

EFFECT OF *Pilsbryoconcha exilis* AS ORGANIC MATTER REMOVAL IN THE AQUAPONIC SYSTEM

Herman Yulianto¹ · Putu Cinthia Delis¹ · Abdullah Aman Damai¹ · Rara Diantari¹ · Suparmono¹ · Defrilasio Eldes Penmau² · Sefia Febriani²

Ringkasan *Aquaponics is a combination of aquaculture and hydroponics system. This system is expected to be able to overcome the problems of waste from aquaculture by utilizing Nitrogen (N) and Phosphorus (P) for vegetables. There are several obstacles found in aquaponics systems such as high suspended organic matter produced from the feed residue and fish metabolism. The addition of natural filters, namely freshwater mussels (*Pilsbryoconcha exilis*) is expected to solve these problems. This research was conducted for 40 days. The design used in this study was Factorial Completely Randomized Design with two main factors namely mussels density as factor-A and time of observation as factor-B. The treatments were P1 (0 mussels density), P2 (15 mussels density), and P3 (30 mussels density) for factor-A while time of observation were factor-B (D-0, D-10, D-20, D-30 and D-40). Each treatment was conducted in three repetition. The results showed that the time observa-*

*tion gave significantly different on water condition changes ($P < 0.05$), which will increase TSS, turbidity and chlorophyll value along with the increasing of time. *P exilis* in aquaponics was effective in reducing turbidity and chlorophyll concentration ($P < 0.05$). Therefore, aquaponics system with the highest mussels density (P3) with has lower turbidity and chlorophyll value than the one with 0 mussels density (P1).*

Keywords *aquaponic, aquaculture waste, TSS, chlorophyll, natural filter*

Received : 13 Februari 2019

Accepted : 24 Maret 2019

PENDAHULUAN

Akuaponik adalah salah satu bentuk inovasi dalam bidang budidaya perikanan yang banyak diaplikasikan di masyarakat. Akuaponik memadukan sistem akuakultur dan hidroponik pada sistem resirkulasi dengan efisiensi pemanfaatan nutrisi. Keutamaan dari sistem akuaponik ini adalah pemanfaatan limbah

¹)Aquatic Resources Study Program of Fisheries and Marine Science Departmen, FP UNILA ²)Aquaculture Study Program of Fisheries and Marine Science Department, FP UNILA
E-mail: herman.yulianto@fp.unila.ac.id

budidaya yang kemudian digunakan sebagai nutrisi bagi pertumbuhan tanaman/sayuran, dengan demikian sistem ini mampu mengefisienkan penggunaan air dan menjaga lingkungan perairan. Selain itu, sistem akuaponik akan memberikan dua hasil panen sekaligus yaitu ikan dan sayuran yang kemudian akan menguntungkan pembudidaya.

Teknologi akuaponik sudah mulai berkembang di negara-negara maju, terutama di kota-kota dengan lahan terbatas, salah satunya Singapura (Kyaw and Keong, 2017). Indonesia juga merupakan salah satu negara yang mulai mengembangkan teknologi ini. Teknologi ini banyak diminati karena mudah diaplikasikan dan efektif meningkatkan produksi ikan dan sayuran. Beberapa penelitian masih dikembangkan untuk menyempurnakan teknologi ini mulai dari kombinasi jenis ikan dan sayuran/tanaman yang digunakan (Hu et al., 2015; Knaus and Palm, 2017), penambahan bakteri (Effendi et al., 2015; Cerrozi and Fitzsimmons, 2016), rekayasa desain instalasi akuaponik untuk efisiensi biaya (Petrea et al., 2016), hingga kombinasi penggunaan filter/media pada sistem akuaponik (Yen and Chou, 2016; Oladimeji et al., 2018).

Salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan yaitu pada sistem sirkulasi air dan filtrasi. Teknologi akuaponik mengunggulkan efektifitas penggunaan air. Melalui teknologi ini, pemeliharaan ikan tidak memerlukan pergantian air. Tumbuhan/sayuran berperan dalam memanfaatkan nutrisi berupa nitrogen (N) dan fosfor (P) terlarut dalam air, namun seringkali ditemukan masalah seperti tingginya total padatan tersuspensi (TSS) terutama yang berasal dari sisa bahan organik pada sistem aku-

aponik (Lennard, 2012). Hal tersebut nantinya dapat mengganggu proses kegiatan budidaya. Tingginya TSS dapat diakibatkan dari tingginya kelimpahan fitoplankton, lumut, sisa metabolisme ikan, maupun dari sisa-sisa pakan yang lambat terdegradasi. Permasalahan mengenai tingginya bahan organik akibat limbah kegiatan budidaya sudah banyak dipublikasikan diantaranya di Filipina (McGlone et al., 2008), Afrika (Gondwe et al., 2011), Indonesia (Sandy et al., 2016) dan Ethiopia (Degefu et al., 2011). Tingginya bahan organik yang masuk ke dalam perairan mengganggu keseimbangan lingkungan perairan. Masuknya bahan organik yang tinggi secara tiba-tiba mampu memicu perkembangan alga dan tidak menutup kemungkinan terjadinya blooming alga beracun. Selain itu tingginya bahan organik juga merusak estetika dari perairan tersebut.

Kijing air tawar (*Pilsbryconcha exilis*) merupakan organisme filter feeder yang mengkonsumsi serasah/detritus. Kijing hidup di dasar perairan dan memakan bahan-bahan organik sisa dekomposisi. Kijing diduga dapat berperan dalam mengontrol kandungan TSS pada kegiatan akuaponik serta dapat berperan sebagai bio-medium. Oleh karena itu, penggunaan kijing sebagai biofilter dalam kegiatan budidaya dengan sistem akuaponik diharapkan mampu menanggulangi permasalahan tersebut.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan faktor yaitu kepadatan kijing dan waktu pemeliharaan. Pengamatan dilakukan dengan tiga



Gambar 1 Instalasi dalam penelitian. Keterangan: wadah pemeliharaan ikan (a), wadah pemeliharaan kijing (b), talang media pemeliharaan pakcoy (c).

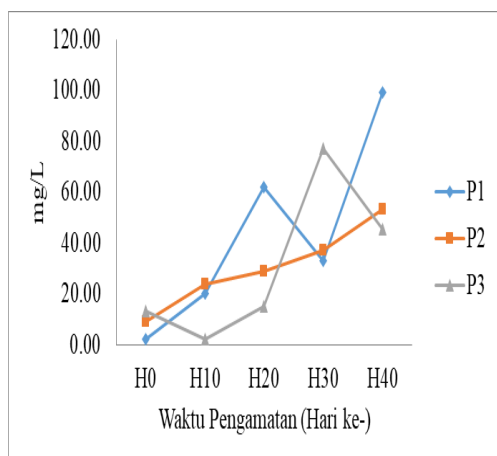
perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diberikan yaitu Faktor A berupa kepadatan kijing, (P1 = kepadatan kijing 0 individu, P2 = kepadatan kijing 15 individu, P3 = kepadatan kijing 30 individu) dan Faktor B berupa waktu pengambilan sampel (D-0 = hari ke-0, D-10 = hari ke-10, D-20 = hari ke-20 dan D-30 = hari ke-30) yang ditempatkan dalam media pemeliharaan pada Gambar 1.

Ikan yang digunakan dalam penelitian adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan ukuran 7-8 cm dengan bobot rata-rata $7,7 \pm 0,78$ gram dengan padat tebar pada masing-masing akuarium sebanyak 30 individu. Sebelum percobaan dimulai, terlebih dahulu dilakukan proses aklimatisasi ikan selama satu minggu dengan tujuan agar sudah cukup nutrisi bagi tanaman untuk tumbuh. Setelah satu minggu pemeliharaan ikan, dilakukan pemeliharaan kijing dan pakcoy dalam waktu yang bersamaan. Pakcoy yang ditanam merupakan pakcoy berumur sekitar 2 minggu dengan tinggi 1-2 cm dengan jumlah daun sebanyak 3-4 helai. Kijing dipelihara pada bak Perlakuan 2 (P2)

dan bak Perlakuan 3 (P3), kepadatan kijing disesuaikan dengan perlakuan yang diberikan. Setelah pakcoy dan kijing dimasukkan, pemeliharaan ikan, kijing dan pakcoy dilanjutkan hingga hari ke 40. Ikan diberi makan berupa pelet (pakan komersil) setiap hari sebanyak 5% dari bobot tubuh. Kandungan protein pakan yang diberikan yaitu 39-41%. Pemberian pakan dilakukan dua hari sekali yaitu pada pagi dan siang hari.

Kualitas air diamati setiap 10 hari sekali. Sampel air diambil pada bak pemeliharaan ikan. Parameter utama yang diukur yaitu kekeruhan, TSS, BOD₅, dan klorofil. Parameter kualitas air pendukung, yaitu oksigen terlarut (DO), pH dan suhu perairan. Oksigen terlarut, pH, dan suhu diukur secara insitu. Oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter, pH diukur menggunakan pH meter, dan suhu diukur menggunakan pH meter. Analisis kekeruhan diukur menggunakan metode yang mengacu pada SNI 06-6989-25-2005. Analisis TSS diukur menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada SNI 06-6989-14-2004. Analisis BOD₅ diukur menggunakan metode yang mengacu pada SNI 06-6989-14-2004. Analisis klorofil diukur menggunakan metode spektrofotometri. Analisis kualitas air (Kekeruhan, zat tersuspensi (TSS), dan BOD) dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung. Analisis Klorofil dilakukan di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung.

Analisis statistka didasarkan pada uji ANOVA pada Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Jika hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan, selanjutnya akan diuji lanjut dengan Uji Duncan.

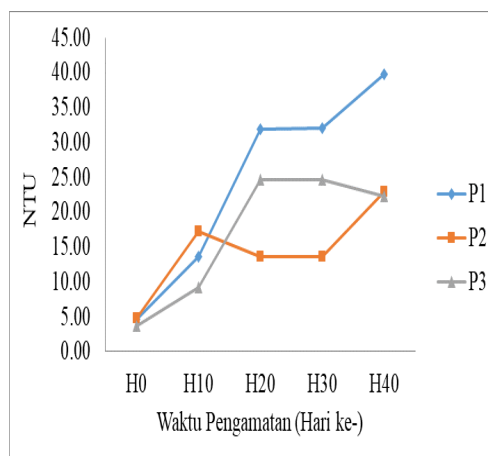


Gambar 2 Total padatan tersuspensi (TSS) yang terukur selama penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, diketahui bahwa nilai zat tersuspensi (TSS) menunjukkan adanya perbedaan dari waktu ke waktu ($P < 0,05$). Nilai TSS yang terukur cenderung mengalami fluktuasi, namun tren menunjukkan adanya peningkatan dari awal pemeliharaan hingga akhir pemeliharaan (Gambar 2). Analisis statistik nilai TSS pada ketiga perlakuan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Bila dilihat dari grafik, tren menunjukkan bahwa TSS pada perlakuan P1 dan P3 mengalami fluktuasi terutama pada hari ke 30, pada akhir pengamatan nilai TSS tertinggi terdapat pada perlakuan P1 dan terendah pada perlakuan P3.

Nilai TSS pada awal pemeliharaan untuk P1, P2, dan P3 berturut-turut, yaitu $2,33 \pm 2,08$ mg/L, $9,00 \pm 5,29$ mg/L, dan $13,0 \pm 1,00$ mg/L. Pada akhir pemeliharaan, nilai TSS pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut yaitu $99,00 \pm 29,60$ mg/L, $53,33 \pm 3,51$ mg/L dan $45,33 \pm 19,01$ mg/L. Nilai TSS di akhir pemeliharaan menunjukkan bahwa penambahan ki-



Gambar 3 Nilai kekeruhan yang terukur selama penelitian

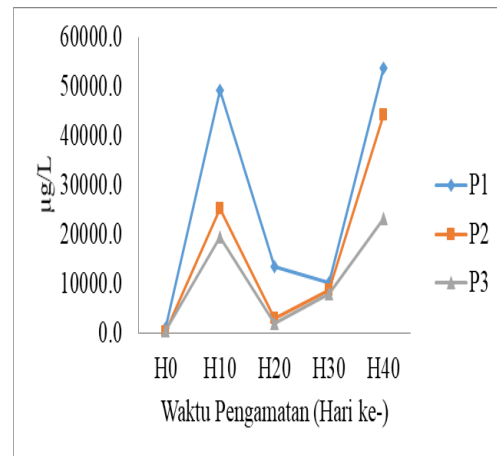
jing berpengaruh dalam mengurangi nilai TSS. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kijing merupakan organisme yang efektif sebagai penyerap limbah organik dan mengurangi TSS pada kegiatan budidaya ikan nila (Puspainingsih and Setiadi, 2017; Sandy et al., 2016; Wedsuwan et al., 2016).

Nilai kekeruhan mengalami peningkatan dari waktu ke waktu baik untuk perlakuan P1, P2, maupun P3 (Gambar 3). Hasil uji statistik menunjukkan bahwa nilai kekeruhan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap waktu pengamatan ($P < 0,05$). Meningkatnya nilai kekeruhan berkorelasi dengan nilai TSS. Semakin meningkat TSS maka nilai kekeruhan juga akan meningkat. Meningkatnya nilai kekeruhan dari waktu ke waktu dikarenakan sistem terus mendapatkan masukan bahan organik baik dari sisa pakan maupun dari sisa hasil metabolisme ikan. Nilai kekeruhan juga berbeda nyata antar perlakuan ($P < 0,05$). Perlakuan P1 memiliki nilai kekeruhan yang paling tinggi dibandingkan dengan P2 dan P3. Sedangkan berdasarkan uji statistik nilai kekeruhan P2 dan P3 tidak berbeda nyata.

Nilai kekeruhan pada awal pemeliharaan untuk P1, P2, dan P3 berturut-turut, yaitu $4,58 \pm 1,67$ NTU, $4,69 \pm 3,77$ NTU, dan $3,69 \pm 1,63$ NTU. Pada akhir pemeliharaan, nilai kekeruhan pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut yaitu $39,83 \pm 5,27$ NTU, $22,83 \pm 2,10$ NTU dan $22,27 \pm 2,44$ NTU. Tingginya nilai kekeruhan pada P1 diduga karena pada sistem tidak ditambahkan filter alami berupa kijing. Kijing merupakan salah satu organisme yang mampu mengurangi tingkat kekeruhan perairan dikarenakan sifatnya yang *filter feeder*, sehingga memungkinkan bahan-bahan tersuspensi tersaring dalam sistem metabolismenya.

Berbeda dengan nilai kekeruhan dan nilai TSS, kandungan klorofil pada tiap perlakuan mengalami trend yang hampir serupa. Konsentrasi klorofil pada ketiga perlakuan mengalami peningkatan yang signifikan pada hari ke-10 dan mengalami penurunan pada hari ke-20 dan kembali mengalami peningkatan di hari ke-30 hingga hari ke-40 (Gambar 4). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada kelimpahan klorofil terhadap waktu pengamatan ($p < 0,05$). Uji statistik juga menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan yang diberikan ($P < 0,05$). Perlakuan P1 cenderung memiliki konsentrasi klorofil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2 dan P3.

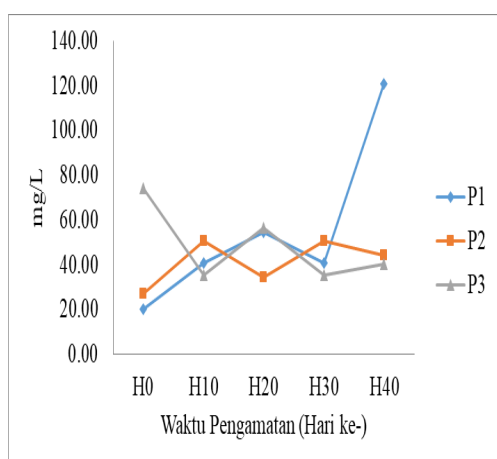
Konsentrasi klorofil pada awal pemeliharaan berturut-turut, yaitu $890,0 \pm 963,45$ $\mu\text{g/L}$ untuk P1, $333,8 \pm 333,75$ $\mu\text{g/L}$ untuk P2, dan $445,0 \pm 509,81$ $\mu\text{g/L}$ untuk P3. Pada akhir pemeliharaan, konsentrasi klorofil berturut-turut yaitu perlakuan P1 adalah $53667,0 \pm 45212,96$ $\mu\text{g/L}$, pada perlakuan P2 konsentrasi sebesar



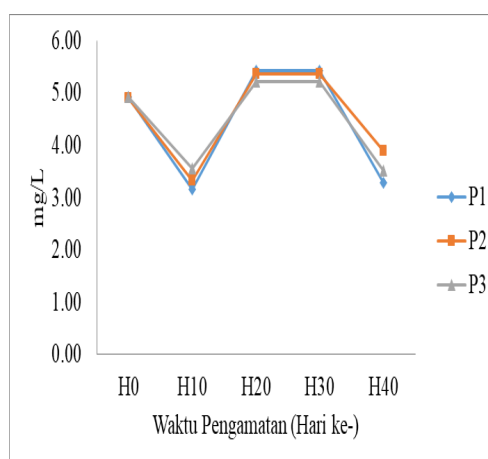
Gambar 4 Nilai Klorofil yang terukur selama penelitian

$44144,0 \pm 10041$ $\mu\text{g/L}$ dan pada perlakuan P3 sebesar $23229,0 \pm 7268,09$ $\mu\text{g/L}$. Nilai konsentrasi klorofil yang lebih rendah pada perlakuan P2 dan P3 diduga disebabkan karena klorofil yang dalam hal ini mewakili keberadaan fitoplankton merupakan makanan utama dari kijing. Kijing merupakan organisme pemakan fitoplankton. Sehingga semakin tinggi kelimpahan kijing dapat berpengaruh terhadap berkurangnya kelimpahan fitoplankton di perairan. Tingginya tingkat kekeruhan perairan yang diakibatkan oleh fitoplankton dapat mengakibatkan perairan menjadi tidak sehat dikarenakan dapat menyebabkan masalah dengan rendahnya konsentrasi oksigen terlarut ketika malam hari (Boyd, 1998).

Hasil pengukuran BOD_5 menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada kandungan BOD_5 baik terhadap waktu pengamatan maupun terhadap perlakuan ($p > 0,05$) (Gambar 5). Konsentrasi BOD_5 pada awal pemeliharaan untuk P1, P2, dan P3 berturut-turut, yaitu $20,33 \pm 16,26$ mg/L , $27,00 \pm 20,42$ mg/L , dan $74,33 \pm 25,40$ mg/L . Pada akhir pemeliharaan, nilai BOD_5 pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut ya-



Gambar 5 Nilai BOD5 yang terukur selama penelitian



Gambar 6 Nilai oksigen terlarut (DO) yang terukur selama penelitian

itu $121,00 \pm 100,16$ mg/L, $44,33 \pm 11,02$ mg/L dan $40,33 \pm 28,99$ mg/L.

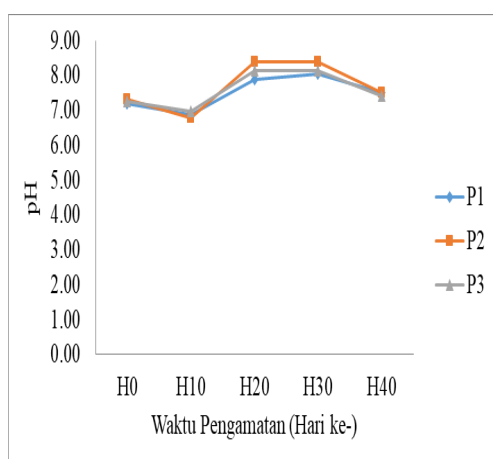
Parameter kualitas air pendukung yang dikukur pada penelitian ini adalah oksigen terlarut (DO), pH, dan suhu. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi oksigen terlarut berbeda terhadap waktu pengamatan ($p < 0,05$) namun tidak berbeda secara signifikan antar perlakuan ($p > 0,05$) (Gambar 6). Konsentrasi oksigen terlarut pada awal pemeliharaan untuk P1, P2, dan P3 berturut-turut, yaitu $4,92 \pm 0,03$ mg/L, $4,91 \pm 0,38$ mg/L, dan $4,92$ mg/L. Pada akhir pemeliharaan, nilai oksigen terlarut pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut yaitu $3,29 \pm 0,22$ mg/L, $3,89 \pm 0,81$ mg/L dan $3,51 \pm 0,66$ mg/L.

Menurut DeLong et al. (2009), konsentrasi oksigen terlarut yang optimum bagi pertumbuhan ikan nila yaitu 5-7,5 mg/L. Menurut SNI 7550:2009, syarat konsentrasi oksigen terlarut yang dianjurkan untuk kegiatan pembesaran ikan nila adalah ≥ 3 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, maka konsentrasi oksigen pada media pemeliharaan masih dapat digunakan untuk kegiatan ikan nila meskipun pada akhir pemelihara-

an nilainya sudah mendekati batas minimum persyaratan. Kondisi oksigen yang rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan, pada kondisi rendah 2-5 mg/L, pertumbuhan ikan menjadi lambat (Boyd, 1998).

Rendahnya konsentrasi oksigen terlarut dapat diakibatkan oleh tingginya konsentrasi bahan organik di perairan sementara itu sumber masukan oksigen terlarut kurang mencukupi (Boyd, 1998). Oksigen terlarut di perairan dimanfaatkan oleh bakteri untuk merombak bahan-bahan organik di perairan sehingga keberadaannya di perairan akan berkurang dengan meningkatnya masukan bahan organik. Jika kondisi tersebut tidak ditanggulangi maka akan mengancam kesehatan ikan. Salah satu cara meningkatkan kandungan oksigen dapat dilakukan dengan menambahkan sistem aerasi.

Hasil pengukuran pH juga menunjukkan adanya perbedaan nyata terhadap waktu pengamatan ($p < 0,05$) namun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan yang diberikan ($p > 0,05$). Konsentrasi oksigen terlarut pada awal pemeliharaan untuk P1, P2, dan P3 berturut-turut, ya-



Gambar 7 Nilai pH yang terukur selama penelitian

itu $7,20 \pm 0,00$ mg/L, $7,33 \pm 0,21$ mg/L, dan $7,27$ mg/L. Pada akhir pemeliharaan, nilai oksigen terlarut pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut yaitu $3,52 \pm 0,18$ mg/L, $7,51 \pm 0,17$ mg/L dan $7,42 \pm 0,10$ mg/L (Gambar 7). Pada umumnya nilai pH pada media pemeliharaan ikan akan mengalami penurunan diakibatkan adanya masukan karbon dioksida dari hasil perombakan bahan organik (Nugroho et al., 2012). Menurut DeLong et al. (2009), pH optimum untuk pertumbuhan ikan nila adalah 6-9. Nilai tersebut serupa dengan yang dipersyaratkan dalam SNI 7550:2009, yaitu 6,5-8,5, sehingga nilai pH pada penelitian ini masih sesuai untuk menunjang pertumbuhan ikan nila. Nilai pH perairan yang kurang atau melebihi kisaran baku mutu dapat mengakibatkan pertumbuhan ikan menjadi lambat dan bila kondisi pH terlalu asam ataupun terlalu basa dapat mengakibatkan kematian pada ikan (Boyd, 1998).

Parameter suhu cenderung stabil dan tidak mengalami perubahan yang signifikan dari waktu ke waktu (Gambar 8). Berdasarkan hasil uji statistik diketahui tidak ada perbedaan yang nyata pada nilai suhu baik terhadap wak-

tu pengamatan maupun perlakuan. Nilai suhu pada awal pemeliharaan untuk perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah $28,30 \pm 0,00$ °C, $28,37 \pm 0,12$ °C, $28,30 \pm 0,00$ °C. Nilai suhu pada akhir pengamatan untuk perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah $29,33 \pm 0,15$ °C, $29,33 \pm 0,12$ °C, dan $29,30 \pm 0,10$ °C. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan ikan nila yaitu 27-29 °C (DeLong et al., 2009); atau 25-32 °C pada SNI 755:2009. Nilai suhu pada penelitian ini masih berada pada kisaran optimum bagi pertumbuhan ikan nila.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa waktu pengamatan memberikan pengaruh yang nyata terhadap perubahan kondisi perairan. Secara umum, semakin lama waktu pemeliharaan akan semakin meningkatkan nilai kekeruhan, TSS, dan konsentrasi Klorofil ($P < 0,05$). Hal ini disebabkan karena masukan bahan organik yang terus-menerus ke dalam sistem melalui sisa pakan dan sisa metabolisme ikan. Penggunaan kijing air tawar cukup efektif dalam menurunkan nilai kekeruhan dan konsentrasi klorofil ($p < 0,05$). Hal ini disebabkan karena kijing merupakan organisme *filter feeder* pemakan fitoplankton. Semakin tinggi kelimpahan kijing maka kelimpahan fitoplankton akan menurun dan nilai kekeruhan perairan juga semakin berkurang.

Acknowledgements Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan Universitas Lampung

Pustaka

- Boyd, C. E. (1998). Quality for pond aquaculture. Issue 43 of Research and development series. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Cerozi, B. D. S. and Fitzsimmons, K. (2016). Use of bacillus spp. to enhance phosphorus availability and serve as a plant growth promoter in aquaponics systems. *Scientia Horticulturae*, 211:277–282.
- Degefu, F., Mengistu, S., and Schagerl, M. (2011). Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the rift valley and north shoa reservoirs, ethiopia. *Aquaculture*, 316(1-4):129–135.
- DeLong, D. P., Losordo, T., and Rakocy, J. (2009). Tank culture of tilapia. *SRAC Publication*, (282):1–8.
- Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., and Sulaeman, N. (2015). Combination of water spinach (*ipomea aquatica*) and bacteria for freshwater cryfish red claw (*cherrax quadricarinatus*) culture wastewater treatment in aquaponic system.
- Gondwe, M. J., Guildford, S. J., and Hecky, R. E. (2011). Carbon, nitrogen and phosphorus loadings from tilapia fish cages in lake malawi and factors influencing their magnitude. *Journal of Great Lakes Research*, 37:93–101.
- Hu, Z., Lee, J. W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A. C., and Khanal, S. K. (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource technology*, 188:92–98.
- Knaus, U. and Palm, H. (2017). Effects of the fish species choice on vegetables in aquaponics under spring-summer conditions in northern germany (mecklenburg western pomerania). *Aquaculture*, 473:62–73.
- Kyaw, T. Y. and Keong, N. A. (2017). Smart aquaponics system for urban farming. *Energy Procedia*, 143:342–347.
- Lennard, W. (2012). Aquaponic system design parameters: Solids filtration, treatment and re-use. *Aquaponic Fact Sheet Series: Aquaponic Solutions*.
- McGlone, M. L. S. D., Villanoy, A. V. R. C. L., and Jacinto, G. S. (2008). Eutrophic waters, algal bloom and fish kill in fish farming areas in bolinao, pangasinan, philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 57(6-12):295–301.
- Nugroho, R. A., Pambudi, L. T., Chil-mawati, D., and Haditomo, A. H. C. (2012). Aplikasi teknologi aquaponic pada budidaya ikan air tawar untuk optimalisasi kapasitas produksi. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 8(1):46–51.
- Oladimeji, A., Olufeagba, S., Ayuba, V., Sololmon, S., and Okomoda, V. (2018). Effects of different growth media on water quality and plant yield in a catfish-pumpkin aquaponics system. *Journal of King Saud University-Science*.
- Petrea, S. M., Coadă, M. T., Cristea, V., Dediu, L., Cristea, D., Răhoveanu, A. T., Zugravu, A. G., Răhoveanu, M. M. T., and Mocuta, D. N. (2016). A comparative cost-effectiveness analysis in different tested aquaponic systems. *Agriculture and Agricultural Science Proce-*

- dia*, 10:555–565.
- Puspaningsih, D. and Setiadi, E. (2017). Potensi kijing lokal (*pilsbryoconcha exilis*) sebagai biofilter untuk mengurangi tss pada budidaya ikan nila. In *Prosiding FORUM INOVASI TEKNOLOGI AKUAKULTUR*, volume 1, pages 1193–1197.
- Sandy, P., Arianto, A., Efendi, E., Hasani, Q., and Yulianto, H. (2016). Efektifitas kijing air tawar (*pilsbryoconcha exilis*) sebagai biofilter dalam sistem resirkulasi terhadap laju penyerapan amoniak dan pertumbuhan ikan lele sangkuriang (*clarias gariepinus*). *e Jurnal Rekayasa Teknologi Budidaya Perairan*, 4(2):497–506.
- Wedsuwan, T., Musig, W., Musig, Y., et al. (2016). Water quality control in tilapia closed culture system using filter feeding freshwater clam (*pilsbryoconcha exilis compressa*). *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin*, 40(1):52–63.
- Yen, H. Y. and Chou, J. H. (2016). Water purification by oyster shell bio-medium in a recirculating aquaponic system. *Ecological engineering*, 95:229–236.

