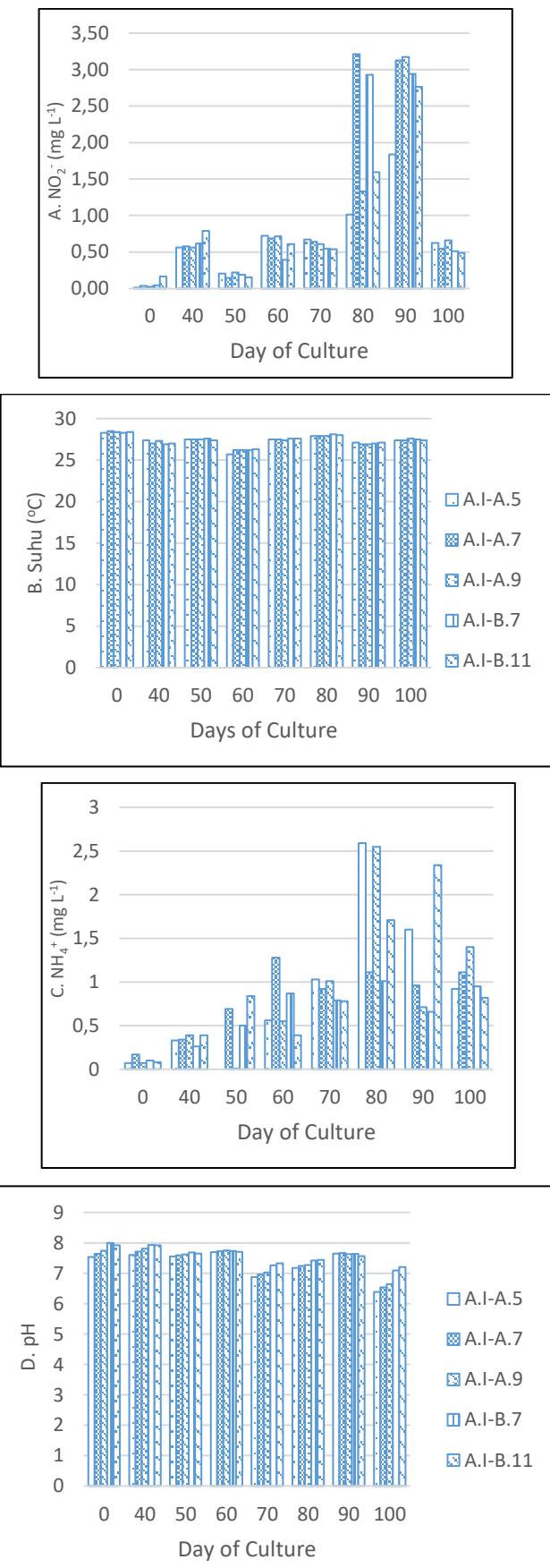
Peningkatan biomassa udang Vaname selama masa pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 1.

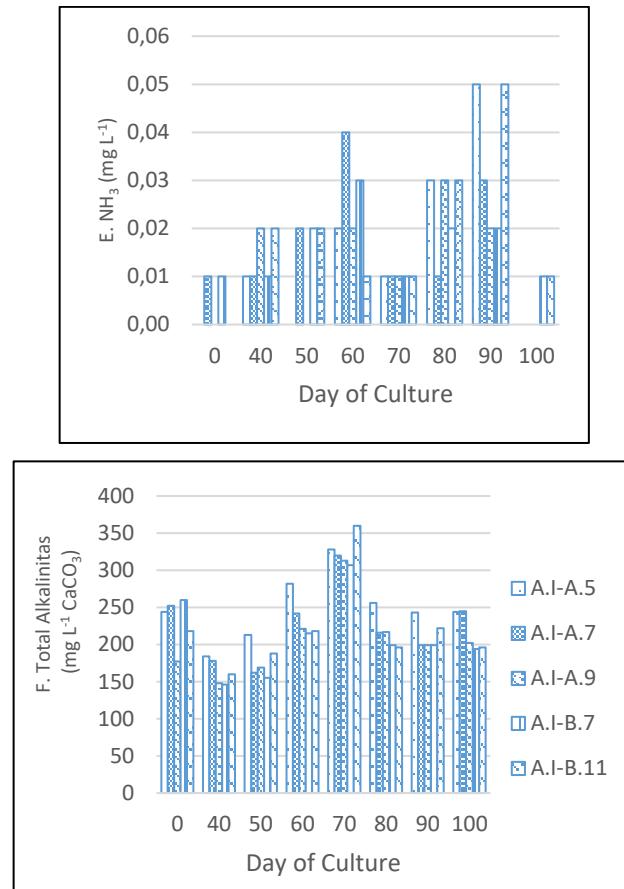


Gambar 1. Peningkatan biomassa udang Vaname (*L. vannamei*) yang dipelihara dengan teknik bioremediasi secara periodik selama masa pemeliharaan.

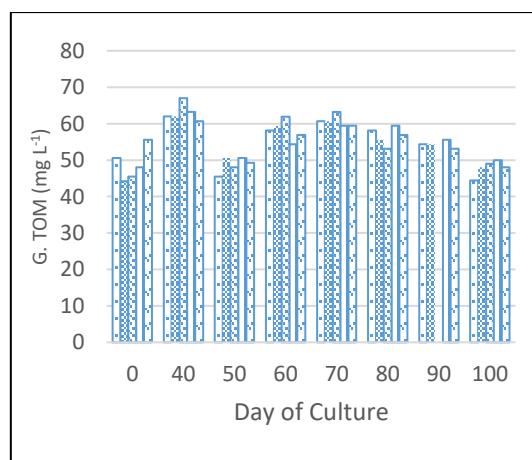
Hasil penelitian menunjukkan bahwa tren kenaikan biomassa terbesar terjadi antara DOC 40 menuju DOC 50, dan DOC 80 menuju DOC 90. Sementara, pada DOC 50 menuju DOC 70 dan DOC 90 menuju DOC 100 kenaikan biomassa udang menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan periode sebelumnya.

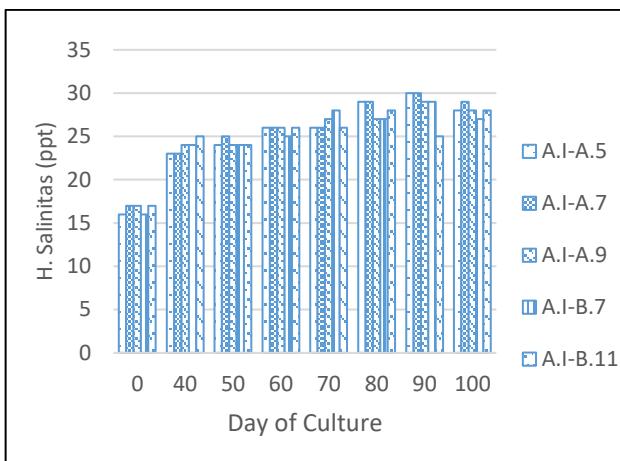
Profil kualitas air selama masa pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu (Gambar 2B) selama masa pemeliharaan berkisar antara 24,1-28,5 °C. Tingkat keasaman media pemeliharaan udang berada pada kisaran 6,38-7,92.





Gambar 2. Profil kualitas air: A. Nitrit (NO_2^-); B. suhu; C. amonium (NH_4^+); D. pH; E. amoniak (NH_3); F. Total alkalinitas; G. *Total organic matter* (TOM); dan H. salinitas udang Vaname (*L. vannamei*) yang dipelihara dengan teknik bioremediasi.





Gambar 2. Profil kualitas air: A. nitrit; B. suhu; C. amonium (NH_4^+); D. pH; E. amoniak (NH_3); F. Total alkalinitas; G. *Total organic matter* (TOM); dan H. salinitas udang Vaname (*L. vannamei*) yang dipelihara dengan teknik bioremediasi (lanjutan).

Nitrit (Gambar 2A) selama masa pemeliharaan berada pada nilai yang cukup besar. Pada DOC 80, nilai nitrit berada pada kisaran $1,01\text{-}3,21 \text{ mg L}^{-1}$, sedangkan pada DOC 90 nitrit berada pada konsentrasi $1,84\text{-}3,17 \text{ mg L}^{-1}$. Amonium (NH_4^+) menunjukkan tren peningkatan selama masa pemeliharaan, dengan konsentrasi tertinggi diperoleh pada DOC 80 dan 90 pemeliharaan dengan kisaran nilai masing-masing sebesar $1,01\text{-}2,59 \text{ mg L}^{-1}$ dan $0,66\text{-}2,34 \text{ mg L}^{-1}$. Amoniak (NH_3) juga mengalami peningkatan selama masa pemeliharaan. Peningkatan amoniak terjadi mulai DOC 40 hingga DOC 60 dengan kisaran nilai $0,00\text{-}0,04 \text{ mg L}^{-1}$. Sementara pada DOC 70 amoniak terdeteksi pada nilai $0,01 \text{ mg L}^{-1}$, dan mengalami kenaikan pada DOC 80-90 dengan besaran $0,01\text{-}0,05 \text{ mg L}^{-1}$. Sementara pada DOC 100 konsentrasi amoniak menunjukkan penurunan pada kisaran $0,0\text{-}0,01 \text{ mg L}^{-1}$. Total alkalinitas air berada pada nilai $146\text{-}360 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, dengan nilai TOM sebesar $25,28\text{-}60,68$. Berbeda hal nya dengan nilai alkalinitas dan TOM, salinitas selama masa pemeliharaan cenderung mengalami kenaikan hingga masa pemeliharaan berakhir. Salinitas selama masa pemeliharaan berada pada kisaran $16\text{-}29 \text{ ppt}$.

Pembahasan

Lingkungan pemeliharaan yang optimal akan memberikan pengaruh terhadap keberhasilan budidaya organisme akuatik. Sampai pada batas tertentu, penambahan bahan organik, baik yang berasal dari sisa pakan, feses, maupun biomassa sel yang

mengalami kematian dalam suatu badan air berpotensi sebagai sumber nutrien bagi pertumbuhan fitoplankton. Namun, pada jumlah yang berlebih dapat bersifat toksik serta menyebabkan pengkayaan nutrien perairan. Kualitas lingkungan pemeliharaan yang buruk juga memberikan pengaruh terhadap ketahanan tubuh organisme akuatik dalam menghadapi infeksi organisme patogen dalam suatu perairan. Pemanfaatan mikroorganisme secara *in situ* dilakukan dengan tujuan untuk membantu proses degradasi nutrien yang bersifat toksik menjadi bentuk yang kurang atau tidak toksik.

Peningkatan biomassa udang secara periodik (Gambar 2) menunjukkan peningkatan yang positif hingga akhir masa pemeliharaan. Liu *et al.* (2009) melaporkan hal serupa dimana peningkatan biomassa udang yang dipelihara dengan penambahan *Bacillus subtilis* E20 menunjukkan peningkatan yang positif hingga akhir masa pemeliharaan. Namun, pemberian *Bacillus subtilis* pada konsentrasi 10^6 CFU Kg⁻¹ tidak memberikan perbedaan yang signifikan pada laju peningkatan biomassa udang dibandingkan dengan perlakuan kontrol, sementara pada pada konsentrasi 10^7 dan 10^8 CFU Kg⁻¹ laju pertambahan biomassa udang signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *Bacillus subtilis* pada konsentrasi 10^6 CFU Kg⁻¹ dan kontrol. Xie *et al.* (2019) melaporkan hal yang sama dimana perlakuan dengan penambahan konsorsium *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, dan *Lactobacillus* menghasilkan persentase biomassa udang Vaname sebesar 2052 - 2024%, dan signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol dengan nilai 1893%.

Final body weight (FBW) udang Vaname dalam penelitian berkisar antara 19,91 – 22,83 g ind⁻¹. Nilai tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Xie *et al.* (2019) dimana udang yang diberi konsorsium bakteri memiliki nilai FBW sebesar 25,92 – 27,74 g ind⁻¹ dan signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol sebesar 23,96 g ind⁻¹. Rasio konversi pakan (FCR) yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara 1,48 - 1,65 dan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Xie *et al.* (2019) yang melaporkan bahwa udang yang diberi konsorsium bakteri memiliki nilai FCR berkisar 1,01 – 1,10 dengan FCR kontrol sebesar 1,24. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penerapan teknik bioremediasi mampu memberikan pengaruh menguntungkan terhadap parameter

pertumbuhan dan kualitas air (Wang *et al.* 2005). Hal ini diduga berkaitan dengan kemampuan kelompok bakteri *Bacillus* dalam mensekresikan enzim pencernaan yang bermanfaat bagi pertumbuhan udang. Ochoa-Solano dan Olmos-Soto (2006) melaporkan bahwa genus *Bacillus* menghasilkan enzim yang mampu memecah berbagai macam karbohidrat, lipid, dan protein menjadi unit-unit yang lebih kecil serta menghasilkan substansi antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan patogen dan mampu memberikan efek menguntungkan bagi kualitas air pemeliharaan organisme akuatik. Pertumbuhan udang yang baik akan memberikan pengaruh positif bagi kesehatan dan kelangsungan hidup. Sementara itu, Talpur *et al.* (2013) melaporkan bahwa penambahan *Lactobacillus plantarum* sebagai probiotik memberikan pengaruh terhadap kenaikan aktivitas enzim amilase dan protease udang. Xie *et al.* (2019) menyatakan bahwa peningkatan aktivitas kedua jenis enzim ini akan secara langsung meningkatkan proses pencernaan nutrien seperti karbohidrat dan protein dalam pakan yang akan berkontribusi dalam mendukung pertumbuhan udang dan dapat menekan rasio FCR selama masa produksi. Kisaran suhu selama pemeliharaan mencapai 24,1-28,5°C, diduga juga memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan udang Vaname. Suhu optimal untuk pertumbuhan udang Vaname di tambak berkisar antara 28-32oC (WWF 2014). Wyban *et al.* (1995) dalam risetnya menyebutkan bahwa pertumbuhan dan *feeding rate* udang mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu lingkungan. Sementara itu, Hostins *et al.* (2015) melaporkan bahwa suhu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan *Farfantepenaeus brasiliensis*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa udang yang dipelihara pada fase nursery dengan suhu dibawah 27°C memiliki pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan udang yang dipelihara pada suhu 30°C dan 33°C. Suhu memberikan pengaruh secara langsung terhadap laju metabolisme mahluk hidup dan pada akhirnya akan memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan. Besaran suhu yang kurang optimal dapat memberikan pengaruh terhadap kinerja metabolisme organisme aquatik (Tian *et al.* 2004; Wyban *et al.* 1995).

Performa pertumbuhan udang Vaname dalam penelitian ini secara keseluruhan (biomassa akhir, ADG, FCR dan FBW) relatif jauh lebih rendah dibandingkan dengan beberapa penelitian yang telah ada. Hal ini diduga disebabkan

oleh kinerja bakteri yang belum optimal dalam mendukung pertumbuhan. Kurang optimalnya kinerja bakteri tersebut dapat dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi bakteri yang diberikan yang akan mempengaruhi secara langsung besarnya level enzim pencernaan yang mampu diseikresikan untuk membantu dalam mencerna pakan yang masuk (Ziae-Nejad *et al.* 2006; Liu *et al* 2009). Hal ini didukung oleh hasil penelitian Liu *et al.* (2009) yang menyebutkan dimana pemberian *Bacillus subtilis* E20 pada konsentrasi 10^6 dan 10^7 CFU Kg⁻¹ tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada aktivitas enzim saluran pencernaan dan hepatopankreas yang turut mempengaruhi performa pertumbuhan seperti biomassa panen, persentase kenaikan biomassa (weight gain) dan nilai FCR yang juga menunjukkan hasil yang tidak signifikan dibandingkan dengan kontrol tanpa pemberian bakteri. Selain itu, kemampuan bakteri dalam mengkolonisasi saluran pencernaan udang diduga menentukan seberapa lama bakteri dapat bertahan dan bekerja untuk mensekresikan enzim pencernaan untuk mendukung pertumbuhan udang (Verschuere *et al.* 2000; Febrianti *et al.* 2016).

Tingkat keasaman air berada pada kisaran 6,38-7,92, namun jika dilihat secara umum (Gambar 2) nilai pH berada pada kisaran ditetapkan oleh SNI 8008-2014 yaitu sebesar 7,5-8,5 dan masih termasuk optimal untuk pertumbuhan udang (BSN 2014). Peningkatan kadar amonium dalam penelitian ini mulai ditemukan setelah 40 hari masa pemeliharaan. Peningkatan ini diduga disebabkan oleh akumulasi limbah nitrogen yang berasal dari sisa pakan maupun sisa metabolisme udang yang diindikasikan oleh besarnya jumlah konsumsi pakan, rendahnya nilai efisiensi pakan (Tabel 2) dan peningkatan biomassa udang hingga akhir masa pemeliharaan (Gambar 1). Level amoniak selama masa pemeliharaan masih berada pada level aman yang dipersyaratkan dalam panduan Standar Nasional Indonesia (SNI) Produksi Udang Vaname Intensif ditambak Lining No 8008 (BSN 2014) yakni masih dibawah 0,1 mg L⁻¹. Yang *et al.* (2011) melaporkan bahwa jenis *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan untuk memanfaatkan amonium dan sumber karbon untuk menjalankan proses asimilasi dan denitrifikasi. Laju konversi amonium dalam percobaan *in vitro* menggunakan medium dengan penambahan asetat dapat mencapai 58%. Beberapa penelitian lainnya juga menyebutkan bahwa proses mineralisasi limbah nitrogen organik

melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat membantu meningkatkan kualitas air melalui penurunan konsentrasi amoniak dan nitrit oleh mikroba dari genus *Bacillus* (Nimrat *et al.* 2012; Xie *et al* 2013; Zokaeifar *et al.* 2012).

Sementara itu, konsentrasi nitrit selama masa pemeliharaan terdeteksi cukup besar ($1,01\text{-}3,21 \text{ mg L}^{-1}$) dan melebihi ambang batas yang dipersyaratkan yaitu maksimum 1 mg L^{-1} . Tingginya konsentrasi nitrit pada media pemeliharaan udang, diduga disebabkan oleh belum optimalnya kerja konsorsium dari tiga jenis bakteri dalam memetabolisme limbah nitrogen dalam perairan. Tingginya salinitas media pemeliharaan udang Vaname dalam penelitian ini (lebih dari 15 ppt) dengan pH 6,38-7,92 diduga menghambat laju degradasi nitrit selama masa pemeliharaan sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi nitrit yang cukup tinggi dalam media pemeliharaan besar ($1,01\text{-}3,21 \text{ mg L}^{-1}$). Jeong *et al.* (2018) menyebutkan bahwa efisiensi nitrifikasi sangat tergantung dari beberapa faktor eksternal seperti temperatur, pH, DO, konsentrasi garam dan keberadaan komponen inhibitor. Song *et al.* (2011) dalam penelitiannya menemukan bahwa kemampuan bakteri dari golongan *Bacillus* dalam mendegradasi nitrit sangat dipengaruhi oleh pH, salinitas, dan suhu. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa kecepatan degradasi nitrit ketiga bakteri uji yaitu *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, dan *Bacillus coagulans* terbaik berada pada salinitas 0-15 ppt dengan pH 5-7 dan suhu 25-30°C. Kecepatan degradasi nitrit ini menurun secara gradual dengan adanya peningkatan salinitas diatas 15 ppt, peningkatan pH diatas 7, dan suhu diatas 30°C. Penurunan kecepatan degradasi nitrit ini bahkan dapat mendekati 0% jika ketiga faktor tersebut berada jauh diluar kisaran optimal. Kondisi yang kurang optimal ini diduga akan mempengaruhi kemampuan kelompok *Bacillus* dalam memproduksi berbagai enzim ekstraselular dan peptida antimikroba yang bermanfaat dalam meningkatkan kualitas air pemeliharaan (Kuebutornye *et al.* 2019). Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian skala laboratorium Song *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa akumulasi nitrit pada konsentrasi lebih dari 20 mg L^{-1} dapat menghambat aktivitas denitrifikasi, dan diduga mekanismenya berkaitan dengan penghambatan ekspresi gen denitrifikasi reduktase (Yu *et al.* 2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsorsium bakteri bioremediasi mampu mempertahankan tingkat kelangsungan hidup udang Vaname

berkisar 54,99-66,86 %. Xie *et al* (2019) menyebutkan bahwa penambahan konsorsium bakteri *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, dan *Lactobacillus* pada pemeliharaan udang Vaname selama 8 minggu mampu menghasilkan kelangsungan hidup hingga 97,5 – 100%, dan menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda ($p<0,05$) dengan kontrol tanpa penambahan konsorsium bakteri. Sementara itu, Chumpol *et al.* (2017) melaporkan bahwa pemanfaatan empat jenis probiotik (*Rhodobacter sphaeroides* strains SS15, S3W10, TKW17; *Afifella marina* STW181) terbukti mampu menghasilkan kelangsungan hidup udang Vaname sebesar 73,12% atau mencapai 11 % lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian konsorsium probiotik (63,37%) setelah diuji tantang dengan *AHPND-causing V. parahaemolyticus* SR2 dan secara signifikan mampu mengurangi konsentrasi NH_4^+ , NO_2 , NO_3 dan *chemical oxygen demand* (COD). Dalam penelitian ini, tingkat kelangsungan hidup udang yang diperoleh masih relatif rendah jika dibandingkan dengan penelitian Xie *et al.* (2019). Hal ini diduga dipengaruhi oleh interaksi antar parameter kualitas air selama masa pemeliharaan seperti nilai amoniak, nitrit dan suhu. Cheng *et al.* (2013) menyebutkan bahwa kombinasi dari paparan amonia (0; 0,38 dan 1,49 mM) dan nitrit (0; 0,38 dan 1,49 mM) dapat memberikan efek sinergis pada udang dalam kaitannya dengan peningkatan stres jika dibandingkan dengan paparan tunggal. Zhang *et al.* (2015) melaporkan bahwa reactive oxygen species (ROS) dan laju apoptosis sel sangat dipengaruhi oleh kombinasi paparan amoniak dan nitrit. Castaneda *et al.* (2019) menyatakan bahwa dalam suatu sistem pemeliharaan organisme akuatik, kombinasi eksposure antara amoniak, nitrit maupun nitrat dapat meningkatkan toksitas toksikan. Castaneda *et al.* (2019) melalui eksperimennya menyebutkan bahwa level toksitas nitrit dan TAN terhadap udang Vaname pada salinitas 3 g L⁻¹ pada paparan tunggal berturut-turut adalah 1,45 dan 0,53 mg L⁻¹, sementara toksitas ini semakin meningkat dengan menurunnya kadar garam dalam air. Udang yang terpapar nitrit dalam konsentrasi yang tinggi menyebabkan oksidasi hemosianin menjadi methemosianin atau deoksihemosianin dan akhirnya menghambat kemampuan hemosianin mengikat oksigen (Cheng dan Chen 2002). Selain itu, peningkatan konsentrasi nitrit juga dapat menekan sistem kekebalan tubuh serta

meningkatkan besaran kerusakan oksidatif sel dan kerentanan terhadap infeksi patogen pada krustase (Romano dan Zeng 2013).

Kesimpulan

Aplikasi bakteri agen bioremediasi yang terdiri dari *Thiobacillus* spp., *Bacillus* sp., dan *Lactobacillus* spp dengan dosis sebesar 1-2 kg/Ha dan frekuensi pemberian satu kali seminggu pada kolam pemeliharaan udang Vaname dapat mempertahankan kualitas air tambak hingga hari ke-40 pemeliharaan. Laju pertumbuhan harian udang dapat mencapai 0,27-0,32% hari⁻¹, walaupun dari segi kelangsungan hidup hanya memberikan hasil sekitar 54,99 sampai 66,86%.

Referensi

- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. 2014. Produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) intensif ditambak *lining*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balakrishnan G, Peyail S, Ramachandran K, Theivasigamani A, Savji KA, Chokkaiah M, Nataraj P. 2011. Growth of cultured white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone 1931) in different stocking density. *Advances in Applied Science Research* 2 (3): 107-113.
- Beller HR, Chain PSG, Letain TE, Chakicherla A, Larimer FW, Richardson PM, Coleman MA, Wood AP, Kelly DP. 2006. The genome sequence of the obligately chemolithoautotrophic, facultatively anaerobic bacterium *Thiobacillus denitrificans*. *J. Bacteriol.* 188 (4): 1473–1488
- Beller HR. 2005. Anaerobic, nitrate-dependent oxidation of U(IV) oxide minerals by the chemolithoautotrophic bacterium *Thiobacillus denitrificans*. *Appl. Environ. Microbiol.* 71 (4): 2170–2174.
- Capua FD, Ahoranta SH, Papirio S, Lens PNL, Esposito G. 2016. Impacts of sulfur source and temperature on sulfur-driven denitrification by pure and mixed cultures of *Thiobacillus*. *Process Biochemistry* 51: 1576–1584.
- Castaneda G.V., Frías-Espicuetab MG, Vanegas-Pérezc RC, Chavez-Sanchez MC, Paez-Osuna F. 2019. Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to *Litopenaeus vannamei* juveniles in low-salinity water in single and ternary exposure experiments and their environmental implications. *Environmental Toxicology and Pharmacology* In Press.
- Chen A, Zhou XF, Liua X, Zeng RJX, Zhou SG, He Z. 2019. Light-driven nitrous oxide production via autotrophic denitrification by selfphotosensitized *Thiobacillus denitrificans*. *Environment International* 127: 353-360.
- Cheng SY and Chen JC. 2002. Study on the oxyhemocyanin, deoxyhemocyanin, oxygen affinity and acid-base balance of *Marsupenaeus japonicus* following exposure to combined elevated nitrite and nitrate. *Aquatic Toxicology* 61: 181–193.
- Cheng SY, Shieh LW, Chen JC. 2013. Changes in hemolymph oxyhemocyanin, acid–base balance, and electrolytes in *Marsupenaeus japonicus* under

- combined ammonia and nitrite stress. *Aquatic Toxicology* 130-131C: 132–138.
- Chumpol S, Kantachote D, Nitoda T, Kanzaki H. 2017. The roles of probiotic purple nonsulfur bacteria to control water quality and prevent acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) for enhancement growth with higher survival in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during cultivation. *Aquaculture* 473: 327-336.
- Febrianti D, Yuhana M, Widanarni. 2016. Dietary Synbiotic Microcapsule Influence the Immune Responses, Growth Performance and Microbial Populations to White Spot Syndrome Virus in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 11 (1): 28-42.
- Hostin B, Braga A, Lopes D LA, Wasielesky W, Poersch LH. 2015. Effect of temperature on nursery and compensatory growth of pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* reared in a super-intensive biofloc system. *Aquaculture Engineering* 66: 62-67.
- Ige BA. 2013. Probiotics use in intensive fish farming. *African Journal of Microbiology Research* 7 (22): 2701–2711.
- Jeong D, Cho K, Lee CH. 2018. Effects of salinity on nitrification efficiency and bacterial community structure in a nitrifying osmotic membrane bioreactor. *Process Biochemistry* 73: 132–141.
- Kuebutornye FKA, Abarike ED, Lu Y. 2019. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. *Fish and Shellfish Immunology* 87: 820–828.
- Lananan F, Hamid SHA, Din WNS, Ali N, Khatoon H, Jusoh A, Endut A. 2014. Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.). *International Biodeterioration & Biodegradation* 95:127-134.
- Liu CH, Chiu CS, Ho PL, Wang SW. 2009. Improvement in the growth performance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, by a protease-producing probiotic, *Bacillus subtilis* E20, from natto. *Journal of Applied Microbiology* 107: 1031–1041.
- 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. *Bioresource Technology* 124: 180–185.
- Ma CW, Cho YS, Oh KH. 2009. Removal of pathogenic bacteria and nitrogens by *Lactobacillus* spp. JK-8 and JK-11. *Aquaculture* 287: 266–270.
- Maeda, M., Shibata, A. , Biswas, G., Korenaga, H., Kono, T., Itami, T., Sakai, M. 2014. Isolation of lactic acid bacteria from kuruma shrimp (*Marsupenaeus japonicus*) intestine and assessment of immunomodulatory role of a selected strain as probiotic. *Mar. Biotechnol.* 16 (2): 181–192
- Megharaj M, Venkateswarlu K, Simhapuri V. 2014. Bioremediation. Encyclopedia of Toxicology. 1st Edition. Elsevier 485–489.
- Nimrat S, Suksawat S, Boonthai T, Vuthiphandchai V. 2012. Potential *Bacillus* probiotics enhance bacterial numbers, water quality and growth during early

- development of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Vet. Microbiol.* 159: 443–450
- Nobrega RO, Corrêa CF, Mattioni B, Fracalossi DM. 2017. Dietary α -linolenic for juvenile Nile tilapia at cold suboptimal temperature. *Aquaculture* 471: 66–71
- Ochoa-Solano LJ, Olmos-Soto J. 2006. The functional property of *Bacillus* for shrimp feeds. *Food Microbiol.* 23:519–525.
- Oprime MEAG, Garcia-Jr O, Cardoso AA. 2001. Oxidation of H₂S in acid solution by *Thiobacillus ferrooxidans* and *Thiobacillus thiooxidans*. *Process Biochemistry* 37: 111–114.
- Pous N, Koch C, Colprim J, Puig S, Harnisch F. 2014. Extracellular electron transfer of biocathodes: Revealing the potentials for nitrate and nitrite reduction of denitrifying microbiomes dominated by *Thiobacillus* sp. *Electrochemistry Communications* 49: 93–97.
- Romano N and Zeng C. 2013. Toxic effects of ammonia, nitrite, and nitrate to decapod crustaceans: a review on factors influencing their toxicity, physiological consequences, and coping mechanisms. *Reviews in Fisheries Science* 21(1):1–21.
- Rossland E, Borge GIA, Langsrud T, Sorhaug T. 2003. Inhibition of *Bacillus cereus* by strains of *Lactobacillus* and *Lactococcus* in milk. *Int. J. Food Microbiol.* 89, 205–212
- Song ZF, An J, Fu GH, Yang XL. 2011. Isolation and characterization of an aerobic denitrifying *Bacillus* sp. YX-6 from shrimp culture ponds. *Aquaculture* 319: 188–193.
- Talpur AD, Ikhwanuddin M, Abdullah MDD, Bolong AMA. 2013. Indigenous *Lactobacillus plantarum* as probiotic for larviculture of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758): Effects on survival, digestive enzyme activities and water quality. *Aquaculture* 416–417: 173–178
- Tian X, Dong S, Wang F, Wu L. 2004. The effects of temperature changes on the oxygen consumption of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* Osbeck. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 310: 59–72.
- Timmons MB, Lorsodo T. M. 1994. Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management 1st Edition. New York, USA: Elsevier science, 348pp.
- Torrentó C, Cama J, Urmeneta J, Otero N, Soler A. 2010. Denitrification of groundwater with pyrite and *Thiobacillus denitrificans*. *Chemical Geology* 278: 80–91.
- Toth G, Nemestothy N, Belafi-Bako K, Vozik D, Bakony P. 2015. Degradation of hydrogen sulfide by immobilized *Thiobacillus thioparus* in continuous biotrickling reactor fed with synthetic gas mixture. *International Biodeterioration & Biodegradation* 105: 185–191.
- Verschueren L, Rombaut G, Sorgeloos P, Verstraete W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiol and Molecular Biology Reviews* 64: 655–671.
- Wang YB, Xu ZR, Xia MS. 2005. The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds. *Fisheries Science* 71: 1036–1041.

- WWF [World Wildlife Fund]. 2014. Budidaya Udang Vannamei: Tambak Semi Intensif dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Jakarta: WWF-Indonesia.
- Wu Y, Hu Z, Kerr PG, Yang L. 2011. A multi-level bioreactor to remove organic matter and metals, together with its associated bacterial diversity. *Bioresource Technology* 102:736-741.
- Wyban J, Walsh WA, Godin DM. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 138 (1–4): 267-279.
- Xie F, Zhu T, Zhang F, Zhou K, Zhao Y, Li Z. 2013. Using *Bacillus amyloliquefaciens* for remediation of aquaculture water. *SpringerPlus* 2: 119
- Xie JJ, Liu, QQ, Liao S, Fang HH, Yin P, Xie SW, Tian LX, Liu YJ, Niu J. 2019. Effect of dietary mixed probiotics on growth, non-specific immunity, intestinal morphology and microbiota of juvenile pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology* 90: 456-465.
- Yang XP, Wang SM, Zhang DW, Zhou LX. 2011. Isolation and nitrogen removal characteristics of an aerobic heterotrophic nitrifying-denitrifying bacterium, *Bacillus subtilis* A1. *Bioresource Technology* 102: 854–862.
- Yousefian M, Amiri MS. 2009. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. *African Journal of Microbiology Research* 8 (25): 7313-7318.
- Yu AR, Li Y, Yu JA. 2005. Denitrification of a newly isolated *Bacillus* strain W2 and its application in aquaculture. *J. Microbiol.* 25: 77–81.
- Zhang Y, Ye C, Wang A, Zhu X, Chen C, Xian J, Sun Z. 2015. Isolated and combined exposure to ammonia and nitrite in giant freshwater pawn (*Macrobrachium rosenbergii*): effects on the oxidative stress, antioxidant enzymatic activities and apoptosis in haemocytes. *Ecotoxicology* 24: 1601–1610.
- Ziaeini-Nejad S, Rezaei MH, Takami GA, Lovett DL, Mirvaghefi AR, and Shakouri M. 2006. The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as probiotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the India white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquaculture* 252: 516–524.
- Zokaeifar H, Balcazar 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.
- Zumft WG. 1997. Cell biology and molecular basis of denitrification. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 61 (4): 533–616.