

**PERBANDINGAN SISTEM RESIRKULASI DAN AIR MENGALIR UNTUK
PEMBESARAN LOBSTER PASIR (*Panulirus homarus*): KAJIAN DINAMIKA
KUALITAS AIR**

Bambang Widyo Prastowo^{1*)}, Manja Meyky Bond²⁾, Betutu Senggagau³⁾

^{1,2,3}Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan
Jl. Raya Carita Desa Umbul Tanjung Kec. Cinangka PO. Box 123 Anyer Lor, Serang 42167,
Indonesia

^{*)}Korespondensi: bambang_fds@yahoo.com

Diterima: 31 Januari 2022; Disetujui: 18 April 2022

ABSTRAK

Budidaya ikan dengan *Recirculation Aquaculture System* (RAS) adalah ekosistem rekayasa unik yang meminimalkan gangguan lingkungan dengan mengurangi pembuangan polusi nutrisi melalui penggunaan kembali air yang digunakan dalam budidaya ikan. Kegiatan ini dilaksanakan di fasilitas uji lapang LP2IL Serang dimulai pada bulan Juni-November 2020. Dalam pengujian ini, sistem RAS yang dipergunakan untuk pembesaran lobster pasir mempergunakan tahapan pemurnian: sedimentasi, filtrasi fisik, filtrasi biologis, desinfeksi air dengan irradiasi UV, penghilangan CO₂, tandon air bersih dan bak-bak pemeliharaan lobster pasir. Parameter kualitas air yang diuji: a) fisika: DO, pH, suhu dan salinitas diukur setiap hari; b) kimia: ammonia (TAN dan UIA), nitrit, nitrat dan fosfat diukur dua minggu sekali. Apabila dari perhitungan nilai UIA didapatkan nilainya diatas baku mutu (>0,05 mg/L) maka ditambahkan molase (26,02% C organik) dengan konsentrasi 64 gr/gr TAN; c) mikrobiologis: penghitungan total bakteri dan *Vibrio* sp. Dari hasil studi ini diketahui bahwa RAS dapat menjaga kualitas air yang stabil dalam waktu yang relatif lama. Ketersediaan bahan organik (dari sisa pakan, feses dan penambahan molase) yang tinggi dapat mempromosikan pertumbuhan bakteri nitrifikasi. "Pematangan" bakteri nitrifikasi di dalam kompartemen biofilter memerlukan waktu sekitar 6 minggu. Bakteri tersebut mampu menurunkan kadar amonium nitrogen, dimana akumulasi dari nitrat nitrogen (NO₃⁻) yang dihasilkan dari perombakan nitrit nitrogen (NO₂⁻) oleh bakteri nitrifikasi, merupakan sinyal bahwa proses pematangan bakteri nitrifikasi telah tercapai. Proses nitrifikasi mengkonsumsi alkali, karenanya menurunkan nilai pH di dalam air, selain itu juga mengkonsumsi sejumlah besar oksigen. Rendahnya jumlah bakteri dan vibrio sistem RAS disebabkan oleh penggunaan UV-sterilizer dengan panjang gelombang 254 nm.

Kata Kunci: Pembesaran, lobster pasir, RAS, FT, kualitas air, bakteri nitrifikasi

ABSTRACT

Aquaculture with the Recirculation Aquaculture System (RAS) is a unique engineered ecosystem that minimizes environmental disturbances by reducing the discharge of nutrient pollution through reuse of water used in fish farming. This activity was conducted at LP2IL Serang field test facility starting in June-November 2020. In this test, the RAS system used for

growing of sand lobster uses the stages of purification: sedimentation, physical filtration, biological filtration, water disinfection with UV irradiation, removal of CO₂, clean water reservoirs and sand lobster rearing tanks. Water quality parameters tested: a) physics: DO, pH, temperature and salinity are measured every day; b) chemistry: ammonia (TAN and UIA), nitrite, nitrate and phosphate are measured every two weeks. If from the UIA value calculation, the value is above the quality standard (> 0.05 mg / L) then added molasses (26.02% organic C) with a concentration of 64 gr / gr TAN; c) microbiology: total bacteria and Vibrio sp. counting. From the results of this study it is known that RAS can maintain stable water quality for a relatively long time. High availability of organic matter (from leftover feed, feces and addition of molasses) can promote the growth of nitrifying bacteria. The "maturation" of the nitrifying bacteria in the biofilter compartment takes about 6 weeks. These bacteria are able to reduce levels of ammonium nitrogen, where the accumulation of nitrate nitrogen (NO₃⁻) which is produced from the overhaul of nitrite nitrogen (NO₂⁻) by nitrifying bacteria, is a signal that the maturation process of nitrifying bacteria has been achieved. The nitrification process consumes alkalis, hence lowers the pH value in the water, besides it also consumes a large amount of oxygen. The low number of bacteria and vibrio in the RAS system was affected by the use of a UV-sterilizer with a wavelength of 254 nm.

Keywords: rearing, sand lobster, RAS, FT, water quality, nitrifying bacteria

PENDAHULUAN

Recirculating Aquaculture System (RAS) merupakan teknik budidaya dengan padat tebar tinggi, serta kondisi lingkungan yang terkontrol sehingga mampu meningkatkan produksi ikan pada lahan dan air yang terbatas (Lukman, 2005). Teknologi sistem resirkulasi ini menjadi salah satu solusi dari budidaya ikan konvensional yang banyak dilakukan saat ini oleh pembudidaya. Namun demikian penerapan sistem ini tidaklah selalu mudah dipahami dan diterapkan dengan berhasil guna. Metode yang non-konvensional ini memiliki kerumitan yang tinggi yang harus difahami baik unsur mekanis, biologis, maupun ekonomis. Teknologi RAS pada mulanya diterapkan untuk budidaya ikan finfish di Eropa untuk budidaya indoor dengan sistem pengendalian yang tinggi (Suastika Jaya, 2019). FAO kemudian mendorong adopsi sistem ini melalui buku pedoman yang diterbitkan tahun 2015 (Bregnballe, 2015) guna menghemat penggunaan sumberdaya air, mengeliminasi pencemaran oleh usaha budidaya dan hatchery sehingga kegiatan tersebut menjadi lebih ramah lingkungan dan lebih lestari. Prinsip yang

dikemukakan secara umum adalah mendaur ulang air buangan dengan 5 tahapan dasar untuk dapat dimasukkan kembali ke dalam sistem pemeliharaan ikan dengan tujuan menjaga kualitas air agar tetap layak untuk hidup dan tumbuh ikan. Adapun tahapan pemurnian air tersebut adalah: 1) filtrasi mekanikal, 2) biofilter; 3) degasser; 4) pengkayaan oksigen; 5) sterilisasi. Semua proses tersebut dibuat proporsional sesuai komoditas, intensitas, dan skala budidaya. Dalam perkembangannya, beberapa perusahaan budidaya ikan komersial kemudian menyederhanakan sistem RAS, seperti Blue ridge aquaculture melalui situs daringnya yang menggunakan hanya 3 proses yaitu solid removal, ammonia removal dan dissolved gas control.

Namun demikian upaya perbaikan dan penyempurnaan harus terus diupayakan agar memberi manfaat dari segi keberhasilan dan mendukung keberlanjutan. Terlebih lagi bilamana merancang sistem untuk skala komersial. Aplikasi sistem ini membutuhkan integrasi ketiga unsur tersebut agar peluang keberhasilannya lebih besar. Seperti yang disintesis oleh Martin et al. (2010) dalam sebuah analisis

perkembangan aplikasi RAS dunia, ada 2 trend yang menjadi fokus utama perbaikan yaitu: (1) perbaikan teknik dalam lingkaran tertutup (loop) sistem filtrasi; (2) daur ulang nutrient melalui budidaya terpadu. Kedua hal tersebut berkontribusi dalam keberlanjutan RAS.

Perekayasa ini bertujuan untuk merancang bangun sistem RAS yang efektif untuk pembesaran lobster pasir dan mengevaluasi dinamika kualitas air dalam aplikasi skala komersial dan membandingkannya dengan sistem air mengalir (FT) konvensional.

METODE PENELITIAN

Persiapan dan Konstruksi Sistem RAS

Komponen dan tata letak sistem RAS untuk pembesaran lobster pasir dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini. Dalam pengujian ini sistem RAS yang dipergunakan untuk pembesaran lobster pasir mempergunakan serangkaian wadah, kompartemen, tangki dan peralatan untuk pengolahan air sebagai berikut:

(1) Wadah Sedimentasi: 1 buah bak fiber glass volume 1000 liter tanpa aerasi dan dilengkapi dengan 1 unit pompa celup untuk mengalirkan air ke kompartemen filtrasi fisik (24 jam) dengan fungsi menampung efluen sebelum dialirkan ke sistem filtrasi;

(2) Filtrasi Fisik: 4 buah filter air yang berisi cartridge filter 1 micron dengan kapasitas 2 liter/menit yang diletakkan dalam 1 buah bak fiber glass volume 1000 dengan fungsi untuk menghilangkan bahan organik, partikel dalam air berukuran kurang dari 1 mikron dan padatan, seperti feses dan pakan yang tidak dimakan;

(3) Filtrasi Biologis: 1 buah wadah volume 750-L yang diberi wadah yang masing-masing berisi busa filter, arang aktif dan bioball dengan aerasi gelembung kuat (Trickling filter type) dengan fungsi untuk menghilangkan ammonia nitrogen dengan memanfaatkan bakteri denitrifikasi yang mengubah ammonia menjadi nitrit dan kemudian dengan bantuan bakteri

nitrikasi yang mengubah ammonia dan nitrit menjadi nitrat;

(4) Desinfeksi Air: dengan menggunakan Irradiasi UV sterilizer unit di luar kompartemen degasser CO₂ dengan fungsi desinfeksi air media budidaya;

(5) Penghilangan CO₂ (*degasser* CO₂): 1 buah wadah 750-L berisi aerasi kuat dan dilengkapi dengan 1 unit pompa celup untuk mengalirkan air ke tandon air bersih (24 jam) dengan fungsi melepaskan gas CO₂ dan N₂ dari dalam air laut untuk pembesaran;

(6) Tandon air bersih: 1 buah tandon 750-L yang mengalir dengan sistem gravitasi untuk mengganti air di bak-bak pemeliharaan (1 liter selama 16 detik) dengan fungsi menampung air bersih sebelum dialirkan kembali ke bak-bak pemeliharaan;

(7) Bak-bak pemeliharaan: Bak fiber glass 1000-L sebanyak 4 buah untuk kegiatan RAS dan sebanyak 2 buah untuk kegiatan pembesaran dengan sistem air mengalir.

Pengkondisian sistem RAS

Parameter kimia dan fisika kualitas air dan mikrobiologi yang diukur yaitu:

(1) Parameter fisika: DO, pH, suhu dan salinitas diukur setiap hari.

(2) Parameter kimia: ammonia (TAN dan UIA), nitrit, nitrat dan fosfat diukur dua minggu sekali. Apabila dari perhitungan nilai UIA didapatkan nilainya diatas baku mutu (>0,05 mg/L) maka ditambahkan molase (26,02% C organik) dengan konsentrasi 64 gr/gr TAN.

(3) Parameter mikrobiologis diukur setiap minggu dengan menggunakan metode penghitungan total bakteri atau penghitungan lempeng total, dengan mengambil sampel sebanyak 50 mL air untuk biakan dari masing-masing bak pembesaran lobster pasir dan tangki filtrasi. Total bakteri dihitung dengan menanam air sampel pada media nutrient agar (NA), sedangkan penghitungan total *Vibrio* sp. dengan mempergunakan media thiosulphate citrate bile salt agar (TCBS).

Pembesaran lobster pasir

Dalam studi ini, padat tebar lobster pasir yang diujikan adalah 15 ekor/1000-L. Pakan berupa ikan rucah dengan tingkat pemberian $\pm 5-12\%/hari$ / biomassa lobster pasir, pemberian pakan dilakukan dua kali sehari (pagi dan sore hari). Sisa pakan di bak-bak pemeliharaan lobster pasir disiphon setiap hari dan air yang terbuang diganti dengan air baru ($\pm 5\%/hari$). Jumlah pakan yang diberikan disesuaikan setiap 2 minggu berdasarkan pengukuran berat badan rata-rata, perkiraan kelangsungan hidup dan dosis pakan.

Analisa Data

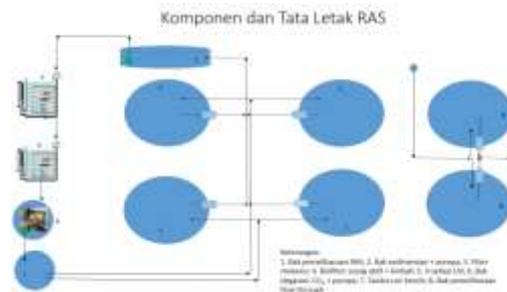
Seluruh data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisa secara statistik dan deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan dan konstruksi

Kegiatan pembesaran lobster pasir dengan menerapkan sistem sirkulasi air berbeda dilakukan pada bulan Juni-Nopember 2020 bertempat di bangunan indoor fasilitas uji lapang LP2IL Serang. Masing-masing sebanyak empat bak fiber glass volume 1 m^3 diterapkan untuk perlakuan RAS dan dua buah bak fiber lainnya dipergunakan untuk sistem FT. Sistem RAS dirancang mengikuti prinsip yang dikemukakan oleh FAO (Bregnballe, 2015) yaitu meminimumkan penggunaan air melalui pemanfaatan sistem yang dapat mengurangi pergantian air dan memelihara kualitas air tetap mendukung hidup dan pertumbuhan organisme budidaya. Komponen-komponen yang menjadi prinsip RAS dalam kegiatan ini antara lain: 1) wadah sedimentasi, 2) filter mekanis, 3) biofilter; 4) irradiasi UV, 5) *degasser* CO₂ dan pengkayaan oksigen. Sedangkan dalam sistem FT pergantian air menggunakan air baru yang dialirkan dari tandon air laut secara gravitasi ke bagian permukaan air bak di salah satu ujung bak. Pembuangan air efluen berlangsung melalui pipa overflow yang berhubungan dengan lubang drainase, diletakkan di luar bak sehingga air bak yang terbuang adalah air

bagian bawah pada ujung yang lain. Untuk lebih jelasnya komponen dan tata letak masing-masing sistem yang dipergunakan dalam kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 1-2.



Gambar 1. Komponen dan tata letak sistem RAS untuk pembesaran lobster pasir.



Gambar 2. (a) Fasilitas pengujian sistem RAS dan air mengalir (FT) untuk pemeliharaan lobster. (b) Bak pemeliharaan lobster RAS; (c) Bak pemeliharaan lobster sistem air mengalir (FT) dan (d) bak sedimentasi; (e) Kompartemen filter mekanis dan (f) filter biologis; (g) UV sterilizer, (h) kompartemen degasser CO₂ dan (i) tandon air bersih.

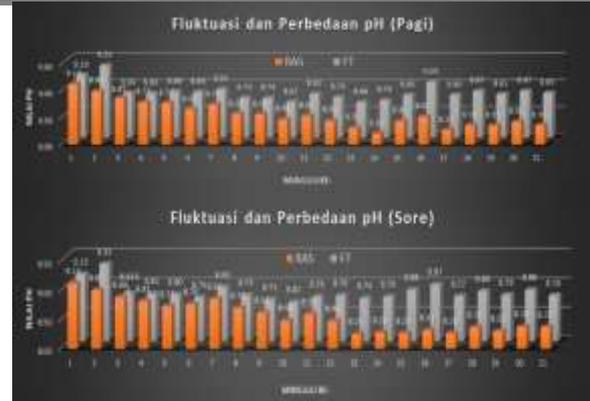
Dikarenakan kegiatan pembesaran lobster pasir dengan sistem RAS ini baru pertama ini dilaksanakan maka operasional filtrasi dilakukan secara kontinyu 24 jam dengan bantuan 2 buah pompa celup. Pompa celup pertama (stasiun pompa 1) mengalirkan air dari bak sedimentasi ke dalam kompartemen filter mekanis. Sedangkan pompa celup kedua (stasiun pompa 2) mengalirkan air laut yang telah diiradiasi dengan sinar UV dan selanjutnya dimasukkan ke dalam tandon air bersih. Namun cukup dengan perbedaan elevasi maka aliran air dari kompartemen filter mekanis ke dalam kompartemen biofilter dan kemudian melewati

sarana UV sterilizer dan akhirnya air laut masuk ke dalam kompartemen CO₂ degasser sepenuhnya menggunakan prinsip gravitasi. Demikian pula halnya untuk mengairi wadah-wadah pemeliharaan lobster dari tandon air bersih juga menggunakan prinsip gravitasi. Air buangan yang mengalir dari bagian bawah wadah-wadah pemeliharaan kemudian juga akan mengalir ke wadah sedimentasi. Dengan mekanisme seperti ini maka air laut yang berkurang pada stasiun pompa 1 akan selalu terisi oleh air laut yang berasal dari wadah-wadah pemeliharaan, sedangkan air laut yang berada di stasiun pompa 2 akan selalu terisi oleh air laut dari kompartemen sebelumnya, sehingga tinggi permukaan air di stasiun pompa 1 dan 2 tersebut akan selalu tetap.

Pengkondisian sistem RAS

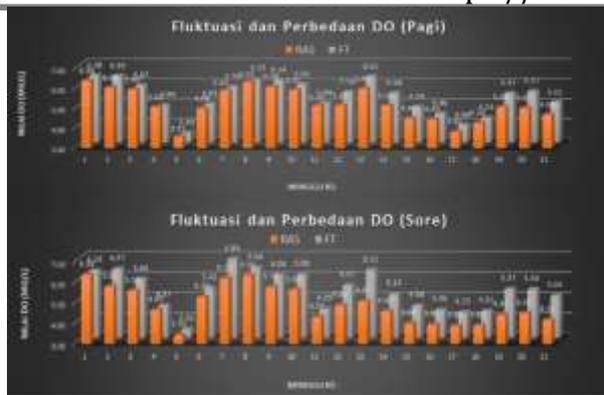
Hasil pemantauan kualitas air media selama pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 3-5 di bawah ini. Semua parameter kualitas air yang diukur dapat digolongkan layak untuk hidup dan pertumbuhan lobster pasir. Lobster pasir menurut Dahuri (2020) mentoleransi salinitas 25–37 ppt, salinitas optimal pada 30-35 ppt, dikarenakan pada salinitas tersebut tekanan osmotik air isosmotik dengan darahnya. Suhu yang optimum untuk pertumbuhan terbaik adalah 28-30°C dapat mentoleransi 25-32°C. Hasil pengukuran pH menunjukkan kisaran nilai 8,0-9,5, kondisi yang optimal untuk lobster pasir adalah sekitar 7,5-8,5.

Salah satu parameter fisik air yang menunjukkan perbedaan yang nyata antara perlakuan RAS dan FT adalah pH. Pada Gambar 3 terlihat bahwa sejak minggu ke-10 hingga pengujian berakhir terjadi perbedaan nilai pH, dimana pada perlakuan RAS nilainya lebih rendah berkisar 0,3-0,5 dibanding dengan perlakuan FT. Hal ini terjadi karena proses nitrifikasi (proses perombakan amonium nitrogen menjadi nitrit nitrogen (NO₂⁻) dan akhirnya menjadi nitrat nitrogen (NO₃⁻)) mengkonsumsi alkali dari dalam air, karenanya menurunkan nilai pH di dalam air. Perbedaan nilai pH ini menjadi semakin lebih besar pada sore hari, yang kemungkinan terjadi karena proses nitrifikasi oleh bakteri nitrifikasi lebih intens terjadi pada sore hingga malam hari.



Gambar 3. Fluktuasi dan perbedaan pH antara sistem RAS dan air mengalir (FT) pada pagi dan sore hari.

Oksigen terlarut pada perlakuan RAS, seperti halnya dengan nilai pH, secara nyata lebih rendah terutama pada sore hari, dibandingkan dengan perlakuan FT, seperti terlihat pada Gambar 4. Hasil penelitian ini relevan dengan Fujita et al. (1994) yang menyatakan bahwa sejumlah besar oksigen juga dikonsumsi oleh bakteri nitrifikasi pada saat oksidasi ammonia nitrogen selama proses nitrifikasi. Lebih lanjut disampaikan oleh Fujita (1994) bahwa perbedaan konsentrasi oksigen terlarut sebelum dan sesudah perlakuan nitrifikasi dapat digunakan sebagai indikator kemampuan melakukan nitrifikasi pada biofilter karena jumlah nitrifikasi hampir sebanding dengan jumlah oksigen terlarut yang dikonsumsi oleh bakteri nitrifikasi. Selain itu kadar CO₂ yang tinggi akibat proses perombakan bahan organik di kompartemen filter mekanis selain dapat menurunkan nilai DO juga nilai pH, sehingga suplai oksigen dengan pengaerian yang kuat ke dalam kompartemen biofilter harus dipertahankan. Dengan adanya proses pengaerian tersebut, maka proses pelepasan gas CO₂ tersebut diharapkan dapat segera terjadi. Dengan nilai DO dan pH yang stabil maka pertumbuhan lobster pasir di dalam media pemeliharaan sistem RAS tidak akan menjadi terhambat.



Gambar 4. Fluktuasi dan perbedaan DO antara sistem RAS dan air mengalir (FT) pada pagi dan sore hari.

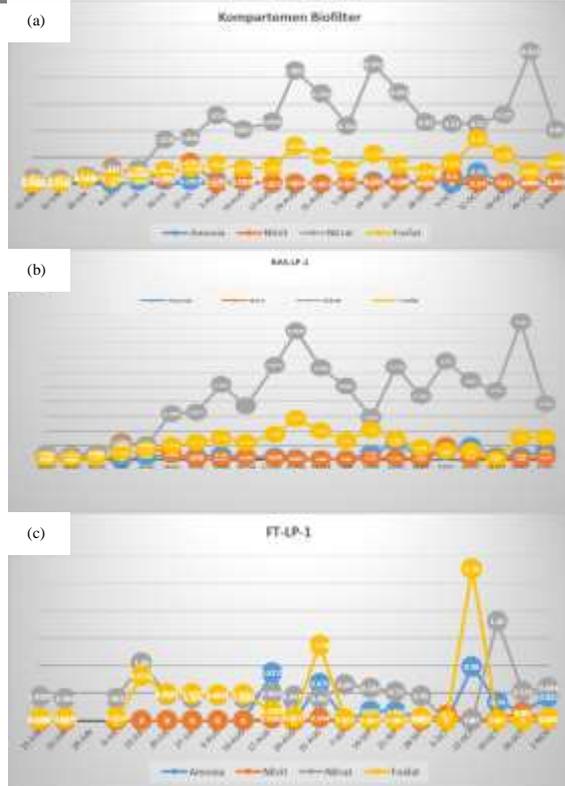
Pada Gambar 5 terlihat bahwa suhu pada pagi hari antara perlakuan sistem RAS dan FT tidak terlalu jauh berbeda dan fluktuasinya cukup stabil. Namun pada sore harinya terlihat bahwa suhu di perlakuan FT cenderung mengalami penurunan sebesar 1-2°C, sedangkan pada perlakuan RAS suhunya cenderung untuk terus stabil mulai pagi hingga sore hari. Pada kegiatan ini, suhu optimum biofilter berkisar 28-32°C, dan diduga kemampuan nitrifikasi menurun saat suhu turun di bawah 28°C. Kawai et al., (1965) menemukan bahwa kemampuan bakteri nitrifikasi menjadi sangat rendah ketika suhu air di bawah 10°C dan semakin menurun ketika suhu turun di bawah 5°C. Lebih lanjut juga disebutkan oleh Kawai et al., (1965); Yamamoto (2013) bahwa kemampuan nitrifikasi pada suhu 25°C adalah 1,4-2,0 kali lebih tinggi dibandingkan pada suhu 15°C. Dalam rentang suhu tersebut, semakin tinggi suhu air pada biofilter maka semakin tinggi pula kemampuan nitrifikasi.



Gambar 5. Fluktuasi dan perbedaan suhu antara sistem RAS dan air mengalir (FT) pada pagi dan sore hari.

Persiapan untuk penumbuhan bakteri nitrifikasi secara alami di dalam kompartemen biofilter dilakukan sekitar 6 minggu setelah sistem RAS dioperasikan untuk pemeliharaan lobster pasir. Dilakukan pemberian aerasi yang kuat dan komponen yang sesuai spesifikasi untuk memberi kesempatan tumbuhnya biofilm dalam kompartemen biofilter. Hasil monitoring kadar ammonia, nitrit, nitrat dan fosfat di bak pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 6 a-c. Pada Gambar 6 a terlihat jelas adanya pola akumulasi nitrat pada sistem biofilter yang dimulai pada minggu ke-6 sejak awal pemeliharaan akibat meningkatnya ekskresi metabolit yang dapat diasimilasi oleh sistem tersebut. Pada Gambar tersebut, peningkatan kadar nitrat mulai terlihat pada umur sekitar 6 minggu yang mencapai 3,3 mg/L dan pernah mencapai puncaknya, yaitu pada saat masa pemeliharaan sekitar 100 hari (mencapai 9,9 mg/L). Pada tahap berikutnya kadar nitrit mengalami penurunan seiring dengan menurunnya kadar ammonia. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi transformasi ammonia menjadi nitrit yang disertai dengan transformasi nitrit (NO₂) menjadi nitrat (NO₃). Dari hasil pengujian selanjutnya didapatkan bakteri dari genus *Bacillus* yang tumbuh di dalam media tersebut.

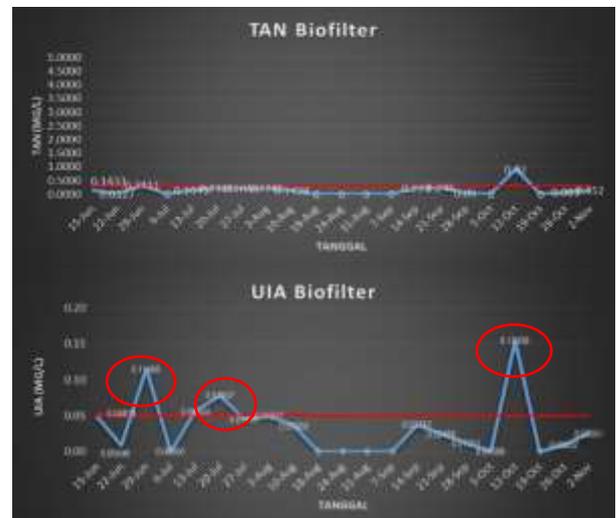
Pada sistem FT (Gambar 6 c) kandungan ammonia dan nitrit di media pemeliharaan terkendali karena adanya perlakuan penggantian air. Pergantian air baru sebanyak 500 persen setiap hari secara nyata menekan kadar nitrit di bawah 1 mg/L. Namun bila dibandingkan nilainya dengan sistem RAS terlihat bahwa kandungan ammonia dan nitrit juga tidak pernah melebihi 1 mg/L (Gambar 6 b). Hanya kandungan nitrat yang terlihat berbeda secara nyata dengan sistem RAS, dimana kandungan nitrat tidak terlihat mengalami peningkatan secara signifikan. Pada sistem FT, nilai nitrat, terlihat pada level yang hampir sama dengan nilai ammonia, nitrit dan fosfat.



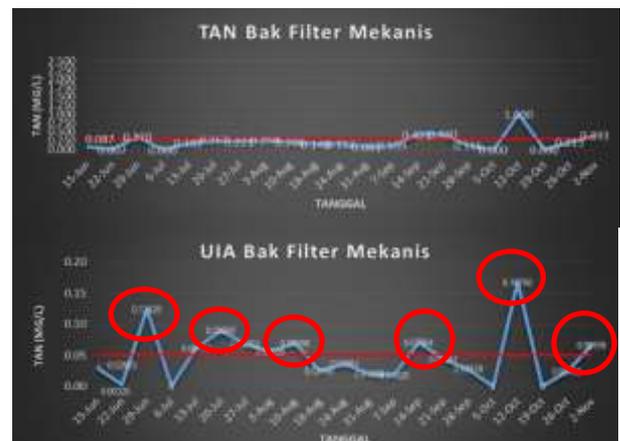
Gambar 6. Fluktuasi amonia, nitrit, nitrat dan fosfat di dalam kompartemen biofilter sistem RAS (a); di dalam bak pemeliharaan lobster pasir sistem RAS (b) dan FT (c).

Kandungan amonia, terutama amonia tak terionisasi (UIA), harus dieliminasi untuk menyelamatkan biota air yang dipelihara. Pada budidaya udang sistem intensif, tingginya nilai UIA ini (yang merupakan metabolit hasil ekskresi akibat biomassa udang yang besar dan pemberian pakan dalam jumlah besar), merupakan kendala dalam budidaya udang intensif dan harus dieliminasi untuk menyelamatkan biota air yang dipelihara (Suastika Jaya, 2019). Kadar UIA juga mungkin dapat dieliminasi oleh beberapa proses yaitu: 1) nitrifikasi oleh bakteri autothroph; 2) asimilasi oleh bakteri heterothroph; 3) asimilasi oleh alga fotosintetik (Wyk, 1999). Walaupun peran bakteri nitrifikasi untuk merubah ammonia menjadi nitrat sangat penting dalam perlakuan sistem RAS, namun demikian proses tersebut tidak selalu dapat mengimbangi tingginya kadar ammonia yang dapat mengancam hidup dan pertumbuhan organisme akuatik yang sedang dibudidayakan. Oleh karena itu dalam kegiatan ini kami menambahkan molase ke dalam kompartemen biofilter dengan dosis 64 gr/gr TAN setiap minggunya. Gambar 7

adalah kondisi UIA di dalam kompartemen biofilter yang secara rutin ditambahkan molase, sedangkan Gambar 8 adalah kondisi UIA di dalam kompartemen filter mekanis yang tidak ditambahkan molase. Dari kedua gambar tersebut terlihat bahwa pada kompartemen filter mekanis dari 21 kali pengambilan sampel air media terdeteksi sebanyak 8 kali (38,1%) nilai UIA nya berada diatas ambang batas. Tingginya nilai UIA ini jauh berkurang pada kompartemen biofilter yaitu sebanyak 3 kali (14,3%) berada di atas ambang batas. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan molase secara signifikan meningkatkan kemampuan bakteri nitrifikasi untuk melakukan proses nitrifikasi di dalam sistem RAS.



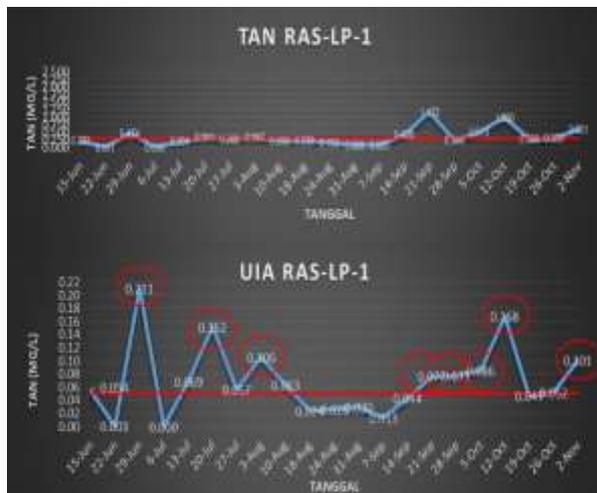
Gambar 7. Fluktuasi TAN dan UIA di dalam kompartemen Biofilter.



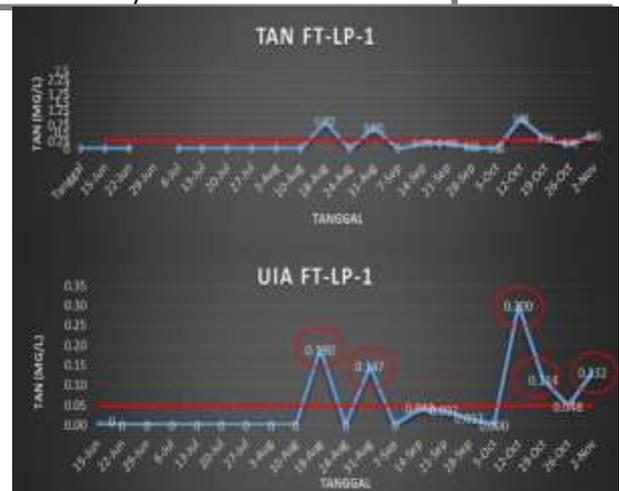
Gambar 8. Fluktuasi TAN dan UIA di dalam kompartemen Filter Mekanis.

Namun demikian, karena proses penuaan dan ekskresi bakteri serta adanya

sumber nitrogen baru (dari sisa pakan, feses maupun urine dari lobster pasir) maka kadar UIA mulai meningkat lagi karena habisnya karbon dari molase. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 9, dimana nilai UIA di dalam wadah pemeliharaan lobster pasir kembali meningkat menjadi 8 kali (38,1%) diatas nilai ambangnya, kondisi ini sama dengan nilai UIA di kompartemen filter mekanis. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan molase harian kemungkinan diperlukan untuk pengelolaan amonia yang berkelanjutan. Sedangkan wadah pemeliharaan lobster pasir kontrol "tanpa dosis" (sistem FT) (Gambar 10) ternyata hanya menunjukkan sedikit penurunan kadar UIA selama pengujian berlangsung. Dari gambar terlihat bahwa persentase penurunan nilai UIA nya ternyata sedikit lebih tinggi (23,8%) dibandingkan dengan penurunan nilai UIA di dalam kompartemen biofilter. Hasil ini menunjukkan bahwa hanya dengan penggantian air ternyata tidak mencukupi untuk mengurangi nilai UIA dalam media pemeliharaan. Komponen bakteri nitrifikasi dan penambahan molase terbukti sangat efektif untuk menghilangkan nilai UIA dari dalam media pemeliharaan selama pemeliharaan lobster pasir berlangsung.



Gambar 9. Fluktuasi TAN dan UIA di dalam bak pemeliharaan lobster pasir RAS.



Gambar 10. Fluktuasi TAN dan UIA di dalam bak pemeliharaan lobster pasir sistem air mengalir (FT).

Molase adalah bentuk ideal dari karbon organik karena murah dan sebagian besar mengandung karbohidrat tanpa nitrogen tambahan. Molase ini dapat dengan mudah ditambahkan, hanya dengan mencampurkan air dan memercikkan langsung ke dalam wadah pemeliharaan. Molase mengandung sekitar 40% karbon yang berarti perlu ditambahkan sekitar 32 gr molase untuk memenuhi setiap gram bio nitrogen-tersedia (Willet and Morrison, 2006). Namun dosis molase yang lebih rendah dikonsumsi oleh bakteri terlebih dahulu sebelum asimilasi amonia yang sempurna tercapai. Lebih lanjut dijelaskan oleh Willet and Morrison, (2006) bahwa dengan penambahan dosis molase tunggal, lebih dari 65% TAN dikeluarkan dari badan air dalam waktu enam jam. Dosis yang lebih tinggi memungkinkan asimilasi bakteri secara terus-menerus sehingga setelah 12 jam, amonia di dalam air hampir hilang. Dalam kegiatan ini kami tidak melakukan pengamatan 12 jam setelah pemberian molase, tetapi pengamatan secara rutin kami lakukan seminggu setelah pemberian molase. Dari Gambar 11 terlihat bahwa dengan pemberian dosis tunggal sebesar 64 gr/gr TAN maka nilai TAN tidak terlalu berfluktuasi dan cenderung mengalami penurunan yang cukup signifikan setelah pemberian molase ke dalam kompartemen biofilter.

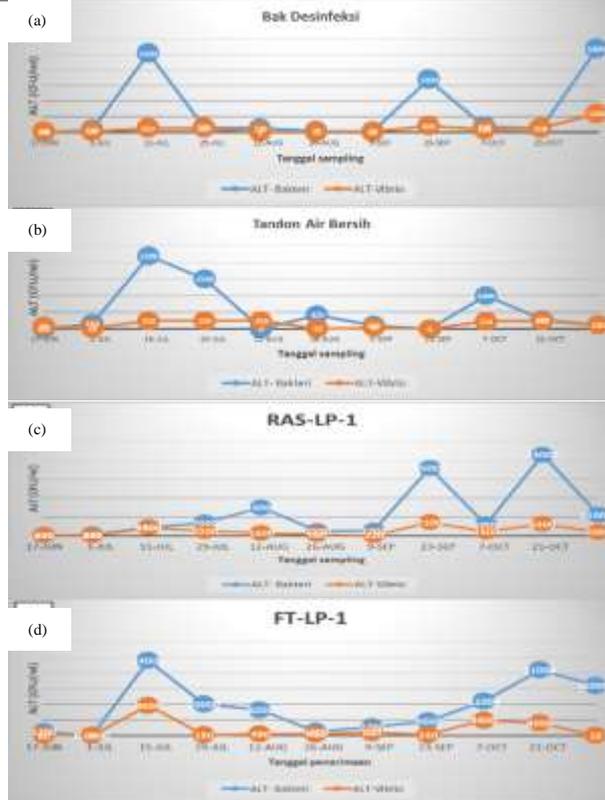


Gambar 11. Penambahan molase (gr) di dalam kompartemen biofilter berdasarkan kenaikan UIA.

Desinfeksi air umumnya dilakukan dengan menggunakan metode yang awalnya digunakan di industri air minum. Desinfeksi air tawar di industri air minum terutama bergantung pada perlakuan dengan klorin, UV, ozon, dan ultrafiltrasi. Di sisi lain, perlakuan desinfeksi air asin menggunakan UV, ozon, ion tembaga, dan teknik elektrolitik. Karena setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan, metode yang dipilih harus sesuai dengan spesifikasi dan tujuan RAS. Dalam kegiatan ini kami mempergunakan UV sterilizer dengan panjang gelombang 254 nm yang dijalankan selama 24 jam penuh selama pengujian berlangsung. Desinfeksi UV banyak digunakan dalam perikanan. Unit desinfeksi UV dilengkapi dengan lampu sinar ultraviolet dengan mekanisme sebagai berikut: sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 254 nm merusak inti sel mikroorganisme di dalam air, yang mengakibatkan kematian mikroorganisme. Dari berbagai lampu UV yang tersedia secara komersial, lampu dengan panjang gelombang 254 nm adalah yang paling efektif untuk desinfeksi, karena panjang gelombang serapan UV maksimum untuk DNA mendekati 260 nm. Dalam produksi benih ikan laut merah di RAS, UV membunuh 99,9% bakteri di dalam air (Yamamoto, 2013). Metode ini aman dan sederhana, namun perlakuan yang terlalu lama akan menghasilkan oksidan dalam jumlah yang berlebihan dalam air yang diolah. Oleh karena itu, pengaruh negatif dari oksidan perlu dipantau. Dalam kegiatan ini, UV-sterilizer diletakkan di bagian luar kompartemen desinfeksi. Air yang telah didesinfeksi kemudian masuk ke dalam kompartemen desinfeksi. Dari Gambar 12 a terlihat bahwa air laut yang telah didesinfeksi mempunyai kelimpahan vibrio yang sangat rendah dan hal ini terus berlangsung hingga pengujian

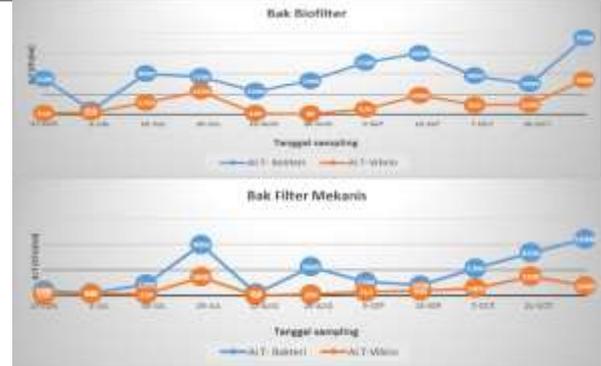
berakhir, sedangkan untuk jumlah bakteri lainnya hanya terpantau sedikit naik pada tiga kali pengambilan sampling. Demikian pula halnya dengan fluktuasi dan kelimpahan vibrio di tandon air bersih (Gambar 12 b) yang menunjukkan kelimpahan vibrio yang sangat rendah selama masa pengujian. Air bersih dengan kelimpahan vibrio yang rendah ini kemudian dialirkan ke wadah-wadah pemeliharaan lobster pasir.

Air bersih yang berasal dari tandon air bersih yang dialirkan ke wadah-wadah pemeliharaan ternyata akan berubah kondisinya begitu masuk di dalam wadah-wadah pemeliharaan lobster pasir. Dari Gambar 12 c terlihat bahwa kelimpahan vibrio dan bakteri dapat mengalami kenaikan hingga 10 kali lipat (dari 10^2 menjadi 10^3 CFU/ml). Hal ini dapat disadari karena di dalam wadah-wadah pemeliharaan tersebut air bersih tadi akan langsung terkontaminasi dengan berbagai sumber nitrogen, seperti dari sisa pakan, feses, urine dan lobster pasir itu sendiri. Namun dari data terlihat bahwa walaupun mengalami kenaikan hingga 10 kali lipat tetapi kelimpahannya masih dalam kisaran 10^3 CFU/ml. Kelimpahan vibrio dan bakteri yang tinggi ini harus diwaspadai jika nilainya telah mencapai diatas 10^4 CFU/ml. Jika hal ini terjadi maka cara yang paling tepat adalah melakukan penggantian air sebanyak yang diperlukan (diatas 5%) hingga kelimpahan vibrio turun kembali dibawah 10^3 CFU/ml dan harus segera dilakukan evaluasi secara keseluruhan terhadap sistem RAS yang sedang berjalan tersebut. Telah diketahui sebelumnya dari hasil kegiatan perekayasa ini bahwa hanya dengan penggantian air ternyata tidak mencukupi untuk mengurangi nilai UIA dalam media pemeliharaan. Hal ini ternyata juga terjadi pada kelimpahan bakteri di dalam wadah-wadah pemeliharaan dengan sistem penggantian air konvensional. Dari Gambar 12 d terlihat bahwa hanya pada beberapa sampling saja kelimpahan vibrio bisa mencapai di bawah 10^1 - 10^2 CFU/ml, sedangkan pada sampling lainnya terlihat bahwa kelimpahan vibrio telah mencapai diatas 10^2 - 10^3 CFU/ml. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan penggantian air saja tidak akan mencukupi untuk memperbaiki kualitas air yang dipakai untuk pemeliharaan hewan akuatik.



Gambar 12. Fluktuasi dan kelimpahan bakteri dan vibrio di dalam kompartemen desinfeksi (a); tandon air bersih (b); di dalam bak pemeliharaan RAS (c) dan sistem air mengalir (FT) (d).

Kemampuan UV-sterilizer yang sangat efektif untuk membunuh vibrio memang hanya terlihat didalam kompartemen desinfeksi (Gambar 12 a). Dari Gambar 13, terlihat bahwa perlakuan secara biologis dan mekanis ternyata tidak secara signifikan mengurangi kelimpahan vibrio dan bakteri di masing-masing kompartemen RAS tersebut. Dari data terlihat bahwa di kedua kompartemen tersebut tidak terlihat adanya penurunan kelimpahan vibrio dan bakteri, dan nilainya masih dalam kisaran 10^2 - 10^3 CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan UV-sterilizer sangat diperlukan dalam RAS agar kelimpahan vibrio dapat terus ditekan selama pemeliharaan hewan akuatik tersebut. Dengan kelimpahan vibrio yang rendah maka kemungkinan untuk terjadinya serangan penyakit pada lobster pasir di dalam sistem RAS dapat dihindarkan



Gambar 13. Fluktuasi dan kelimpahan bakteri dan vibrio di dalam kompartemen biofilter dan filter mekanis.

SIMPULAN

- Dari hasil studi ini diketahui bahwa RAS dapat menjaga kualitas air yang stabil dalam waktu yang relatif lama.
- Bakteri nitrifikasi yang tumbuh di dalam komponen biofilter mampu menurunkan kadar amonium nitrogen, dimana akumulasi dari nitrat nitrogen (NO_3^-) yang dihasilkan dari perombakan nitrit nitrogen (NO_2^-) oleh bakteri nitrifikasi, merupakan sinyal bahwa proses “pematangan” bakteri nitrifikasi telah tercapai yang memerlukan waktu sekitar 6 minggu setelah sistem RAS dijalankan.
- Proses nitrifikasi mengkonsumsi alkali, karenanya menurunkan nilai pH di dalam air, selain itu juga mengkonsumsi sejumlah besar oksigen sehingga suplai oksigen ke dalam kompartemen biofilter harus dipertahankan.
- Ketersediaan bahan organik yang tinggi dapat mempromosikan pertumbuhan bakteri nitrifikasi. Namun demikian, akumulasi bahan organik yang berlebihan pada RAS tidak secara signifikan meningkatkan jumlah bakteri heterotrofik sehingga diperlukan penambahan unsur karbon (ex. molase) untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri tersebut.
- Rendahnya jumlah bakteri dan vibrio sistem RAS disebabkan oleh

penggunaan UV-sterilizer dengan panjang gelombang 254 nm.

filter sand. *Nippon Suissan Gakkaishi* 31: 65-71.

DAFTAR PUSTAKA

- Alem, M.D.B. 2018. Studi Pengurangan Ammonia pada Pendederan Kakap Merah (*Lutjanus* sp) dengan Sistem Budidaya Resirkulasi. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Bregnballe, J. 2015. *A Guide to Recirculation Aquaculture: An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organisation.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1–14.
- Emerson, K., Russo, R.C., Lund, R.E. and Thurston, R.V. 1975. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effects of pH and Temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* Vol. 32: 2379-2383.
- Fleckenstein, L.J., Tierney, T.W. and Ray A.J. 2018. Comparing biofloc, clear-water, and hybrid recirculating nursery systems (Part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality dynamics. *Aquacultural Engineering* 82: 80–85.
- Fujita, K., Yamamoto, K., Takizawa, S. 1994. Classification of filtration, rapid-filtration, bio-filtration, membrane-filtration. *Gihodo*, Tokyo, p 301.
- Kawai, A., Yoshida, Y., Kimata, M. 1965. Biochemical studies on the bacteria in the aquarium with a circulating sistem. II. Nitrifying activity of the filter sand. *Nippon Suissan Gakkaishi* 31: 65-71.
- Lukman. 2005. Uji Pemeliharaan Ikan Pelagis Irian (*Melanotaenia boesemani*) di Dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 5 (1): 25-30.
- McGee, M. and Cichra, C. 1988. Principles of Water Recirculation and Filtration in Aquaculture. *Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida*.
- Mulyadi, Tang, U. and Yani, E.S. 2014. Sistem Resirkulasi dengan Menggunakan Filter yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 2(2) :117-124.
- Ray, A.J., Drury, T.H., Cecil, A. 2017. Comparing clear-water RAS and biofloc systems: Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production, water, quality, and biofloc nutritional contributions estimated using stable isotopes. *Aquacultural Engineering* 77: 9–14.
- Suastika Jaya, IBM., Anshory, L., Suyuti, R.M. dan Riswandi, M.A. 2019. Perbandingan Aplikasi RAS dan Flow-Through Sistem dalam Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Bak Indoor. *Jurnal Perekayasaan Akuakultur Indonesia* Volume I Nomor 4, Oktober: 56-70.
- Suantika, G., Situmorang, M.L., Kurniawan, J.B., Pratiwi, S.A., Aditiawati, P., Astuti, D.I., Azizah, F.F.N., Djohana, Y.A., Zuhrid, U., Simatupang, T.M.. 2018. Development of a zero water discharge (ZWD)—Recirculating aquaculture sistem (RAS) hybrid sistem for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions

- and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia. *Aquacultural Engineering* 82: 12–24.
- Takeuchi, T. (Editor). 2017. Application of Recirculating Aquaculture Systems in Japan. *Fisheries Science Series. Springer Japan KK and the Japanese Society of Fisheries Science*.
- Van Wyk, P., Scarpa, J. 1999. *Water quality requirements and management*. In: Van Wyk P., M. Davis-Hodgkins, R. Laramore (Editors) *Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems*. Florida: Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Harbor Branch Oceanic Institute. P 141-162.
- Willet, D. and Morrison, C. 2006. Using molasses to control inorganik nitrogen & pH in aquaculture ponds. *Queensland Aquaculture News*, Issue 28.
- Wuertz, S., Hermelink, B. and Schulz, C. 2014. Pike Perch In Recirculation Aquaculture: Suhu Controls Gonad Maturation, Growth Performance. *Global aquaculture advocate* May/June 2012.
- Yamamoto, Y. 2013. Research of development for closed recirculation sistem for seed production in marine fishes. *Doctoral dissertation* of graduated School of Marine Science and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technoogy. 206p