

## Pengaruh *Nano Bubble* terhadap Penampilan Perkembangan Larva Ikan Mas (*Cyprinus carpio*, Linn) di Balai Benih Ikan Samosir

Syahroma Husni Nasution, Lukman, Tri Widiyanto, Novi Mayasari, dan Bambang Teguh Sudiyono

Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Jl Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong, 16911

Email: syahroma@limnologi.lipi.go.id

### Abstrak

Teknologi *nanobubble* (NAB) telah dimanfaatkan dalam pemberian ikan selain dalam bentuk pemberian aerasi (AER). Namun informasi dampak teknologi *nanobubble* masih relatif jarang ditemukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh NAB terhadap penampilan perkembangan larva ikan mas. Penelitian dilakukan di Balai Benih Ikan Samosir pada bulan Juli 2019. Perlakuan meliputi media pemeliharaan larva yang dilengkapi *nannobuble* dan sistem aerasi. Pemijahan ikan dilakukan dengan mengawinkan induk jantan dan betina secara alami di kolam yang sudah dilengkapi dengan “kakaban”. Kemudian induk ikan dipindahkan ke kolam pemulihan induk. Telur yang terdapat di “kakaban” dipindahkan ke dalam strimin berukuran 100 x 100 cm masing-masing, dilakukan dengan enam ulangan setiap perlakuan. Untuk mengetahui persentase telur yang menetas dilakukan dengan mengambil sebanyak 100 butir telur dan dipindahkan ke dalam strimin berukuran 20 x 20 cm sebanyak enam ulangan setiap perlakuan. Diameter telur diukur dari 600 butir dan perkembangan larva dilakukan dengan mengukur panjang tubuh larva menggunakan alat ukur kaca berskala dan berat total ikan menggunakan timbangan. Kualitas air sebagai penunjang penelitian adalah *Dissolved Oxygen* (DO) dan suhu air. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa persentase telur yang menetas pada perlakuan NAB dan AER masing-masing adalah 54,7 dan 55,5%. Diameter telur terbesar (56,60%) berada pada kelas ukuran 1,8–2,1 mm. Rata-rata pertumbuhan panjang harian, pertumbuhan panjang spesifik dan pertumbuhan berat harian, pertumbuhan berat spesifik larva ikan perlakuan NAB masing-masing adalah  $0,702 \pm 0,051$  mm/hari,  $8,190 \pm 0,650$ %/hari, dan  $0,0029 \pm 0,001$  g/hari,  $5,632 \pm 3,108$ %/hari. Rata-rata pertumbuhan panjang harian, pertumbuhan panjang spesifik dan pertumbuhan berat harian, pertumbuhan berat spesifik larva ikan perlakuan AER masing-masing adalah  $0,637 \pm 0,096$  mm/hari,  $7,225 \pm 1,083$ %/hari, dan  $0,0032 \pm 0,0009$  h/hari,  $9,099 \pm 2,155$ %/hari. Sintasan rata-rata larva ikan mas di NAB  $89,97 \pm 5,34$ % dan di AER  $91,80 \pm 5,03$ %. Nilai kisaran DO di NAB 6,0 – 11,9 mg/L dan di AER berkisar antara 5,7 – 11,3 mg/L. Nilai DO terendah dijumpai jam 06.00 pagi dan tertinggi jam 12.00 siang. Nilai rata-rata suhu air di NAB terlihat lebih tinggi daripada di kolam AER (suhu air di NAB: 25 – 32 °C; suhu air di AER: 24 – 30 °C). Secara umum terlihat bahwa pemeliharaan larva ikan mas lebih baik menggunakan sistem aerasi dibandingkan sistem *nanobubble* dilihat dari pertumbuhan berat spesifik dan sintasan larva.

Kata kunci: *nanobubble*, penampilan, larva ikan mas

### Pendahuluan

Gelembung mikro/nano adalah salah satu teknologi yang dikembangkan untuk meningkatkan level oksigen terlarut (DO) dalam air. Teknologi ini sudah dikembangkan di Jepang selama lebih dari 50 tahun. Pada tahun 1950 (Alheshibri *et al.*, 2016), teknologi ini diterapkan untuk membantu degradasi limbah cair

(Yamasaki *et al*, 2010) dan dipatenkan pada tahun 2005 di Jepang (Yamasaki *et al*, 2009). Pada prinsipnya, partikel gelembung mikro/nano dihasilkan dari generator pompa celup plus tekanan udara dan pembuangan air (Agarwal *et al*, 2011). Menurut Tsuge (2015) ukuran partikel lebih kecil dan lebih besar luas permukaan partikel sehingga kelarutan oksigen terlarut dalam air dapat meningkat. *Nanobubble* memiliki luas permukaan spesifik tinggi dan waktu stagnasi tinggi karena ukurannya yang nano, yang mengarah pada efisiensi transportasi massal di antarmuka gas-cair (Meegoda *et al.*, 2018).

Hewan air menunjukkan pertumbuhan terbaik ketika konsentrasi DO mencapai saturasi dekat (Boyd, 2017). Oleh karena itu, peningkatan DO telah menjadi perhatian utama bagi praktik budidaya ikan. Teknologi *nanobubble* (NAB) dimanfaatkan dalam pemberian ikan selain dalam bentuk pemberian aerasi (AER). Karena sifat dan perlakunya, *nanobubble* bisa menjadi kegunaan terbaik untuk aplikasi dalam perikanan. Dengan menambahkan gelembung nano-oksidigen, kadar oksigen dalam air dipertahankan, dan karenanya, memiliki efek positif pada kinerja pertumbuhan ikan (Meegoda *et al.*, 2018). Namun informasi dampak teknologi *nanobubble* masih relatif jarang ditemukan. Teknologi NAB telah dicoba dimanfaatkan pada kegiatan pemberian ikan mas (*Cyprinus carpio*) di Balai Benih Ikan (BBI) Samosir, yang merupakan bagian dari Teknopark Samosir, Sumatera Utara. Rahmawatia *et al.*, (2020) melakukan penelitian terhadap peningkatan pertumbuhan udang *Penaeus vannamei* menggunakan *nanobubble* di kolam *raceway* tertutup yang menunjukkan bahwa *nanobubble* telah berhasil mempertahankan DO pada kisaran optimal dan mempengaruhi pertumbuhan udang secara signifikan.

Ikan mas merupakan ikan yang banyak dibutuhkan dan dimanfaatkan oleh masyarakat batak khususnya untuk dikonsumsi dan disajikan dalam upacara adat. Biasanya ikan yang disajikan untuk keperluan acara adat adalah ikan mera/ikan jurung/ihan (*Neolicochilus* sp.) dan sering juga disebut ikan batak. Namun karena populasinya semakin lama semakin menurun, maka penggunaan ihan sudah jarang dipakai. Untuk memenuhi kebutuhan akan ihan, dicari alternatif yaitu menggunakan ikan mas yang penampilannya seperti ihan.

Perkembangan budidaya ikan mas cendrung semakin meningkat, hal ini terlihat semakin banyaknya pengguna memelihara ikan mas baik di dalam karamba jaring apung (KJA), kolam air deras, kolam tanah, dan mina padi. Tingginya permintaan pasar akan komoditas ini harus didukung oleh peningkatan produksi dari usaha budidaya. Peningkatan produksi bagi usaha budidaya dipengaruhi oleh banyak hal, yang paling penting adalah kualitas benih. Kondisi mutu benih yang baik penampilannya/unggul akan sangat menentukan dalam meningkatkan produktivitas usaha, karena mempunyai kecepatan tumbuh yang baik, respon tinggi terhadap pakan dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit.

Untuk mengatasi masalah penanganan benih antara lain dapat dilakukan dengan menstabilkan kualitas air dengan sistem resirkulasi, karena pada fase ini benih atau larva mempunyai kepekaan yang sangat tinggi terhadap adanya perubahan lingkungan.

Kabupaten Samosir saat ini masih pemanfaatan kekayaan alam yang dimilikinya untuk membiayai pembangunan daerahnya. Kabupaten Samosir juga masih memiliki sumber daya alam, seperti sumber daya perikanan dan pariwisata, yang belum dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat secara nyata. Pemanfaatan kekayaan alam secara besar-besaran untuk memenuhi pembiayaan pembangunan yang terus meningkat itu dapat menimbulkan berbagai permasalahan, yang akan membebani generasi mendatang. Dengan demikian, yang harus Kabupaten Samosir lakukan adalah meningkatkan kemampuan iptek dan menggalakkan penumbuhan wira usaha untuk menghasilkan nilai tambah yang lebih besar dari kekayaan alam yang dimilikinya atau potensi yang diciptakannya. Salah satu pemanfaatan iptek adalah dengan menggunakan teknologi *nanobubble* dalam pemberian ikan mas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh *nanobubble* terhadap penampilan perkembangan larva ikan mas.

## Bahan Dan Metode

Penelitian dilakukan di Balai Benih Ikan Samosir, Desa Janji Martahan Kecamatan Harian Kabupaten Samosir pada bulan Juli 2019 menggunakan DOM (lokasi kolam yang ditutup seluruhnya (Gambar 1). Perlakuan meliputi media pemeliharaan larva yang dilengkapi *nanobubble* (NAB) yang dipaparkan selama

penelitian berlangsung (Gambar 1) dan diberi pengudaraan melalui aerasi (AER). Dilakukan pemilihan induk yang sudah matang gonad dan siap memijah di kolam induk, selanjutnya dipindahkan ke kolam penelitian (DOM) yang tertutup keseluruhannya seperti kubah (*dome*) (Gambar 2). Pemijahan ikan dilakukan dengan mengawinkan induk jantan dan betina secara alami di kolam yang sudah dilengkapi dengan kakaban. Indukan jantan yang dipergunakan dalam penelitian ini beratnya 8 kg (enam ekor) dan indukan betina dengan berat 9 kg (tiga ekor). Hal ini dilakukan secara massal karena untuk mencapai target produksi per siklus. Kesesukan harinya kakaban sudah dipenuhi oleh telur hasil pemijahan yang (Gambar 3). Kemudian induk ikan yang sudah memijah dipindahkan ke kolam pemulihan induk. Telur yang terdapat di kakaban sebanyak 500 butir dipindahkan ke dalam bahan strimin berukuran 100 x 100 cm masing-masing sebanyak enam ulangan setiap perlakuan. Untuk mengetahui persentase telur yang menetas dilakukan dengan mengambil sebanyak 100 butir telur dari kakaban dan dipindahkan ke dalam strimin berukuran 20 x 20 cm sebanyak enam ulangan setiap perlakuan. Diameter telur diukur dari 600 butir dan perkembangan larva dilakukan dengan mengukur panjang tubuh larva menggunakan alat ukur kaca berskala dan berat total ikan menggunakan timbangan (Gambar 4). Selanjutnya berdasarkan sampel telur yang diukur, dibuat distribusi frekuensi berdasarkan diameter telur tersebut.

Kualitas air yang diukur adalah kandungan oksigen terlarut *Dissolved Oxygen* (DO) menggunakan alat *spectrophotometer* dan suhu air menggunakan termometer. Pengukuran dilakukan pada pukul 06.00, 12.00, 18.00, dan 24.00 pada masing-masing perlakuan.



Gambar 1. DOM kolam pemeliharaan larva ikan mas yang tertutup (a) dan seperangkat *nanobubble* (b), dan posisi penempatan wadah percobaan dekat *nanobubble* (c)



Gambar 2. (a) Induk matang gonad dan siap memijah (b) induk terlipih dimasukkan ke kolam penelitian (DOM)



Gambar 3. Telur-telur ikan mas yang terdapat di “kakaban” dari hasil pemijahan

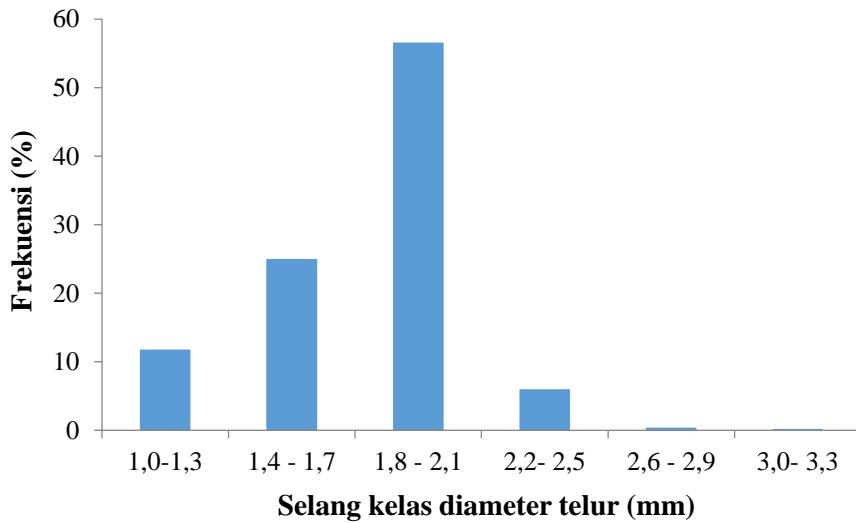


Gambar 4. Tahapan proses pemindahan telur, penghitungan jumlah telur, penghitungan jumlah larva, pengukuran panjang larva, dan penimbangan larva

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Ukuran diameter telur

Dalam proses reproduksi sebelum terjadi pemijahan, gonad semakin besar dan bertambah berat, begitu pula butir-butir telur yang ada di dalamnya. Frekuensi pemijahan dapat diduga dari distribusi diameter telur pada gonad yang sudah matang, yaitu dengan melihat modus distribusinya, sedangkan lama pemijahannya dapat diduga dari frekuensi ukuran diameter telur (Hoar, 1957). Dikatakan pula bahwa ovarium yang mengandung telur masak berukuran sama, menunjukkan waktu pemijahan yang pendek, sebaliknya waktu pemijahan yang panjang dan terus menerus ditandai oleh banyaknya ukuran telur yang berbeda di dalam ovarium, sehingga dapat dikatakan sebaran diameter telur pada tiap tingkat kematangan gonad akan mencerminkan pola pemijahan ikan tersebut.



Gambar 5. Sebaran ukuran diameter telur ikan mas

## 2. Daya tetas telur

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa persentase telur yang menetas pada perlakuan NAB dan AER masing-masing adalah 54,7 dan 55,5% (Tabel 1). Daya tetas telur perlakuan NAB dan AER hampir sama.

Tabel 1. Daya tetas telur pada perlakuan Nab dan AER

Ulangan	NAB (ekor)	AER (ekor)
1	62	39
2	47	35
3	35	86
4	59	51
5	70	43
6	55	79
StDev	$54,67 \pm 12,27$	$55,50 \pm 21,69$

## 3. Perkembangan larva

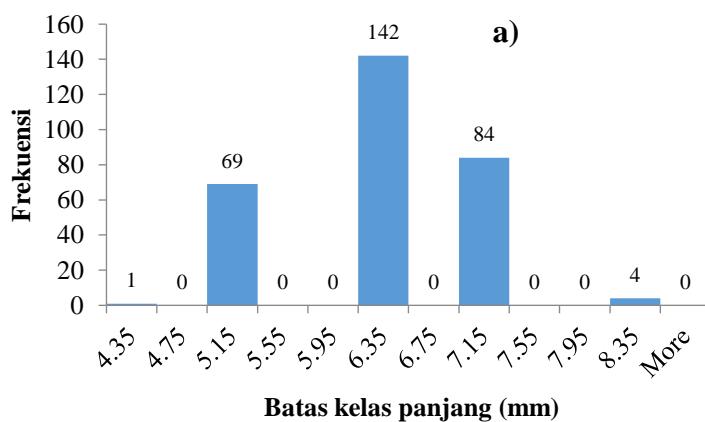
Pertumbuhan individu adalah pertambahan ukuran panjang atau bobot dalam suatu ukuran waktu. Secara umum pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam meliputi keturunan, sex, umur, dan penyakit. Faktor luar meliputi jumlah dan ukuran makanan yang tersedia di dalam perairan serta kualitas air. Laju pertumbuhan organisme perairan tergantung kepada kondisi lingkungan dan ketersediaan organisme makanan di dalam perairan (Nikolsky, 1963). Data sebaran frekuensi panjang digunakan untuk

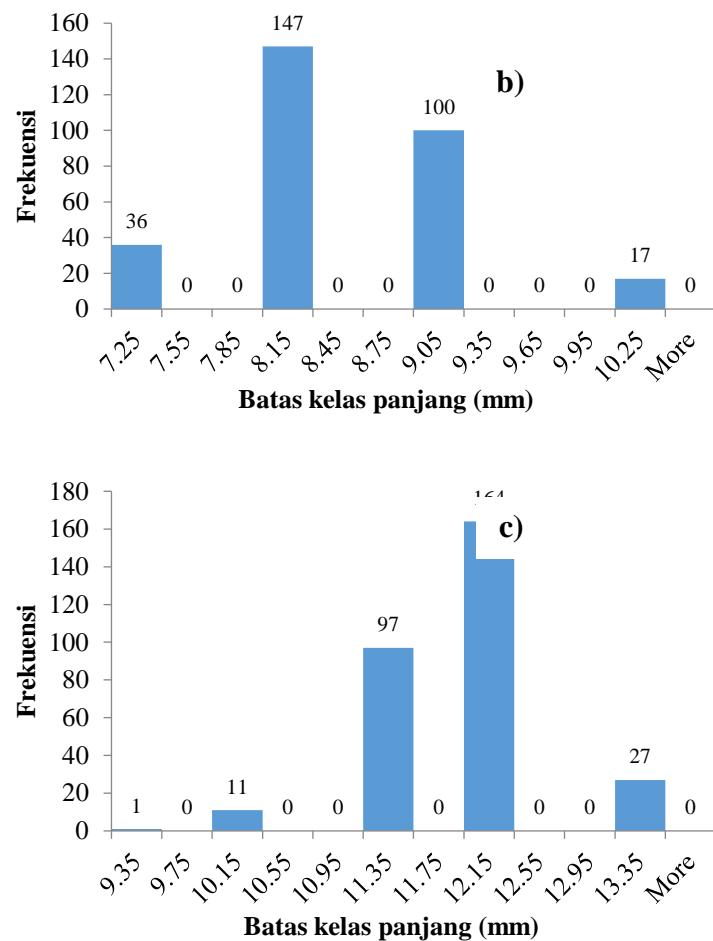
penentuan kelompok ukuran ikan dalam populasi, struktur populasi, ukuran pertama kali matang gonad, dan lamanya hidup (Spare and Venema, 1999).

- **Pertumbuhan panjang dan berat**

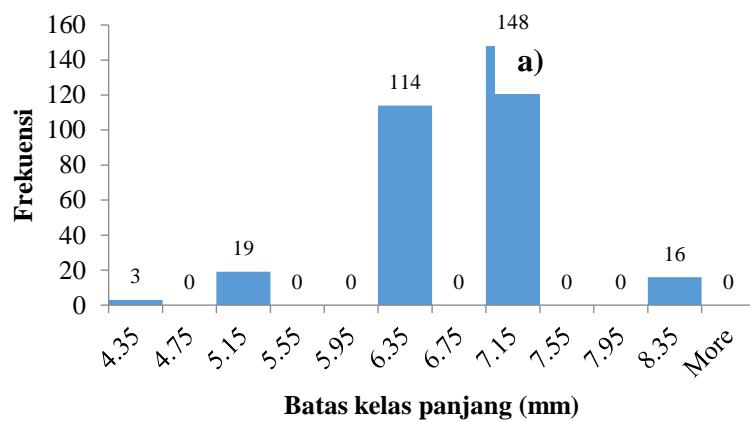
Panjang total larva ikan mas yang dipelihara di kolam NAB (a) 17 Juli 2019; (b) 21 Juli 2019; dan (c) 25 Juli 2019 memperlihatkan bahwa secara keseluruhan ditemukan variasi dengan kisaran panjang masing-masing ukuran. Ukuran panjang larva masing-masing berkisar 4,35 – 8,35 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 6,35 mm); 7,25 – 10,25 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 8,25 mm); dan 9,35 – 13,35 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 12,15 mm) (Gambar 6).

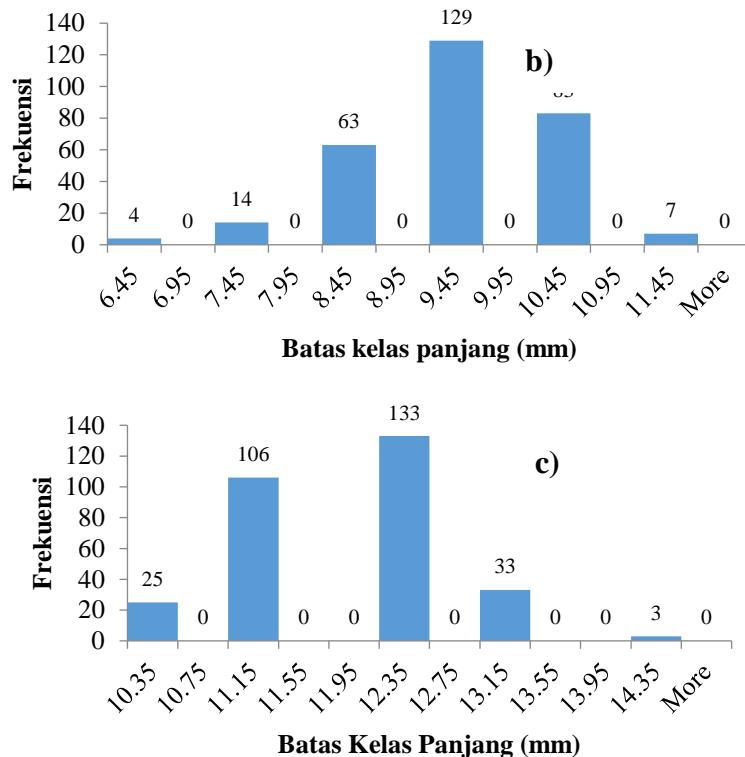
Panjang total larva ikan mas yang dipelihara di kolam Aerasi (a) 17 Juli 2019; (b) 21 Juli 2019; dan (c) 25 Juli 2019 dapat dilihat pada Gambar 7. Ukuran panjang larva masing-masing berkisar antara 4,35 – 8,35 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 7,15 mm); 6,45 – 11,45 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 9,45 mm); dan 10,35 – 14,35 mm (ukuran terbanyak berada pada ukuran 12,35 mm).





Gambar 6. Panjang total larva ikan mas yang dipelihara di kolam *Nanobubble* (a) 17 Juli 2019, (b) 21Juli 2019, dan (c) 25Juli 2019





Gambar 7. Panjang total larva ikan mas yang dipelihara di kolam Aerasi (a) 17 Juli 2019, (b) 21Juli 2019, dan (c) 25Juli 2019

Rata-rata pertumbuhan panjang harian, pertumbuhan panjang spesifik dan pertumbuhan berat harian, pertumbuhan berat spesifik larva ikan perlakuan NAB dan perlakuan AER dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pertumbuhan panjang dan berat larva ikan mas pada perlakuan NAB dan AER

Perlakuan	Panjang total		Berat	
	Pertumbuhan harian (mm/hari)	SGR (%/hari)	Pertumbuhan harian (g/hari)	SGR (%/hari)
Kolam Nano bubble (NAB)	$0,702 \pm 0,051$	$8,190 \pm 0,650$	$0,0029 \pm 0,0013$	$5,6317 \pm 3,1077$
Kolam Aerasi (AER)	$0,637 \pm 0,096$	$7,225 \pm 1,083$	$0,0032 \pm 0,0009$	$9,0993 \pm 2,1551$

#### 4. Sintasan/Kelangsungan hidup larva

Parameter untuk memperlihatkan keberhasilan pemeliharaan larva ikan mas yaitu sintasan. Hasil pengamatan nilai sintasan dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa sintasan di perlakuan NAB adalah sebesar  $89,97 \pm 5,34\%$  dan di perlakuan

AER adalah sebesar  $91,80 \pm 5,03\%$ . Keberhasilan suatu pemberian tidak terlepas dari keberhasilan perawatan larva (larva rearing), karena pada waktu ini larva mengalami fase kritis yang sangat menentukan tahap berikutnya dari suatu rangkaian budidaya.

Sintasan larva ikan yang dipelihara pada perlakuan NAB dan AER relatif tinggi, hal ini diperkirakan karena kualitas air seperti suhu mendukung kehidupan larva ikan mas (Tabel 3). Pada penelitian Zainal Arifin dan Asyari (1992) sintasan larva ikan patin yang dipelihara dengan sistem resirkulasi selama 7 hari baru mencapai 13,15%, hal ini karena perubahan sedikit saja dari faktor lingkungan seperti suhu, sudah menyebabkan kematian, selain itu juga adanya sifat kanibalisme dari ikan itu sendiri pada waktu larva (benih).

Tabel 3. Sintasan larva ikan yang dipelihara pada perlakuan NAB dan AER

Ulangan	SR NAB (%)	SR AER (%)
1	89,40	88,20
2	86,80	86,00
3	85,00	100,00
4	87,60	94,00
5	100,00	89,40
6	91,00	93,20
Jumlah	539,80	550,80
StDev	$89,97 \pm 5,34$	$91,8 \pm 5,03$

Catatan: SR (*Survival Rate*/sintasan)

## 5. Kualitas air

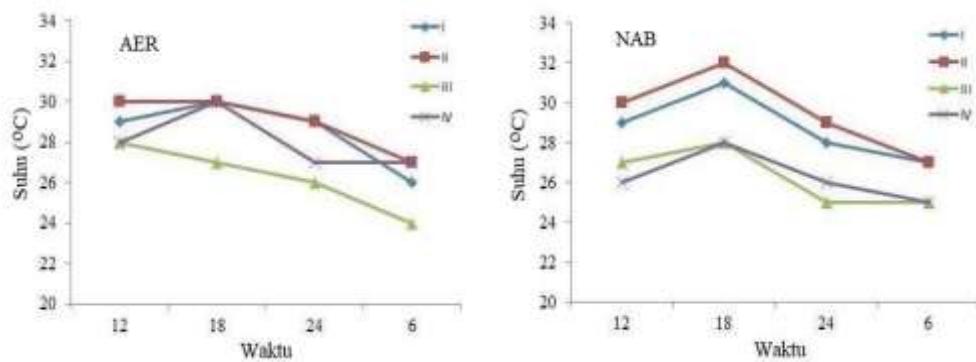
### • Suhu

Suhu berpengaruh nyata terhadap kualitas air, peningkatan suhu akan mendorong reaksi kimia lebih cepat sesuai dengan hukum kinetika kimia. Secara langsung suhu mempengaruhi sintasan (kelulus hidupan), pertumbuhan (khususnya pada ikan-ikan muda), dan keberhasilan proses reproduksi. Secara tidak langsung suhu menentukan daya kompetisi dari satu jenis ikan, resistensi terhadap penyakit, predator, dan parasit yang terdapat di sekitarnya. Perubahan suhu air antara lain akan mempengaruhi derajat metabolisme ikan. Bagi ikan perubahan suhu merupakan tanda secara alamiah dimulainya proses pemijahan dan ruaya. Ikan mempunyai sifat yang dapat mengadaptasi perubahan suhu lingkungan, dan ikan air tawar mempunyai daya toleransi yang besar terhadap perubahan suhu (Krebs, 1985) dan (Goto, 1987).

Suhu media pemeliharaan larva ikan mas berada pada kisaran  $24^{\circ} - 32^{\circ}\text{C}$ , dengan kisaran yang cenderung lebih lebar pada NAB (Tabel 4). Dalam periode harian (24 jam), DO mengalami fluktuasi yang mencapai suhu maksimum pada pukul 18.00 dan suhu minimum pada pukul 06.00. Suhu pada media NAB mengalami fluktuasi yang lebih tajam dibanding pada media AER (Gambar 8).

Tabel 4. Kisaran suhu media pemeliharaan larva ikan mas

Periode pengamatan	Sumber penyedian oksigen	
	AER ( $^{\circ}\text{C}$ )	NAB ( $^{\circ}\text{C}$ )
I	26 - 30	27 - 31
II	27 - 30	27 - 32
III	24 - 28	25 - 28
IV	27 - 30	25 - 28



Gambar 8. Fluktuasi suhu media pemeliharaan larva ikan mas yang diberi pengudaraan melalui aerasi (AER) dan *nanobubble* (NAB)

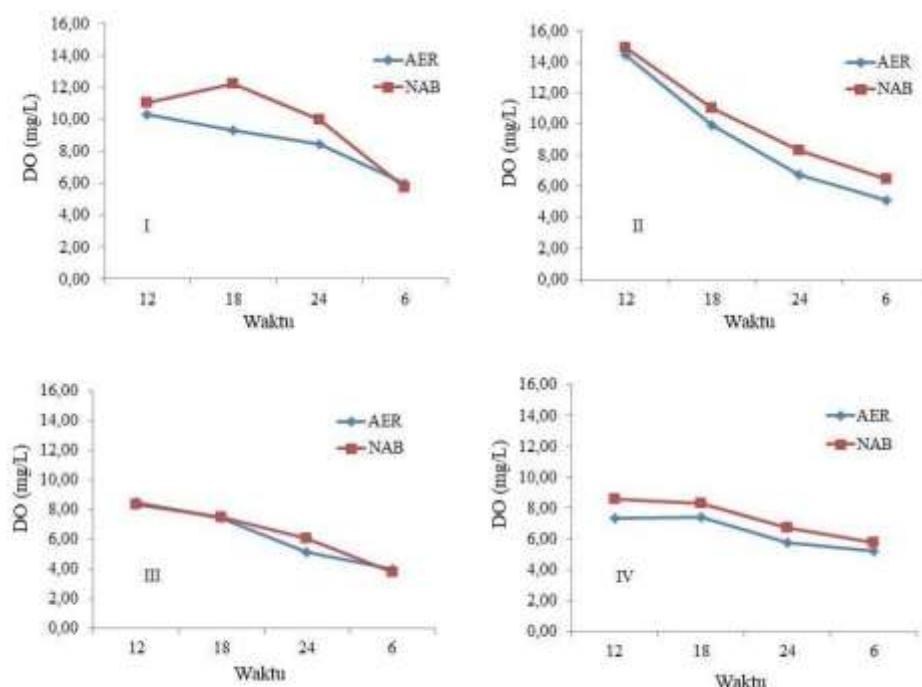
- **Oksigen terlarut**

Rendahnya oksigen terlarut dalam air dapat menyebabkan stres bahkan kematian pada ikan. Perairan yang mengalir, perairan yang terdapat tanaman air, dan permukaan danau umumnya memiliki kandungan oksigen yang tinggi, yaitu berkisar 6-8 mg/L. Daya larut oksigen menurun pada saat suhu meningkat dan tingkat konsumsi oksigen melalui oksidasi kimiawi dan biologi juga akan meningkat (Jeffries and Mills, 1996).

Kadar DO yang terukur umumnya cukup tinggi dan cukup aman untuk kehidupan ikan ( $>2,0$  mg/L). Kadar DO mengalami fluktuasi dan tertinggi pada

pukul 12.00. Kadar DO yang terukur pada media dengan NAB cenderung lebih tinggi pada AER (Gambar 9).

Ketersediaan DO pada pengamatan pukul 12 cenderung cukup tinggi bahkan melebihi tingkat jenuhnya terutama pada periode I dan II. Hal ini diduga terkait dengan kelimpahan klorofil yang cukup melimpah, dan nampak bahwa kisaran kadar DO cenderung menurun sejalan dengan waktu periode pengamatan.



Gambar 9. Fluktuasi oksigen terlarut (DO) media pemeliharaan larva ikan mas yang diberi pengudaraan melalui aerasi (AER) dan *nanobubble* (NAB)

### Kesimpulan

Percentase telur yang menetas pada perlakuan NAB dan AER masing-masing adalah 54,7 dan 55,5%. Diameter telur terbesar (56,60%) berada pada kelas ukuran 1,8-2,1 mm. Rata-rata pertumbuhan panjang berat harian larva ikan perlakuan NAB adalah  $0,702 \pm 0,051$  mm/hari dan  $0,0029 \pm 0,001$  g/hari. Rata-rata pertumbuhan panjang dan berat harian larva ikan perlakuan AER adalah  $0,637 \pm 0,096$  mm/hari, dan  $0,0032 \pm 0,0009$  g/hari. Sintasan rata-rata larva ikan mas di NAB 89,97% dan di AER 91,80%. Nilai kisaran DO di NAB 6,0 – 11,9 mg/L dan di AER 5,7 – 11,3 mg/L. Nilai DO terendah dijumpai jam 06.00 pagi dan tertinggi jam 12.00 siang. Nilai rata-rata suhu air di NAB terlihat lebih tinggi daripada di

kolam AER (suhu air di NAB: 25 – 32 °C; suhu air di AER: 24 – 30 °C). Secara umum terlihat bahwa pemeliharaan larva ikan mas lebih baik menggunakan sistem aerasi dibandingkan sistem *nanobubble* dilihat dari pertumbuhan berat spesifik dan sintasan larva.

### Ucapan Terima Kasih

Studi ini adalah bagian dari kegiatan penelitian LIPI berjudul Penelitian Limnologi (Sumber Daya Perairan Darat): Teknopark Pengelolaan Perairan dan Sumber Daya Perikanan di Kabupaten Samosir yang didanai oleh DIPA Tahun Anggaran 2019. Terima kasih disampaikan kepada semua anggota tim yang telah membantu penelitian ini.

### Referensi

- Agarwal, A., Ng, W.J., Liu, Y. 2011. Review principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment. *Chemosphere Journal* 84:1175–1180
- Alheshibri M., Qian, J., Jehannin, M., Craig V.S.J. 2016. *A History of Nanobubbles. Langmuir Journal* 32:11086–11100.
- Boyd, C. E. 2017. General relationship between water quality and aquaculture performance in ponds. Fish Diseases. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5>.
- Goto, A. 1987. *Freshwater fishes: Their grouping by life history strategy and their distribution pattern*. In N. Mizuno and A.Goto (eds.) Freshwater fishes in Japan: Their distribution, variation and speciation, Tokay University Press, Tokyo. p 231-244.
- Hoar, W.S. 1957. *The Physiology of Fishes*. Vol I. Academic Press Inc. New York.
- Jeffries, M. and D. Mills. 1996. *Freshwater Ecology, Principles and Applications*. John Wiley and Sons. Chichester, UK. 285 p.
- Krebs, C.J. 1985. *Ecology, The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 3 rd edition. Harper and Row Publisher, New York. 694 p.
- Meegoda, J.N., Hewage, S.A., and Batagoda, J.H. 2018. Stability of nanobubbles. *Environmental Engineering Science* 35(11):1216–1227.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of Fishes*. Academy Press, New York. 432 p.
- Rahmawatia, A.I., Rizki, N.S., Arief, H., Agus, D., Hardi, J., Dedi, C., Henry, K.H.S., Wendy, T.P., Ujang, K.A.K., Hanny, S.A.N., and Nurul, T.R. 2020. Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. Article in Press in *Journal of Aquaculture and Fisheries*
- Sparre, P. and Venema, S.C. 1999. *Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis*. Puslitbangikan, penerjemah. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Terjemahan dari: *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment*.

- Tsuge, H. 2015. Micro and Nanobubble : Fundamental and Applications. CRS Press.  
Taylor and Francis Group, LLC. Boca Raton – Florida.
- Yamasaki, K., Uda, K., Chuhjoh, K. 2009. Wastewater Treatment Equipment and  
Method of Wastewater Treatment. US Patent 7578942 B2.
- Yamasaki, K., Sakata, K., Chuhjoh, K. 2010. Water Treatment Method and Water  
Treatment System. US Patent 7662288.