Pengaruh Jumlah Baffle Terhadap Kinerja Microbubble Generator Venturi

Luluk Fitri Yani*), Sigit Deddy Purnomo Indarto dan Deendarlianto

Departemen Teknik Mesin dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

*) *Corresponding author*: Lulukfitriyani@mail.ugm.ac.id

Abstract

The growth of aquaculture in the future will become an important part of providing fish supply for national, regional and world food. In fish farming, there are several factors that determine the success of aquaculture, which are influenced by dissolved oxygen. To improve water quality, the amount of too much oxygen in the water can be increased by using microbubble generator technology. Based on this background, the researchers developed a new model of the venturi type microbubble generator with modifications to the addition of a swirl baffle in the inlet section. This study aims to determine the distribution of bubbles and the performance of the venturi microbubble generator. Measurement of bubble distribution using a high-speed camera. The processed data were analyzed using MATLAB R2023a, while the performance of the venturi microbubble generator was measured using a Difference Pressure Transducer sensor. The performance of the venturi microbubble generator is seen based on pressure drop, hydraulic power and bubble generation efficiency. The results showed that the smallest diameter of the microbubble was 73 µm, the influence of the water discharge caused an increase in pressure drop and hydraulic power but reduced the value of the efficiency of generating bubbles.

Abstrak

Pertumbuhan perikanan budidaya dimasa mendatang menjadi bagian kunci menyediakan pasokan ikan dalam sistem perikanan untuk pangan nasional, regional dan dunia. Dalam budidayaan ikan terdapat beberapa faktor yang menentukan keberhasilan pembenihan yaitu kualitas benih, pengolahan, dan kualitas air yang meliputi suhu air, salinitas, pH, dan oksigen terlarut. Untuk meningkatkan kualitas air, jumlah oksigen terlalut di dalam air dapat ditingkatkan jumlahnya dengan menggunakan teknologi microbubble generator. Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti mengembangkan model baru microbubble generator tipe venturi dengan modifikasi penambahan swirl baffle bagian inlet. Generator venturi ditempatkan pada aquarium berukuran 280 cm x 60 cm x 40 cm, diletakkan pada kedalaman 20 cm dari dasar aquarium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi bubble dan kinerja microbubble generator venturi. Pengukuran distribusi bubble menggunakan kamera berkecepatan tinggi. Data yang diolah dan dianalisis menggunakan MATLAB R2023a. Analisis dilakukan pada variasi debit air 40 lpm dan 50 lpm serta debit gas dari 0.1 – 0.7 lpm. Kinerja microbubble generator venturi dilihat berdasarkan *pressure drop, hydraulic power* dan efisiensi pembangkitan *bubble*. Hasil penelitian menunjukkan diameter terkecil *microbubble* menghasilkan 73 µm, pengaruh debit air menyebabkan *pressure drop* dan *hydraulic power* meningkat namun menurunkan nilai efisiensi pembangkitan *bubble*.

Kata kunci : *Efficiency, Hydraulic Power, Microbubble Generator, Venturi*

PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pengurangan ketersediaan lahan teresterial proyeksi produksi perikanan budidaya akan berlipat ganda dalam 15-20 tahun mendatang [1]. Pertumbuhan perikanan budidaya di masa mendatang menjadi bagian kunci dalam menyediakan pasokan ikan dalam system perikanan untuk pangan nasional, regional dan dunia. Indonesia memiliki potensi perikanan budidaya yang besar dan perlu terus dimanfatkan secara optimal. Dalam budidayaan ikan terdapat beberapa faktor yang menentukan keberhasilan pembenihan yaitu kualitas benih, pengolahan, dan kualitas air yang meliputi suhu air, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (DO) [2]. Oksigen terlarut atau *Dissolve Oksigen* (DO) merupakan zat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup di dalam air untuk melangsungkan kehidupannya. Oksigen terlarut diperlukan untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Sehingga oksigen terlarut menjadi tolak ukur terhadap kualitas air. Semakin tinggi oksigen terlalut maka kualitas perairan semakin baik [3]. Sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas air maka jumlah oksigen terlalut di dalam air dapat ditingkatkan jumlahnya dengan menggunakan teknologi aerator. Terdapat beberapa alat yang membantu mempertahankan kadar oksigen terlarut diantaranya sistem *grafity*, aerasi permukaan, *diffuser* aerator, kincir air, dan *microbubble generator.*

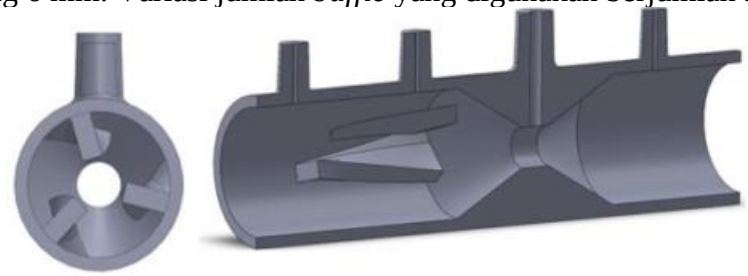
Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai pengembangan *microbubble generator*. Sadatomi dkk., (2005) mendesain *microbubble generator* dengan *spherical body*. Generator yang dibuat memanfaatkan air bertekanan untuk dimasukkan ke dalam pipa yang bagian dalamnya berbentuk *spherical* [4]. Tabei dkk., (2007) merancang *microbubble generator* dengan tipe *swirl*. Tipe ini memiliki mekanisme sederhana dan kemampuan menghasilkan gelembung udara yang efektif [5]. Gordicyuk, dkk., (2016) melakukan penelitian distribusi ukuran dan diameter rata-rata *microbubble* dengan jenis *microbubble generator* tipe venturi [6]. Ishikawa. dkk., (2009) juga mendesain *microbubble generator* dengan struktur venturi, terbentuknya *microbubble* pada *microbubble generator* ini disebabkan karena adanya turbulensi dan tegangan geser yang besar pada bagian *throat* [7]. Wang dkk., (2020) menambahkan aliran *swirl* pada saluran *inlet microbubble generator* venturi dan menyimpulkan bahwa dengan daya pompa yang sama *microbubble generator swirl* venturi menghasilkan *bubble* yang lebih kecil dengan distribusi yang lebih homogen dibandingkan dengan *microbubble generator* venturi konvensional [8]. Sedangkan penelitian oleh Deendarlianto dkk., (2015) mengatakan bahwa ratio antara kecepatan udara dan air dalam *microbubble generator* dan gaya turbulensi aliran menjadi parameter utama terbentuknya *microbubble* [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti tertarik untuk mengembangkan model baru *microbubble generator* tipe venturi dengan memodifikasi bagian *inlet* yaitu dengan menambahkan *swirl baffle*. Studi eksperimental dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah *buffle* terhadap kinerja *microbubble generator* venturi.

METODE PENELITIAN

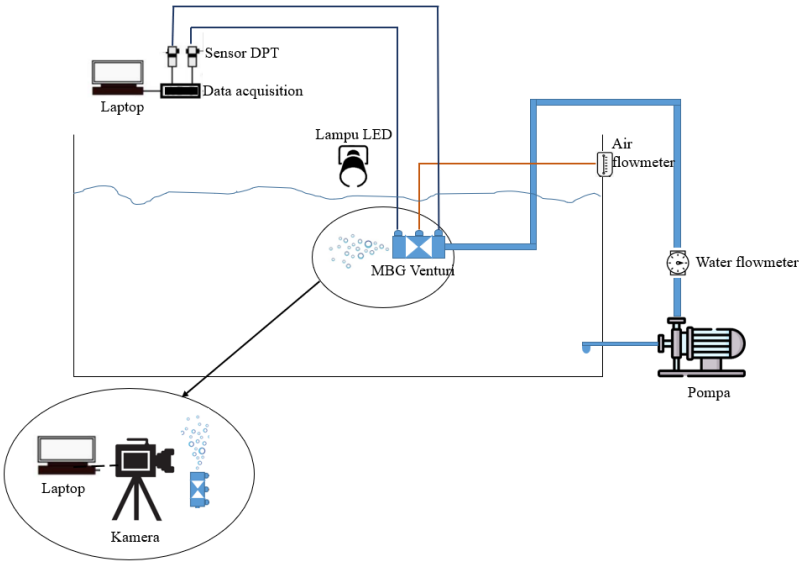
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida, Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini menggunakan *microbubble generator* tipe venturi dengan modifikasi *swirl baffle* pada bagian *inlet*. Fabrikasi *microbubble generator* dilakukan dengan *3D printing*, dengan konstruksi utama yaitu konvergen, *throat*, dan divergen seperti Gambar 1. Pada bagian *throat* memiliki diameter 9 mm dan terdapat sebuah lubang pada bagian atas *throat* dengan diameter 3 mm yang digunakan untuk mengalirkan udara ke dalam *microbubble generator*. Pada bagian *inlet* dan *outlet microbubble* generator venturi juga dipasang *pressure tabs* berukuran 1 mm untuk mengukur tekanan pada bagian *inlet* dan *outlet*

microbubble generator. *Swirl baffle* di tempatkan pada *inlet microbubble generator* dengan tebal 2,5 mm dan Panjang 6 mm. Variasi jumlah *baffle* yang digunakan berjumlah 3 dengan sudut 60^0.



Gambar 1. Desain Microbubble Generator Venturi dengan 3 baffle

Skema dari penelitian ini seperti pada Gambar 2. Air bersih digunakan sebagai fluida cair dan udara pada tekanan 1 atm digunakan sebagai fluida gas. Seksi uji berada di kolam aquarium berbahan kaca dengan Panjang 280 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 60 cm. Air diisi sampai mencapai ketinggian 40 cm. *Microbubble* generator venturi diletakkan pada 20 cm dari dasar kolam. Air disirkulasikan tertutup dengan menggunakan pompa 1 fasa. Sirkulasi debit air ditentukan variasi alirannya dengan cara mengatur pompa menggunakan *valve* dan diukur menggunakan *water flowmeter*. Variasi debit air yang digunakan yaitu 40 - 60 lpm. Sedangkan Debit udara diatur variasinya mengunakan *air flowmeter*. Variasi debit udara yang digunakan dari 0.1 - 0.7 lpm. Udara ini mengalir secara alami dari atmosfer menuju ke dalam *microbubble* generator venturi melewati lubang yang berada pada bagian *throat* hal ini terjadi karena tekanan di dalam *microbubble* generator venturi lebih rendah dibandingkan dengan tekanan atmosfer sehingga udara luar dapat masuk ke dalam *microbubble* generator venturi.



Gambar 2. Skema peralatan penelitian *microbubble* generator venturi

Pengukuran distribusi *microbubble* generator venturi diamati menggunakan kamera berkecepatan tinggi *merk* Phantom Miro M310. Kamera diletakkan di depan akuarium yang berfokus pada bagian *oulet microbubble* generator venturi. Lampu LED dan kertas putih diletakkan pada bagian belakang akuarium untuk membantu menghasilkan keseragaman cahaya. Sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan kablirasi untuk menghasilkan ketelitian yang akurat. Selanjutnya melakukan perekaman pada saat *microbubble* generator venturi dijalankan. *Output* rekaman ditransfer ke komputer melalui aplikasi *Phantom Control* kamera. Kemudian data diolah menggunakan *image processing* menggunakan perangkat lunak MATLAB R2023a

untuk menghasilkan data kuntitatif distribusi diameter *bubble*. Kinerja *microbubble* generator venturi pada penelitian ini berdasarkan parameter *pressure drop* (ΔP), *hydraulic power* (L_W) dan efisiensi pembangkitan *bubble* (η).

$$\Delta P = P1 - P2 \quad (1)$$

$$L_W = (P1 - P2)(Q_L + Q_G) \quad (2) \qquad \eta = \frac{\rho_L g H Q_G}{L_w} \quad (3)$$

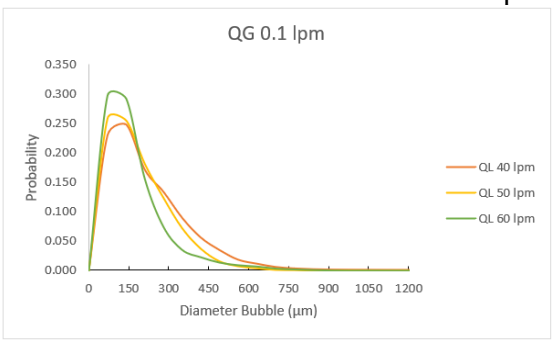
Pressure drop menunjukkan penurunan tekanan yang terjadi ketika aliran melewati *inlet microbubble* generator venturi hingga *outlet microbubble* generator venturi. *Hydraulic power* menunjukkan besarnya daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan *bubble*. Besarnya nilai *hydraulic power* berpengaruh terhadap nilai efisiensi sehingga hal ini dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai efisiensi pembangkitan *bubble*, semakin besar nilai *Hydraulic power* akan menurunkan nilai efisiensi pembangkitan *bubble*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

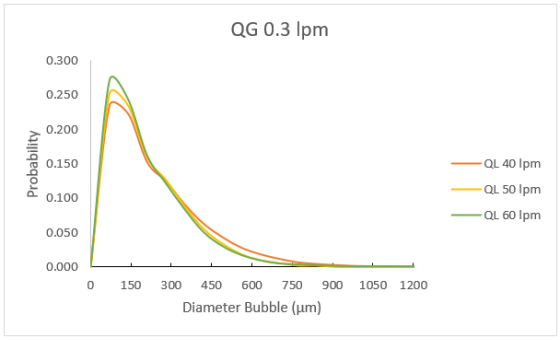
1. Distribusi diameter *bubble*

a. Pengujian debit air

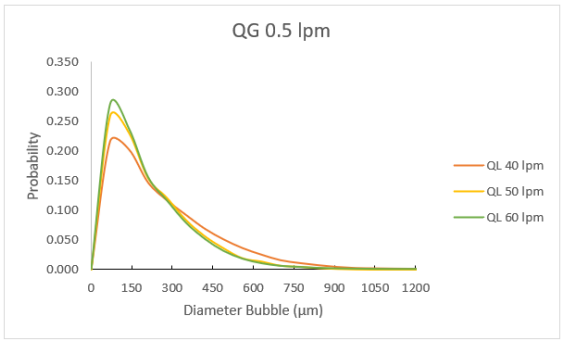
Gambar 3 merupakan Grafik *Probability Density Function* (PDF) yang menggambarkan probabilitas ukuran diameter *bubble* yang terbentuk. Pada pengujian dengan debit udara yang dijaga konstan dan variasi debit air 40 – 60 lpm.



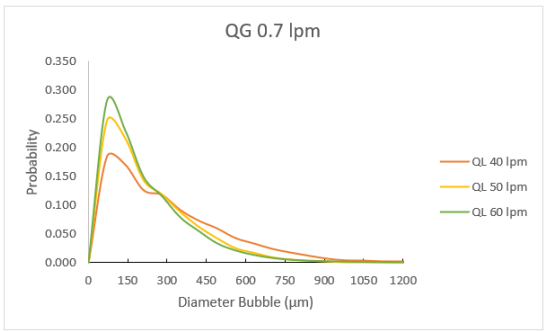
a. Q_G = 0.1 lpm



b. Q_G = 0.3 lpm



c. Q_G = 0.5 lpm



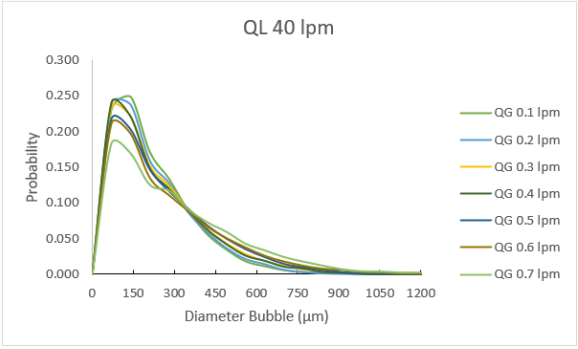
d. Q_G = 0.7 lpm

Gambar 3. Probabilitas Distribusi diameter *bubble* pada debit air dan debit udara konstan

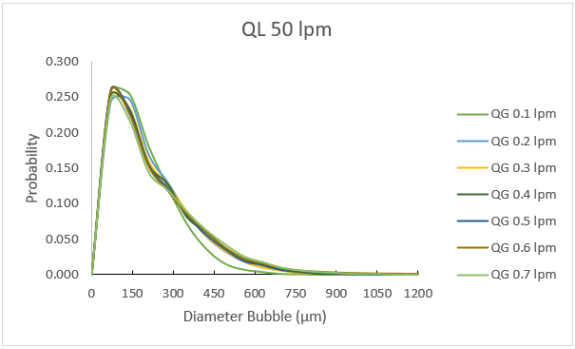
Dari grafik menunjukkan bahwa kurva probabilitas ukuran diameter *bubble* tertinggi berada pada diameter 73 µm. Kenaikan debit air menyebabkan peningkatan nilai probabilitas diameter *bubble* yang ditandai dengan grafik yang semakin menyempit dan meruncing. Penambahan debit air meningkatkan gaya turbulensi dan meningkatkan gaya inersia yang dapat memecah *bubble* berukuran besar menjadi *bubble* berukuran *micro*.

b. Pengujian debit udara

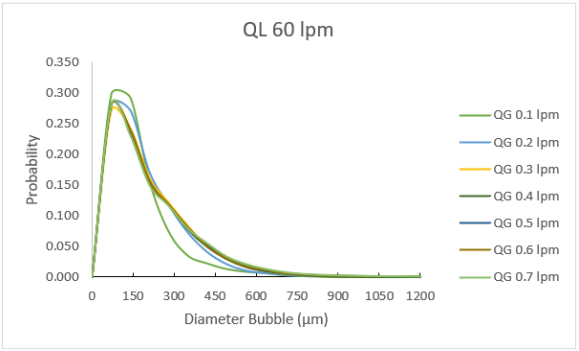
Gambar 4. merupakan grafik *Probability Density Function* (PDF) yang menggambarkan probabilitas ukuran diameter *bubble* yang terbentuk pada saat proses generasi *bubble* dengan debit air yang dijaga konstan dan variasi debit udara Q_G = 0.1 – 0.7 lpm



a. Q_L = 40 lpm



b. Q_L = 50 lpm



c. Q_L = 60 lpm

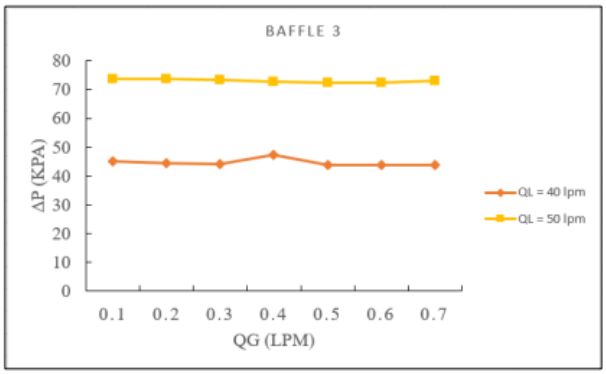
Gambar 4. Probabilitas Distribusi diameter *bubble* pada debit udara dan debit air konstan

Pada Gambar 4. menunjukkan grafik kurva probabilitas ukuran *bubble* tertinggi berada pada diameter 73 µm. Kenaikan debit udara menyebabkan penurunan nilai probabilitas ukuran diameter *bubble* yang dapat dilihat pada grafik yang semakin rendah dan distribusi kurva yang lebih luas menandakan diameter *bubble* heterogen.

2. Kinerja microbubble generator venturi

a. Pengaruh debit udara dan debit air terhadap *pressure drop*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *pressure drop* pada variasi debit air dan debit udara. Nilai *pressure drop* dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

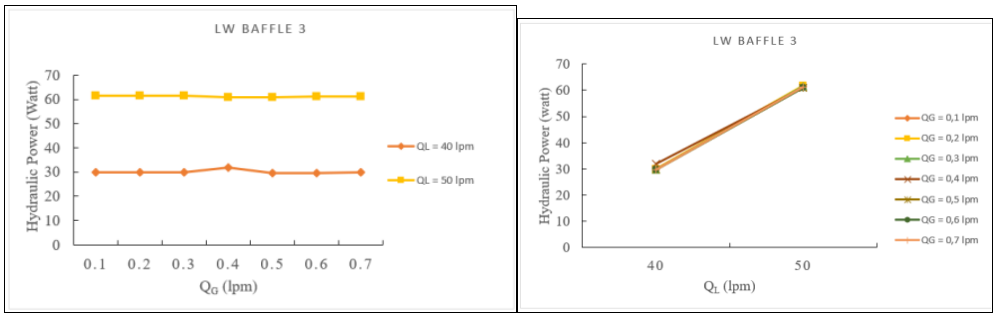


Gambar 5. Grafik rata-rata *pressure drop* dengan variasi debit air dan debit udara

Gambar 5. menunjukkan grafik rata-rata *pressure drop* dengan variasi debit air dari 40 – 50 lpm dan variasi debit udara dari 0.1 - 0.7 lpm. Pada debit air konstan dengan variasi debit udara grafik yang dihasilkan cenderung tidak mengalami perubahan *pressure drop* hal ini dikarenakan debit udara yang digunakan sangat kecil, dan debit udara yang melewati *microbubble* generator venturi setengah dari *microbubble* generator venturi, sehingga nilai *pressure drop* relatif tidak mengalami perubahan. Sedangkan pada kondisi debit udara konstan dengan variasi debit air dari 40 – 50 lpm terjadi kenaikan *pressure drop* yang signifikan seiring dengan kenaikan debit air. Adapun penyebab debit air memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *pressure drop* karena debit air memiliki lintasan 2 kali lebih panjang dari lintasan debit udara, peningkatan debit air menyebabkan kecepatan aliran air bertambah dan perubahan penampang lintasan fluida menyebakan terjadinya perubahan percepatan sehingga terjadi peningkatan nilai *pressure drop*, dan jika diperbandingkan rentang nilai debit air dan nilai debit udara yang cukup jauh yaitu Q_L = 10 lpm sedangkan Q_G = 0,1 lpm menjadikan pengaruh debit air lebih signifikan terhadap *pressure drop* dibandingkan dengan debit udara.

b. Pengaruh debit udara dan debit air terhadap *hydraulic power*

Hydraulic power merupakan daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan *bubble*. *Hydraulic power* dihitung berdasarkan Persamaan (2). Pada Gambar 6. (a) merupakan grafik *hydraulic power* pada variasi debit udara dan debit air konstan. Pada debit air konstan dan debit udara divariasikan nilai *hydraulic power* cenderung tidak mengalami perubahan, hal ini menunjukkan bahwa variasi debit udara tidak terlalu signifikan mempengaruhi nilai *hydraulic power*. Gambar 6 (b) merupakan grafik *hydraulic power* dimana debit air divariasikan dengan debit udara konstan mengakibatkan nilai *hydraulic power* mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan debit air.

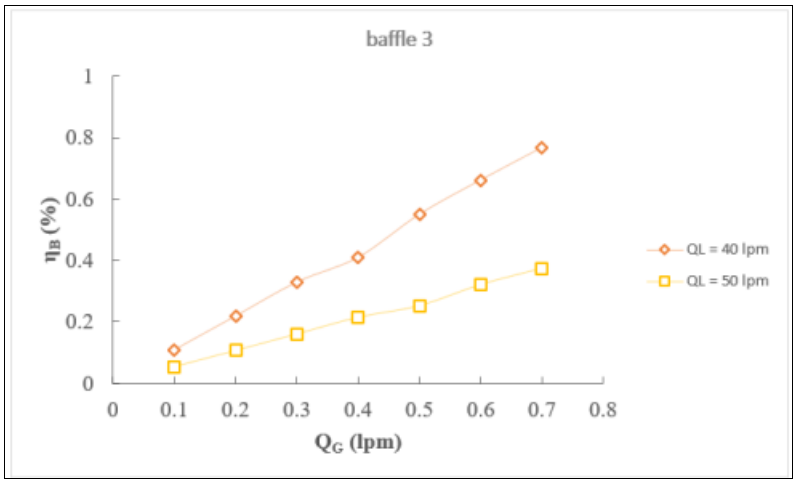


a. b.

Gambar 6. (a)Grafik *hydraulic power* pada variasi debit udara dan debit air konstan (b) Grafik *hydraulic power* pada variasi debit air dan debit udara konstan

c. Pengaruh debit air dan debit udara terhadap efisiensi pembangkitan *bubble*

Efisiensi pembangkitan bubble (η) merupakan rasio antara energi yang digunakan untuk menghisap udara dengan energi yang digunakan untuk memecah udara menjadi gelembung mikro. Efisiensi pembangkitan *bubble* dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Perhitungan dilakukan dengan memvariasikan debit air Q_L = 40 – 50 lpm dan debit udara Q_G = 0.1 – 07 lpm. Hasil dari perhitungan efisiensi pembangkitan *bubble* (η) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik efisiensi pembangkitan *bubble* pada variasi debit udara dan debit air konstan

Berdasarkan Gambar 8. grafik efisiensi pembangkitan *bubble* menunjukkan terjadinya penurunan nilai efisiensi seiring dengan kenaikan debit air, namun terjadi peningkatan nilai efisiensi ketika debit udara dinaikkan. Nilai efisiensi pembangkitan *bubble* ini dipengaruhi oleh besarnya *hydraulic power*, semakin besar nilai *hydraulic power* maka akan terjadi penurunan efisiensi pembangkitan *bubble*, sebaliknya ketika nilai *hydraulic power* kecil maka efisiensi pembangkitan *bubble* akan bertambah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai *microbubble* generator venturi dengan penambahan 3 *baffle* pada sisi *inlet*, yang ditinjau pada variasi debit air dan debit udara. Distribusi ukuran diameter *bubble* yang dilakukan dengan menggunakan *image processing* hasilnya menunjukkan bahwa probabilitas *bubble* tertinggi berapa pada diameter 73 ηm. Kenaikan debit air menyebabkan kurva probabilitas semakin meningkat dan distribusi *bubble* yang lebih seragam. Kenaikan debit air menyebabkan terjadinya kenaikan nilai *pressure drop* dan peningkatan nilai *hydraulic power* serta menurunkan nilai efisiensi pembangkitan *bubble*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah membantu dalam proses menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

ΔP = *Pressure drop*, kPa

P1 = Tekanan pada sisi *inlet mcirobubble* generator, Pa
P2 = Tekanan pada sisi *outlet microbubble* generator, Pa
L_w = *Hydraulic Powe*r, watt
Q_L = Debit air, liter per menit (lpm)
Q_G = Debit udara, liter per menit (lpm)
η = Efisiensi hidrolis
ρ_L = Masssa jenis air, kg/m^3
g = Percepatan gravitasi, m/s^2
H = Kedalaman microbubble generator venturi, m

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ditjen Perikanan Budidaya, Rencana Strategis Tahun 2020-2024,Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2020. [E-book]

[2] Riadhi Luthfi, Rivai Muhammad, Budiman Fajar, "Pengaturan Oksigen Terlarut menggunakan Metode Logika *Fuzzy* Berbasis *Mikrokontroler Teensy Board*," Jurnal Teknik ITS, 6, F330-F334. 2017.

[3] Deendarlianto, Wiratni, Tontowi, A. E., Indarto, & Iriawan, A. G. W, "*The implementation of a developed microbubble generator on the aerobic wastewater treatment*," *International Journal of Technology*, *6*(6), 924–930. 2015.

[4] Sadatomi, M., Kawahara, A., Kano, K., and Ohtomo, A., "*Performance of New Micro-Bubble Generator With A Sperical Body in Flowing Water Tube," Experimental Thermal and Fluid Science*, 29, 615-623. 2005.

[5] Tabei, K., Haruyama, S., Yamaguchi, S., "*Study of Micro Bubble Generation by a Swirl Jet," Journal of Environment and Engineering*, 2(1), 172– 182. 2007.

[6] Gordiychuk, A., Svanera, M., Benini, S., Poesio, P., "*Size Distribution and Sauter Mean Diameter of Microbubble for a Venturi Type Bubble Generator", Experimental Thermal and Fluid Science*, 70, 51-60. 2016.

[7] Ishikawa, M., Irabu, K., Teruya, I., Nitta, M., "*PIV Measurement of a Concentration Flow Using Micro-Bubble Tracer," Proc. The 6th International Symposium on Measurement Techniques for Multiphase Flow*. 2009.

[8] Wang, X., Shuai, Y., Zhou, X., Huang, Z., Yang, Y., Sun, J., Zhang, H.,Wang, J., & Yang, Y., "*Performance comparison of swirl-venturi bubble generator and conventional venturi bubble generator*," *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, *154*(108022), 1–12. 2020.

[9] Deendarlianto, Wiratni, Alva Edy Tontowi, Indarto, Anggita Gigih Wahyu Irawan., " T*he Implementation of A Developed Microbubble Generator on The Aerobic Wastewater treatment," International Journal of Technology*, 5, 327-333. 2015.

[10] Batubara, Y., Mawarni, D. I., Indarto, & Deendarlianto, Karakterisasi *Bubble* yang Dihasilkan *Microbubble* Generator Tipe Aliran *Swirl* dengan Metode *Image Processing*, *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 880–888. 2022.

[11] Baylar, A., dan Ozkan F., *Influence of venturi cone angles on jet aeration systems, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water Management Issue* WM1, 2005.

[12] Catrawedarma, I., Deendarlianto, & Indarto, "*Statistical Characterization of Flow Structure of Air–water Two-phase Flow in Airlift Pump–Bubble Generator System*,"*International Journal of Multiphase Flow*, *138*(103596). 2021.

[13] Deendarlianto, Wiratni, Alva Edy Tontowi, Indarto, Anggita Gigih Wahyu Irawan.,"*The Implementation of A Developed Microbubble Generator on The Aerobic Wastewater treatment," International Journal of Technology*, 5, 327-333. 2015.

[14] Majid, A. I., Nugroho, F. M., Juwana, W. E., Budhijanto, W., Deendarlianto, & Indarto, *On the performance of venturi-porous pipe microbubble generator with inlet angle of 20°and outlet angle of* 12°. *AIP Conference Proceedings*, *2001*(050009), 2018.

[15] Sadatomi, M., Kawahara, A., Kano, K., and Ohtomo, A., "*Performance of New Micro-Bubble Generator With A Sperical Body in Flowing Water Tube," Experimental Thermal and Fluid Science,* 29, 615-623. 2005.

[16] Tabei, K., Haruyama, S., Yamaguchi, S, "*Study of Micro Bubble Generation by a Swirl Jet," Journal of Environment and Engineering*, 2(1), 172– 182. 2007.