

COMPARISON OF GROW-OUT METHODS OF SAND LOBSTER (*Panulirus homarus*) WITH RECIRCULATION AQUACULTURE SYSTEM (RAS) AND FLOW-THROUGH (FT): STUDY OF BIOLOGICAL ACTIVITIES

Bambang Widyo Prastowo*¹, Manja Meyky Bond¹, Betutu Senggagau¹

ABSTRACT

Aquaculture technology using Recirculating Aquaculture System (RAS) is basically a technology for fish farming by reusing water used in production. This technology is based on the use of mechanical and biological filters, and this method in principle can be used for all species cultivated in aquaculture such as fish, shrimp, shellfish and others. This study was carried out at Station for Investigation of Fish Health and Environment (LP2IL) Serang's field test facility starting from June to November 2020 (110 days of sand lobster grow-out period). In this study, the RAS system used for grow-out of sand lobster uses a series of containers, compartments, tanks and equipment for water treatment with the following purification stages (1) sedimentation containers; (2) physical filtration; (3) biological filtration, (4) disinfection of water by UV irradiation, (5) removal of CO₂, (6) clean water reservoirs and (7) tanks for grow-out of sand lobster. In this study, a series of tests were carried out on several biological activities parameters of sand lobster including growth weight and length, FCR, SR, molting and biomass, which were measured every two weeks during grow-out period. From the results of this study activity, it is found that the biological parameters of sand lobster grow-out with RAS is improving when compared to sand lobster grow-out in flow through water system (FT).

Keyword: *RAS, FT, sand lobster, grow-out, biological activities*

Pendahuluan

Teknik budidaya ikan dengan padat tebar tinggi, serta kondisi lingkungan yang terkontrol yang mampu meningkatkan produksi ikan pada lahan dan air yang terbatas atau lebih dikenal dengan nama *Recirculating Aquaculture Sistem* (RAS) telah banyak dipergunakan di

seluruh dunia saat ini (Lukman, 2005). Ray (2012) menjelaskan bahwa sistem akuakultur tertutup ini memungkinkan tingkat kontrol yang tinggi atas produksi. Input seperti air dan pakan diatur oleh produsen dan parameter sistem seperti level suhu, pH, dan oksigen terlarut dapat dikelola lebih mudah daripada kolam tradisional. Sistem tertutup

* E-mail: bambang_fds@yahoo.com

¹ Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan Serang, Banten

menggunakan lebih sedikit air daripada metode akuakultur lainnya sehingga mengurangi kemungkinan kontaminasi lingkungan (Verdegemet al., 2006). Sistem seperti itu serbaguna dan dapat ditempatkan di dalam ruangan, memungkinkan peningkatan biosecurity, produksi di beragam iklim, dan lokasi di dekat pasar dan konsumen tertentu (Martins et al., 2010). Sedangkan dalam sistem air mengalir/*Flow-Through* (FT), air mengalir terus menerus dalam jumlah tertentu. Keuntungan dengan air yang terus mengalir ini adalah kandungan oksigen terlarut dalam air menjadi tinggi dan hasil metabolisme ikan dapat segera dibuang dari dalam kolam, sehingga kolam dapat ditebari ikan dengan kepadatan yang tinggi.

Dua jenis sistem akuakultur tertutup adalah RAS bioflok (BF) dan RAS air jernih (AJ) (Fleckenstein et al., 2018). Dalam sistem RAS AJ menggunakan lebih banyak komponen filtrasi, termasuk filter biologis dan mekanik eksternal. Biaya untuk membeli dan mengoperasikan komponen filtrasi tambahan untuk sistem RAS AJ mungkin menjadikan pendekatan ini lebih mahal. Namun, siklus nitrifikasi dalam sistem RAS AJ mungkin lebih stabil daripada di sistem BF karena lingkungan terkendali yang disediakan oleh biofilter eksternal (Ebeling dan Timmons, 2012; Ray et al., 2017). Sementara sistem ini lebih mahal untuk diterapkan, namun manfaat stabilitas tambahan dan panen yang dapat diprediksi pada akhirnya bisa membuat teknologi ini menjadi pilihan yang menguntungkan.

Studi ini bertujuan untuk merancang bangun sistem RAS yang efektif untuk pembesaran lobster

pasir dan mengevaluasi efektivitas dan kepraktisan sistem dalam aplikasi untuk produksi lobster pasir dan membandingkannya dengan sistem air mengalir (FT) konvensional.

Metode

Persiapan dan Konstruksi Sistem RAS dan Air Mengalir (FT)

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 L 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 nitrifikasi 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 lobster pasir: 4 buah bak fiber glass 1000 L untuk kegiatan RAS dan 2 buah bak untuk kegiatan pembesaran dengan sistem FT.

Dalam sistem air mengalir (FT), pergantian air menggunakan air baru yang dialirkan dari tandon air laut

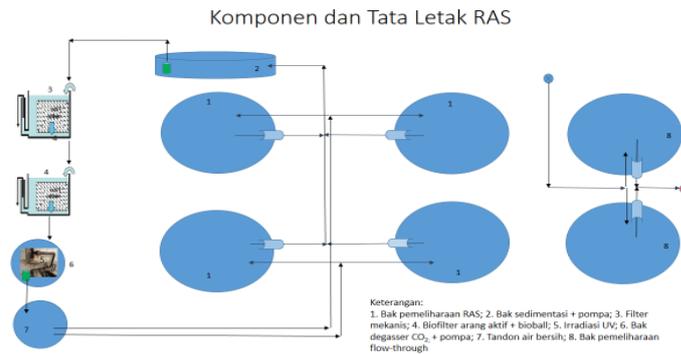
secara gravitasi ke bagian permukaan air bak di salah satu ujung bak. Pembuangan air efluen berlangsung melalui pipa overflow yang berhubungan dengan lubang drainase, diletakkan di luar bak sehingga air bak yang terbuang adalah air bagian bawah pada ujung yang lain. Untuk lebih jelasnya komponen dan tata letak dari masing-masing sistem yang dipergunakan dalam studi ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Pengkondisian sistem RAS

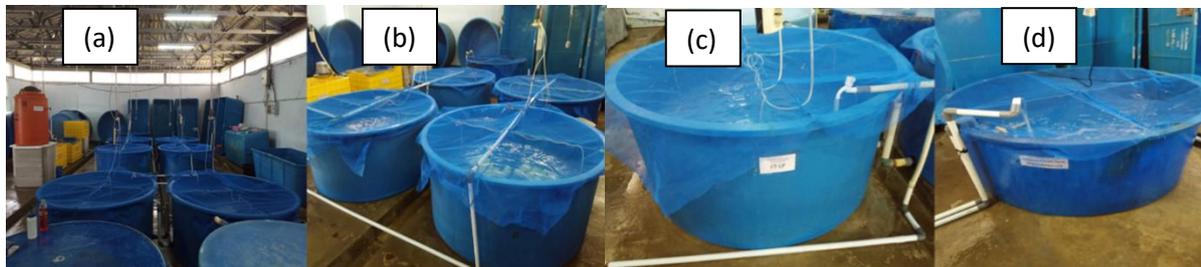
Parameter kualitas air dan mikrobiologi yang diukur yaitu:

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.

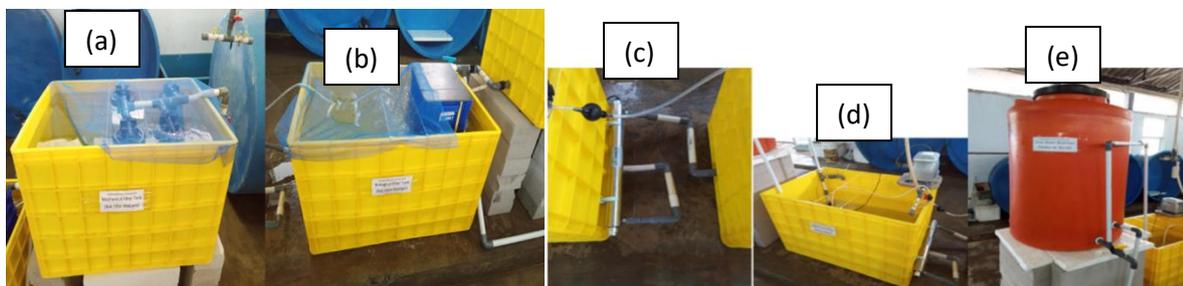
Parameter mikrobiologis diukur dengan menggunakan metode penghitungan total bakteri atau penghitungan lempeng total, dengan mengambil sampel sebanyak 50 mL air untuk biakan dari masing-masing bak pembesaran lobster pasir dan tangki filtrasi. Total bakteri dihitung setiap minggu dengan menanam air sampel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



Gambar 1. Komponen dan tata letak sistem RAS dan air mengalir (FT) untuk pemeliharaan lobster pasir



Gambar 2. (a) Fasilitas pengujian sistem RAS dan air mengalir (FT) untuk pemeliharaan lobster. (b) 4 buah bak pemeliharaan lobster sistem RAS; (c) Bak pemeliharaan lobster sistem FT dan (d) bak sedimentasi



Gambar 3. (a) Kompartemen filter mekanis dan (b) filter biologis; (c) UV-sterilizer, (d) kompartemen *degasser* CO₂ dan (e) tandon air bersih

Analisa Parameter Biologis 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. Parameter biologis yang diambil adalah berat total, mean body weight (MBW), specific growth rate (SGR),

survival rate (SR) and feed conversion ratio (FCR) diukur dua minggu sekali selama masa pemeliharaan.

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. Sebanyak empat bak fiber glass volume 1 m³ diterapkan untuk perlakuan RAS sedangkan pada dua buah bak fiber lainnya

(volume 1 m³) diterapkan 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 studi ini adalah: 1) wadah sedimentasi, 2) filter mekanis, 3) filter biologis; 4) irradiasi UV, 5) degasser CO₂ dan pengkayaan oksigen.

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

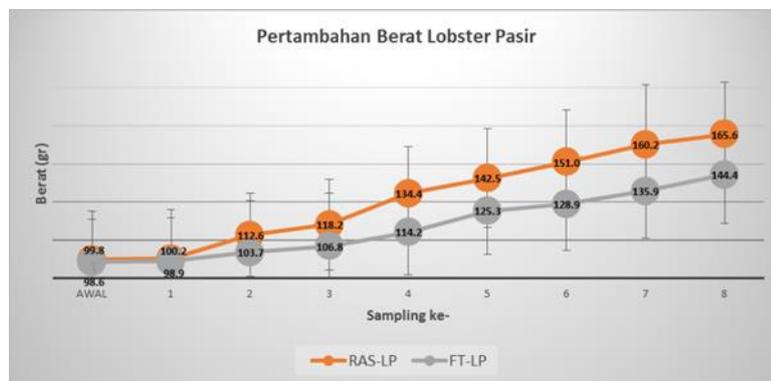
sedimentasi ke dalam kompartemen filter mekanis. Sedangkan pompa celup kedua (stasiun pompa 2) mengalirkan air laut yang telah diiradiasi dengan sinar UV dan selanjutnya dimasukkan ke dalam tandon air bersih. Namun cukup dengan perbedaan elevasi maka aliran air dari kompartemen filter mekanis ke dalam 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-kompartemen sebelumnya, sehingga tinggi permukaan air di stasiun pompa 1 dan 2 tersebut akan selalu tetap.

Produksi Lobster Pasir

Beberapa parameter biologis (seperti penambahan berat, panjang badan, panjang karapas, pertumbuhan mutlak, pertumbuhan harian dan biomassa) lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan FT dapat dilihat pada Gambar 4-11 di bawah ini. Semua data dikumpulkan dan dianalisa setelah dilakukan pemeliharaan lobster pasir selama 110 hari di masing-masing sistem.

Lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS pada akhir pengujian menunjukkan berat akhir yang berbeda sangat nyata dengan lobster pasir yang dipelihara dengan sistem FT (Gambar 4). Namun demikian perbedaan yang nyata dari pertambahan berat lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS ini mulai terlihat pada saat sampling ke-

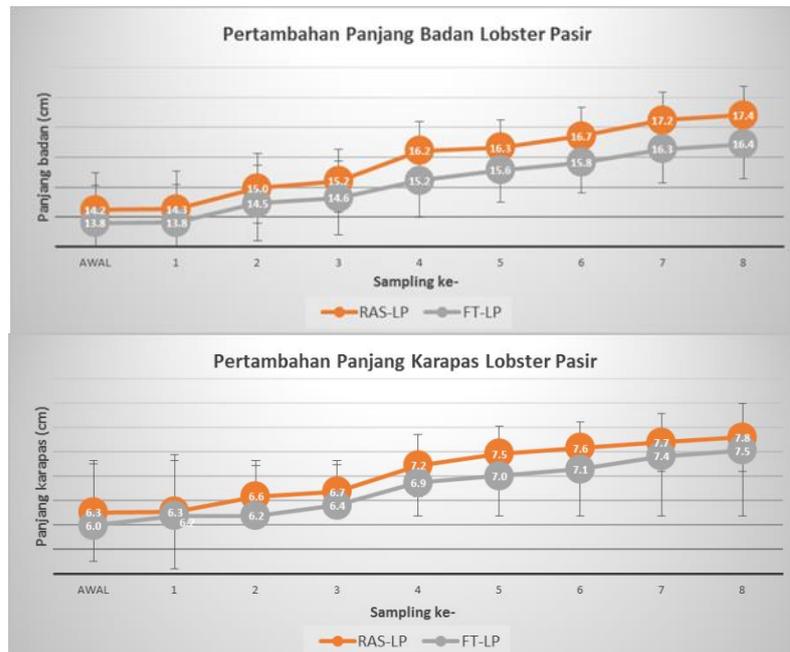
4. Walaupun demikian dari gambar tersebut juga terlihat bahwa baik lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan FT dimulai dari minggu ke-4 dan seterusnya mengalami perlambatan dalam penambahan beratnya. Fenomena ini akan lebih dijelaskan pada penjelasan parameter biologis selanjutnya.



Gambar 4. Pertambahan berat lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT).

Seperti halnya pada data pertambahan berat lobster pasir, maka pertambahan panjang dan karapas lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS maupun FT menunjukkan kondisi yang hampir sama. Panjang badan dan panjang karapas lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS terlihat lebih panjang (walaupun tidak secara nyata) dibandingkan dengan lobster pasir yang dipelihara dengan sistem FT pada akhir pengujian.

Pertambahan panjang badan dan karapas lobster pasir yang tertinggi juga terjadi pada saat sampling ke-4, dan kemudian setelah itu pertambahannya mengalami perlambatan hingga akhir pengujian. Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 tersebut menunjukkan bahwa lobster pasir di dalam sistem RAS dapat tumbuh (berat dan panjang) lebih baik jika dibandingkan dengan lobster pasir yang dipelihara dalam sistem FT.

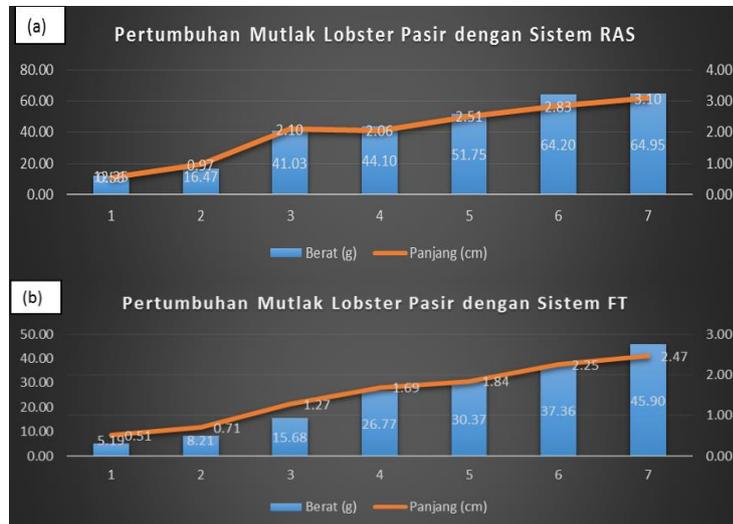


Gambar 5. Pertambahan panjang badan dan karapas lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)

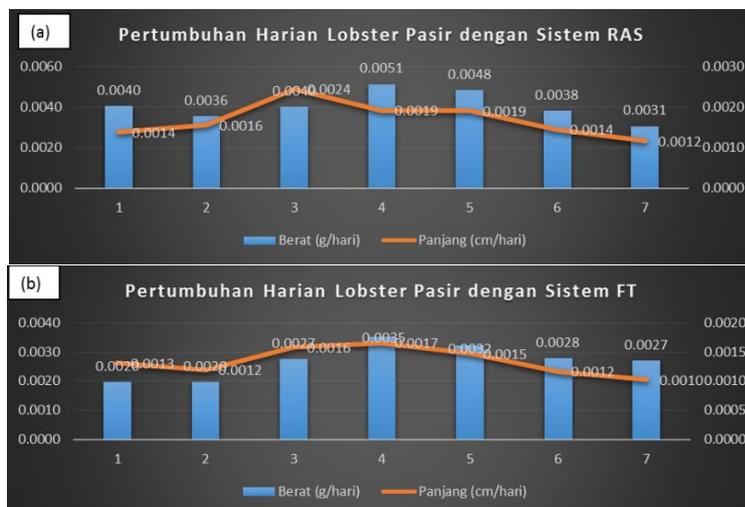
Dari Gambar 6 a terlihat bahwa lobster pasir yang dipelihara selama 110 hari dalam sistem RAS mempunyai pertumbuhan berat mutlak sebesar 64.95 gram dan panjang mutlak sebesar 3,1 cm, berbeda sangat nyata dengan lobster pasir yang dipelihara dengan sistem FT (Gambar 6 b), yang hanya mempunyai pertumbuhan berat mutlak sebesar 45.9 gram dan panjang mutlak sebesar 2,47 cm. Sedangkan rerata pertumbuhan berat dan panjang harian lobster pasir yang dipelihara dalam sistem RAS adalah sebesar 0,0041 gr/hari dan 0,0019 cm/hari (Gambar 7 a). Yang mana nilainya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan rerata pertumbuhan berat dan panjang harian lobster pasir yang dipelihara dalam sistem FT (Gambar 7 b) yaitu sebesar 0,0027 gr/hari dan 0,0014 cm/hari. Walaupun lobster pasir yang dipelihara dalam sistem RAS

mempunyai pertumbuhan mutlak dan harian yang jauh lebih besar dibandingkan lobster pasir di dalam sistem FT, namun terdapat fenomena yang sama dengan pertumbuhan harian lobster pasir di kedua sistem tersebut dimana puncak tertingginya dicapai pada saat sampling ke-4 dan kemudian pertumbuhan hariannya mengalami penurunan hingga pengujian berakhir. Menurunnya pertumbuhan lobster pasir setelah minggu ke-4 ini diduga terjadi karena adanya biomassa lobster pasir yang semakin besar di dalam masing-masing wadah pemeliharaan (lihat Gambar 11). Hal ini menyebabkan lobster pasir menjadi tidak nyaman dengan tempat hidupnya dikarenakan adanya persaingan yang tinggi dalam volume ruangan yang tersedia, persaingan dalam mencari makan dan semakin menurunnya beberapa parameter kualitas air seperti DO dan

pH yang menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhannya.



Gambar 6. Pertumbuhan mutlak lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)



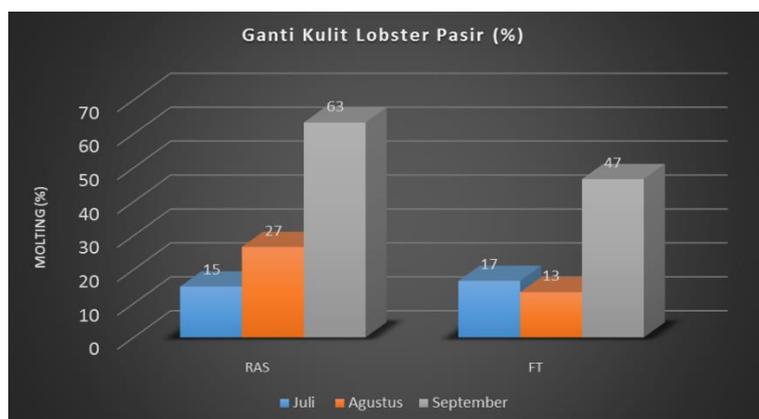
Gambar 7. Pertumbuhan harian lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)

Kemampuan untuk melakukan ganti kulit sangat diperlukan oleh lobster pasir agar dapat tumbuh dan bertambah besar. Agar dapat melakukan ganti kulit maka lobster pasir harus mempunyai energi yang cukup untuk mengganti kulitnya yang lama dengan kulit yang baru. Energi

tersebut didapatkan dari makanan yang dimakannya, tanpa energi yang cukup maka lobster pasir akan mengalami gagal ganti kulit dan dapat mengakibatkan kematian. Selain itu diperlukan kondisi lingkungan yang prima dan suasana yang mendukung, tanpa adanya gangguan dari manusia

baik yang berasal dari suara, getaran maupun hilir mudik manusia di sekitar wadah pemeliharaan. Setelah semua kriteria itu dipenuhi maka setelah 3 bulan pemeliharaan terlihat

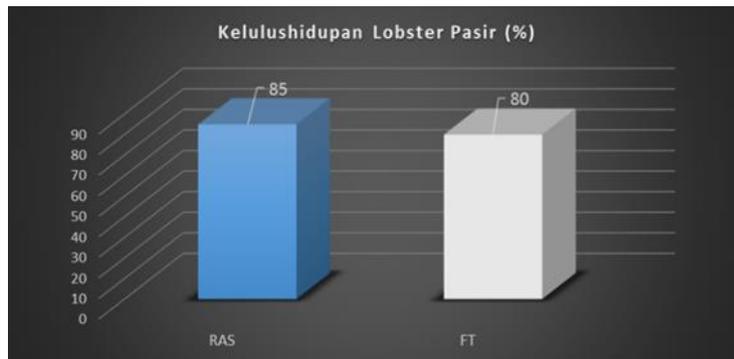
adanya perbedaan ganti kulit yang sangat nyata antara lobster pasir yang dipelihara dengan perlakuan RAS (35%) dan FT (25,7%) (Gambar 8).



Gambar 8. Frekuensi ganti kulit (%) lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)

Dari studi ini diketahui bahwa adanya kematian lobster pasir bukan disebabkan sepenuhnya oleh kualitas air yang buruk, seperti tingkat ammonia yang tinggi. Dari hasil pengamatan terhadap lobster pasir yang mati terlihat bahwa kematian lobster pasir tersebut terutama disebabkan karena dimakan temannya sendiri (kanibal). Sifat kanibal ini terutama muncul pada saat ada lobster pasir yang lemah akibat proses ganti kulit atau pada saat lobster pasir tersebut sedang ganti kulit. Kematian lobster pasir mulai terjadi pada saat sampling ke 4, hal ini mungkin terjadi karena volume wadah pemeliharaan

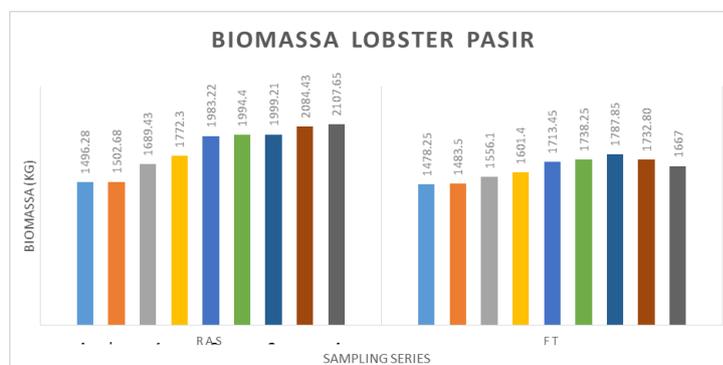
sudah semakin penuh sesak oleh lobster pasir. Selain itu lobster pasir juga mempunyai sifat territorial yang sangat tinggi sehingga apabila terdapat lobster pasir lain yang terlalu berdekatan dengannya pasti akan diserang dan apabila dalam kondisi lemah maka akan dimakan oleh lobster pasir tersebut. Tingkat kelulushidupan lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS terlihat lebih tinggi (85%) dibanding tingkat kelulushidupan lobster pasir yang dipelihara dalam sistem FT (80%) (Gambar 9).



Gambar 9. Kelulushidupan (%) lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)

Rasio konversi pakan (FCR) lobster pasir dalam studi ini terus berfluktuasi selama pengujian berlangsung, namun pada akhir pengujian terlihat bahwa nilai FCR lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS adalah jauh lebih baik (17,9) bila dibandingkan dengan nilai FCR lobster pasir yang dipelihara dengan sistem FT (26,7) (Gambar 10). Salah satu faktor yang menyebabkan masih tingginya FCR lobster pasir yang dipelihara ada jenis pakan yang diberikan, dimana dari pengalaman yang kami dapatkan ternyata lobster pasir yang dipelihara dalam studi ini ternyata tidak menyukai pakan berupa kerang hijau. Hal ini tentunya sangat bertolak belakang dengan berbagai informasi di literatur yang menyebutkan bahwa

pakan yang sesuai untuk lobster adalah kerang hijau selain ikan rucah. Sehingga dalam pemeliharaan selanjutnya kami hanya mempergunakan pakan berupa ikan rucah. Lobster pun ternyata juga menyukai jenis ikan rucah tertentu. Ikan rucah dengan ukuran yang terlalu kecil, yang untuk pemberiannya langsung diberikan dalam bentuk ikan utuh ternyata tidak disukai oleh lobster pasir. Dari hasil pengamatan diketahui bahwa ikan rucah dengan ukuran yang cukup besar dan kemudian dipotong-potong kecil sangat disukai oleh lobster pasir, tetapi bagian kepala dan ekornya dibuang karena tidak disukai dan kurang bisa dicerna oleh lobster pasir.



Gambar 10. Biomassa (kg) lobster pasir yang dipelihara dengan sistem RAS dan air mengalir (FT)

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil studi ini didapatkan bahwa parameter biologis lobster pasir seperti pertumbuhan berat dan panjang, FCR, SR molting dan biomassa, yang dipelihara dengan sistem RAS terlihat lebih baik jika dibandingkan dengan lobster pasir yang dipelihara dengan sistem air mengalir.

Perlu dilakukan perbandingan antara budidaya lobster pasir dengan sistem RAS ini dengan pembesaran sistem karamba di laut untuk mengetahui kemampuan dari masing-masing sistem dalam pembesaran lobster pasir.

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.
- Avnimelech Y., Kochva M. & Diab S. 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 46, 119–131.
- Body, A. 2010. Phosphates, pH Management control Algal Blooms In Barramundi Ponds. *Global Aquaculture Advocate*: 24-25.
- 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.
- Ebeling, J. M., Timmons, M. B. and Bisogni, J.J. 2009. An Engineering Analysis of the Stoichiometry of Autotrophic, Heterotrophic Bacterial Control of Ammonia-Nitrogen in Zero-Exchange Marine Shrimp Production Systems. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, Volume 10: 63-89.
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., 2012. Recirculating aquaculture systems. In: Tidwell, J.H. (Ed.), *Aquaculture Production Systems*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, pp. 245–277.
- 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.
- Martins, C.I.M., Eding, E.H., Verdegem, M.C., Heinsbroek, L.T.N., Schneider, O., Blancheton, J.-P., d'Orbcastel, E.R., Verreth, J.A.J., 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. *Aquacult Eng.* 43, 83–93.
- 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., 2012. Biofloc technology for super-intensive shrimp culture. In: Avnimelech, Y. (Ed.), *Biofloc Technology - A Practical Guide Book*, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 167–188.
- 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, Lumbantoruan, G., Muhammad, H., Azizah, F.F.N., and Aditiawati, P. 2015. Performance of Zero Water Discharge (ZWD) Sistem with Nitrifying Bacteria and Microalgae *Chaetoceros calcitrans* Components in Super Intensive White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture. *J Aquac Res Development* 6: 359. doi:10.4172/2155-9546.1000359
- 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.
- Verdegem, M.C.J., Bosma, R.H., Verreth, J.A.J., 2006. Reducing water use for animal production through aquaculture. *Int. J. Water Resour. D* 22, 101–113.
- Willet, D. and Morrison, C. 2006. Using molasses to control inorganic nitrogen & pH in aquaculture ponds. *Queensland Aquaculture News*, Issue 28.
- Wuertz, S., Hermelink, B. and Schulz, C. 2014. Pike Perch In Recirculation Aquaculture: Suhue 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. 206

