

Pemanfaatan Teknologi Nanobubble untuk Produksi *Anguilla sp* pada Era Society 5.0

Utilization of Nanobubble Technology for the Production of Anguilla sp in Era Society 5.0

Aulia Marwah Paradhiba¹, Farisa Febriyanti¹, Ella Rahmadania¹, Fazila Yanisa¹, Fitria
Ulfa Adelina¹, **Retno Cahya Mukti^{1*)}**

¹Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas
Sriwijaya, Indralaya 30662, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

^{*)}Penulis untuk korespondensi: retnocahyamukti@unsri.ac.id

Sitasi: Paradhiba AM, Febriyanti F, Rahmadania E, Yanisa F, Adelina FU, Mukti RC. 2021. Utilization of nanobubble technology for the production of *anguilla sp* in era society 5.0. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021. pp. 435-444. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Eel fish species (*Anguilla sp*) is a fish commodity that has high economic value. Eel cultivation is still not widely controlled because of many factors that influence it, especially water quality conditions. Nanobubble technology is a technology that can maintain water quality, especially to increase oxygen in water. This study aimed to increase the production of eel fish through the nanobubble technology system and to improve the community's economic system in the fisheries sector. The writing method in this study used the literature study method. The results of the study explained that nanobubble technology was able to produce nano-sized air bubbles (70–200 nm) and rich in oxygen so that it could increase dissolved oxygen levels to 9 mg/L. Dissolved oxygen was needed to increase oxidation so that the nitrification process could take place so that it could eliminate ammonia levels in the water. In addition, the high oxygen content could increase metabolism so that it could increase the growth of eel fish. Dissolved oxygen concentration of water was a key control of habitat quality and a critical measure of water health for eel survival. Therefore, with the nanobubble technology, it is expected to increase the production of eel fish. Advice for the public could be used nanobubble technology in the process of eel fish farming so that the production obtained could be maximized.

Keywords: eel fish, nanobubble technology, oxygen

ABSTRAK

Ikan sidat (*Anguilla sp*) merupakan komoditas ikan yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Budidaya ikan sidat masih belum banyak dikuasai karena banyak faktor yang mempengaruhinya, khususnya kondisi kualitas air. Teknologi nanobubble merupakan salah satu teknologi yang dapat menjaga kualitas air khususnya untuk meningkatkan oksigen dalam air. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan produksi ikan sidat melalui sistem teknologi nanobubble guna meningkatkan sistem perekonomian masyarakat di bidang perikanan. Metode penulisan dalam studi ini menggunakan metode studi literatur. Hasil studi menjelaskan teknologi nanobubble mampu menghasilkan gelembung udara berukuran nano (70–200 nm) dan kaya akan oksigen sehingga dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut menjadi 9 mg/L. Oksigen terlarut dibutuhkan untuk meningkatkan oksidasi agar proses nitrifikasi dapat berlangsung sehingga dapat menghilangkan kadar amonia di

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISBN: 978-623-399-012-7

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

dalam air. Selain itu, dengan kandungan oksigen yang tinggi dapat meningkatkan metabolisme sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan ikan sidat. Konsentrasi oksigen terlarut air adalah kunci kontrol kualitas habitat dan ukuran kritis kesehatan air untuk kelangsungan hidup ikan sidat. Oleh karena itu, dengan adanya teknologi nanobubble ini diharapkan dapat meningkatkan produksi ikan sidat. Saran untuk masyarakat dapat menggunakan teknologi nanobubble dalam proses budidaya ikan sidat agar hasil produksi yang didapatkan lebih maksimal.

Kata kunci: ikan sidat, oksigen, teknologi nanobubble

PENDAHULUAN

Ikan sidat (*Anguilla sp*) merupakan salah satu jenis ikan konsumsi yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi (Setyono *et al.*, 2018). Ikan sidat ini tersebar di daerah tropis dan subtropis (Hakim *et al.*, 2015). Di dunia paling sedikit terdapat 17 spesies ikan sidat dan paling sedikit enam jenis diantaranya yaitu *Anguilla marmorata*, *A. celebensis*, *A. ancestralis*, *A. borneensis*, *A. bicolor bicolor* dan *A. bicolor pacifica* merupakan spesies yang terdapat di Indonesia (Hakim *et al.*, 2015). Ikan sidat merupakan jenis ikan yang laku di pasar internasional, contohnya di negara Jepang, Hongkong, Jerman, Italia dan beberapa negara lain (Putri *et al.*, 2016). Dengan demikian, ikan ini memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai komoditas ekspor (Noor dan Abidin, 2019). Alasan ikan sidat ini laku di pasar internasional yakni kandungan gizi yang terkandung dalam 100 g daging ikan sidat yang melebihi kandungan gizi ikan salmon, yaitu mengandung vitamin A, asam lemak eikosapentanoat (EPA) dan dikosaheksanoat (DHA) masing-masing sebesar 4700 IU, 1337 mg dan 742 mg (Dzikri *et al.*, 2020). Di Indonesia sendiri, sumber daya ikan sidat belum banyak dimanfaatkan (Putri *et al.*, 2016). Padahal, jumlah ikan ini cukup melimpah (Klau *et al.*, 2020). Salah satu alasannya adalah ikan ini belum banyak dikenal oleh masyarakat yang membudidayakan ikan sidat (Putri *et al.*, 2016). Teknik pembesaran larva sidat masih belum banyak dikuasai karena banyak kendala dan faktor-faktor yang mempengaruhinya khususnya ikan sidat rentan terhadap kondisi lingkungan air, salah satunya adalah masalah oksigen terlarut (Suryono & Badjoeri, 2013).

Penelitian sebelumnya untuk mengatasi masalah kualitas air yaitu dengan menggunakan SPONCER (*Smart Pond Controller*) yang merupakan inovasi teknologi kolam ikan cerdas untuk mengontrol kualitas air, termasuk oksigen terlarut dalam budidaya ikan sidat (Sandy *et al.*, 2019). Kadar oksigen terlarut yang tidak sesuai dapat memicu kematian pada ikan sidat (Sandy *et al.*, 2019). Kadar oksigen terlarut yang untuk budidaya ikan sidat tidak boleh kurang dari 3 mg/L karena dapat menyebabkan kematian pada ikan sidat (Samsundari dan Wirawan, 2013). Oksigen terlarut untuk pertumbuhan ikan sidat harus lebih dari 3 mg/L (Handajani *et al.*, 2018) atau lebih spesifiknya yakni rata-rata kadar oksigen minimal 5 mg/L (Portalia *et al.*, 2019). Kadar oksigen terlarut 5 mg/L tersebut merupakan kadar minimal untuk ikan sidat agar dapat meningkatkan produktivitasnya (Muchlisin *et al.*, 2021). Bahkan, pada kadar oksigen terlarut 7 mg/L juga tergolong baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan sidat (Imanisa *et al.*, 2019). Oksigen dalam air sangat diperlukan oleh ikan untuk kebutuhan metabolismenya sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan pembiakan ikan (Jumaidi *et al.*, 2016). Oksigen dalam air juga dibutuhkan untuk mengurai bahan organik yang menumpuk dalam air sehingga tidak terjadi peningkatan kadar amonia yang dapat menjadi ancaman bagi hewan akuatik (Atima, 2015). Maka, dibutuhkan sebuah teknologi yang dapat meningkatkan kondisi kualitas air untuk meningkatkan pertumbuhan dan meningkatkan kelangsungan hidup benih ikan sidat (*Anguilla sp*) yaitu dengan menggunakan teknologi nanobubble.

Teknologi nanobubble merupakan teknologi yang dapat menjaga kandungan oksigen di perairan dan dapat tersedia dalam waktu yang lebih lama sehingga dapat menjaga kadar oksigen terlarut di perairan agar tetap stabil (Fuadi *et al.*, 2020). Oksigen yang berbentuk nanobubble akan menangkap polutan tersuspensi dalam cairan dan mengambang ke permukaan (Fuadi *et al.*, 2020). Polutan tersuspensi tersebut tidak seragam baik dari segi ukuran maupun bentuk. Gelembung dengan ukuran besar akan gagal untuk mengikat polutan, tetapi gelembung nano mampu menembus rongga kecil dalam kontaminan sehingga dapat membungkus padatan dan membuatnya terangkat ke permukaan (Fuadi *et al.*, 2020). Adanya pengembangan teknologi nanobubble diharapkan mampu meningkatkan kualitas sistem budidaya dengan menjaga kondisi keseimbangan antara lingkungan, ikan dan patogen (Fuadi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan teknologi nanobubble pada budidaya ikan sidat. Tujuan dari studi ini adalah untuk mengembangkan teknologi nanobubble untuk meningkatkan produksi ikan sidat (*Anguilla sp*) guna membantu sistem perekonomian masyarakat di bidang perikanan.

IKAN SIDAT

Ikan sidat digolongkan sebagai Teleostei yakni ikan yang bertulang sejati, bergenus *Anguilla* yang terdiri dari 15 spesies dan 3 subspecies yang tersebar luas di dunia (Ahmad, 2016). Habitat ikan sidat adalah air tawar dan air payau, seperti sungai dan lumpur (Hasan *et al.*, 2012). Ikan sidat mampu bertahan hidup di lubang tanpa air dengan bantuan organ pernapasan, tetapi ikan sidat akan sesekali keluar dari lubang untuk mengambil oksigen (Miah *et al.*, 2015). Ikan sidat memiliki bentuk tubuh yang panjang dan tulang yang tipis (Ahmad, 2016).

Siklus hidup ikan sidat sangat unik karena memiliki stadia perkembangan larva yang lama ditandai dengan warna tubuh transparan dan berbentuk seperti daun (Ahmad, 2016). Ikan sidat air tawar adalah spesies katadromous dimana perkembangan stadia juvenil di estuaria, sungai dan danau sedangkan proses pemijahan dilakukan di laut yang dangkal (Ripai dan Kamarubayana, 2016). Sidat katadromous mempunyai daya adaptasi yang sangat baik sebagai larva planktonik di perairan terbuka (Ahmad, 2016). Kemudian, mereka akan kembali ke area rekrutmen akibat arus laut dan bermetamorfosis menjadi *glass eel* yang kemudian bermigrasi menuju daerah estuaria (Reselta *et al.*, 2021). Hanya sidat perak yang bermigrasi ke laut sedangkan *glass eel* kembali ke air tawar, tetapi lokasi tempat mereka memijah dan tempat larva berkembang masih menjadi misteri (Ahmad, 2016). Siklus hidup ikan sidat umumnya terdiri dari lima stadia, yaitu diawali dengan stadia larva (leptocephalus), benih ikan sidat (*glass eel*), ikan sidat berpigmen (*elver*), ikan sidat muda (*yellow eel*), dan ikan sidat dewasa (*silver eel*) (Sugianti *et al.*, 2020).

Ikan sidat termasuk ikan karnivora atau pemakan daging (Abujam *et al.*, 2013). Pola makan karnivora itu bisa berubah-ubah sesuai fase dalam siklus hidupnya serta dapat diberi produk makanan tambahan seperti tepung ikan, tepung udang, dan tepung kerang (Zied *et al.*, 2013). Ikan sidat membutuhkan zat gizi berupa protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Kadar protein yang dibutuhkan ikan sidat adalah 45% untuk stadia juvenil sampai dewasa dan membutuhkan sekitar 50% protein untuk stadia fingerling (Perdana *et al.*, 2016). Selain protein, kebutuhan nutrisi untuk pakan ikan sidat adalah karbohidrat sebesar 10–20%, vitamin 2%, mineral 2% dan lemak 20–21% (Sari *et al.*, 2015). Asam lemak esensial yang dibutuhkan ikan sidat yakni docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n-3) dan eicosapentaenoic acid (EPA; 20:5n-3) (Perdana *et al.*, 2016).

Ikan sidat memiliki keunggulan yakni terletak pada gizi dan nutrisi yang tinggi, seperti protein, mineral, asam lemak, dan salah satunya yaitu vitamin A (Jamaluddin *et al.*, 2020).

Kandungan gizi dalam 100 gram daging ikan sidat dapat melebihi kandungan gizi ikan salmon, yaitu mengandung vitamin A, asam lemak eikosapentanoat (EPA) dan dikosaheksanoat (DHA) masing-masing sebesar 4700 IU, 1337 mg dan 742 mg yang baik untuk perkembangan otak anak (Dzikri *et al.*, 2020). Selain itu, ikan sidat juga merupakan salah satu ikan yang mengandung banyak vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B6, C, dan D (Fenti *et al.*, 2018). Ikan sidat banyak digemari karena bermanfaat untuk mencegah penyakit jantung pada manusia, meningkatkan perkembangan otak manusia, mengurangi penyakit ginjal dan tekanan darah tinggi (Chowdhury *et al.*, 2020). Penyebab tingginya harga ikan sidat adalah karena kandungan gizinya yang tinggi (Scabra dan Budiardi, 2019). Adapun gambar ikan sidat yang akan dibudidaya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ikan sidat yang akan dibudidaya (Infoikan, 2018a)

BUDIDAYA IKAN SIDAT

Ikan sidat (*Anguilla sp*) adalah ikan yang memiliki ekonomis yang tinggi di pasar internasional (Setyono *et al.*, 2018). Oleh karena itu, ikan sidat sangat berpotensi besar untuk dijadikan sebagai komoditas ekspor yang dapat diandalkan (Noor & Abidin, 2019). Produksi ikan sidat *Anguilla bicolor* meningkat setiap tahunnya, contohnya pada tahun 2016 produksi ikan sidat dunia sebesar 286.000 ton (Dzikri *et al.*, 2020). Peternakan sidat skala besar telah didirikan terutama di Pulau Jawa sejak akhir tahun 2000-an (Honda *et al.*, 2016). Negara pengonsumsi ikan sidat terbesar adalah Jepang dengan konsumsi ikan sidat yang mencapai 120.000 ton setiap tahunnya, sedangkan produksi dalam negerinya hanya kurang dari 18% dan sisanya berasal dari negara lain (Diansyah *et al.*, 2014). Harga ikan sidat di pasar internasional saat ini cukup mahal yakni berkisar antara Rp180.000,00 sampai Rp300.000,00/kg (Setyono *et al.*, 2018). Bukan hanya negara Jepang, ikan sidat juga sangat laku di negara seperti Hongkong, Belanda, Jerman, Italia, dan beberapa negara lain (Diansyah *et al.*, 2014).

Pemanfaatan sumber daya ikan sidat masih berasal dari usaha penangkapan di perairan umum untuk memenuhi kebutuhan permintaan pasar sehingga peluang Indonesia untuk menjadi negara pengekspor sidat sangatlah besar (Perdana *et al.*, 2016). Akan tetapi, kendala dalam proses budidaya ikan sidat adalah lamanya pertumbuhan untuk mencapai ukuran ikan konsumsi (Perdana *et al.*, 2016). Dalam budidaya ikan sidat, kita harus memperhatikan kadar oksigen terlarut pada air budidaya karena oksigen terlarut dapat mengalami fluktuasi yang disebabkan oleh aktivitas fotosintesis dan variasi konsumsi oksigen oleh ikan sidat (Chakraborty *et al.*, 2018). Oksigen terlarut adalah oksigen yang terlarut dalam air dan sangat menentukan kehidupan organisme di perairan tersebut (Prahutama, 2013). Kadar oksigen terlarut yang ideal untuk budidaya ikan sidat tidak boleh kurang dari 3 mg/L karena dapat menyebabkan kematian pada ikan sidat (Samsundari dan Wirawan, 2013). Oksigen terlarut untuk pertumbuhan ikan sidat harus lebih dari 3 mg/L (Handajani *et al.*, 2018) atau lebih spesifiknya yakni rata-rata kadar oksigen minimal 5

mg/L (Portalia *et al.*, 2019). Kadar oksigen 5 mg/L tersebut merupakan kadar minimal untuk ikan sidat agar dapat meningkatkan produktivitasnya (Muchlisin *et al.*, 2021). Bahkan pada kadar oksigen terlarut 7 mg/L juga tergolong baik untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan sidat (Imanisa *et al.*, 2019). Pengukuran kadar oksigen terlarut dalam air dapat menggunakan alat yaitu DO meter (Hosen *et al.*, 2020).

Ikan sidat memang masih bisa makan dengan normal pada saat habitatnya kekurangan oksigen terlarut, akan tetapi ikan sidat akan lebih sering menaikkan kepalanya ke permukaan air untuk menangkap oksigen (Taufiq *et al.*, 2016). Oksigen dalam air sangat penting untuk proses respirasi dan karena itu merupakan zat pembatas bagi ikan sidat, maka konsentrasi oksigen terlarut air adalah kunci kontrol kualitas habitat dan ukuran kritis kesehatan air untuk kelangsungan hidup ikan sidat (Franklin, 2014). Mulis (2015) menyatakan bahwa ikan sidat dapat dibudidayakan kolam terpal dan kolam beton. Adapun gambar budidaya ikan sidat di kolam terpal disajikan pada Gambar 2 dan kolam beton disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Budidaya ikan sidat di kolam terpal (Infoikan, 2018b)



Gambar 3. Budidaya ikan sidat di kolam beton (Maknawi, 2021)

TEKNOLOGI NANOBUBBLE

Kualitas air merupakan salah satu aspek utama yang harus diperhatikan dalam budidaya ikan (Schenone *et al.*, 2011). Pemantauan rutin kualitas air di kolam budidaya ikan telah menjadi aspek penting dari sektor perikanan (Souza *et al.*, 2019). Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk meningkatkan kualitas budidaya adalah dengan menggunakan teknologi nanobubble (Galang *et al.*, 2019). Sejak beberapa tahun terakhir, teknologi nanobubble telah menarik perhatian besar karena aplikasinya yang luas di berbagai bidang sains dan teknologi (Ren *et al.*, 2018). Teknologi nanobubble adalah teknologi yang dapat meningkatkan oksigen terlarut/*Dissolved oxygen* (DO) dalam air (Wu *et al.*, 2019). Nanobubble merupakan pengembangan dari teknologi microbubble (Mahasri *et al.*, 2018). Gelembung yang dihasilkan oleh teknologi nanobubble dapat berukuran < 200 nm, lebih spesifiknya berdiameter kurang dari 100 nm (Hayakumo *et al.*, 2014). Gelembung nanobubble cenderung menjadi stabil di dalam air yang disebabkan oleh perubahan ukuran gelembung dari mikro ke ukuran nano oleh difusi gas dari dalam gelembung ke cairan di

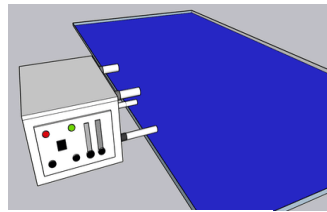
Editor: Siti Herlinda et. al.

ISBN: 978-623-399-012-7

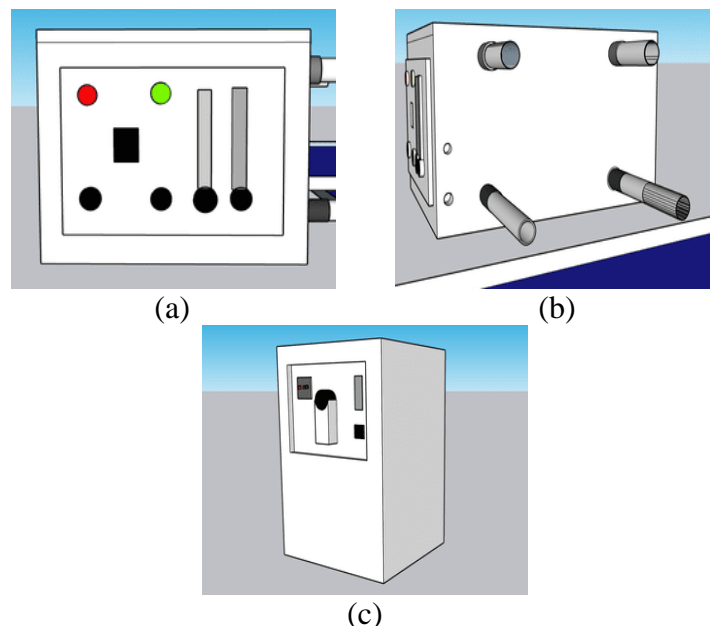
Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

sekitar gelembung sehingga ukuran gelembung menyusut menjadi ukuran nano (Mauladani *et al.*, 2020) yang berarti luas permukaan akan semakin besar dan kelarutan oksigen semakin tinggi.

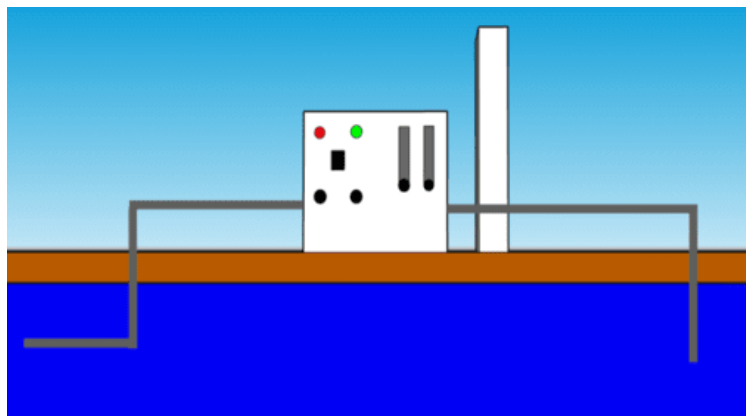
Dengan teknologi nanobubble diharapkan dapat menjadi solusi bagi pengelolaan kualitas air selama proses produksi budidaya, khususnya oksigen terlarut. Oksigen dalam air sangat diperlukan oleh ikan untuk kebutuhan metabolismenya sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan pembiakan ikan (Jumaidi *et al.*, 2016). Oksigen di dalam air juga dibutuhkan untuk mengurai bahan organik yang menumpuk dalam air sehingga tidak terjadi peningkatan kadar amonia yang menjadi ancaman bagi hewan akuatik (Atima, 2015). Oksigen yang berbentuk nanobubble akan menangkap polutan tersuspensi dalam cairan dan mengambang ke permukaan (Fuadi *et al.*, 2020). Polutan tersuspensi tersebut tidak seragam baik dari segi ukuran maupun bentuk. Gelembung dengan ukuran besar akan gagal untuk mengikat polutan, tetapi gelembung nano mampu menembus rongga kecil dalam kontaminan sehingga dapat membungkus padatan dan membuatnya terangkat (Fuadi *et al.*, 2020). Adanya pengembangan teknologi nanobubble diharapkan mampu meningkatkan kualitas sistem budidaya dengan menjaga kondisi keseimbangan antara lingkungan, ikan, dan patogen (Fuadi *et al.*, 2020). Selain untuk memenuhi oksigen yang dibutuhkan pada metabolisme ikan, nanobubble diperlukan untuk menguraikan bahan organik seperti sisa pakan dan kotoran ikan, sehingga kualitas air budidaya lebih terjaga dari bahan-bahan toksik (Galang *et al.*, 2019). Adapun hasil desain instalasi teknologi nanobubble pada kolam budidaya ikan sidat disajikan pada Gambar 4, rancangan alat nanobubble pada Gambar 5, dan skema kerja alat nanobubble pada Gambar 6.



Gambar 4. Instalasi teknologi nanobubble pada kolam budidaya ikan sidat (Sumber: Pribadi)



Gambar 5. Rancangan alat nanobubble: (a) tombol on/off, lampu indikator dan flow meter, (b) pipa inlet dan outlet air, (c) oxygen generator (Sumber: Pribadi)



Gambar 6. Skema kerja alat nanobubble (Sumber: Pribadi)

Skema instalasi mesin nanobubble yaitu menggunakan *oxygen* generator yang terkoneksi dengan mesin nanobubble. Cara mengoperasikan mesin nanobubble yaitu, pertama, nyalakan *oxygen* generator dan mengatur keluaran oksigen. Kedua, *output oxygen* generator dihubungkan ke mesin nanobubble dengan selang gas 6 mm. Ketiga, nyalakan mesin nanobubble dengan indaktor lampu menyala. Keempat, mengatur laju alir oksigen pada flow meter gas sebesar 0,2 LPM. Kelima, mengatur laju keluaran air dari mesin. Laju air sebesar 85 LPM (1 *output* pompa) atau 170 LPM per unit mesin. Keenam, melakukan pengukuran kadar oksigen kolam sebelum menggunakan mesin nanobubble. Selanjutnya, mengukur kadar DO *output* mesin nanobubble (Nanobubbleid, 2020).

KESIMPULAN

Dari gagasan ini didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan teknologi nanobubble dapat dikembangkan untuk meningkatkan produksi ikan sidat (*Anguilla sp*) guna membantu sistem perekonomian masyarakat di bidang perikanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ini ditujukan untuk pihak-pihak yang telah berjasa membantu dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abujam SS, Shah RK, Singh SJ, Biswas SP. 2013. Food and feeding habit of spiny eel *Macrogathus aral* (Bloch and Schneider) from upper assam. *Journal of Fisheries Sciences*. 7(4):360–373. DOI: 10.3153/jfsc.com.2013040.
- Ahmad K. 2016. Karakter morfometrik ikan sidat di beberapa perairan Pulau Halmahera, Maluku Utara. *Jurnal Techno*. 5(1):8–14.
- Atima W. 2015. BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah. *Jurnal Biology Science and Education*. 4(1):83–93.
- Chakraborty BK, Shahroz MH, Lucky DA. 2018. Effect of stocking density on survival, growth and production of mud crab juvenile by pen culture system of Bangladesh. *International Journal of Oceanography & Aquaculture*. 2(4): 1–9. DOI: 10.23880/ijoac-16000143.
- Chowdhury P, Shofiquzzoha AFM, Bhadra A. 2020. Evaluation trial on production performance of freshwater mud eel (*Monopterus cuchia*) in farmer's pond. *Asian*

- Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 10(2): 9–15. DOI: 10.9734/ajfar/2020/v10i230177.
- Diansyah S, Budiardi T, Sudrajat AO. 2014. Kinerja pertumbuhan *Anguilla bicolor bicolor* bobot awal 3 g dengan kepadatan berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 13(1): 46–53.
- Dzikri M, Shafruddin D, Supriyono E. 2020. Potensi besar budidaya ikan sidat (*Anguilla sp.*) di Kecamatan Simpenan, Sukabumi. *Jurnal Pusat Inovasi*. 2(2):268–274.
- Fenti F, Widodo A, Jamaluddin J. 2018. Analisis kandungan vitamin B pada ikan sidat (*Anguilla marmorata* (Q.) Gaimard) fase elver asal Danau Poso. *Jurnal Gizi dan Kesehatan*. 2(2):49–54. 10.22487/ghidza.v2i2.8.
- Franklin PA. 2014. Dissolved oxygen criteria for freshwater fish in New Zealand: a revised approach. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 48(1): 112–126. DOI: 10.1080/00288330.2013.827123.
- Fuadi A, Sami M, Usman U. 2020. Teknologi tepat guna budidaya ikan lele dalam kolam terpal metode bioflok dilengkapi aerasi nano bubble oksigen. *Jurnal Vokasi*. 4(1): 39–45. DOI: 10.30811/vokasi.v4i1.1819.
- Galang DP, Ashari AK, Sulmatiwati L, Mahasri G, Prayogo, Sari LA. 2019. The oxygen content and dissolved oxygen consumption level of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the nanobubble cultivation system. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 236(1): 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/236/1/012014.
- Hakim AA, Kamal MM, Butet NA, Affandi R. 2015. Komposisi spesies ikan sidat (*Anguilla spp.*) di delapan sungai yang bermuara ke Teluk Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 7(2): 573–586.
- Handajani H, Widanarni, Budiardi T, Setiawati M, Sujono. 2018. Phytoremediation of eel (*Anguilla bicolor bicolor*) rearing wastewater using amazon sword (*Echinodorus amazonicus*) and water jasmine (*Echinodorus palaefolius*). *Journal of Omni-Akuatika*. 14(2): 43–51. DOI: 10.20884/1.oa.2018.14.2.541.
- Hasan MM, Sarker BS, Nazrul KMS, Rahman MM, Mamun AA. 2012. Marketing channel and export potentiality of freshwater mud eel (*Monopterus albus*) of Noakhali region in Bangladesh. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*. 1(3): 226–233.
- Hayakumo S, Arakawa S, Takahashi M, Kondo K, Mano Y, Izumi Y. 2014. Effects of ozone nano-bubble water on periodontopathic bacteria and oral cells-in vitro studies. *Journal Science and Technology of Advanced Materials*. 15(5): 1–7. DOI: 10.1088/1468-6996/15/5/055003.
- Honda S, Muthmainnah D, Suryati NK, Oktaviani D, Siriraksophon S, Amornpiyakrit T, Prisantoso BI. 2016. Current status and problems of the catch statistics on *Anguillid* eel fishery in Indonesia. *Journal of Marine Research in Indonesia*. 41(1): 1–14. DOI: 10.14203/mri.v41i1.94.
- Hosen MHA, Chhanda MS, Eliyana NA. 2019. Growth performance of freshwater mud eel, *Monopterus albus* in different ditches condition. *Journal of Biosciences*. 14(6):164–170. DOI: 10.12692/ijb/14.6.164-170.
- Imanisa A, Santanumurti MB, Lamid M, Agustono. 2019. The potential addition of lemur oil to commercial feed to increase the content of EPA and DHA in eels (*Monopterus albus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 236(1): 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/236/1/012066.
- Infoikan. 2018a. Klasifikasi belut dan sidat. <https://www.infoikan.com/2018/06/klasifikasi-belut-dan-sidat.html>. [Diakses 2 September 2021].
- Infoikan. 2018b. Teknik budidaya sidat secara tradisional hemat biaya untung besar. <https://www.infoikan.com/2018/06/teknik-budidaya-sidat-secara.html>. [Diakses 2

- September 2021].
- Jamaluddin J, Widodo A, Damayanti AT. 2018. Vitamin C ikan sidat (*Anguilla marmorata*) asal Sungai Palu dan Danau Poso. *Jurnal Gizi dan Kesehatan*. 2(1): 7–12. DOI: 10.22487/ghidza.v2i1.2.
- Jumaidi A, Yulianto H, Efendi E. 2016. Pengaruh debit air terhadap perbaikan kualitas air pada sistem resirkulasi dan hubungannya dengan sintasan dan pertumbuhan benih ikan gurame (*Oshpronemus gouramy*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 5(1): 587–595.
- Klau L, Lukas AY, Sunadji S. 2020. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan elver ikan sidat (*Anguilla bicolor bicolor*) yang dipelihara pada sistem resirkulasi. *Jurnal Aquatik*. 3(2): 49–56.
- Mahasri G, Saskia A, Apandi FS, Dewi NN, Rozi, Usuman NM. 2018. Development of an aquaculture system using nanobubble technology for the optimization of dissolved oxygen in culture media for nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Earth and Environmental Science*. 137(1): 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/137/1/012046.
- Maknawi. 2021. Cara budidaya ikan sidat. <https://maknawi.net/cara-budidaya-ikan-sidat/>. [Diakses pada 5 September 2021].
- Mauladani S, Rahmawati AI, Absirin MF, Hidayatullah A, Saputra RN, Pratama AF, Dwiarto A, Syarif A, Junaedi H, Cahyadi D, Saputra HKH, Prabowo WT, Kartamiharja UKA, Noviyanto A, Rochman NT. 2020. Economic feasibility study of *Litopenaeus vannamei* shrimp farming: nanobubble investment in increasing harvest productivity. *Journal of Indonesian Aquaculture*. 19(1): 30–38.
- Miah F, Naser MN, Ahmed K. 2015. The freshwater mud eel, *Monopterus albus*—a review. *Journal of Global Biosciences*. 4(3): 1780–1794.
- Muchlisin ZA, Indrianti YS, Dewiyanti I, Lisra F, Yanti RZ, Nur FM, Batubara AS. 2021. Effect of stocking density of the growth performance, survival rate and feed utilization of the eels *Anguilla bicolor* (pisces: *Anguillidae*) larvae. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 674(1): 1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/674/1/012086.
- Mulis. 2015. Pembesaran benih ikan sidat dengan jenis pakan yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(1): 20–24.
- Nanobubbleid. 2020. Nano bubble. <https://nanobubble.id/>. [Diakses 2 September 2021].
- Noor AYM, Abidin Z. 2019. Daya saing ikan sidat (*Anguilla sp*) Indonesia di pasar internasional. *Journal of Economic and Social of Fisheries and Marine*. 7(1): 44–58. DOI: 10.21776/ub.ecsofim.
- Perdana AA, Suminto, Chilmawati D. 2016. Performa efisiensi pakan pertumbuhan dan kualitas nutrisi elver sidat (*Anguilla bicolor*) melalui pengkayaan pakan buatan dengan minyak ikan. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 5(1): 26–34.
- Portalia NK, Sulmartiwi L, Rahardja BS. 2019. The growth and survival rate in lettuce aquaponic systems (*Latuca sativa*) of eels in various stocking densities of eel (*Monopterus albus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 236(1): 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/236/1/012005.
- Prahutama A. 2013. Estimasi kandungan DO (*Dissolved Oxygen*) di Kali Surabaya dengan metode kriging. *Jurusan Statistika*. 1(2): 1–6.
- Putri AAB, Yuliet, Jamaluddin. 2016. Analisis kadar albumin ikan sidat (*Anguilla marmorata* dan *Anguilla bicolor*) dan uji aktivitas penyembuhan luka terbuka pada kelinci (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Pharmacy*. 2(2): 90–95.
- Ren F, Noda NA, Ueda T, Sano Y, Takase Y, Umekage T, Yonezawa Y, Tanaka H. 2018. CFD-PBM coupled simulation of a nanobubble generator with honeycomb structure. *Journal of Materials Science and Engineering*. 372(1): 1–8. DOI: 10.1088/1757-

- 899X/372/1/012012.
- Reselta S, Hartono D, Purnama D. 2021. Analisis jenis makanan ikan sidat (*Anguilla spp.*) di Sungai Air Manna Bengkulu Selatan. *Jurnal Sci.Line*. 1(1): 36–45.
- Ripai A, Kamarubayana L. 2016. Penangkaran buaya muara (*Crocodylus porosus*) di PT Makmur Abadi Permai, Samarinda, Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*. 15(2): 155–170.
- Samsundari S, Wirawan GA. 2013. Analisis penerapan biofilter dalam sistem resirkulasi terhadap mutu kualitas air budidaya ikan sidat (*Anguilla bicolor*). *Jurnal Gamma*. 8(2): 86–97.
- Sandy NK, Romadhoni W, Pamungkas TP, Hayati AN, Cheardi ND. 2019. Sponcer (Smart Pond Controller) pengendali lingkungan air kolam guna optimalisasi produksi. *Jurnal Edukasi Elektro*. 3(1): 42–46.
- Sari J, Syamsudin, Mulis. 2015. Pengaruh dosis pakan *Tubifex sp* berbeda terhadap pertumbuhan benih ikan sidat di Balai Benih Ikan Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(2): 71–77.
- Scabra AR, Budiardi T. 2019. Respon ikan sidat *Anguilla bicolor bicolor* terhadap media dengan salinitas berbeda. *Jurnal Perikanan Unram*. 9(2): 180–187. DOI: 10.29303/jp.v9i2.167.
- Schenone NF, Vackova L, Cirelli AF. 2011. Fish-farming water quality and environmental concerns in Argentina: a regional approach. *Journal Aquaculture International*. 19(5): 855–863. DOI: 10.1007/s10499-010-9404-x.
- Setyono BDH, Junaidi M, Marzuki M, Paryono, Azhar F. 2018. Potency of eel *Anguilla marmorata* in North Lombok Regencym West Nusa Tenggara Province. *Journal of Aquasains*. 6(2): 589–595. DOI: 10.23960/aqs.v6i2.p589-596.
- Souza JPD, Sposito JCV, Crispim BDA, Silva FGD, Oliviera KMPD, Kummrow F, Nascimento VAD, Montagner CC, Viena LF, Solorzano JCJ, Baruffatti A. 2019. From collection to discharge: physical, chemical, and biological analyses for fish farm water quality monitoring. *Journal of Ecotoxicology*. 28(1): 13–25. DOI: 10.1007/s10646-018-1991-8.
- Sugianti Y, Putri M, Purnamaningtyas S. 2020. Spesies ikan sidat (*Anguilla spp.*) dan karakteristik habitat ruayanya di Sungai Cikaso, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Limnotek*. 27(1): 39–54.
- Suryono T, Badjoeri M. 2013. Kualitas air pada uji pembesaran larva ikan sidat (*Anguilla spp.*) dengan sistem pemeliharaan yang berbeda. *Jurnal Perairan Darat Tropis*. 20(2): 169–177.
- Taufiq N, Sunaryo S, Wirasatriya A, Sugianto D. 2016. The use of water exchange for feeding rate and growth promotion of shortfin eel *Anguilla bicolor bicolor* in recirculating water system. *Journal of Physics*. 55(1): 1–8. DOI: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- Wu, Y, Lin H, Yin W, Shao S, Lv S, Hu Y. 2019. Water quality and microbial community changes in an urban river after micro-nano bubble technology in situ treatment. *Journal Water (Switzerland)*. 11(1): 1–14. DOI: 10.3390/w11010066.
- Zied RMA, Allam SM, Sadek MFA. 2013. Effect of fish meal type and its percentage in diet on growth performance, feed utilization and body chemical composition of european eel (*Anguilla anguilla*). *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 16(1): 181–187.