

PENGARUH KOMPOSISI MINERAL AIR TANAH TERHADAP FISILOGI DAN HISTOLOGI UDANG VANAME *Litopenaeus vannamei*

*EFFECT OF MINERAL COMPOSITION OF INLAND SALINE GROUNDWATER ON PHYSIOLOGY AND HISTOLOGY OF PACIFIC WHITE SHRIMP *Litopenaeus vannamei**

Agus Dwiono^{1*}, Bambang Widigdo², dan Kadarwan Soewardi²

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Sekolah Pascasarjana-IPB, Bogor

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK-IPB, Bogor

*E-mail: adwiono@kkip.go.id

ABSTRACT

Many shrimp farmers on the northern coast of Java used groundwater as a culture media in order to avoid various contaminants. This study aimed to evaluate the major mineral composition of inland saline groundwater (ISGW) in Karawang (West Java, Indonesia) and its effects on the growth, physiology, and histology of *L. vannamei*. Ex post-facto study was done based on observations of three ponds during 83 days of shrimp culture. Between ponds there were significant differences ($p < 0.05$) on salinity (12-16 ppt), SO_4^{2-} (148-642 mg/L) and Na/K (26.6-45.2). The results showed that shrimp's average body weight (ABW) and survival rate (SR) of pond A, B and C was 8.83, 17.3, and 18.5 g; and 37.7, 81.7, and 78.3% respectively. The low ABW and SR of pond A were possibly due to the influence of *Enterocytozoon hepatopenaei* infection. Pond C (Na/K=45.2) significantly has a higher shrimp's hemolymph glucose concentration than pond B (Na/K=26.6), indicated more exposed to stress. Similarly, shrimp's hepatopancreas of pond C has some abnormalities that were not found in pond B. Although relatively there was no difference in the growth performance between pond B and pond C, but physiologically and histologically there were some differences that possibly due to the difference in Na/K ratio of the media.

Keywords: major mineral, Na/K, EHP, survival, hemolymph glucose, hepatopancreas, secretory cell

ABSTRAK

Banyak petambak udang vaname *L. vannamei* di pantai utara Jawa menggunakan air tanah (*groundwater*) sebagai media budidaya dengan tujuan untuk menghindari berbagai kontaminan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi komposisi mineral utama air tanah di kabupaten Karawang (Jawa Barat), serta pengaruhnya terhadap performa pertumbuhan, fisiologi dan histologi udang vaname. Penelitian dengan metode *ex post-facto* didasarkan pada pengamatan tiga kolam budidaya selama 83 hari masa pemeliharaan. Antar kolam penelitian terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) pada parameter salinitas (12-16 ppt), SO_4^{2-} (148-642 mg/L) dan Na/K (26,6-45,2). Hasil penelitian memperlihatkan udang memiliki bobot tubuh rata-rata (ABW) sebesar 8,83; 17,3; dan 18,5 g serta sintasan (SR) sebesar 37,7; 81,7; dan 78,3% masing-masing untuk kolam A, B dan C. Rendahnya ABW dan SR kolam A diperkirakan karena pengaruh infeksi *Enterocytozoon hepatopenaei*. Udang dari kolam C (Na/K=45,2) memiliki konsentrasi glukosa hemolim lebih tinggi dibanding kolam B (Na/K=26,6), yang mengindikasikan bahwa udang kolam C lebih terpapar stres. Hepatopankreas udang kolam C mengalami beberapa kelainan berupa atrofi tubulus, *sloughing cell*, dan penurunan jumlah sel sekretori, sementara kelainan tersebut tidak ditemukan pada kolam B. Meskipun relatif tidak ada perbedaan performa pertumbuhan antara kolam B dengan kolam C, namun secara fisiologis dan histologis terdapat perbedaan yang dimungkinkan akibat dari perbedaan rasio Na/K media.

Kata kunci: mineral utama, Na/K, EHP, sintasan, glukosa hemolim, hepatopankreas, sel sekretori

I. PENDAHULUAN

Budidaya perikanan di pantai utara pulau Jawa menghadapi kendala kurang baiknya kualitas sumber air laut (Prasetyo *et al.*, 2010). Banyak petambak udang vaname *Litopenaeus vannamei* menggunakan air tanah (bor) sebagai media budidaya dengan tujuan menghindari berbagai kontaminan biologi (penyakit), kimia maupun fisika (Novitasari *et al.*, 2017). Air tanah di daerah pesisir (*inland saline groundwater*) bisa terkena dampak intrusi air laut hingga berjarak lebih dari 6 km dari garis pantai dan bisa memiliki salinitas di atas 35 ppt (Utomo, 2016). Meski memiliki salinitas yang sama dan berasal dari satu akuifer yang sama, konsentrasi mineral utama air tanah belum tentu sama (Saoud *et al.*, 2003).

Mineral utama adalah mineral-mineral penyusun mayoritas garam air laut, diantaranya adalah klorida (Cl^-), natrium (Na^+), magnesium (Mg^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}), kalsium (Ca^{2+}), kalium (K^+) dan karbonat (HCO_3^-). Mineral utama sangat dibutuhkan krustasea termasuk udang untuk keberlangsungan metabolisme basal dan pertumbuhan. Selain dari makanan (Kaligis, 2015), udang mendapatkan sumber mineral tersebut secara aktif dari air media (Dall *et al.*, 1983). Rasio antar mineral dalam media sama pentingnya dengan konsentrasi minimal masing-masing mineral. Rasio yang direkomendasikan didasarkan pada rasio mineral yang ditemukan pada air laut, yang dianggap sebagai rasio ideal (Davis *et al.*, 2002; Boyd and Thunjai, 2003; Saoud *et al.*, 2003). Rasio Na/K dan Mg/Ca air laut berturut-turut sebesar 28,4 dan 3,4 (Laramore, 2015). Menyesuaikan rasio mineral air media budidaya dengan rasio tersebut akan meningkatkan sintasan dan pertumbuhan udang (Roy *et al.*, 2007, 2009, Valenzuela-Madrigal *et al.*, 2017). Pendapat sedikit berbeda dikemukakan Laramore (2015), yang menyatakan bahwa rasio ideal yang mendukung pertumbuhan dan sintasan

udang vaname bukanlah merupakan nilai tunggal namun berupa rentang nilai.

Komposisi mineral media berpengaruh terhadap parameter fisiologis dan histologis udang vaname. Peningkatan kadar K^+ media dalam aklimatisasi udang vaname ke salinitas rendah dapat mengurangi tingkat stres udang yang ditandai dengan rendahnya kadar glukosa hemolim (Taqwa, 2008). Perubahan histologis seperti hilangnya sel-R (sel cadangan), sel-B (sel sekretori) dan kerusakan struktural tubulus hepatopankreas teramati pada udang yang dipelihara pada media air tanah rendah K^+ (Jahan *et al.*, 2017).

Sukimin *et al.* (2016) melaporkan keberhasilan budidaya udang vaname menggunakan air tanah, namun menurut Perakayasa Balai Layanan Produksi Perikanan Budidaya Karawang konsistensi keberhasilan antar siklus masih rendah (komunikasi pribadi 15 Oktober 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi komposisi mineral utama air tanah di kabupaten Karawang serta pengaruhnya sebagai media budidaya terhadap performa pertumbuhan, parameter fisiologi dan histologi udang vaname.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian *ex-post facto* dilaksanakan dengan cara mengamati parameter kualitas air dan konsentrasi mineral utama media budidaya, serta parameter pertumbuhan, fisiologi dan histologi udang pada satu siklus budidaya udang vaname. Penelitian dilaksanakan di Balai Layanan Usaha Produksi Perikanan Budidaya (BLUPPB) Karawang, Jawa Barat ($6^{\circ}06'37.0''\text{LS } 107^{\circ}25'49.5''\text{BT}$) antara bulan November 2017 sampai Maret 2018. Benur (PL10) berasal dari hatchery komersial yang dilengkapi jaminan bebas penyakit. Pada penelitian ini digunakan tiga kolam budidaya (A, B dan C) dengan ukuran masing-masing 1.000 m^2 . Setiap kolam dilapisi plastik HDPE dan dilengkapi pula dengan tiga aerator *paddle wheel*. Air media

budidaya merupakan campuran air tanah dari sumur bor dan air tawar dari Sungai Ciwadas dengan rasio sekitar 1:1. Sumur bor berjarak 2 km dari garis pantai dan memiliki kedalaman 100 m.

Prosedur untuk budidaya mengikuti prosedur baku yang dijalankan di BLUPPB Karawang. Sebelum ditebar dalam kolam budidaya, benur melalui tahap pendederan pada kolam beton yang ada di dalam ruangan (*indoor*) selama 14 hari dengan kepadatan 10.000 ekor/m³. Selama pendederan salinitas media diturunkan dari 25 ppt menjadi 15 ppt. Setelah proses pendederan, benur ditebar dalam kolam budidaya dengan kepadatan 75 ekor/m². Pakan komersial diberikan sebanyak lima kali per hari dengan metode *blind feeding* pada 30 hari pertama dilanjutkan metode kontrol anco pada tahap berikutnya hingga panen. Kualitas air dijaga dengan mengganti air secara berkala serta dengan mengaplikasikan CaCO₃, CaCl₂, molase dan probiotik.

Pengukuran konsentrasi mineral utama air sumber (air tanah dan air sungai) dilakukan pada tahap persiapan. Pengukuran kualitas air dan konsentrasi mineral utama media budidaya dilaksanakan selama masa

pemeliharaan dengan metode dan frekuensi sesuai Tabel 1. Konsentrasi amonia tak terionisasi (NH₃-N) diestimasi dengan perhitungan berdasarkan nilai amonia total (*total ammonia nitrogen/ TAN*), pH, dan suhu, mengacu pada Emerson *et al.* (1975). Rasio mineral dihitung dari perbandingan massa antar mineral.

Parameter pertumbuhan yang diamati adalah bobot rata-rata (*average body weight/ABW*), biomassa total, sintasan (*survival rate/SR*) dan faktor konversi pakan (*food conversion ratio/FCR*). SR dihitung dengan membagi populasi udang saat panen dengan populasi benur yang ditebar. Populasi saat panen diestimasi dengan mengalikan biomassa total dengan jumlah udang per kg.

Pengujian konsentrasi glukosa di dalam hemolim dilakukan terhadap sepuluh ekor udang dari setiap kolam pada akhir pemeliharaan. Hemolim sebanyak 50 µL diambil dari setiap udang tersebut melalui pangkal pleopoda terakhir menggunakan siring ukuran 1 mL yang telah diisi larutan anti koagulan (3,8% Na-sitrat) dengan rasio 1:1. Analisis dilakukan secara spektrofotometrik enzimatik menggunakan kit Glucose LiquiColor (Human 10260) pada panjang gelombang 500 nm.

Tabel 1. Frekuensi pengujian kualitas air dan konsentrasi mineral utama media budidaya serta metode/alat yang digunakan.

Frekuensi	Parameter	Satuan	Metode/Alat
3 kali seminggu	pH		pH meter Hanna HI8424
	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	DO-temperature meter YSI Pro20
	Suhu	°C	DO-temperature meter YSI Pro20
Mingguan	Salinitas	ppt	refraktometer Atago
	Alkalinitas	mg/L CaCO ₃	titrasi H ₂ SO ₄
	Amonia total (TAN)	mg/L	fenat
	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	sulfanilat
	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	reduksi kadmium
	Ortofosfat (PO ₄ -P)	mg/L	asam askorbat
Bulanan	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	mg/L	APHA 3111-B
	Cl ⁻	mg/L	APHA 4500-Cl-B
	SO ₄ ²⁻	mg/L	APHA 4500-SO ₄ -E

Pengujian histologi dilakukan terhadap tiga spesimen organ hepatopankreas (HP) dari setiap kolam. Spesimen HP diambil dari udang dengan cara pembedahan, kemudian difiksasi dalam larutan Davidson dengan rasio volume HP berbanding volume larutan Davidson adalah 1:10. Setelah 24 jam spesimen dipindahkan ke dalam 96% etanol. Spesimen dikirim ke laboratorium untuk menjalani serangkaian proses analisis histologi: dehidrasi, pembuatan blok, pengirisan, pewarnaan dan pengamatan mikroskopik.

Analisis data parameter pH, suhu dan DO dilakukan dengan statistik deskriptif, sedangkan parameter alkalinitas dan nutrisi (TAN, nitrit, nitrat, dan ortofosfat) menggunakan grafik. Penilaian kelayakan kualitas air tersebut didasarkan pada kondisi ideal bagi kehidupan udang vaname. Sementara itu konsentrasi dan rasio mineral utama air media untuk setiap waktu pengamatan dianalisis dengan analisis ragam dan uji beda nyata terkecil (LSD) untuk mengetahui keragaman antar kolam. Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis data adalah Microsoft Excel 2013 dan XLSTAT 2014.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

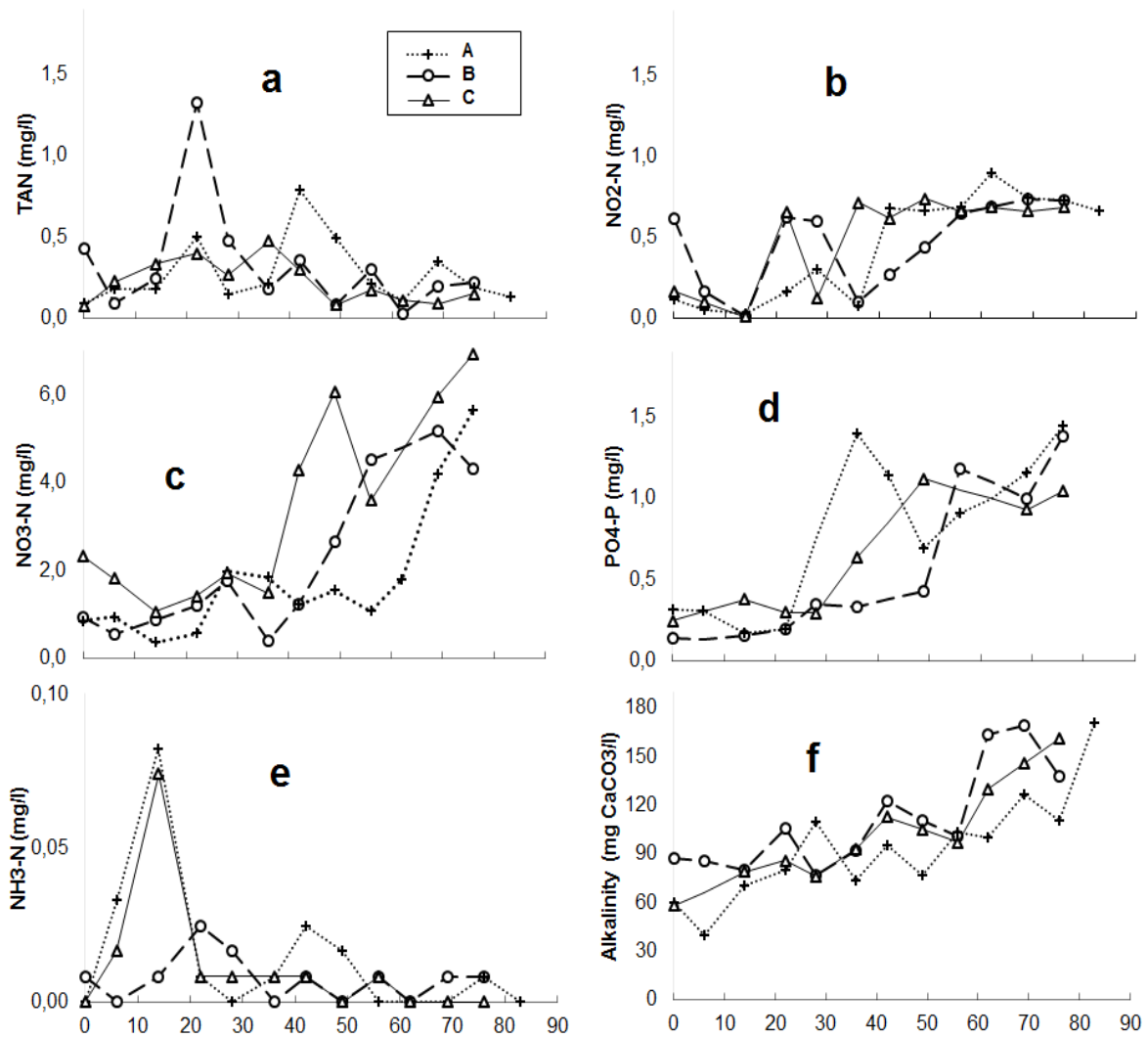
Air tanah yang digunakan memiliki salinitas 30 ppt, konsentrasi mineral utama Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , dan HCO_3^-

berturut-turut sebesar 2.180, 10.400; 3.100; 90,8; 13.600; 1.590; dan 401 mg/L, serta rasio Na/K sebesar 34,2 dan Mg/Ca sebesar 4,61. Air sungai memiliki salinitas 2 ppt, mengandung Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , dan SO_4^{2-} berturut-turut sebesar 544, 2.420; 19,5; 1,32; 360; dan 17,3 mg/L, serta rasio Na/K sebesar 14,7 dan Mg/Ca sebesar 4,45.

Hasil pengukuran pH, DO dan suhu pada ketiga kolam penelitian secara rinci disajikan pada Tabel 2. Sementara itu hasil pengukuran alkalinitas dan nutrisi disajikan pada Gambar 1. Total ammonia nitrogen (TAN) memiliki kecenderungan berfluktuasi sepanjang masa pemeliharaan dengan nilai maksimum sebesar 1,33 mg/L pada kolam B. Nitrit, nitrat, fosfat dan alkalinitas cenderung naik seiring bertambahnya masa pemeliharaan. Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) berfluktuasi pada nilai di bawah 0,5 mg/L mulai awal sampai 50 hari masa pemeliharaan, selanjutnya cenderung konstan pada nilai sekitar 0,7 mg/L. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) cenderung konstan di bawah nilai 2 mg/L pada awal masa pemeliharaan dan meningkat setelah hari ke-50 mencapai konsentrasi di atas 4 mg/L. Mirip dengan nitrat, orto-fosfat juga konstan di awal masa pemeliharaan dan meningkat pesat sekitar hari ke-50, mencapai konsentrasi di atas 1 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$. Alkalinitas cenderung naik secara linier mulai kurang dari 100 mg/L pada awal pemeliharaan sampai akhirnya mencapai nilai di atas 150 mg/L saat menjelang panen.

Tabel 2. Rentang nilai pH, oksigen terlarut (DO) dan suhu (T) dari masing-masing kolam selama masa penelitian. Waktu pengukuran pagi adalah sekitar pukul 5 dan sore adalah sekitar pukul 15.

Parameter	A	B	C
pH pagi	7,1-8,2	7,5-7,9	7,7-7,8
pH sore	7,6-8,8	8,0-8,2	8,0-8,2
DO pagi, mg/L	5,0-7,3	5,4-6,3	6,0-6,1
DO sore, mg/L	6,5-7,7	6,3-7,0	6,6-6,9
T pagi, °C	26,1-28,2	25,9-26,6	25,4-26,4
T sore, °C	27,8-31,2	27,9-29,0	27,9-29,3



Gambar 1. Kualitas air yang diamati mingguan: a) total amonia (TAN=NH₃-N+NH₄-N); b) nitrit (NO₂-N); c) nitrat (NO₃-N); d) orto-fosfat (PO₄-P); e) amonia (NH₃-N); dan f) alkalinitas sebagai CaCO₃.

Kolam A memiliki salinitas rata-rata secara nyata paling rendah (12 ppt), sedangkan antara kolam B (15 ppt) dan C (16 ppt) tidak berbeda nyata. Konsentrasi rata-rata mineral utama antar kolam tidak berbeda signifikan kecuali untuk SO₄²⁻ dimana kolam A memiliki nilai terendah (148 mg/L) dan

kolam B memiliki nilai tertinggi (642 mg/L). Rasio Na/K kolam C sebesar 45,2 lebih tinggi dibanding kolam A (28,2) dan B (26,6), sedangkan rasio Mg/Ca tidak berbeda nyata antar kolam. Konsentrasi dan rasio mineral utama secara lengkap disajikan pada Tabel 3.

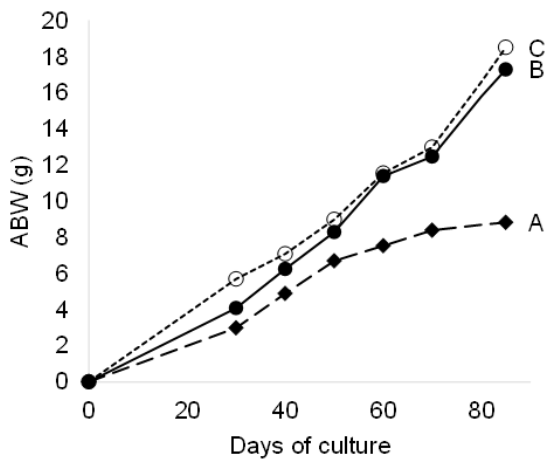
Tabel 3. Nilai rata-rata dari salinitas (ppt), konsentrasi mineral utama (mg/L), dan rasio mineral dari masing-masing kolam selama 83 hari (3 bulan) masa pemeliharaan.

Parameter	Kolam A	Kolam B	Kolam C
Salinitas	12 ^a	15 ^{ab}	16 ^b

Parameter	Kolam A	Kolam B	Kolam C
Ca ²⁺	437 ^a	848 ^a	976 ^a
Mg ²⁺	1.900 ^a	3.440 ^a	3.810 ^a
Na ⁺	1.250 ^a	1.610 ^a	2.100 ^a
K ⁺	44,4 ^a	58,6 ^a	48,1 ^a
Cl ⁻	5.720 ^a	6.880 ^a	7.540 ^a
SO ₄ ²⁻	148 ^a	642 ^b	401 ^c
HCO ₃ ⁻	97,2 ^a	128 ^a	135 ^a
Na/K	28,2 ^a	26,6 ^a	45,2 ^b
Mg/Ca	4,49 ^a	4,09 ^a	3,66 ^a

Keterangan: Antar kolam penelitian, huruf yang berbeda pada baris data yang sama mengindikasikan berbeda nyata berdasarkan analisis ragam ($p < 0,05$) dan uji LSD ($n = 3$).

Pertumbuhan udang kolam A lebih rendah dibanding kolam B dan C (Gambar 2). ABW, sintasan dan biomassa total kolam A paling rendah dibanding kolam B dan C, sedangkan FCR kolam A paling tinggi (Tabel 4). ABW, SR, biomassa total, dan FCR antara kolam B dan C tidak terlalu berbeda dengan persentase perbedaan (*percentage difference*) kurang dari 7%.



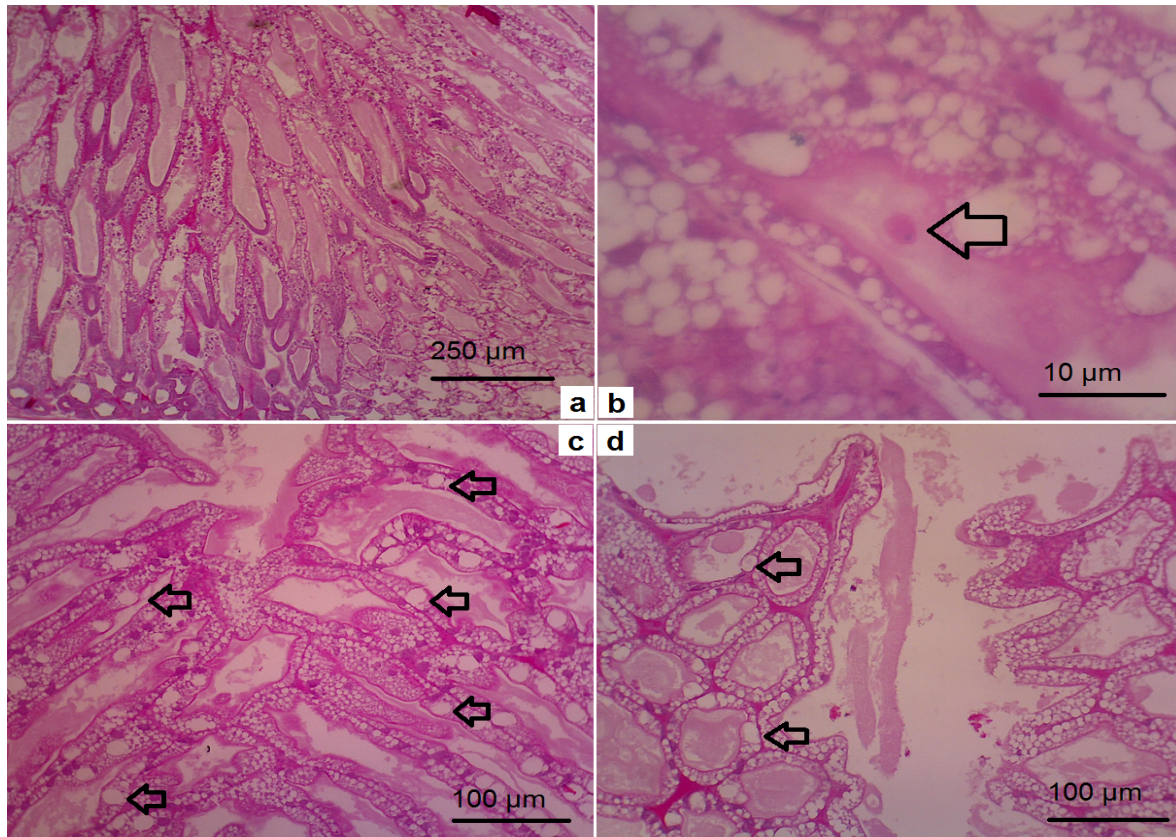
Gambar 2. Pertumbuhan udang selama 85 hari masa pemeliharaan masing-masing kolam ditampilkan sebagai bobot tubuh rata-rata (ABW) dalam gram. Kolam A memiliki pertumbuhan paling rendah dan terindikasi terserang EHP.

Tabel 4. Produktivitas panen: bobot rata-rata udang (ABW), sintasan (SR), biomassa total, dan faktor konversi pakan (FCR) masing-masing kolam.

Parameter	Kolam A	Kolam B	Kolam C
ABW, g	8,83	17,3	18,5
SR, %	37,7	81,7	78,3
Biomassa, kg	254	1.110	1.100
FCR	2,89	1,37	1,29

Panen pada Kolam A dilakukan secara mendadak akibat adanya kematian massal sehingga tidak bisa dilakukan analisis parameter fisiologis dan histologis. Analisa parameter fisiologis dan histologis hanya dilakukan terhadap kolam B dan C dimana di antara keduanya terdapat perbedaan rasio Na/K yang nyata. Rata-rata rasio Na/K di kolam B sebesar 26,6 sedangkan kolam C sebesar 45,2 (Tabel 3). Kadar glukosa hemolimf kolam C ($49,0 \pm 2,4$ mg/dL) secara signifikan lebih tinggi dibanding kolam B ($26,8 \pm 3,4$ mg/dL).

Hasil analisis histologi, terdapat perbedaan antara HP udang kolam B dan C (Gambar 3). Pada HP udang kolam C terjadi atrofi tubulus, *sloughing cell* dan penurunan jumlah sel sekretori (sel B) yang tidak teramati pada kolam B.



Gambar 3. Histograf penampang melintang hepatopankreas (HP) magnifikasi 40×(a), 100× (c, d) dan 1000×(b): a. Atrofi tubulus pada sampel kolam C; b. *Sloughing cell* (tanda panah) pada lumen tubulus sampel kolam C; c. Sel-sel sekretori (tanda panah) pada sampel kolam B; d. Sel sekretori (tanda panah) pada sampel kolam C, jumlahnya terlihat lebih sedikit dibanding sampel kolam B.

3.2. Pembahasan

Selama penelitian, parameter pH, DO, alkalinitas, dan nutrisi tidak menunjukkan penyimpangan dari nilai standar untuk kehidupan udang vaname. pH masih di dalam rentang 7-9 (Van Wyk and Scarpa, 1999), DO di atas nilai minimal 3 mg/L (Seidman dan Lawrence, 1985), sedangkan suhu hanya sedikit di bawah rentang optimum 27-30°C (Wyban *et al.*, 1995) namun seragam untuk seluruh kolam. Fluktuasi TAN pada taraf yang relatif rendah sepanjang masa pemeliharaan mengindikasikan bahwa TAN yang terbentuk dari dekomposisi bahan organik (terutama pakan dan feses udang) secara efektif dikonversi menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi (Chun *et al.*, 2018).

Akibat dari konversi tersebut konsentrasi nitrit dan nitrat naik seiring bertambahnya masa pemeliharaan. Bentuk nitrogen yang berbahaya bagi organisme (amonia dan nitrit) masih di bawah konsentrasi aman untuk seluruh kolam, yaitu 0,12 mg/L NH₃-N (Lin and Chen, 2001) dan 6,1 mg/L NO₂-N pada salinitas 15 ppt (Lin and Chen, 2003). Konsentrasi fosfat berada pada taraf yang ideal menurut Moyle (1946) yaitu sebesar 0,1-2,0. Kenaikan fosfat sepanjang masa pemeliharaan kemungkinan besar berasal dari fosfat yang terkandung dalam sisa pakan (Dien *et al.*, 2018). Konsentrasi alkalinitas juga masih di atas batas minimal 70 mg/L CaCO₃ (Furtado *et al.*, 2015). Nilai yang rendah di awal pemeliharaan pada kolam A dan C segera diperbaiki dengan aplikasi

CaCO₃ dosis 15 kg per kolam dan frekuensi 3 kali per minggu. Aplikasi rutin tersebut mengakibatkan alkalinitas cenderung naik terus seiring bertambahnya masa pemeliharaan.

Air tanah yang digunakan memiliki konsentrasi Ca²⁺, Mg²⁺ dan HCO₃⁻ lebih tinggi, konsentrasi Na⁺, K⁺ dan Cl⁻ lebih rendah, serta konsentrasi SO₄²⁻ yang sama jika dibandingkan dengan air laut yang diencerkan pada 30 ppt. Hal tersebut mengakibatkan konsentrasi mineral di kolam pemeliharaan memiliki karakteristik yang hampir sama. Konsentrasi absolut mineral utama pada kolam pemeliharaan masih memenuhi batas konsentrasi minimal yang direkomendasikan untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname, yaitu salinitas 15-25 ppt (Zhang *et al.*, 2006), 200 mg/L Na⁺, 24 mg/L Mg²⁺ (Van Wyk and Scarpa, 1999), 30 mg/L Ca²⁺ (Boyd and Thunjai, 2003), 40 mg/L K⁺ (McNevin *et al.*, 2004) serta 200 mg/L Cl⁻ (McGraw and Scarpa, 2003). Natrium dan klorida merupakan mineral yang berperan penting dalam proses osmoregulasi (Castille and Lawrence, 1981). Magnesium merupakan kofaktor yang terkait erat dengan fungsi Na⁺-K⁺-ATPase (Mantel and Farmer, 1983). Kalsium penting untuk pembentukan struktur jaringan keras, pembekuan darah, kontraksi otot, transmisi saraf, osmoregulasi, dan sebagai kofaktor proses-proses enzimatik (Cheng *et al.*, 2006). Kalium merupakan kation intraselular utama yang penting dalam aktivasi Na⁺-K⁺-ATPase, serta terlibat dalam transport ion dan osmoregulasi (Mantel and Farmer, 1983).

Rasio mineral air laut dianggap sebagai rasio ideal untuk mendukung pertumbuhan dan sintasan udang vaname (Davis *et al.*, 2002, Boyd and Thunjai, 2003, Saoud *et al.*, 2003). Menurut Pan *et al.* (2006), rasio Mg/Ca sampai 4,5 masih layak bagi pertumbuhan dan kehidupan udang *Marsupenaeus japonicus*. Beberapa kajian lainnya menyatakan bahwa rasio Na/K air media sampai 42 (Liu *et al.*, 2016) bahkan 50

(Laramore, 2015) masih bisa mendapatkan pertumbuhan dan sintasan yang sama dengan udang vaname yang dipelihara pada air laut. Namun rasio Na/K yang terlalu tinggi akan mempengaruhi aktivitas Na⁺-K⁺-ATPase (Pan *et al.*, 2006), sehingga mempengaruhi pertumbuhan, sintasan dan partisi energi (Zhu *et al.*, 2004).

Air kolam penelitian merupakan campuran dari air tanah dan air sungai sehingga salinitas dan konsentrasi mineral utamanya merupakan hasil perpaduan kedua sumber air tersebut. Perbedaan salinitas, konsentrasi SO₄²⁻ dan rasio Na/K antar kolam mungkin disebabkan oleh rasio pencampuran yang tidak tepat sama, penggantian air selama masa pemeliharaan, dan aplikasi bahan kimia. Volume penggantian air tidak selalu tepat sama antar kolam yaitu 10-20% setiap minggunya. Aplikasi CaCO₃ (45 kg/kolam/minggu), CaCl₂.2H₂O (4 kg/kolam/minggu) dan molase (2 kg/kolam/minggu) setidaknya menambah konsentrasi Ca²⁺ sekitar 226 mg/L sehingga mempengaruhi rasio Na/K.

Hasil analisis *quantitative polymerase chain reaction* (qPCR) diketahui bahwa kolam A positif DNA parasit mikrosprodia, *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) (hasil komunikasi dengan Laboratorium BLUPPB Karawang). Serangan EHP menyebabkan pertumbuhan udang terhambat (Rajendran, 2016). Kemungkinan besar infeksi parasit inilah yang mengakibatkan ABW kolam A jauh lebih rendah di bawah kolam B dan C. Hal tersebut berakibat pula pada rendahnya sintasan dan biomassa total, serta tingginya FCR. Konsentrasi mineral serta rasio Na/K dan Ca/Mg yang ideal sepertinya belum bisa mencegah infeksi sumber penyakit khususnya EHP. Perlu analisis lebih lanjut mengenai sumber infeksi EHP mengingat bahwa benur memiliki sertifikat bebas penyakit dan terkonfirmasi bebas EHP sebelum ditebar di kolam pemeliharaan. Antara dua kolam yang tidak terserang penyakit (B dan C) relatif tidak terdapat perbedaan pada ABW, sintasan, biomassa

total dan FCR. Artinya perbedaan rasio Na/K antara kolam B dan C tidak sampai mengakibatkan perbedaan performa pertumbuhan. Hal ini mungkin karena salinitas antara kedua kolam masih dalam rentang optimum bagi kehidupan udang vaname (Gunalan *et al.*, 2010).

Konsentrasi glukosa hemolim udang normal bisa mencapai 150 mg/dl pada saat pembentukan eksoskeleton pada tahapan molting yang mengindikasikan kebutuhan akan sumber energi lebih banyak, dan di bawah konsentrasi tersebut masih dianggap normal (Cuzon *et al.*, 2004). Menurut Zhu *et al.* (2004), perbedaan rasio Na/K berpengaruh terhadap pembelanjaan energi yang disimpan untuk pertumbuhan, energi yang hilang untuk respirasi, energi yang hilang dalam ekskresi dan energi yang hilang dalam *exuviae* relatif terhadap energi yang dikonsumsi dalam makanan. Udang pada kolam C memiliki kandungan glukosa hemolim yang lebih tinggi dibanding kolam B, meskipun keduanya masih dalam batasan normal. Hal ini mengindikasikan udang pada kolam C lebih terpapar stres. Hal tersebut bisa dikarenakan rasio Na/K kolam C lebih tinggi (menjauhi nilai ideal) dibanding kolam B.

Hepatopankreas pada dasarnya terdiri dari tubulus bercabang dengan sel-sel yang berbeda yang melapisi tubulus, yaitu sel E, F, R dan B. Sel-B atau sel sekretori adalah bagian utama untuk sekresi enzim pencernaan (Caceci *et al.*, 1988). Perbedaan konsentrasi dan rasio mineral bisa mengakibatkan perubahan struktur tubulus dan sel epitel (Jahan *et al.*, 2017). Penelitian Jahan *et al.* (2017) yang berkaitan dengan defisiensi K^+ dan Mg^{2+} dalam media menunjukkan bahwa perubahan struktur sel epitel dan tubulus HP dapat berpotensi mengakibatkan lambatnya pertumbuhan. Pada penelitian ini, jumlah sel sekretori kolam C lebih sedikit dibanding kolam B. Hal ini mungkin disebabkan karena rasio Na/K kolam C lebih tinggi yang berarti kekurangan K^+ . Kurangnya Mg^{2+} atau K^+ yang cukup dapat

mempengaruhi aktivitas Na^+K^+ -ATPase pada krustasea (Furriel *et al.*, 2000; Pequeux, 1995) menghasilkan stres osmotik. Sementara itu struktur seperti spora pada HP udang petak B indikasinya seperti pada udang yang positif EHP, namun karena hasil analisis PCR dinyatakan negatif EHP, maka diperlukan analisis lebih lanjut mengenai hal ini. Pada kondisi penelitian ini, rasio Na/K terbukti berpengaruh pada fisiologi dan histologi udang vaname, namun pengaruh tersebut belum sampai terlihat pada pertumbuhan (SGR). Hal ini mungkin dikarenakan parameter-parameter lainnya pada taraf yang layak bagi kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang vaname. Saat kondisi salah satu atau beberapa parameter pendukung tidak layak, mungkin konsentrasi kalium dapat berpengaruh sampai pada kelangsungan hidup dan pertumbuhan.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan air tanah di pesisir kabupaten Karawang sebagai sumber air untuk media budidaya udang vaname dapat menghasilkan performa pertumbuhan yang baik. Meskipun tidak ada perbedaan pada performa pertumbuhan antara kolam dengan rasio Na/K ideal (kolam B) dengan rasio Na/K tinggi (kolam C), namun secara fisiologis dan histologis terdapat perbedaan yang dapat teramati. Perbedaan tersebut mungkin saja berpotensi mengakibatkan perbedaan performa pertumbuhan, jika kondisi salah satu atau beberapa parameter pendukung tidak layak atau masa pemeliharaan udang ditambah lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Kelautan dan Perikanan melalui beasiswa Pusdik KP yang telah mendanai penelitian, serta tim Laboratorium BLUPPB Karawang dan dr. Endah Mardiasuti atas analisis dan interpretasi hasil qPCR dan histologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyd, C.E. and T. Thunjai. 2003. Concentrations of major ions in waters of inland shrimp farms in China, Ecuador, Thailand, and the United States. *J. World Aquac Soc*, 34(4):524-532. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00092.x>.
- Caceci, T., K.F. Neck, D.D. Lewis, and R.F. Sis. 1988. Ultrastructure of the hepatopancreas of the pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* (Crustacea: Decapoda). *J. of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 68(2):323-37. <http://dx.doi.org/10.1017/S002531540005222X>
- Castille, Jr., F.L. and A.L. Lawrence. 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of euryhaline shrimp of the genus *Penaeus*. *Comp Biochem Physiol A Physiol*, 68(1):75-80.
- Cheng, K.M., C.Q. Hu, Y.N. Liu, S.X. Zheng, and X.J. Qi. 2006. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium/phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low-salinity water. *Aquaculture*, 251(2-4):472-83. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.022>.
- Chun, S.J., Y. Cui, C.Y. Ahn, and H.M. Oh. 2018. Improving water quality using settleable microalga *Ettlia* sp. and the bacterial community in freshwater recirculating aquaculture system of *Danio rerio*. *Water research*, 135:112-21. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.007>.
- Cuzon, G., A. Lawrence, G. Gaxiola, C. Rosas, and J. Guillaume. 2004. Nutrition of *L. vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235(1-4):513-51. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.022>.
- Dall, W., B.J. Hill, P.C. Rothlisberg, and D.J. Staples. 1990. The biology of Penaeidae. *Advances in Marine Biology* 27. Academic Press. London. 489 p.
- Davis, D.A., I.P. Saoud, W.J. McGraw, and D.B. Rouse. 2002. Considerations for *Litopenaeus vannamei* reared in inland low salinity waters. In: Cruz-Suárez *et al.* (eds.). Avances en Nutrición Acuicola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México. 73-90 pp.
- Dien, L.D., N. Van Hao, J. Sammut, and M.A. Burford. 2018. Comparing nutrient budgets in integrated rice-shrimp ponds and shrimp grow-out ponds. *Aquaculture*, 484:250-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.037>.
- Emerson, K., R.C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. of the Fisheries Board of Canada*, 32(12):2379-83. <https://doi.org/10.1139/f75-274>.
- Furtado, P.S., L.H. Poersch, and W. Wasielesky. 2015. The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture international*, 23(1):345-58. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>.
- Gunalan, B., P. Soundarapandian, and G.K. Dinakaran. 2010. Effect of different stocking densities on the MBV infected seeds of black tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). *Asian J. Agric Sci.*, 2(1):5-8.
- Jahan, I., A.K. Reddy, P.P. Srivastava, V. Harikrishna, A.S. Sudhagar, and S. Singh. 2017. Histo-architectural changes in the selected tissues of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

- juveniles reared in inland ground saline water (IGSW) fed with graded levels of potassium (K^+) and magnesium (Mg^{2+}) through feed. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 6(11):1739-52.
- Kaligis, E. 2015. Respons pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di media bersalinitas rendah dengan pemberian pakan protein dan kalsium berbeda. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1):225-234. <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v7i1.9808>.
- Laramore, S. 2015. Increasing shrimp production in Florida by establishing environmental mineral guidelines for low-salinity shrimp culture operations. FDACS Contract Final Report. Florida. 32 p.
- Lin, Y.C. and J.C. Chen. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp Mar Bio Ecol*, 259(1):109-119. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00227-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00227-1).
- Lin, Y.C. and J.C. Chen. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224(1):193-201. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5).
- Liu, H., B. Tan, J. Yang, S. Chi, X. Dong, and Q. Yang. 2016. Effects of aqueous Na/K and dietary K on growth and physiological characters of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low-salt well water. *Aquaculture research*, 47(2):540-53. <https://doi.org/10.1111/are.12513>.
- 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. 162 p.
- McNevin, A.A., C.E. Boyd, O. Silapajarn, and K. Silapajarn. 2004. Ionic supplementation of pond waters for inland culture of marine shrimp. *J. of the World Aquaculture Society*, 35(4):460-467. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2004.tb00111.x>.
- Moyle, J.B. 1946. Some indices of lake productivity. *Trans. American Fisheries Society*, 76:322-334.
- Novitasari, D., S.B. Prayitno, dan S. Sarjito. 2017. Analisis faktor risiko yang mempengaruhi serangan *Infectious Myonecrosis Virus* (IMNV) pada budidaya udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) secara intensif di Kabupaten Kendal. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan ke-VI Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Pusat Kajian Mitigasi Bencana dan Rehabilitasi Pesisir*, Undip. Semarang. 640-9. <http://eprints.undip.ac.id/54825/>
- Pan, L.Q., Z.H. Luan, and C.X. Jin. 2006. Effects of Na^+/K^+ and Mg^{2+}/Ca^{2+} ratios in saline groundwaters on Na^+-K^+ -ATPase activity, survival and growth of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae. *Aquaculture*, 261(4):1396-1402. <https://doi.org/10.1016/j.aqua.2006.09.031>.
- Prasetio, A.B., H. Albasri, dan Rasidi. 2010. Perkembangan budidaya bandeng di pantai utara Jawa Tengah (Studi kasus: Kendal, Pati, dan Pekalongan). *Dalam: Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010*. Hlm.: 123-137.
- Rajendran, K.V., S. Shivam, P.E. Praveena, J.J. Rajan, T.S. Kumar, S. Avunje, V. Jagadeesan, S.P. Babu, A. Pande, A.N. Krishnan, and S.V. Alavandi. 2016. Emergence of *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) in farmed *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* in India. *Aquaculture*, 454:272-80.

- <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.12.034>
- 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 the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, 262(2): 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011>.
- Roy, L.A., D.A. Davis, and G.N. Whitis. 2009. Pond to pond variability in post-larval shrimp, *Litopenaeus vannamei*, survival and growth in inland low salinity waters of west Alabama. *Aquac Res.*, 40:1823-1829. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02287.x>.
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00418-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00418-0).
- Seidman, E.R. and A.L. Lawrence. 1985. Growth, feed digestibility, and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. *J. of the World Aquaculture Society*. 16(1-4):333-346. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1985.tb00214.x>.
- Sukimin, S., M. Agus, dan M.B. Syakirin. 2016. Analisis komparasi sumber air yang berbeda dalam pengelolaan tambak terhadap hasil produksi udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Pena Akuatika: J. Ilmiah Per. dan Kel.*, 13(1):68-80. <http://dx.doi.org/10.31941/penaakuatika.v13i1.520>.
- Taqwa, F.H., D. Djokosetiyanto, dan R. Affandi. 2008. Pengaruh penambahan kalium pada masa adaptasi penurunan salinitas terhadap performa pasca-larva udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*). *J. Riset Akuakultur*, 3(3):431-6. <https://doi.org/10.15578/jra.3.3.2008.431-436>.
- Utomo, K.S. 2016. Intrusi air laut di kabupaten Pemalang. *J. Tek. Sipil dan Perenca*. 13(2):141-50. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v13i2.7066>
- Valenzuela-Madrigal, I.E., W. Valenzuela-Quiñónez, H.M. Esparza-Leal, G. Rodríguez-Quiroz, and E.A. Aragón-Noriega. 2017. Effects of ionic composition on growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* culture at low-salinity well water. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 52(1):103-112.
- Van Wyk, P. and J. Scarpa. 1999. Water quality requirements and management. In: Van Wyk *et al.* (eds). Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Department of agriculture and consumer services. Florida. 138 p.
- Wyban, J., W.A. Walsh, and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture*. 138(1):267-279. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00032-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00032-1).
- Zhang, P., X. Zhang, J. Li, and G. Huang. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 256(1):579-587. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.020>.
- Zhu, C., S. Dong, F. Wang, and G. Huang. 2004. Effects of Na /K ratio in seawater on growth and energy budget of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 234:485-496. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.027>.
- Diterima* : 04 Mei 2018
Direview : 07 Mei 2018
Disetujui : 23 September 2018