

# LAJU PERTUMBUHAN, EFISIENSI PEMANFAATAN PAKAN, KANDUNGAN POTASIMUM TUBUH, DAN GRADIEN OSMOTIK POSTLARVA VANAME (*Litopenaeus Vannamei*, Boone) PADA POTASIMUM MEDIA BERBEDA

Erly Y. Kaligis

Staf Pengajar pada Program Studi Ilmu Kelautan,  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT. Manado 95115.

## ABSTRACT

Effect of  $K^+$  concentration on growth rate, feed efficiency, potassium whole body, and osmoregulatory capacity of *L. vannamei postlarvae* Boone, 1931 were investigated. Treatments consisted of different concentration of  $K^+$  added to distilled water. Four treatments were set, namely A, B, C and D, where  $K_2CO_3$  levels were 0, 30, 60 and 90 ppm, respectively. After the 42-days feeding trial, growth rate and potassium whole body of the shrimp under treatment D (90 ppm  $K_2CO_3$ ) were significantly higher, while the value of osmoregulatory capacity in treatment A (0 ppm  $K_2CO_3$ ) significantly higher than those under the other four treatments. The results indicated treatment C (60 ppm  $K_2CO_3$ ) were the optimum  $K^+$  level for growth rate with increasing body size.

---

**Keyword:** *potassium, osmoregulatory, Litopenaeus Vannamei*

## PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir ini, komoditas yang berkontribusi utama pada sektor budidaya perikanan di Indonesia adalah udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Jenis udang ini dirilis secara resmi pada tahun 2001, dan sejak itu peranan vaname sangat nyata menggantikan agroindustri udang windu (*Penaeus monodon*) yang terus mengalami penurunan. Keunggulan udang vaname yaitu toleransi terhadap serangan infeksi viral seperti WSSV (*White Spot Syndrome Virus*), TSV (*Taura Syndrome Virus*) dan IHNV (*Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus*) (Taukhid et al. 2006). Di samping itu, udang vaname memiliki sifat *euryhalin* atau mampu hidup pada kisaran salinitas yang lebar. Di habitat aslinya, udang ini ditemukan pada perairan dengan kisaran salinitas 0,5-40 ppt (Bray et al. 1994). Kelebihan ini membuka peluang bagi petambak udang untuk mengembangkan komoditas ini di perairan daratan (*inland water*). Budidaya udang vaname di lingkungan bersalinitas rendah dapat merupakan pilihan budidaya alternatif mengingat mulai munculnya penyakit infeksi pada udang yang dipelihara di tambak air asin.

Kesuksesan budidaya vaname di salinitas rendah banyak ditentukan oleh

ketersediaan mineral dalam badan air, seperti yang dikembangkan di Thailand yang sukses dalam budidaya vaname di perairan salinitas rendah (Roy, 2006). Di Indonesia, lahan/sawah dengan tingkat kesuburan tinggi yang terdapat di daerah dataran rendah merupakan suatu prospek besar. Menurut DKP (2005), potensi lahan berupa kolam dan sawah mencapai 2,072 juta hektar lahan air tawar dengan belum dimanfaatkan sekitar 89,9%. Dengan penerapan teknologi pemeliharaan di lingkungan bersalinitas rendah, maka terbuka peluang untuk lebih memperluas produksi budidaya udang vaname.

Secara umum, faktor pembatas terhadap pertumbuhan udang adalah komposisi mineral yang kurang di perairan salinitas rendah dibandingkan di perairan salinitas normal. Proses-proses fisiologis dapat berlangsung secara normal bergantung dari ketersediaan anion (bikarbonat, karbonat, klorida dan sulfat) serta kation tertentu (kalsium, magnesium, potasium, dan natrium) (Roy, 2006). Selanjutnya, hasil investigasi telah membuktikan bahwa mineral yang krusial di air salinitas rendah adalah potasium ( $K^+$ ) (Davis et al. 2002; Saoud et al. 2003; McGraw dan Scarpa, 2003). Potasium berperan penting karena dalam metabolisme krustasea, mineral ini terhubung dengan aktivitas enzim osmoregulasi,

Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPase (McGraw dan Scarpa, 2003).

Penambahan potasium dalam media dapat menyebabkan berkurangnya beban osmotik sehingga berpengaruh pada peningkatan pertumbuhan udang vaname selama pemeliharaan di air bersalinitas rendah. Efek potasium sejauh ini telah diuji pada juvenil atau ukuran pembesaran di kolam. Namun, konsentrasi optimum mineral ini bagi postlarva vaname setelah tahapan aklimasi ke air bersalinitas rendah belum diketahui pasti. Penelitian ini bertujuan menentukan kadar K<sup>+</sup> optimal bagi laju pertumbuhan, efisiensi pakan, kandungan potasium tubuh, dan gradien osmotik selama pemeliharaan di media salinitas 2 ppt.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian berlangsung selama kira-kira 6 minggu. Rancangan percobaan menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap terdiri atas 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan berdasarkan penambahan potasium (K<sup>+</sup>) yaitu: tanpa penambahan K<sup>+</sup> (A/kontrol), penambahan 30 ppm K<sup>+</sup> (B), penambahan 60 ppm K<sup>+</sup> (C), dan penambahan 90 ppm K<sup>+</sup> (D). Pengadaan media perlakuan melalui penambahan potasium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) sebanyak 0, 30, 60 dan 90 g. Penentuan kadar potasium menggunakan peralatan *Atomic absorption Spectrofotometer* (AAS, Shimadzu AA-680).

Hewan uji yang digunakan adalah postlarva vaname yang telah diaklimasi ke salinitas 2 ppt. Aklimasi dilakukan selama 4 hari saat PL<sub>20</sub> hingga PL<sub>24</sub>. Kemudian, saat PL<sub>25</sub> seleksi dilakukan melalui penimbangan untuk mendapatkan ukuran seragam sebagai hewan uji. Setiap akuarium (ukuran 60x40x35 cm) diisi postlarva berjumlah 10 individu.

Pemberian pakan dan pengaturan kualitas air dilakukan terprogram untuk mendukung udang tetap hidup. Pakan yang digunakan berupa pakan buatan (pelet) komersil berbentuk crumble dengan kandungan protein sekitar 40%. Pemberian pakan 4 kali sehari secara *at libitum*. Pengecekan kualitas air tetap dilakukan dengan mempertahankan kisaran suhu air sekitar 28-29°C, oksigen terlarut media selalu

di atas 6,0 mg/L, serta ammonia di bawah 0,5 mg.

Pengambilan seluruh data dilakukan diakhir pemeliharaan. Dalam penelitian ini, laju pertumbuhan bobot rerata harian ditentukan berdasarkan pengukuran bobot basah. Kegiatan ini dilaksanakan pada hari pertama dan dilanjutkan setiap 7 hari selama 42 hari percobaan. Pengaruh perlakuan potasium media diukur secara kuantitatif berdasarkan konsentrasi potasium tubuh udang. Dari setiap wadah percobaan, diisolasi sekitar 3-4 individu, kemudian sampel dianalisis dengan menggunakan AAS (Shimadzu AA-680). Gradien osmotik dari tiap perlakuan potasium ditentukan melalui pengukuran osmolaritas. Sekitar 50 µl sampel cairan diambil dari 2 individu setiap unit percobaan, sedangkan jumlah sampel media sebanyak 10 ml. Seluruh sampel selanjutnya dianalisis menggunakan osmometer (SOP OSMOMAT 030).

Beberapa variabel yang diukur dalam mengkaji pengaruh perlakuan potasium adalah sebagai berikut:

1. Laju Pertumbuhan Bobot Rerata Harian (Huisman, 1976)

$$LPRH(\%) = \left[ \sqrt{\frac{\bar{W}_t}{\bar{W}_0}} - 1 \right] \times 100$$

Ket.: LPRH (prosentase laju pertumbuhan bobot rerata harian);  $\bar{W}_t$  (bobot rata-rata (g) individu pada waktu t);  $\bar{W}_0$  bobot udang (g) pada awal percobaan) dan t (lama percobaan (hari)).

2. Efisiensi Pemanfaatan Pakan (Takeuchi, 1988)

$$EP(\%) = \frac{(B_t + B_d) - B_0}{F} \times 100$$

Ket.: EP (efisiensi pemanfaatan pakan (%)); B<sub>t</sub> (biomassa mutlak udang pada akhir percobaan (g)); B<sub>d</sub> (biomassa mutlak udang yang mati selama percobaan (g)); B<sub>0</sub> (biomassa mutlak udang pada awal percobaan (g)) dan F (jumlah pakan (g) yang dikonsumsi oleh udang selama percobaan/selalih antara total pakan awal dengan total pakan yang tersisa).

3. Kandungan Potasium (K<sup>+</sup>)

Kandungan potasium (mg/g) ditentukan dari pengukuran sampel seluruh tubuh udang tiap perlakuan (Davis *et al.* 1992).

4. Gradien Osmotik (mOsm/IH<sub>2</sub>O) (Lignot *et al.* 2000)

GO = Osmolaritas hemolimp udang – Osmolaritas media.

Seluruh data laju pertumbuhan bobot rerata harian, efisiensi pemanfaatan pakan, kadar potasium tubuh dan gradien

## Dampak Potasium pada Postlarva Vaname

osmotik dianalisa dengan Rancangan Acak Lengkap dengan menggunakan paket program SPSS (SPSS v.15.00, SPSS Inc, USA) dan Excel 2007. Bila berbeda nyata ( $P < 0,05$ ), maka dianalisa lanjut dengan menggunakan uji Tukey (Steel dan Torrie, 1991). Pengaruh perlakuan potasium media juga dianalisis secara regresi.

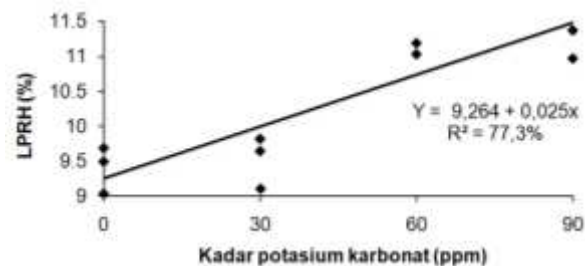
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata laju pertumbuhan bobot rerata harian, efisiensi pemanfaatan pakan, kandungan potasium tubuh dan gradien osmotik postlarva vaname dirangkum dalam Tabel 1, sementara hasil analisis air media dengan perlakuan potasium karbonat ( $K_2CO_3$ ) disajikan dalam Tabel 2.

Media dengan penambahan kadar  $K_2CO_3$  menunjukkan kadar mineral  $K^+$  berbeda pada air bersalinitas 2 ppt yang digunakan. Konsentrasi  $K^+$  berkisar antara 7,452 ppm pada media perlakuan A (0 ppm  $K_2CO_3$ ) hingga 55,253 ppm pada media perlakuan D (90 ppm  $K_2CO_3$ ). Sedangkan konsentrasi dari ion utama lain yaitu  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  yang terukur cenderung sama pada seluruh media perlakuan.

Penambahan  $K^+$  media berpengaruh terhadap laju pertumbuhan bobot rerata harian (LPRH). Nilai LPRH yang terukur berbeda di antara perlakuan potasium. Peningkatan kadar potasium media menunjukkan respon LPRH lebih tinggi dibandingkan kadar potasium rendah (Tabel 1). Nilai LPRH udang didapat tertinggi pada media perlakuan C (60 ppm  $K_2CO_3$ ) dan D

(90 ppm  $K_2CO_3$ ). Hasil analisis regresi pengaruh penambahan  $K^+$  dalam media terhadap LPRH menunjukkan respon linear mengikuti persamaan  $Y = 9,264 + 0,025x$  dengan nilai  $R^2 = 77,3\%$ , artinya terjadi peningkatan nilai LPRH seiring dengan peningkatan kadar  $K^+$  media (Gambar 1). Hasil ini mengindikasikan bahwa dengan penggunaan media perlakuan C (60 ppm  $K_2CO_3$ ) atau kadar  $K^+$  minimal 41,439 ppm dalam media salinitas 2 ppt, postlarva vaname dapat mencapai pertumbuhan terbaik.



Gambar 1. Hubungan antara kadar potasium karbonat media dengan nilai laju pertumbuhan bobot rerata harian (LPRH) postlarva vaname.

Postlarva yang dipelihara di media perlakuan C (60 ppm  $K_2CO_3$ ) memiliki nilai LPRH maksimum karena rasio  $Na/K$  media salinitas 2 ppt yang identik dengan air laut umumnya. Dengan rasio  $Na/K$  media sekitar 28,4 pada perlakuan C (60 ppm  $K_2CO_3$ ), diduga udang mampu mempertahankan efisiensi energi yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan antara  $Na^+$  dan  $K^+$  di cairan intraseluler dan ekstraseluler (Dersjant-Li *et al.* 2001). Hasil yang sama dilaporkan Roy *et al.* (2007) dengan penggunaan media buatan bersalinitas 4 ppt.

Tabel 1. Nilai laju pertumbuhan bobot rerata harian (LPRH), efisiensi pemanfaatan pakan (EP), kadar potasium tubuh ( $K^+$ ), dan gradien osmotik (GO) postlarva vaname (*L. vannamei*) pada akhir penelitian.

Perlakuan $K^+$ media	Variabel			
	LPRH (%)	EP (%)	$K^+$ (mg/g)	GO (mOsm/l $H_2O$ )
A (0 ppm $K^+$ )	9,413 ± 0,333 <sub>a</sub>	36,96 ± 2,28 <sub>a</sub>	2,170 ± 0,063 <sub>a</sub>	645,67 ± 13,58 <sub>a</sub>
B (30 ppm $K^+$ )	9,994 ± 0,176 <sub>a</sub>	48,13 ± 2,45 <sub>a</sub>	2,169 ± 0,030 <sub>a</sub>	588,67 ± 27,61 <sub>b</sub>
C (60 ppm $K^+$ )	11,246 ± 0,242 <sub>b</sub>	64,92 ± 3,49 <sub>b</sub>	2,367 ± 0,025 <sub>b</sub>	501,33 ± 17,01 <sub>c</sub>
D (90 ppm $K^+$ )	11,306 ± 0,313 <sub>b</sub>	70,45 ± 8,19 <sub>b</sub>	2,424 ± 0,026 <sub>c</sub>	483,00 ± 14,73 <sub>c</sub>

Nilai tengah dengan tanda huruf yang sama pada baris berbeda adalah tidak berbeda nyata ( $P > 0,05$ )

Efek  $K^+$  terhadap pertumbuhan postlarva di salinitas 2 ppt dapat diindikasikan dari perbedaan nilai efisiensi pemanfaatan pakan (EP). Berdasarkan hasil yang didapatkan, media perlakuan D (90 ppm  $K_2CO_3$ ) menunjukkan rata-rata EP tertinggi sekitar 70,45% yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan C (60 ppm  $K_2CO_3$ ) sekitar

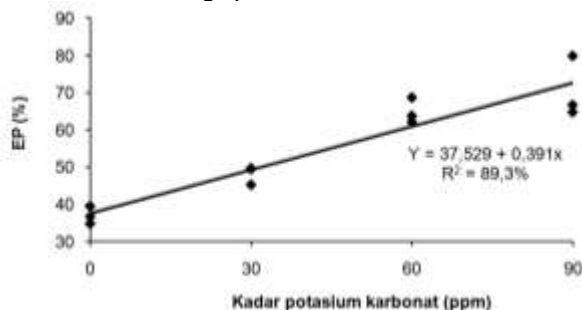
64,92%, sedangkan EP terendah dicapai pada perlakuan A (0 ppm  $K_2CO_3$ ) sekitar 36,96%. Berdasarkan analisis regresi, terlihat pengaruh perlakuan  $K^+$  terhadap nilai EP adalah nyata dengan respon linear (Gambar 2). Persamaan yang diperoleh dari model hubungan efisiensi pemanfaatan pakan (Y) dan perlakuan penambahan

$K_2CO_3$  (X) yaitu:  $Y=37,529+0,391x$  dengan nilai  $R^2=89,3\%$ .

**Tabel 2. Konsentrasi mineral utama setiap perlakuan pada air bersalinitas 2 ppt yang digunakan dalam penelitian.**

Perlakuan	Konsentrasi mineral (ppm)			
	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
A (0 ppm K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	7,452	1178,190	58,260	138,404
B (30 ppm K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	28,502	1177,406	58,167	138,774
C (60 ppm K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	41,439	1177,798	58,214	138,589
D (90 ppm K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	55,253	1177,994	58,190	138,496

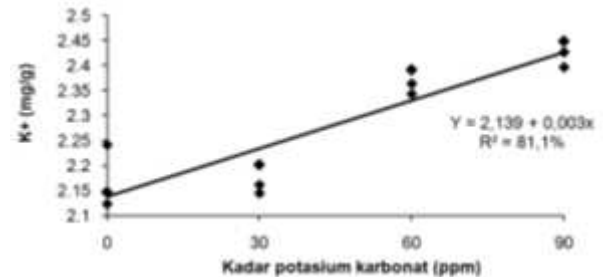
Dibawah kondisi yang optimal, kelebihan nutrisi pakan yang terserap menyebabkan EP tinggi di media perlakuan C (60 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan D (90 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Perlakuan A (0 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) menunjukkan terjadi peningkatan stres, oleh karena itu nilai EP lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Perbedaan signifikan nilai EP antara perlakuan B (30 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dengan C (60 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) menandakan bahwa terjadi penurunan stres yang cukup tinggi pada media perlakuan C (60 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) yang selanjutnya berpengaruh pada peningkatan pertumbuhan postlarva. Dengan pengurangan kebutuhan energi bagi aktivitas-aktivitas dasar seperti aktivitas osmoregulasi, maka bahan nutrisi pakan akan dimanfaatkan bagi pertumbuhan.



**Gambar 2. Hubungan antara kadar potasium karbonat media dengan nilai efisiensi pemanfaatan pakan (EP) postlarva vaname.**

Kadar K<sup>+</sup> tubuh mengalami penurunan pada media perlakuan A (0 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan B (30 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), sedangkan pada media perlakuan C (60 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan D (90 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), akumulasi K<sup>+</sup> dalam tubuh relatif sama (Gambar 3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dalam media ternyata sangat efektif meningkatkan kadar K<sup>+</sup> dalam tubuh. Pada beberapa jenis krustasea, kadar K<sup>+</sup> dalam hemolimp dan tubuh diatur selama terjadi perubahan salinitas lingkungan (McGraw dan Scarpa, 2003), oleh karena itu dalam penelitian ini kadar K<sup>+</sup> yang terukur dalam selu-

ruh tubuh postlarva berbeda diantara perlakuan yang menandakan bahwa penyerapan mineral ini terjadi lebih tinggi.



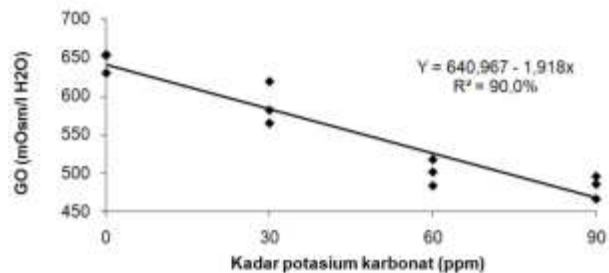
**Gambar 3. Hubungan antara kadar potasium karbonat media dengan nilai kandungan potasium tubuh (K<sup>+</sup>) postlarva vaname.**

Efek penurunan salinitas meningkatkan kebutuhan K<sup>+</sup> oleh postlarva sehubungan mempertahankan keseimbangan ion ini dalam tubuh. Adanya perbedaan respon K<sup>+</sup> tubuh yang dicapai dalam penelitian ini diduga karena perbedaan kadar K<sup>+</sup> media yang berpengaruh terhadap proses fisiologis. DiSilvestro (2005) menyatakan bahwa tingginya kadar K<sup>+</sup> dalam tubuh karena ion ini dibutuhkan di dalam sel untuk pertumbuhan normal sel, sintesa protein, serta untuk pengaturan gradien antara cairan intra dan ekstraseluler membran.

Berdasarkan hasil yang didapat, rendahnya nilai GO pada media perlakuan C (60 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan D (90 ppm K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) mengindikasikan bahwa udang pada kondisi media tersebut menunjukkan aktivitas osmoregulasi minimum. Mantel dan Farmer (1983) menyatakan bahwa potasium tidak hanya berkontribusi bagi total osmolaritas hemolimp krustasea tapi juga penting untuk aktivitas enzim Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPase. Saat terjadi penurunan salinitas, keseimbangan Na<sup>+</sup> dan K<sup>+</sup> dalam tubuh tetap akan dipertahankan dengan sebagian besar pertukaran kedua ion ini berasal dari medium eksternal dibandingkan dari persediaan mineral tubuh (McGraw dan Scarpa, 2003). Data sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan kadar K<sup>+</sup> media mampu mempertahankan kandungan K<sup>+</sup> dalam tubuh tetap tinggi yang berhubungan dengan tingginya gradien osmotik. Adanya keseimbangan rasio Na/K dalam tubuh dengan lingkungan akan menyebabkan proses fisiologis tetap berjalan normal. Keseimbangan ini menyebabkan kerja enzim osmoregulasi (Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPase) tetap normal saat kondisi salinitas 2 ppt. Media optimum dalam penelitian ini

### Dampak Potasium pada Postlarva Vaname

(60 ppm  $K_2CO_3$ ) mampu mempertahankan efisiensi energi untuk aktivitas osmoregulasi. Pada kondisi seperti ini, alokasi energi bagi pertumbuhan semakin banyak sehingga nilai LPRH lebih tinggi dibandingkan perlakuan  $K^+$  media lebih rendah.



Gambar 4. Hubungan antara kadar potasium karbonat media dengan nilai gradien osmotik (GO) postlarva vaname.

### KESIMPULAN

Perlakuan terbaik untuk meningkatkan laju pertumbuhan bobot rerata harian postlarva vaname di media salinitas 2 ppt adalah dengan kadar  $K^+$  media minimum 41,439 ppm. Pada kondisi demikian, terjadi peningkatan efisiensi pemanfaatan pakan dan kadar potasium tubuh yang disertai penurunan nilai gradien osmotik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bray, W.A., Lawrence, A.L., and Leung-Trujillo, J.R. 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHNV virus and salinity. *Aquaculture* 122: 133-146.
- Davis, D.A., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M. III. 1992. Mineral requirements of *Penaeus vannamei*: a preliminary examination of the dietary essentiality for thirteen minerals. *J Wor Aquac Soc* 23:8-14.
- Davis, D.A., Saoud, I.P., McGraw, W.J. and Rouse, D.B. 2002. Consideration for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: Cruz-Suarez, I.E., Rieque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortes, M.G. and Simoes, N. (Eds). *Avances en nutrición acuícola VI memories del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola 3 al 6 de September del 2002*. Cancun, Quantana Roo. p 73-90.
- Dersjant-Li, Y., Wu, S., Verstegen, M.W.A., Schrama, J.W. and Verreth, J.A.J. 2001. The impact of changing dietary Na/K ratios on growth and nutrient utilization in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 198:293-305.
- DiSilvestro, R.A. 2005. *Handbook of Minerals as Nutritional Supplements*. CRC Press. Boca Raton. 256 pp.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2005. *Revitalisasi Perikanan Budidaya 2006-2009*. DKP RI. Jakarta.
- Huisman, E.A. 1976. Food Conversion efficiencies at maintenance and production level of carp, *Cyprinus carpio* and rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 9:259-273.
- Lignot, J.H., Spanings-Pierrot, C., and Charmantier, G. 2000. Osmoregulatory capacity as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans. *Aquaculture* 191:209-245.
- Mantel, L.H., and Farmer, L.L. 1983. Osmotic and ionic regulation. dalam: Mantel, L.H., editor. *The Biology of Crustacea, Volume ke-5. Internal Anatomy and Physiological Regulation*. Academic Press. New York. p 53-161.
- McGraw, W.J. and Scarpa, J. 2003. Minimum environmental potassium for survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Bonne) in freshwater. *J Shell Res* 22:263-267.
- Roy, L.A. 2006. Physiological and nutritional requirements for the culture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in low salinity waters. [dissertation]. The Graduate Faculty of Auburn University. Alabama. 126 pp.
- Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P. and Henry, R.P. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity waters. *Aquaculture* 262: 461-469.
- Saoud, I.P., Davis, D.A. and Rouse, D.B. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture* 217:373-383.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1991. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill, Book Company, INC. London. 487 pp.

- Takeuchi, T. 1988. Laboratory work, chemical evaluation of dietary nutrients. Dalam: Watanabe, T., editor. Fish Nutrition and Mariculture. JICA Textbook, the General Aquaculture Course. Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries. Tokyo. p 179-233.
- Taukhid, Partasasmita, S., Haryadi, J. and Sudradjat, A. 2006. Permasalahan umum dan rekomendasi solusi budi daya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Jawa Timur. Dalam: Sudradjat, A., Rusastra, I.W., Heruwati, E.S. dan Priono, B., editor. Analisis Kebijakan Pembangunan Perikanan Budi Daya. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta. p 15-22.