

Evaluasi kinerja pembangkit gelembung mikro terhadap respons fisiologis ikan nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) dengan kepadatan berbeda pada sistem resirkulasi

[Performance evaluation of micro bubble generator on physiological response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) farmed at different densities in recirculating aquaculture system]

Sri Wahyuni Firman¹, Kukuh Nirmala¹, Eddy Supriyono¹, Nurul Taufiqu Rochman²

¹ Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680
sriwahyunifirman@gmail.com,
kukuhnirmala@yahoo.com,
eddysupriyonoipb@gmail.com

²Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Pusat Inovasi Cibinong, Jawa Barat 16916
ufiq2000@yahoo.com

Diterima: 8 Januari 2019; Disetujui: 24 September 2019

Abstrak

Pembangkit gelembung mikro merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan gelembung udara berukuran mikro. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan pembangkit gelembung mikro pada kepadatan yang berbeda terhadap performa produksi dan respons fisiologis ikan nila yang dipelihara dalam sistem resirkulasi. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dengan tiga perlakuan kepadatan yaitu 15 ekor, 30 ekor dan 45 ekor 60 L⁻¹ yang diulang sebanyak tiga kali. Wadah pemeliharaan berukuran 34×42×41 cm³. Ukuran ikan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang 7,44±2,89 cm, serta bobot 10,96±0,53 g. Aplikasi pembangkit gelembung mikro diberikan pada awal hingga akhir pemeliharaan selama 42 hari dengan sistem resirkulasi dan ikan diberi pakan secara *ad satiation*. Hasil evaluasi terhadap respons fisiologis menunjukkan bahwa ikan yang dipelihara hingga kepadatan 45 ekor 60 L⁻¹ tidak menunjukkan adanya perubahan yang mengindikasikan ikan mengalami stress. Performa produksi terbaik adalah pada perlakuan A (15 ekor 60 L⁻¹) dengan laju pertumbuhan spesifik 1,87±0,15% dan nisbah konversi pakan 0,95±0,08.

Kata penting: kualitas air, laju pertumbuhan spesifik, resirkulasi, sintasan

Abstract

Micro-bubble generator is a device to maintain water quality by producing micron-sized bubbles. This study aims to evaluate the application of micro-bubble generator in different density on production performance and physiological response of Nile tilapia reared in recirculating system. An experiment was designated by performing 3 densities, namely 15, 30, and 45 individuals 60 L⁻¹ with 3 replications. Every single unit of experiment applies a 34×42×41 cm³ maintenance container. The length size of fish used in this study was 7.44±2.89 cm and body weight of 10.96 ± 0.53 g. Fish were reared for 42 days in recirculation water system and fed *ad satiation*. The results of the evaluation of the physiological response showed that fish kept at density up to 45 60 L⁻¹ did not show any changes, indicating that fish was in stress condition. The best production performance was in treatment A (15 individuals 60 L⁻¹) with a specific growth rate of 1.87 ± 0.15% and a feed conversion ratio of 0.95 ± 0.08.

Keywords: recirculation, specific growth rate, survival rate, water quality

Pendahuluan

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu komoditas unggulan budi daya air tawar di Indonesia. Pengembangan budi daya ikan nila terus dilakukan untuk dapat mempertahankan dan meningkatkan nilai produksi ikan

nila. Teknologi budi daya intensif dengan padat tebar tinggi terhadap ikan nila telah banyak diterapkan. Padat tebar yang tinggi diiringi dengan pemberian pakan yang tinggi akan menyebabkan penumpukan bahan organik dalam wadah. Menurut Alfia *et al.* (2013) akumulasi bahan

organik (pakan dan feses) akan memperburuk kualitas air pemeliharaan yang akhirnya akan berdampak pada kondisi fisiologis, sintasan, dan pertumbuhan ikan.

Kualitas air merupakan faktor penentu keberhasilan budi daya, sehingga perlu perhatian khusus untuk menunjang kestabilan selama proses budi daya. Keberadaan oksigen terlarut merupakan indikator penting baik buruknya kualitas air sehingga ketersediaannya harus selalu tercukupi. Diperlukan teknologi yang dapat meminimalkan limbah dan teknologi yang mencukupi ketersediaan oksigen terlarut. Sistem resirkulasi pada prinsipnya adalah penggunaan kembali air yang telah dikeluarkan dari kegiatan budi daya (Putra *et al.* 2012). Keunggulan sistem resirkulasi adalah penggunaan air lebih hemat, kebutuhan lahan relatif kecil, mudah pengontrolan kualitas air dan merupakan salah satu alternatif dalam menciptakan lingkungan budi daya yang optimal (Budiardi *et al.* 2007). Pembangkit gelembung mikro merupakan suatu teknologi sederhana dan ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk mengontrol kualitas air pada sistem resirkulasi yang sangat potensial untuk diterapkan pada sistem budi daya ikan nila.

Pembangkit gelembung mikro merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan gelembung udara berukuran mikro dengan diameter kurang dari 100 μm . Menurut Agarwal *et al.* (2011) prinsip kerja pembangkit gelembung mikro, memecah diameter partikel besar menjadi diameter partikel kecil ukuran mikro (10-50 μm) yang dipengaruhi oleh tekanan udara dan debit air. Endo *et al.* (2008) dalam penelitiannya menyatakan bahwa aplikasi pembangkit gelembung mikro dapat menyuplai oksigen untuk kegiatan budi daya ikan secara efisien serta dapat mena-

ikkan kadar oksigen terlarut. Minagawa (2005) menyebutkan bahwa daya apung gelembung mikro ke permukaan akan menurun dengan berkurangnya ukuran diameter. Gelembung mikro yang diameternya kurang dari 50 μm akan memiliki daya apung yang rendah sehingga dapat bertahan lama di dalam perairan budi daya dan juga memiliki tegangan permukaan yang besar sehingga penyebarannya di dalam air dapat terjadi secara horizontal (Tsuge 2014). Teknologi gelembung mikro telah digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam budi daya kerang mutiara (*Pinctada martensii*) (Nobui *et al.* 2002), tiram (*Crassostrea gigas*) (Onari *et al.* 2002), sweetfish (*Plecoglossus altivelis*), dan rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Ebina *et al.* 2013). Wen *et al.* (2011) melaporkan bahwa gelembung mikro juga memiliki kemampuan menurunkan kadar ammonia dalam air budi daya hingga 95%. Pembangkit gelembung mikro juga diyakini mampu menstimulasi kerja bakteri aerob sehingga mampu mendegradasi limbah dalam air media pemeliharaan (Temesgen *et al.* 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan pembangkit gelembung mikro pada kepadatan yang berbeda terhadap performa produksi dan respons fisiologis ikan nila yang dipelihara dalam sistem resirkulasi, serta memperoleh padat tebar maksimal pada budi daya ikan nila secara intensif.

Bahan dan metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga September 2017 di kolam Babakan, Departemen Budidaya Perairan, dan Laboratorium Lingkungan Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaku-

kan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Terdapat tiga perlakuan dan tiga ulangan dengan kepadatan yang berbeda-beda A (15 ekor 60 L⁻¹), B (30 ekor 60 L⁻¹), C (45 ekor 60 L⁻¹).

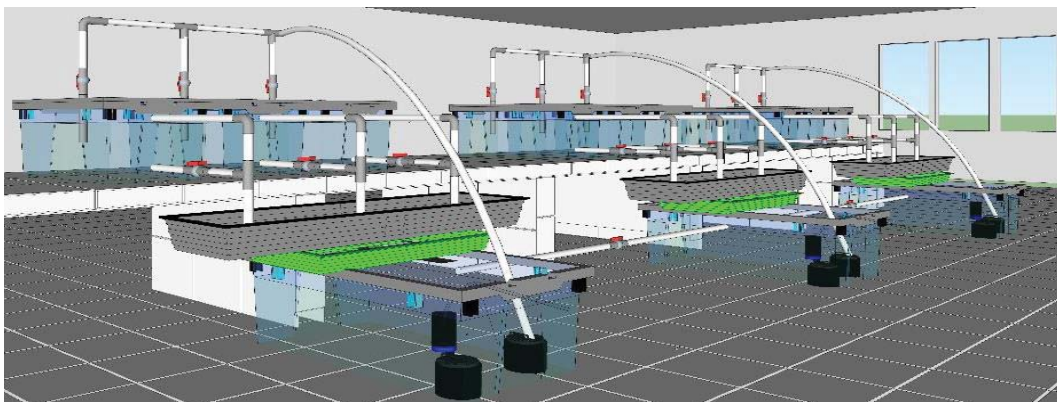
Wadah yang digunakan berupa 9 bak plastik berukuran 34x42x41 cm³ yang dilengkapi sistem resirkulasi (Gambar 1). Wadah diisi air tawar sebanyak 60 liter, penempatan perlakuan pada wadah dilakukan secara acak. Ikan nila diperoleh dari kolam percobaan Departemen Budidaya Perairan Institut Pertanian Bogor dengan rata-rata bobot tubuh 10,96±0,53 g, dan rata-rata panjang total 7,44±2,89 cm. Ikan dipelihara selama 42 hari dan diberi pakan sebanyak tiga kali sehari pada pukul 08.00, 13.00, dan 18.00 WIB secara *ad satiation*.

Penelitian ini menggunakan Lutor (LIPI *Ultrafine Bubble Generator*) produksi BPI (Balai Pengembangan Instrumentasi) LIPI Bandung sebagai pembangkit gelembung mikro. Pembangkit gelembung mikro tersusun atas *nozzle*, selang PU, katup pengatur keluaran udara, dan pompa *submersible* (Resun 9600). Produksi gelembung diatur untuk dapat beroperasi 24 jam dengan debit 0,92 L detik⁻¹ (tegangan 220 volt,

daya 80 watt). Air dialirkan menggunakan pompa celup ke dalam tandon. Busa digunakan sebagai filter fisik media penyaringan air pemeliharaan yang bersirkulasi. Selanjutnya air diaerasi menggunakan pembangkit gelembung mikro selama 24 jam, kemudian air dialirkan dari tandon ke wadah pemeliharaan dengan menggunakan pompa.

Parameter performa produksi yang diamati adalah pertumbuhan, laju pertumbuhan spesifik, dan sintasan. Pengambilan sampel bobot dan panjang ikan setiap dua minggu sekali dengan menggunakan timbangan elektronik (bobot) dan jangka sorong digital (panjang).

Perhitungan nisbah konversi pakan berdasarkan Huisman (1976) dengan cara membagi jumlah total pakan dari awal hingga selesai penelitian (g) dengan jumlah bobot ikan (bobot ikan yang mati selama penelitian ditambah jumlah bobot ikan yang hidup di akhir penelitian kemudian dikurangi jumlah bobot ikan pada awal tebar) dalam satuan gram. Semakin kecil nilai nisbah kurang dari satu, maka nilai konversi pakan menjadi daging semakin baik dan biaya pakan yang dikeluarkan semakin kecil.



Gambar 1 Desain kolam resirkulasi

Pengambilan sampel parameter respon fisiologis dilakukan pada awal, tengah, dan akhir penelitian dengan volume darah total 2 mL (hematologi dan serum) yang berasal dari 10% jumlah total ikan setiap wadah pemeliharaan. Darah ikan diambil dari pembuluh vena di pangkal sirip ekor (tiga ekor secara acak dari setiap wadah) menggunakan *syringe* 1 mL yang telah dicuci dengan antikoagulan (3,8% natrium sitrat). Darah kemudian dimasukkan ke dalam botol khusus pengamatan darah (*tube*). Sampel darah kemudian dipindahkan ke tabung (EDTA dan serum) dan dimasukkan ke boks es (Tripathi *et al.* 2004) kemudian diukur dengan metode tertentu (Burtis & Bruns 2015). Kegiatan ini dilakukan pada awal, tengah dan akhir pemeliharaan (Martin *et al.* 2010).

Parameter respon fisiologis yang diamati yaitu kadar glukosa darah menggunakan metode uji CHOD-PAP (*enzymatic colorimetric test for glucose method with deproteinization*) dengan kit *Glucose liquicolor* (Widada *et al.* 2016), trigliserida dengan cara yang sama dengan kit yang berbeda *Triglyserides liquicolor^{mono}* (Widada *et al.* 2016), total protein serum menggunakan metode uji *photometric colorimetric test* (Yanos *et al.* 2013) dan hemoglobin dengan metode uji ANALYZER MEK-6450K (Andriyoko *et al.* 2009).

Parameter kualitas air yang diamati pada penelitian ini adalah pH diukur menggunakan pH meter, oksigen terlarut diukur menggunakan DO meter, suhu diukur menggunakan termome-

ter (APHA 1998) diukur tiga kali sehari. TAN (total amonia nitrogen), nitrat, nitrit, CO₂ dan TOM (*total organic metter*) diukur menggunakan spektrofotometri, setiap dua minggu sekali.

Hasil

Kinerja produksi

Sintasan dan kinerja pertumbuhan ikan nila yang dipelihara dengan kepadatan berbeda dengan aplikasi pembangkit gelembung mikro disajikan pada Tabel 1. Perbedaan kepadatan ikan nila menunjukkan respons yang bervariasi terhadap beberapa parameter. Nilai sintasan mengalami penurunan dengan meningkatnya kepadatan tebar ($P < 0,05$), namun hasil uji lanjut menunjukkan pada perlakuan kepadatan tertinggi (45 ekor) dan terendah (15 ekor) tidak signifikan. Panjang dan bobot akhir menunjukkan penurunan yang signifikan dengan bertambahnya kepadatan tebar ($P < 0,05$). Variabel laju pertumbuhan spesifik (LPS), panjang mutlak (PM), dan bobot mutlak (BM) mengalami penurunan signifikan dengan meningkatnya padat tebar.

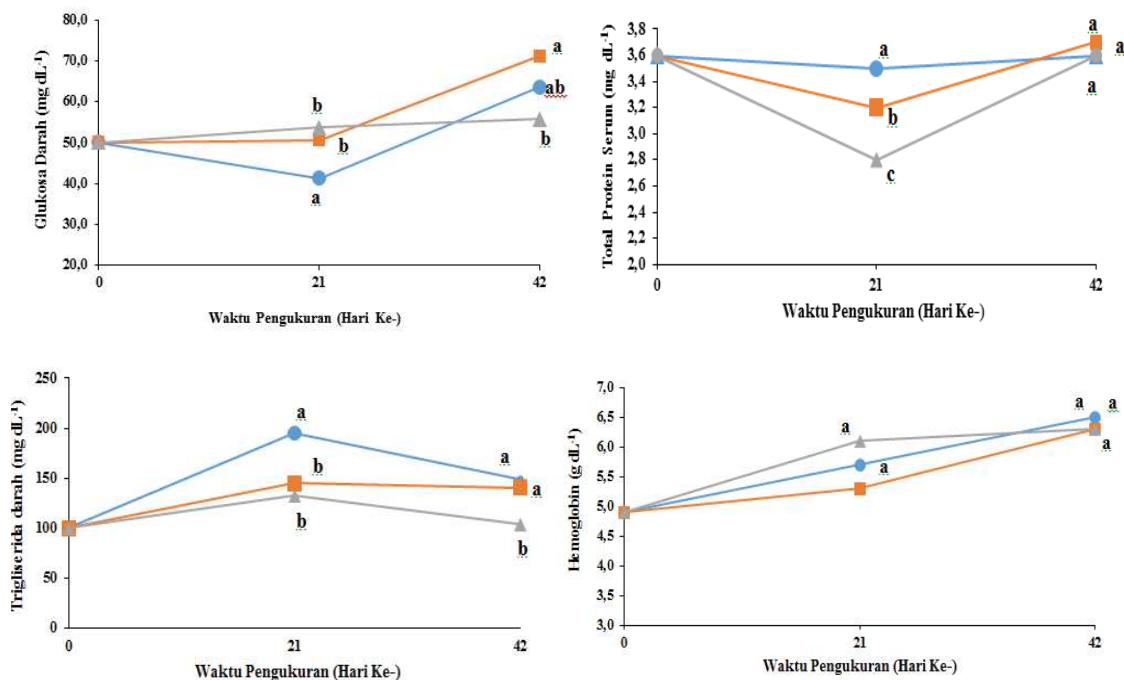
Respons fisiologis

Data hasil pengukuran parameter respons fisiologis ikan nila disajikan pada Gambar 2. Hasil uji statistik menunjukkan perbedaan signifikan nilai glukosa darah, trigliserida, total protein serum, dan hemoglobin perlakuan pada hari ke-21 dan 42.

Tabel 1 Kinerja produksi ikan nila selama 42 hari pemeliharaan

Parameter	Perlakuan		
	A (15 ekor)	B (30 ekor)	C (45 ekor)
Panjang awal (mm)	74,46±0,0a	74,46±0,0a	74,46±0,0a
Panjang akhir (mm)	90,83±2,10a	82,95±0,87b	79,20±0,28c
Bobot awal (g)	10,96±0,0a	10,96±0,0a	10,96±0,0a
Bobot akhir (g)	24,08±1,47a	17,58±0,67b	15,51±0,73c
TKH (%)	93,33±6,67ab	98,89±1,92a	85,93±3,39b
LPS (%)	3,12±0,35a	1,58±0,16b	1,08±0,17c
PM (mm)	16,37±2,10a	8,49±0,87b	4,74±0,28c
BM (g)	13,11±1,47a	6,62±0,67b	4,55±0,73c
NKP	0,95±0,08a	1,44±0,11b	1,65±0,17b

Huruf tika atas yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh perlakuan berbeda nyata (Duncan, $p>0,05$), LPS (Laju Pertumbuhan Spesifik), PM (Pertumbuhan Mutlak), BM (Bobot Mutlak), NKP (nisbah konversi pakan).



Gambar 2 Uji respons fisiologis (glukosa darah, protein total serum, trigliserida dan hemoglobin). Huruf berbeda pada waktu yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (uji lanjut Duncan; $p<0,05$). —●— = 15 ekor ; —■— = 30 ekor ; —▲— = 45 ekor.

Glukosa darah ikan nila yang dipelihara dengan kepadatan berbeda dengan aplikasi pembangkit gelembung mikro menunjukkan adanya perbedaan nilai yang dihasilkan secara signifikan ($p<0,05$). Pada pengukuran awal, glukosa darah berada pada level $50,0\pm0,0$ mg dL⁻¹. Setelah 21 hari, dua kepadatan tertinggi (30 ekor dan 45 ekor) menunjukkan nilai masing-masing

$50,7\pm3,5$ mg dL⁻¹ dan $53,7\pm3,1$ mg dL⁻¹ yang tidak berbeda secara signifikan. Namun, keduanya berbeda nyata dengan perlakuan kepadatan 15 ekor ($41,3\pm1,5$ mg dL⁻¹). Pada akhir eksperimen, glukosa darah kembali diukur di setiap perlakuan. Nilai yang dihasilkan juga berbeda secara signifikan ($p<0,05$), dengan perlakuan C memiliki nilai terendah ($55,7\pm4,2$ mg dL⁻¹) na-

mun tidak signifikan dengan perlakuan A ($63,7 \pm 4,5$ mg dL⁻¹). Perlakuan B memiliki nilai glukosa darah tertinggi ($71,3 \pm 4,0$ mg dL⁻¹) namun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan A.

Hasil pengukuran trigliserida darah ikan nila yang dipelihara dengan kepadatan berbeda dengan aplikasi pembangkit gelembung mikro menunjukkan adanya perbedaan nilai yang dihasilkan secara signifikan ($p < 0,05$). Pengukuran awal menunjukkan nilai level $100,0 \pm 0,0$ mg dL⁻¹. Pada hari ke-21, kadar trigliserida mengalami peningkatan. Dua kepadatan tertinggi (30 ekor dan 45 ekor) menunjukkan nilai yang tidak berbeda signifikan, yaitu $145,0 \pm 10,0$ mg dL⁻¹ dan $132,7 \pm 10,6$ mg dL⁻¹. Namun, kedua perlakuan tersebut jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan A (kepadatan 15 ekor, $195,0 \pm 9,0$ mg dL⁻¹). Pada akhir eksperimen, trigliserida darah menurun, khususnya pada perlakuan A dan C. Trigliserida pada perlakuan A dan B, yaitu masing-masing $148,7 \pm 9,5$ mg dL⁻¹ dan $140,7 \pm 7,5$ mg dL⁻¹, tidak berbeda signifikan, namun secara signifikan lebih tinggi dari perlakuan C ($103,7 \pm 7,5$ mg dL⁻¹).

Pengukuran total protein serum pada awal eksperimen menunjukkan nilai $3,6 \pm 0,0$ mg dL⁻¹. Setelah 21 hari, nilai total protein serum secara signifikan semakin kecil dengan meningkatnya kepadatan tebar, yaitu C (45 ekor, $2,8 \pm 0,1$ mg dL⁻¹), B (30 ekor $3,2 \pm 0,2$ mg dL⁻¹) dan A (15 ekor, $3,5 \pm 0,1$ mg dL⁻¹). Pada akhir eksperimen, total protein serum terukur berada pada nilai masing-masing A (15 ekor, $3,6 \pm 0,3$ mg dL⁻¹), B (30 ekor, $3,7 \pm 0,5$ mg dL⁻¹), dan C (45 ekor, $3,6 \pm 0,3$ mg dL⁻¹) yang ketiganya tidak berbeda signifikan. Kadar hemoglobin ikan pada awal penelitian berada pada nilai $4,9$ g dL⁻¹. Pa-

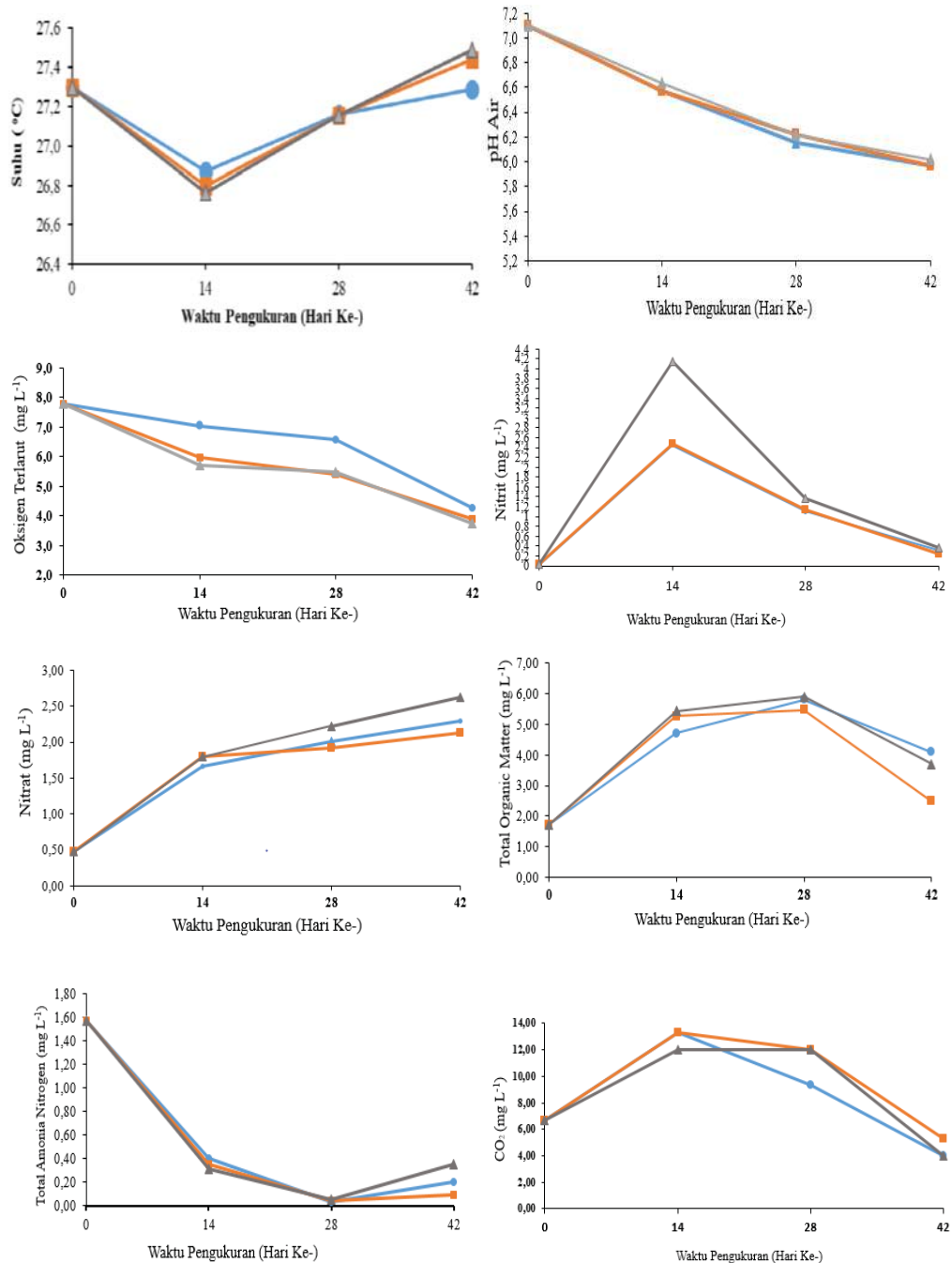
da hari ke-21, nilai hemoglobin dari ketiga perlakuan tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal yang sama juga terjadi pada pengukuran hemoglobin di akhir penelitian.

Kualitas air

Hasil pengukuran kualitas air ditunjukkan pada Gambar 3. Kualitas air pemeliharaan secara umum masih berada dalam kisaran layak untuk mendukung pertumbuhan serta sintasan ikan nila.

Pembahasan

Performa produksi ikan nila pada penelitian ini tampaknya dipengaruhi oleh perbedaan kepadatan. Perlakuan kepadatan A (15 ekor 60 L⁻¹) menunjukkan performa produksi terbaik dibandingkan dua perlakuan kepadatan B (30 ekor 60 L⁻¹) dan C (45 ekor 60 L⁻¹). Nilai tertinggi laju pertumbuhan spesifik di akhir pemeliharaan adalah perlakuan kepadatan A (15 ekor 60 L⁻¹), hal ini menunjukkan semakin rendah kepadatan ikan semakin tinggi laju pertumbuhan spesifiknya. Menurut Ruane & Komen (2003) dampak kepadatan yang rendah, menyebabkan potensi stres rendah sehingga memengaruhi pertambahan bobot tubuh spesifik. Kepadatan yang semakin tinggi dapat memicu *stress*, sehingga menurunkan nafsu makan secara drastis. Selain itu, kompetisi makanan dan ruang gerak dapat menjadi penyebab performa produksi yang semakin rendah (Widiastuti 2009). Nilai sintasan yang diperoleh dari ketiga perlakuan juga berada di atas 80% (SNI 7550:2009). Hal ini mengindikasikan perlakuan kepadatan tebar yang masih dalam rentang yang baik untuk ikan.



Gambar 3 Parameter kualitas air : suhu, pH air, oksigen terlarut, nitrat, nitrit, total organic metter, total amonia nitrogen, CO₂ media pemeliharaan selama 42 hari. Keterangan gambar : ● = 15 ekor ; ■ = 30 ekor ; ▲ = 45 ekor

Nilai nisbah konversi pakan (NKP) menunjukkan pemanfaatan pakan oleh ikan, semakin rendah nilai NKP semakin efisien penggunaan pakan (Widiarto *et al.* 2013). Nilai NKP terbaik diperoleh pada perlakuan A (15 ekor 60

L-1) sebesar $0,95 \pm 0,08$, lebih rendah dibandingkan dua perlakuan lainnya ($p < 0,05$ Tabel 3). Hal ini menunjukkan pemanfaatan pakan yang optimal pada padat tebar yang lebih rendah yang

diduga akibat stres yang lebih minim (Widias-tuti 2009).

Glukosa darah menjadi pertimbangan kemungkinan stress pada ikan selama eksperimen. Glukosa darah ikan yang normal berada pada kisaran 32-137 mg dL⁻¹. Jika nilai berada di luar rentang tersebut, maka ikan dapat dikategorikan dalam kondisi *stress* (Mauel *et al.* 2007). Hal ini disebabkan pada kondisi *stress*, terjadi realokasi energi metabolik untuk memperbaiki homeostasis, seperti respirasi, pergerakan, regulasi hidro-mineral, dan perbaikan jaringan (Adiyana *et al.* 2014). Ikan mempunyai kemampuan bertahan hidup selama rentang waktu yang panjang tanpa makan karena menggunakan glikogen dan lemak sebagai cadangan (Rahardjo *et al.* 2011). Ketersediaan glukosa dalam darah sebagai sumber energi menjadi hal yang begitu penting dalam merespons tekanan yang memicu *stress*. Ketika pemicu *stress* muncul, energi yang tersimpan diurai dan dilepaskan sehingga dapat digunakan oleh jaringan. (Schreck *et al.* 2016). Dengan demikian, glukosa darah bisa jadi indikator terjadinya *stress* pada ikan. Ikan uji pada setiap perlakuan memiliki kadar glukosa darah yang berfluktuasi. Pada hari ke-21 pemeliharaan, peningkatan kadar glukosa darah berhasil tercatat meskipun berada pada kondisi normal maupun tidak terlampaui jauh dari pengukuran awal. Pada akhir eksperimen, kadar glukosa darah relatif tidak berbeda, terutama antara dua perlakuan tertinggi terhadap perlakuan terendah. Hal ini menunjukkan selama pemeliharaan ikan tidak mengalami *stress*.

Trigliserida telah digunakan sebagai indikator *stress* pada beberapa penelitian sebelumnya, misalnya pada *Channa punctatus* terhadap stressor logam berat (Javed & Usmani 2015) dan *Heteropneustes fossilis* pada stressor As dan

zeolite (Balasubramaniam & Anil 2013). Trigliserida berfungsi menyediakan energi seluler dan dapat digunakan sebagai indikator status gizi (Levesque *et al.* 2002, Oner *et al.* 2008). Trigliserida dalam darah ikan selama pemeliharaan 100-195,5 mg dL⁻¹. Trigliserida dalam bentuk kompleks senyawa *Triglyceride-rich lipoproteins, very low density lipoprotein* (VLDL) juga dipercaya sebagai komponen sistem imun bawaan non adaptif ketika ikan berada dalam kondisi lingkungan yang tidak mendukung (Javed & Usmani 2015). Pada penelitian ini, kadar trigliserida hingga akhir eksperimen tidak menunjukkan penurunan terhadap nilai awal. Hal ini mengindikasikan tidak adanya pemanfaatan trigliserida akibat respons terhadap stress.

Total protein serum merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengindikasikan kesehatan ikan yang bersifat non destruktif, kuat, mudah diukur, dan murah (Coeurdacier *et al.* 2011). Penurunan total protein serum mengindikasikan infeksi kronis dan rendahnya protein dalam pakan ikan (Hastuti 2007). Hasil pengukuran total protein serum hingga akhir eksperimen menunjukkan nilai yang masih berada pada kisaran normal (2,7-5,0 mg dL⁻¹, Mauel *et al.* 2007). Hal ini menunjukkan tidak terdapat indikasi *stress* pada setiap perlakuan. Total protein serum ikan nila pada semua perlakuan mengalami penurunan pada hari ke-21 dan pemeliharaan di hari ke-42 total protein serum pada semua perlakuan meningkat kembali.

Hemoglobin menentukan tingkat ketahanan tubuh pada ikan dikarenakan hubungannya dengan daya ikat oksigen oleh darah (Nirmala *et al.* 2012). Kemampuan mengikat oksigen dalam darah bergantung kepada jumlah hemoglobin yang terdapat dalam sel darah merah. Rendahnya oksigen dalam darah menye-

babkan laju metabolisme menurun (Broto *et al.* 2017). Kadar hemoglobin ikan nila pada awal pemeliharaan lebih rendah daripada kisaran normal (5,05-8,33 g dL⁻¹; Salasia *et al.* 2001), diduga karena masih dalam proses adaptasi. Namun, kadar hemoglobin meningkat menjadi kisaran normal pada hari ke-21 hingga hari ke-42 pada semua perlakuan.

Kualitas air merupakan indikator penting yang perlu diperhatikan dalam budi daya ikan terutama oksigen terlarut. Penggunaan pembangkit gelembung mikro terbilang cukup efektif dalam penelitian ini yang menunjukkan nilai sintasan yang tinggi pada semua perlakuan padat tebar. Penelitian serupa menunjukkan sintasan dan pertumbuhan yang lebih tinggi pada ikan *sweet fish* (*Plecoglossus altivelis*), dan *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) (Ebina *et al.* 2013). Oksigen terlarut merupakan faktor terpenting dalam menentukan sintasan ikan, pernafasan akan terganggu bila oksigen kurang dalam media pemeliharaan. Kisaran oksigen terlarut selama pemeliharaan 3,8-7,8 mg L⁻¹. Sesuai dengan hasil penelitian Colt *et al.* (2011) oksigen yang menunjang sintasan ikan nila berkisar 3-5,6 mg L⁻¹.

Dalam kondisi normal, nitrit akan diubah oleh bakteri menjadi nitrat, namun jika terjadi keterbatasan oksigen terlarut, reaksi akan terhenti hingga ke tahap nitrit (Durborow *et al.* 1997). Keberadaan nitrit juga bersifat racun karena dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah, sehingga darah tidak dapat mengangkut oksigen. Menurut Yanbo *et al.* (2006), paparan nitrit pada ikan nila tertinggi mencapai 28,18 mg L⁻¹, mampu menghasilkan methemoglobin yang tinggi namun tidak menyebabkan kematian, dan tingkat sintasan mencapai 85,37%. Hal ini serupa dengan penelitian Zulfahmi & Muliari

(2017) bahwa ikan nila memiliki daya resisten yang lebih tinggi terhadap pencemaran limbah cair kelapa sawit dibandingkan ikan bandeng. Diduga karena ikan nila dapat hidup pada rentang faktor pembatas yang luas sehingga memiliki daya toleransi yang lebih tinggi terhadap polutan dibandingkan jenis ikan lainnya (Zulfahmi *et al.* 2017).

Karbonioksida (CO₂) memengaruhi pH air, karena bereaksi dengan air membentuk asam lemah (asam karbonat). Karbonioksida berbanding terbalik dengan nilai pH. Peningkatan CO₂ di dalam air juga dapat memengaruhi metabolisme ikan, ketika CO₂ masuk ke dalam darah ikan melalui insang.

Total organic matter (TOM) merupakan akumulasi bahan organik yang digunakan sebagai indikator bahwa perairan tersebut layak untuk kegiatan budi daya. Bahan organik akan dimanfaatkan oleh bakteri pengurai dalam proses nitrifikasi. Proses ini terjadi pada kondisi aerob sehingga bakteri membutuhkan oksigen untuk menguraikan nitrit menjadi nitrat. Nilai TOM selama penelitian masih dalam kisaran baku mutu budi daya yakni <20 mg L⁻¹ (Thurman 1985)

Sumber utama amonia pada media pemeliharaan adalah sisa pakan, feses dan hasil ekskresi. Total ammonia nitrogen (TAN) merupakan jumlah amonia terionisasi dan tidak terionisasi dalam air. Amonia terionisasi tidak bersifat toksik bagi ikan sedangkan amonia tidak terionisasi bersifat toksik. Keberadaan keduanya dipengaruhi oleh suhu dan pH. Nilai TAN pada awal pemeliharaan cukup tinggi untuk semua perlakuan berkisar 1,57 mg L⁻¹. Selama pemeliharaan nilai TAN berangsur menurun pada semua perlakuan dengan pola yang sama. Kisaran nilai TAN pada media pemeliharaan dalam kisaran

normal mengacu pada Boyd & Gautier (2000) yaitu kurang dari 5 mg L⁻¹. Nilai TAN yang sesuai dengan baku mutu tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan pembangkit gelembung mikro bisa menurunkan kadar TAN di air meskipun terdapat perbedaan kepadatan ikan setiap perlakuan. Hal yang sama dikemukakan oleh Wen *et al.* (2011) bahwa penggunaan gelembung mikro mampu menurunkan kadar amonia dalam media budi daya hingga 95%. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan, nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Nilai nitrat pada wadah penelitian masih dalam kisaran optimum yaitu 0,2-10 mg L⁻¹ (Boyd & Tucker 1998).

Simpulan

Hasil evaluasi terhadap respons fisiologis (glukosa darah, total protein serum, trigliserida, hemoglobin) menunjukkan ikan yang dipelihara hingga kepadatan 45 ekor 60 L⁻¹ tidak menunjukkan adanya perubahan yang mengindikasikan ikan mengalami stress. Kualitas air selama penelitian juga menunjukkan berada pada kisaran yang optimal. Performa produksi terbaik adalah pada perlakuan A (15 ekor 60 L⁻¹) dengan laju pertumbuhan spesifik 1,87±0,15% dan nisbah konversi pakan 0,95±0,08.

Persantunan

Penulis berterimakasih kepada BPI-LIPI Bandung yang telah meminjamkan alat pembangkit gelembung mikro selama penelitian berlangsung.

Daftar pustaka

[APHA] American Public Health Association (USA). 1998. *Standard Method for Examination of Water and Waste Water*, 20th Edition, Washington.

- Adiyana K, Supriyono E, Junior M, Thesiana L. 2014. Aplikasi teknologi shelter terhadap respons stress dan kelangsungan hidup pada pendederan lobster pasir *Panulirus homarus*. *Jurnal Kelautan Nasional*, 9(1): 1-9.
- Andriyoko B, Lismayanti L, Prihatni D. 2009. Perbandingan kadar hemoglobin antara metode spectrophotometer dengan metode hemocue pada sampel leukositosis. *Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory*, 15(3):109-110.
- Alfia AR, Arini E, Elfitasari T. 2013. Pengaruh kepadatan yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada sistem resirkulasi dengan filter bioball. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 2(3): 86-93.
- Agarwal A, Ng WJ, Liu Y. 2011. Review: Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere*, 84(9): 1175-1180.
- Balasubramaniam J, Anil K. 2013. Study of effect of sodium arsenite on lipid metabolism of *Heteropneustes fossilis* and the chelating effect of zeolite. *International Journal of Advances in Biosciences and Bioengineering*, 1(1): 22-27
- Budiardi T, Gemawaty N, Wahjuningrum D. 2007. Produksi ikan neon tetra *Paracheirodon innesi* ukuran L pada padat tebar 20, 40, dan 60 ekor/liter dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 6(2): 211-215.
- Burtis CA, Brunts DE. 2015. *Tietz Fundamental of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics* 7th Edition. Elsevier Saunders.
- Boyd CE, Gautier D, 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate*, 3(5): 61-66.
- Boyd CE, Tucker CS. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Science, New York (US). 712 p.
- Broto RBIW, Suhandoyo S, Harjana T. 2017. Pengaruh pemberian tepung ikan gabus (*Channa striata*, Bloch) dalam pakan komersial terhadap pertumbuhan dan kadar hemoglobin ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*, VAR.). *Jurnal Biologi*, 6(6): 350-357.

- Coeurdacier JL, Dutto G, Gasset E, Blancheton JP. 2011. Is total serum protein a good indicator for welfare in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*, 24(2): 121-127.
- Colt J, Momoda T, Chitwood R, Fornshell G, Schreck C. 2011. Water quality in tilapia transport: from the farm to the retail store [communication]. *North American Journal of Aquaculture*, 73(4): 426-434.
- Durborow RM, DM Crosby, MW Brunson. 1997. *Nitrite in Fish Pond*. SRAC Publication, Amerika Serikat. 462 p.
- Endo A, Srithongouthai S, Nashiki H, Teshiba I, Iwasaki T, Hama D, Tsutsumi H. 2008. DO-increasing effects of a microscopic bubble generating system in a fish farm. *Marine Pollution Bulletin*, 57(1-5): 78-85.
- Ebina K, Shi K, Hirao M, Hashimoto J, Kawato Y. 2013. Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice. *PLoS ON*, 8(6): 1-7.
- Hastuti SD. 2007. Evaluation of non-specific defence of Tilapia (*Oreochromis* sp) injected with LPS (*Lipopolysaccharides*) of *Aeromonas hydrophilla*. *Jurnal Protein*, 14(1): 79-84.
- Huisman EA. 1976. Food conversion efficiencies at maintenance and production level of carp, *Cyprinus carpio* and rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*. 9: 259-273.
- Javed M, Usmani N. 2015. Stress response of biomolecules (carbohydrate, protein and lipid profiles) in fish *Channa punctatus* inhabiting river polluted by Thermal Power Plant effluent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2): 237-242.
- Levesque HM, Moon TW, Campbell PGC, Hontela A. 2002. Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology*, 60(3-4): 257-267.
- Martins CIM, Eding EH, Verdegem CJ, Heinsbroek LTN, Schneider O, d'Orbcastel ER, Verreth JAJ, Blancheton JP. 2010. Review: New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3): 83-93.
- Mauel MJ, Miller DL, Merrill AL. 2007. Hematologic and plasma biochemical values of healthy hybrid tilapia *Oreochromis aureus* X *Oreochromis nilotica* maintained in a recirculating system. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 38(3): 420-424.
- Minagawa H. 2005. Study on micro bubble generation mechanism by sudden enlargement of flow area. In: Proceedings of JSMF Annual Meeting. Osaka, July 2001. Japan Society for Multiphase Flow. Japanese. pp. 127-128
- Nirmala K, YP Hastuti, V Yuniar. 2012. Toksisitas merkuri (Hg) terhadap tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan, gambaran darah dan kerusakan organ pada ikan nila *Oreochromis niloticus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 11(1): 38-48.
- Nobui B, Onari H, Onari H, Shimose T, Maeda K. 2002. Study on pearl cultivation by using micro bubble technique. *Proceeding of annual conference of the Japan society of civil engineers*, 7(57): 499-500.
- Onari H, Maeda K, Matsuo K, Yamahara Y, Watanabe K, Ishikawa N. 2002. Effect of micro-bubble technique on oyster cultivation. *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, (46): 1163-1168.
- Oner M, Atli G, Canli, M. 2008. Changes in serum biochemical parameters of freshwater fish *Oreochromis niloticus* following prolonged metal (Ag, Cd, Cr, Cu, Zn) exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(2): 360-366.
- Putra I, Setiyanto DD, Wahjuningrum D. 2012. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila *Oreochromis niloticus* dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 16(1): 56-63.
- Rahardjo MF, Sjafei DS, Ridwan A, Sulistiono. 2011. Iktiologi. Lubuk Agung. Bandung.
- Ruane NM, Komen H. 2003. Measuring cortisol in the water as an indicator of stress caused by increased loading density in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 218(1-4): 685-693.

- Salasia SIO, Sulanjari D, Ratnawati A. 2001. Studi hematologi ikan air tawar. *Biologi* 2(12): 710-723.
- Schreck CB, Tort L, Farrell AP, Brauner CJ. 2016. The Concept of Stress in Fish In: Anthony P. Farrell and Colin J. Brauner (ed). *Fish Physiology volume 35 (Biology of Stress in Fish)*. Academic Press, New York. pp. 406-446.
- Temesgen T, Bui TT, Han M, Kim TI, Park H. 2017. Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment techniques: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 246(1): 40-51.
- Thurman EM. 1985. *Organic Geochemistry of Natural Waters*. Martinus Nijhoff, Dr. W. Junk. Academic Publishers. The Netherlands. 497 p.
- Tripathi NK, Latimer KS, Burnley VV. 2004. Hematologic reference intervals for koi (*Cyprinus carpio*), including blood cell morphology, cytochemistry, and ultrastructure. *Veterinary Clinical Pathology*, 33(2): 74-83.
- Tsuge H. 2014. *Micro and Nano-bubbles: Fundamentals and Applications*. Pan Stanford Publishing. Tokyo. 289 p.
- Wen LH, Ismail AB, Menon PM, Saththasivam J, Thu K, Choon NK. 2011. Case studies of microbubbles in wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, 30(1-3):10-16.
- Widada ST, Martsiningsik MS, Carolina SC. 2016. Gambaran perbedaan kadar kolesterol total metode CHOD-PAP (Cholesterol oxidase-peroxidase aminoantipirin) sampel serum dan sampel plasma EDTA. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 5(1): 41-44.
- Widiastuti IM. 2009. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup (survival rate) ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang dipelihara dalam wadah terkontrol dengan padat penebaran yang berbeda. *Media Litbang Sulteng*, 2(2): 126-130.
- Widiarto AS, Purwoko BA, Murwono RD. 2013. Pakan apung artifisial untuk budi daya ikan lele pengaruh naic dan nutrisi terhadap pertumbuhan ikan lele dengan metode FCR (Feed Conversion Ratio). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2): 97-102.
- Yanos AA, Bautista MN, Angelina MRN, del Rosario EJ. 2013. Digital photometric determination of protein using biuret, bradford and bicinchonic acid reagents. *Philippine Science Letters*. 6(2): 168-175.
- Yanbo W, Wenju Z, Weifen L, Zirong X. 2006. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32(1): 49-54.
- Zulfahmi I, Affandi R, Lumban Batu DT. 2017. Kondisi biometrik ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) yang terpapar merkuri. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 14(1): 37-48.
- Zulfahmi I, Muliari MI. 2017. Toksisitas limbah cair kelapa sawit terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) dan ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskall 1755). *Agricola*, 7(1): 44-55.