

PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM PADA MASA ADAPTASI PENURUNAN SALINITAS TERHADAP PERFORMA PASCALARVA UDANG VANAMEI (*Litopenaeus vannamei*)

Ferdinand Hukama Taqwa^{*)}, Daniel Djokosetyanto^{**)}, dan Ridwan Affandi^{***)}

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kalium selama masa adaptasi penurunan salinitas terhadap performa pascalarva udang vanamei. Penelitian ini dilaksanakan untuk mendapatkan kadar kalium optimal yang dapat menurunkan tingkat stres dan meningkatkan sintasan pascalarva udang vanamei setelah melalui masa adaptasi penurunan salinitas. Hewan uji yang digunakan adalah PL₂₀ udang vanamei. Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan perlakuan yang diterapkan adalah penambahan kalium ke air tawar pengencer masing-masing sebanyak 0 mg/L (A), 25 mg/L (B), 50 mg/L (C), dan 75 mg/L (D). Penurunan salinitas dilakukan secara gradual selama 4 hari dari salinitas 25 ppt hingga mencapai 2 ppt. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan kalium sebanyak 25 mg/L hingga kadar kalium media menjadi 51 mg/L dapat mengurangi pembelanjaan energi untuk osmoregulasi, tingkat stres, dan laju metabolisme standar sehingga meningkatkan sintasan pascalarva udang vanamei setelah melalui masa adaptasi penurunan salinitas selama 96 jam (4 hari).

ABSTRACT: *The effect of potassium addition during salinity acclimatization on the performance of pacific white shrimp postlarvae (*Litopenaeus vannamei*). By: Ferdinand Hukama Taqwa, Daniel Djokosetyanto, and Ridwan Affandi*

*The objective of this research was to study the effect of potassium addition during salinity acclimatization from 25 ppt down to 2 ppt on the performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae. This experiment was done to determine optimal dosage of potassium which can reduce stress level and increase survival rate of *L. vannamei* postlarvae after salinity acclimatization. Specimen test used was PL₂₀ of white shrimp (0.001 g). Experimental design used completely randomized design with four treatments and three replications of different potassium addition levels to freshwater: 0 mg/L (A), 25 mg/L (B), 50 mg/L (C), and 75 mg/L (D). Dilution of salinity was done gradually using freshwater during 4 days from 25 ppt down to 2 ppt. The result of this experiment indicated that the addition of 25 mg/L potassium (potassium level in media was 51 mg/L) reduced the energy cost for osmoregulation, level of stress and standard metabolism rate of PL, resulting in the increase of survival rate after completing a period of salinity acclimatization during 4 days.*

KEYWORDS: *potassium, acclimatization, salinity, white shrimp*

^{*)} Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

^{**)} Departemen Budidaya Perairan-FPIK, Institut Pertanian Bogor

^{***)} Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan-FPIK, Institut Pertanian Bogor

PENDAHULUAN

Usaha budidaya udang vanamei di Indonesia belum banyak dilakukan di daerah yang jauh dari sumber air laut, terutama pada kondisi wilayah yang hampir sebagian besar terdiri atas daerah rawa dengan nilai pH relatif asam dan bersalinitas rendah. Salah satu langkah strategis yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketergantungan pasokan air laut dalam pemeliharaan benih udang vanamei hingga mencapai ukuran konsumsi adalah dengan melakukan adaptasi benih udang vanamei di media bersalinitas rendah. Permasalahan yang dihadapi dalam aklimatisasi benih udang vanamei di media bersalinitas rendah adalah masih rendahnya tingkat sintasan. Hal ini diduga pada media yang bersalinitas rendah terjadi kekurangan mineral-mineral penting yang dibutuhkan oleh benih udang vanamei untuk mempertahankan sintasannya.

Berbagai metode dan teknik aklimatisasi udang vanamei ke media bersalinitas rendah telah banyak dikembangkan di antaranya oleh McGraw *et al.* (2002), Davis *et al.* (2002), Saoud *et al.* (2003), dan Hana (2007). Akan tetapi teknik tersebut masih dijumpai kendala pada tahap pemeliharaan selanjutnya, yaitu masih tingginya tingkat mortalitas sehingga sintasan udang vanamei belum maksimal. Oleh sebab itu, teknik aklimatisasi yang dilaksanakan harus disempurnakan terutama dalam hal perbaikan karakteristik lingkungan media aklimatisasi sehingga dapat menekan mortalitas.

Salah satu mineral yang diduga perlu untuk ditambahkan ke media bersalinitas rendah dengan kandungan kalsium optimum adalah kalium. Hal ini didasarkan bahwa kalium selain berperan dalam osmoregulasi juga merupakan unsur pokok yang ditemukan sedikit dalam perairan payau dan tawar. Pada krustase, aktivitas enzim tergantung konsentrasi K^+ di mana konsentrasi tersebut berperan mempertahankan keadaan konstan dalam hemolymph ketika terjadi fluktuasi salinitas lingkungan perairan (McGraw & Scarpa, 2003), sehingga dengan pemberian kalium dalam media diharapkan dapat menunjang kebutuhan mineral tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan kalium terhadap performa pascalarva udang vanamei selama masa aklimatisasi ke media bersalinitas rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Hewan Air, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan-FPIK, IPB. Bahan dan alat yang digunakan meliputi: PL₇ udang vanamei, pakan alami *Artemia salina* yang diperkaya dengan vitamin C (dosis 100 mg/L). Wadah berupa 12 unit akuarium berukuran 59 cm x 29 cm x 40 cm yang dilengkapi sistem pengaturan salinitas, suhu, dan oksigen. Air laut, air tawar, kapur pertanian ($CaCO_3$), dan kalium dalam bentuk K_2CO_3 . Ruang lingkup penelitian ditujukan untuk mendapatkan tingkat penambahan kalium optimal pada air tawar pengencer sehingga dapat menurunkan tingkat stres dan meningkatkan sintasan pascalarva udang vanamei selama masa adaptasi penurunan salinitas.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium dengan rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 taraf perlakuan dan masing-masing taraf perlakuan diulang 3 kali. Langkah awal berupa aklimatisasi PL₇ udang vanamei hingga PL₂₀ di media bersalinitas 25 ppt yang dilakukan di laboratorium. Selanjutnya mulai PL₂₀ diaklimatisasikan ke media pemeliharaan melalui pengenceran secara kontinu dari salinitas 25 ppt hingga 2 ppt selama 4 hari (96 jam) dengan air tawar yang telah ditambah kalsium ($CaCO_3$) sebanyak 50 mg/L dengan penerapan perlakuan penambahan kalium (K^+) sebagai berikut: 0 mg/L (A), 25 mg/L (B), 50 mg/L (C), dan 75 mg/L (D). Variabel kerja yang diamati beserta acuan literatur formulasi selama penelitian tahap pertama meliputi: sintasan pascalarva (Effendie, 2002), tingkat kerja osmotik (Anggoro, 1992), kadar glukosa darah (Wedemeyer & Yasutake, 1977) dan tingkat konsumsi oksigen (Liao & Huang, 1975). Selain itu, dilakukan pengukuran parameter kualitas air yang meliputi: suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, kesadahan, dan amoniak.

Parameter sintasan PL₂₄, tingkat kerja osmotik dan kadar glukosa darah diuji statistik dengan analisis sidik ragam dan uji lanjut Duncan dengan program SAS Versi 6.12. Data tingkat konsumsi oksigen dan kualitas air dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN BAHASAN

Penambahan kalsium sebanyak 50 mg/L dan kalium sesuai perlakuan pada air tawar

pengencer menghasilkan komposisi mineral kalium yang berbeda di air bersalinitas 2 ppt. Konsentrasi mineral K⁺, Na⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺ yang terdapat pada air bersalinitas 2 ppt pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1, sedangkan hasil pemantauan dan analisis kualitas air disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan data pada Tabel 2 tersebut, parameter fisika kimia air media masih berada pada kondisi yang layak untuk menunjang sintasan dan pertumbuhan pascalarva udang vanamei.

Data hasil pengamatan dan pengukuran beberapa parameter penelitian yang meliputi: sintasan, tingkat kerja osmotik, kadar glukosa darah, dan tingkat konsumsi oksigen, disajikan pada Tabel 3. Dari data rata-rata sintasan pascalarva setelah melalui masa aklimatisasi ke media bersalinitas rendah 2 ppt terdapat

kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar kalium pada tingkatan tertentu, maka terjadi peningkatan sintasan, walaupun hasil analisis sidik ragam menunjukkan pengaruh perlakuan yang tidak berbeda terhadap sintasan pascalarva udang vanamei selama masa adaptasi penurunan salinitas. Sintasan yang diperoleh selama 4 hari masa adaptasi penurunan salinitas dari 25 ppt menjadi 2 ppt pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan metode aklimatisasi pascalarva 20 udang vanamei selama 2 hari hingga mencapai salinitas 2 ppt yang dilakukan oleh McGraw *et al.* (2002) dengan kisaran sintasan 87%–90%, maupun metode aklimatisasi selama 4 hari pada percobaan Hana (2007) yang hanya mencapai 48,33% tanpa adanya penambahan kalsium dan kalium.

Tabel 1. Konsentrasi mineral yang terdapat pada air bersalinitas 2 ppt
 Table 1. Concentration of mineral found on 2 ppt water

Perlakuan (Penambahan K ⁺) Treatment (Addition of K ⁺)	Konsentrasi mineral yang terkandung (mg/L) Contents of mineral concentrations (mg/L)			
	K	Na	Ca	Mg
A (0 mg/L)	32.39	841.01	37.01	52.88
B (25 mg/L)	51.78	841.01	37.01	52.88
C (50 mg/L)	87.71	841.01	37.01	52.88
D (75 mg/L)	115.15	841.01	37.01	52.88

Tabel 2. Kisaran nilai fisika kimia media adaptasi selama penelitian
 Table 2. The range of chemical physical values on adaptation media during experiment

Parameter Parameter	Penambahan K ⁺ pada air tawar pengencer (mg/L) Addition of K ⁺ at diluent freshwater (mg/L)			
	0	25	50	75
Suhu Temperature (°C)	28–29	28–28.5	27.5–28	27.5–28
Salinitas Salinity (ppt)	2–25	2–25	2–25	2–25
pH (unit)	7.59–8.02	7.93–8.80	8.02–8.23	8.02–8.40
Oksigen terlarut Dissolved oxygen (mg/L)	6.95–8.05	6.71–8.22	6.96–8.28	6.6–8.29
Kesadahan Hardness (mg/L)	172.7–1293.4	151.7–1293.4	156.2–1293.4	135.1–1293.4
Amoniak Ammonium (mg/L)	0.173–0.189	0.159–0.173	0.173–0.177	0.165–0.173

Tabel 3. Sintasan, tingkat kerja osmotik, kadar glukosa darah, dan tingkat konsumsi oksigen pascalarva udang vanamei pada akhir masa adaptasi untuk setiap perlakuan

Table 3. Survival, osmotic activity, blood glucose content, and level of consumption oxygen of vannamei postlarvae at the end of adaptation for every treatment

Perlakuan (Penambahan K ⁺) Treatment (Addition of K ⁺)	Sintasan Survival rate (%)	Tingkat kerja osmotik Osmotic activity (mOsm/L H ₂ O)	Kadar glukosa darah Blood glucose content (mg/dl)	Tingkat konsumsi oksigen Consumption oxygen (mgO ₂ /g/jam)
A (0 mg/L)	95.33 ± 2.51 ^a	783.0 ± 15.56 ^a	223.19 ± 6.98 ^a	0.385
B (25 mg/L)	97.00 ± 3.00 ^a	659.0 ± 8.48 ^{bc}	171.50 ± 5.14 ^b	0.338
C (50 mg/L)	98.33 ± 0.57 ^a	612.0 ± 22.63 ^c	163.04 ± 8.07 ^b	0.313
D (75 mg/L)	94.00 ± 3.00 ^a	691.5 ± 28.99 ^b	193.72 ± 2.93 ^c	0.325

Keterangan: Huruf superscript di belakang nilai standar deviasi yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0,05) antar perlakuan

Remark: Values with the different letter behind deviation standard on same column are significantly different (P<0.05) between treatment

Dersjant-Li *et al.* (2001) menyatakan nilai rasio Na/K yang terkandung di air berhubungan dengan energi yang dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan antara K⁺ dan Na⁺ yang sesuai di cairan intraseluler dan interseluler. Pada penelitian ini adanya peningkatan sintasan pascalarva udang vanamei selama masa adaptasi penurunan salinitas rendah dengan adanya penambahan K⁺ diduga dapat menyebabkan penggunaan energi yang lebih sedikit untuk pengaturan konsentrasi K⁺ di hemolymph. Jika konsentrasi K⁺ dinaikkan ke level yang sesuai, pertumbuhan pascalarva udang vanamei tidak dipengaruhi lagi oleh konsentrasi K⁺ tetapi lebih dipengaruhi oleh salinitas itu sendiri (Tantulo & Fotedar, 2006).

Konsentrasi K⁺ merupakan komponen penting dalam memulai fungsi normal dari NaCl di dalam tubuh udang dan menjaga efisiensi neuromuscular pada aktivitas krustase (Gong *et al.*, 2004). Penambahan K⁺ di air bersalinitas rendah dapat meningkatkan kemampuan pascalarva udang vanamei dalam proses osmoregulasi, sehingga energi yang berasal dari pakan secara efisien digunakan untuk pertumbuhan. Hal ini berarti pascalarva udang vanamei yang diaklimatisasikan di media bersalinitas rendah melalui penambahan kalium pada air tawar pengencer sebesar 25—50 mg/L dengan tingkat kerja osmotik terendah (612—659 mOsm/L H₂O) akan menghasilkan potensi hidup dan tumbuh yang lebih baik karena

beban osmotik yang lebih rendah akan mengurangi beban kerja enzim Na⁺K⁺ATPase serta pengangkutan aktif Na⁺, K⁺, dan Cl⁻. Akibatnya energi (ATP) yang digunakan untuk osmoregulasi mengecil dan sebaliknya makin banyak porsi yang tersedia untuk pertumbuhan. Payne *et al.* (1988) dalam Darwisito (2006) menyatakan bahwa penggunaan energi berhubungan dengan osmoregulasi, di mana bila kebutuhan energi untuk osmoregulasi tinggi maka pembagian energi untuk pemeliharaan dan pertumbuhan menjadi berkurang yang mengakibatkan pertumbuhan terhambat.

Nilai rata-rata kadar glukosa darah pascalarva udang vanamei tanpa penambahan kalium selama masa adaptasi penurunan salinitas pada penelitian ini menghasilkan nilai rata-rata glukosa darah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya yaitu sebesar 223,188 ± 6,98 mg/dl. Penambahan K⁺ sebanyak 50 mg/L (kadar K⁺ air 87,71 mg/L) menghasilkan kadar glukosa darah terendah yaitu 163,043 mg/dl, sedangkan penambahan K⁺ sebesar 25 mg/L dan 75 mg/L masing-masing menyebabkan kadar glukosa darah menjadi 171,497 mg/dl dan 193,719 mg/dl. Berdasarkan uji lanjut Duncan, penambahan kalium sebanyak 25 mg/L dan 50 mg/L tidak mengakibatkan perbedaan kadar glukosa darah di akhir masa adaptasi penurunan salinitas, sehingga penambahan kalium sebanyak 25 mg/L sudah dapat mengurangi tingkat stres pascalarva udang vanamei.

Perubahan salinitas media secara bertahap dari 25 ppt hingga 2 ppt menghasilkan kisaran nilai rata-rata glukosa darah antara 163,043 mg/dl hingga 223,188 mg/dl. Perubahan salinitas ini direspons oleh tubuh pascalarva udang vanamei dengan menyekresikan hormon glukokortikoid (kortisol) dan katekolamin yang mengontrol tubuh untuk mengatasi terjadinya stres (Bartho et al., 1980), sehingga stres dapat menyebabkan peningkatan kadar glukosa dalam darah. Cuzon et al. (2004) menyatakan bahwa pada golongan udang jika kadar glukosa hemolymph melebihi 150 mg/dl mengindikasikan udang tersebut membutuhkan sumber energi yang lebih tinggi seperti halnya saat pembentukan kulit baru setelah proses *moulting* maupun mekanisme dalam mempertahankan homeostatis kadar glukosa yang telah tinggi dalam hemolymph itu sendiri.

Selain itu, adanya perubahan salinitas dalam kisaran yang tinggi dapat meningkatkan laju metabolisme standar sehingga memicu pergerakan pernafasan dan konsumsi oksigen lebih tinggi. Tingkat konsumsi oksigen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti salinitas, pakan, tingkatan aktivitas, suhu, dan bobot tubuh (Mantel & Farmer, 1983; Brett, 1987). Tingkat konsumsi oksigen pascalarva udang vanamei terendah pada penelitian ini dijumpai pada perlakuan dengan penambahan K⁺ 50 mg/L (0,313 mg O₂/g/jam), sedangkan tertinggi pada perlakuan tanpa penambahan K⁺ ke air tawar pengencer air laut (0,385 mg O₂/g/jam). Menurut Zonneveld et al. (1991) bahwa produksi panas per mL konsumsi O₂ pada udang yang berpuasa setara dengan 4,7 kalori; sehingga dengan penambahan kalium dapat menekan produksi panas lebih rendah pada perlakuan B, C, dan D (1,47—1,59 kalori/g/jam) dibandingkan tanpa penambahan kalium pada perlakuan A (1,81 kalori/g/jam). Hal ini dapat diartikan bahwa adanya penambahan K⁺ ke media aklimatisasi dapat menurunkan laju metabolisme standar sehingga tingkat konsumsi oksigen atau produksi panas lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan K⁺. Roy et al. (2007) menyatakan bahwa tingkat konsumsi oksigen yuwana udang vanamei di media bersalinitas 4 ppt tidak berbeda nyata, tetapi terdapat kecenderungan semakin tinggi kadar kalium di media (hingga 40 mg/L) maka semakin rendah tingkat konsumsi oksigen yuwana udang vanamei yang diuji.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan kalium sebesar 25 mg/L pada air tawar pengencer (kadar kalium media bersalinitas 2 ppt) menjadi 51 mg/L dapat menurunkan beban osmotik, pembelanjaan energi untuk metabolisme basal dan tingkat stres sehingga menghasilkan sintasan pascalarva udang vanamei yang lebih baik.

SARAN

Perlu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan mineral kalium yang akan meningkatkan performa pascalarva udang vanamei pada saat dipelihara di media bersalinitas lebih rendah dari 2 ppt.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, S. 1992. *Efek osmotik berbagai tingkat salinitas media terhadap daya tetas telur dan vitalitas larva udang windu, Penaeus monodon F.* Disertasi. Bogor: Pascasarjana IPB. 230 pp.
- Bartho, B.S., R.E. Peter, and C.R. Paulencu. 1980. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at rest and subjected to handling, confinement, transport, and stocking. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 805—811.
- Brett, J. 1987. Environmental factors affecting growth. In: W.H. Hoare, D.J. Randall, S.R. Brett. (Eds.), *Fish Physiology*, vol. 8. Academic Press. p. 252—259.
- Cuzon, G., A. Lawrence, G. Gaxiol, C. Rosa, and J. Guillaume. 2004. Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*. 235: 513—551.
- Darwisito, S. 2006. *Kinerja reproduksi ikan nila (Oreochromis niloticus) yang mendapat tambahan minyak ikan dan vitamin E dalam pakan yang dipelihara pada salinitas media berbeda.* Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Davis, D.A., I.P. Saoud, W.J. McGraw, and D.B. Rouse. 2002. Consideration for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In Cruz-Suarez IE, Rieque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Cortes MG, Simoes N (Eds). *Avances en nutricion acuicola VI memories del VI Simposium Internacional de Nutricion Acuicola 3 al 6 de September*

- del 2002. Cancun, Quantana Roo. p. 73—90.
- Dersjant-Li, S. Wu, M.W.A. Verstegen, J.W. Schrama, and J.A.J Verreth. 2001. The impact of changing dietary Na/K ratios on growth and nutrient utilisation in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture*. 198: 293—305.
- Effendie, M.I. 2002. Biologi Perikanan. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nusatama. 163 pp.
- Gong, H., D.H. Jiang, D.V.C.C. Lightner, and D. Brock. 2004. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert. *Aquac. Nutr.* 10: 227—236.
- Hana, G.C. 2007. *Respon udang vannamei (Litopenaeus vannamei) terhadap media bersalinitas rendah*. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor. 39 pp.
- Liao, I.C. and H.J. Huang. 1975. Studies on the respiration of economic prawns in Taiwan. I. Oxygen consumption and lethal dissolved oxygen of egg up to young prawns of *Penaeus monodon* Fab. *Jurn. Fish. Soc. Taiwan*. 4(1): 33—50.
- Mantel, L.H. and L.L. Farmer. 1983. Osmotic and ionic regulation. In: Mantel, L.H. (Ed.), *The Biology of Crustacea, Volume 5, Internal Anatomy and Physiological Regulation*. Academic Press, New York, USA. p. 54—162.
- McGraw, W.J., D.A. Davis, D. Teichert-Coddington, and D.B. Rouse. 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. *J. of the World Aquaculture Society*. p. 78—84.
- McGraw, W.J. and J. Scarpa. 2003. Minimum environmental potassium for survival of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Bonne) in freshwater. *J. of Shellfish Research*. 22(1): 263—267.
- Roy, L.A., D.A. Davis, I.P. Saoud, and R.P. Henry. 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., D.A. Davis, and D.B. Rouse. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*. 217: 373—383.
- Tantulo, U. and R. Fotedar. 2006. Comparison of growth, osmoregulatory capacity, ionic regulation and organosomatic indices of lack tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricus, 1798) juveniles reared in potassium fortified inland saline water and ocean water at different salinities. *Aquaculture*. 258: 594—605.
- Wedemeyer, G.A. and W.T. Yasutake. 1977. *Clinical Methods for the Assessment of the Effects of Environmental Stress on Fish Health*. Technical Paper of the US. Fish and Wildlife Service. Washington. 18 pp.
- Zonneveld, N., E.A. Huisman, and J.H. Boon. 1991. *Prinsip-prinsip Budidaya Ikan*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 311 pp.