JME (Jurnal Mekanika dan Energi)
EISSN: 3048-2836 *E-Mail*: jme@sttrcepu.ac.id

Pengaruh Efek Coanda Pada Alat Pembangkit Gelembung Terhadap Oksigen Terlarut Yang Dihasilkan

Mira Nur Hani[a*], Drajat Indah Mawarni[b]

Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, Jl. Kampus Ronggolawe No.1 Mentul, Indah, Komp. Pertamina, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315,

*Email: miranurhani@gmail.com

Tentang naskah:
- diterima, 26 Nov. 2025
- direview, 26 Mei 2026
- diterbitkan, 10 Juni 2026

Kata kunci:
Efek Coanda, pembangkit gelembung, oksigen terlarut, aerasi, transfer massa.

Intisari
Penelitian ini membahas pengaruh efek Coanda pada alat pembangkit gelembung terhadap peningkatan kadar oksigen terlarut (DO, *Dissolved Oxygen*) dalam air. Efek Coanda merupakan fenomena aliran fluida yang cenderung menempel pada permukaan lengkung, yang dalam penelitian ini dimanfaatkan untuk mengarahkan aliran udara pada pembangkit gelembung agar menghasilkan ukuran gelembung yang lebih kecil dan distribusi yang lebih merata. Ukuran gelembung yang lebih kecil diharapkan dapat meningkatkan luas permukaan kontak antara udara dan air sehingga memperbaiki efisiensi transfer oksigen. Pengujian dilakukan dengan variasi bentuk *nozzle* dan sudut kelengkungan untuk mengamati pengaruhnya terhadap nilai oksigen terlarut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan efek Coanda mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut secara signifikan dibandingkan sistem tanpa efek Coanda. Hal ini menunjukkan bahwa desain alat pembangkit gelembung dengan memanfaatkan efek Coanda dapat menjadi alternatif efektif untuk meningkatkan efisiensi aerasi pada sistem perairan.

Keyword:
Coanda effect, bubble generator, dissolved oxygen, aeration, mass transfer.

Abstract
This study discusses the influence of the Coanda effect on a bubble generator device to enhance the dissolved oxygen (DO) concentration in water. The Coanda effect is a fluid flow phenomenon in which a jet tends to adhere to a curved surface. In this research, the effect is utilized to direct the airflow in the bubble generator to produce smaller and more uniformly distributed bubbles. Smaller bubble sizes are expected to increase the contact surface area between air and water, thereby improving oxygen transfer efficiency. Experiments were conducted with variations in nozzle shapes and curvature angles to observe their effects on dissolved oxygen levels. The results show that the application of the Coanda effect significantly increases dissolved oxygen concentration compared to systems without the effect. This finding indicates that bubble generator designs utilizing the Coanda effect can serve as an effective alternative for improving aeration efficiency in aquatic systems.

1. Pendahuluan

Pada era modern ini, kualitas air menjadi salah satu aspek penting yang memengaruhi kelangsungan hidup berbagai ekosistem perairan. Oksigen terlarut atau *dissolved oxygen* (DO) merupakan salah satu parameter utama yang menentukan kualitas air dan mendukung keberlanjutan organisme *aquatic*. Ketersediaan oksigen terlarut yang cukup dalam tubuh air sangat mempengaruhi proses metabolisme organisme air, seperti ikan, mikroorganisme, dan tanaman air. DO diperlukan untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Sehingga DO dapat menjadi tolok ukur terhadap kualitas air. Semakin tinggi DO maka kualitas perairan semakin baik (Budhijanto dkk., 2015). Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi udara bebas dan dari hasil fotosintesis organisme yang hidup di dalam perairan tersebut (Salmin., 2005). Sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas air, maka jumlah oksigen terlarut di dalam air, dapat ditingkatkan jumlahnya dengan menggunakan teknologi inovatif, hemat energi, serta mempunyai tingkat ketersediaan komponen dalam negeri yang

tinggi, dan berfungsi sebagai aerator (Budhijanto dkk., 2015).

Alat pembangkit gelembung atau dikenal dengan istilah *microbubble generator* merupakan salah satu teknologi yang umum digunakan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Prinsip kerja alat ini adalah menghasilkan gelembung-gelembung udara yang disebarkan ke dalam air, yang kemudian akan larut menjadi oksigen terlarut. Proses aerasi melalui gelembung udara ini bertujuan untuk memperkenalkan oksigen atmosfer ke dalam air, sehingga meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut. Namun, efektivitas sistem aerasi ini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik dan teknik desain, salah satunya adalah teknik pengaturan aliran gelembung udara itu sendiri.

Efek Coanda yang merujuk pada fenomena aliran fluida yang cenderung mengikuti permukaan lengkung, merupakan konsep yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan efisiensi alat pembangkit gelembung. Fenomena ini terjadi ketika aliran gelembung udara mendekati suatu permukaan melengkung dan kemudian terikut oleh permukaan tersebut. Dalam konteks alat pembangkit gelembung, penerapan efek Coanda dapat membantu menciptakan aliran gelembung udara yang lebih teratur dan efisien, sehingga meningkatkan kualitas aerasi yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan efek Coanda terhadap peningkatan oksigen terlarut yang dihasilkan oleh alat pembangkit gelembung.

Penelitian mengenai efek Coanda pada sistem aerasi telah dilakukan sebelumnya dalam konteks berbagai jenis fluida, namun penerapan efek ini dalam teknologi pembangkit gelembung masih tergolong terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi aerasi yang lebih efisien dengan efek Coanda. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai mekanisme yang mempengaruhi larutan oksigen terlarut serta mengidentifikasi cara-cara yang lebih optimal dalam penerapan teknologi aerasi menggunakan efek Coanda.

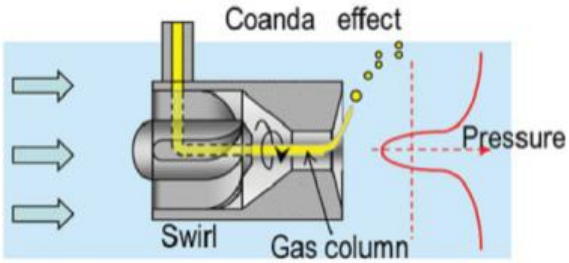
Tujuan penelitian adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh efek Coanda terhadap gelembung udara yang dihasilkan alat pembangkit gelembung.
2. Menganalisis pengaruh efek Coanda terhadap kandungan oksigen terlarut di dalam air yang dihasilkan oleh alat pembangkit gelembung.

2. Kerangka Teori

2.1 Efek Coanda

Efek Coanda adalah fenomena ketika aliran fluida cenderung menempel dan mengikuti permukaan yang melengkung karena adanya viskositas dan perbedaan tekanan. Dalam sistem pembangkit gelembung, seperti pada penelitian Kogawa dkk. (2015), efek ini dimanfaatkan untuk mengarahkan aliran udara sehingga gelembung yang dihasilkan lebih terarah dan terkonsentrasi. Dengan demikian, efisiensi pencampuran udara–air meningkat dan transfer oksigen ke dalam air menjadi lebih optimal.

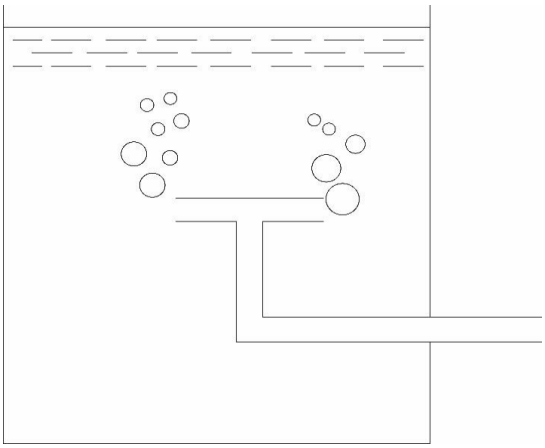


Gambar 2. 1 Efek Coanda pada Microbubble Generator tipe jet swirl (Kogawa dkk., 2015).

2.2 Sistem Aerasi

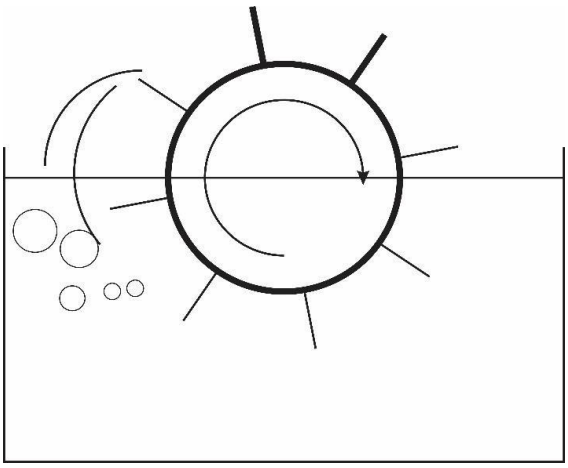
Aerasi adalah proses memasukkan oksigen dari udara ke dalam air untuk meningkatkan kandungan oksigen sekaligus membantu mengeluarkan gas-gas mudah menguap seperti CO_2, N_2, H_2S, dan metana. Menurut beberapa sumber, aerasi bertujuan menambah konsentrasi oksigen terlarut dalam air.

Salah satu metode aerasi adalah penggelembungan, yaitu memasukkan udara atau oksigen melalui nosel atau media berpori yang ditempatkan di dasar bak. Penempatan ini membuat gelembung udara memiliki waktu kontak lebih lama dengan air, sehingga proses transfer oksigen berlangsung lebih cepat dan efisien.



Gambar 2. 2 Ilustrasi proses memasukkan udara ke dalam air

Metode aerasi lainnya adalah memaksa air di permukaan untuk berkontak dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling. Baling-baling yang berputar di permukaan air akan mengangkat air ke atas sehingga air tersebut langsung bersentuhan dengan udara, meningkatkan proses penyerapan oksigen.



Gambar 2. 3 Ilustrasi proses memaksa air kontak dengan oksigen

Tujuan utama aerasi adalah memaksimalkan kontak antara air dan udara untuk meningkatkan efisiensi perpindahan oksigen. Untuk mencegah terjadinya permukaan antarmuka yang stagnan, sistem aerasi harus menciptakan turbulensi antara air dan udara. Terdapat tiga prinsip dasar aerasi: aerator air terjun, sistem difusi udara, dan aerator mekanik. Aerator air terjun meliputi spray aerator, cascade aerator, dan multiple-tray aerator, yang semuanya bekerja dengan memecah aliran air dan meningkatkan kontak dengan udara. Pada sistem difusi udara, udara dimasukkan ke dalam air dalam bentuk gelembung melalui berbagai jenis diffuser. Aerator mekanik bekerja dengan memecah permukaan air menggunakan impeller atau turbin sehingga menghasilkan gelembung halus dan area kontak yang luas, sehingga proses penyerapan oksigen menjadi lebih efektif.

Tabel 1. Pengaruh Diameter Gelembung Terhadap Luas Permukaan Gelembung

Jenis Aerasi difusi	Diameter gelembung (mm)	Jumlah gelembung (pcs)	Luas Permukaan Gelembung Total (m2)
Coarse bubble	10	$1{,}91 \times 10^{6}$	600
	5	$1{,}53 \times 10^{7}$	1200
Fine bubble	2	$2{,}39 \times 10^{8}$	3000
Ultra fine bubble	1	$1{,}91 \times 10^{9}$	6000

(Kiiskinen, 1978)

2.3 Oksigen Terlarut

Kualitas air dapat dinilai melalui parameter kimia seperti oksigen terlarut (DO); semakin tinggi DO, semakin baik kualitas air. DO dalam perairan berasal dari proses fotosintesis tumbuhan air dan fitoplankton, difusi oksigen dari udara, serta masuknya aliran air baru yang menimbulkan turbulensi. Oksigen sangat penting bagi kehidupan organisme akuatik, dan kadar ideal DO untuk pertumbuhan biota air berada pada kisaran 5–7 ppm. Kekurangan oksigen dapat menyebabkan stres hingga kematian pada organisme air. DO yang rendah bersama tingginya nitrit juga dapat menyebabkan gangguan transportasi oksigen dalam darah biota, memicu stres dan mortalitas.

Tabel 2. Pengaruh Oksigen terlarut Terhadap Biota Air

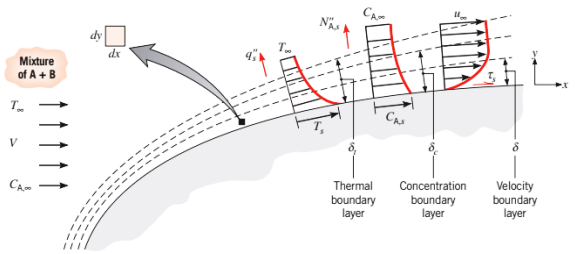
Konsentrasi Oksigen terlarut	Pengaruh
< 2 mg/liter	Mati jika terjadi dalam beberapa jam
2-5 mg/liter	Pertumbuhan akan lambat
> 5 mg/liter	Kondisi terbaik untuk pertumbuhan

(Boyd, 1998)

Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Oksigen lebih mudah larut pada suhu rendah, sementara peningkatan suhu, salinitas, pH, dan kadar CO_2 akan menurunkan kelarutannya. Di perairan tawar, DO meningkat saat suhu lebih rendah dan alkalinitas menurun. Lapisan permukaan perairan memiliki kadar oksigen lebih tinggi karena kontak langsung dengan udara, sedangkan kadar DO cenderung menurun pada lapisan yang lebih dalam.

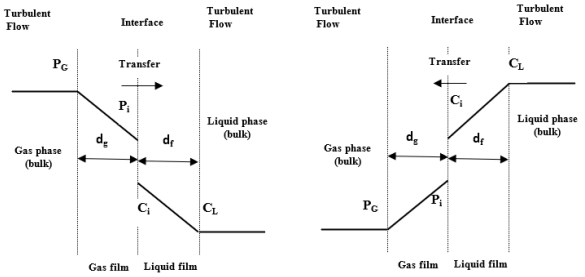
2.4 Perpindahan Massa

Perpindahan massa terjadi melalui dua mekanisme utama: difusi dan konveksi. Difusi adalah perpindahan molekul akibat perbedaan konsentrasi, berlangsung dari area berkonsentrasi tinggi ke rendah, dan umumnya terjadi pada fluida diam atau aliran laminar. Laju difusi dijelaskan oleh Hukum Fick. Sementara itu, konveksi adalah perpindahan massa yang melibatkan fluida bergerak dan dapat terjadi antara fluida dengan permukaan atau antara dua fluida yang tidak saling bercampur. Konveksi terbagi menjadi konveksi alami dan paksa. Pada aliran fluida, terbentuk lapisan batas yang meliputi lapisan batas kecepatan, termal, dan konsentrasi.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Lapis Batas (Bergman dkk., 2011)

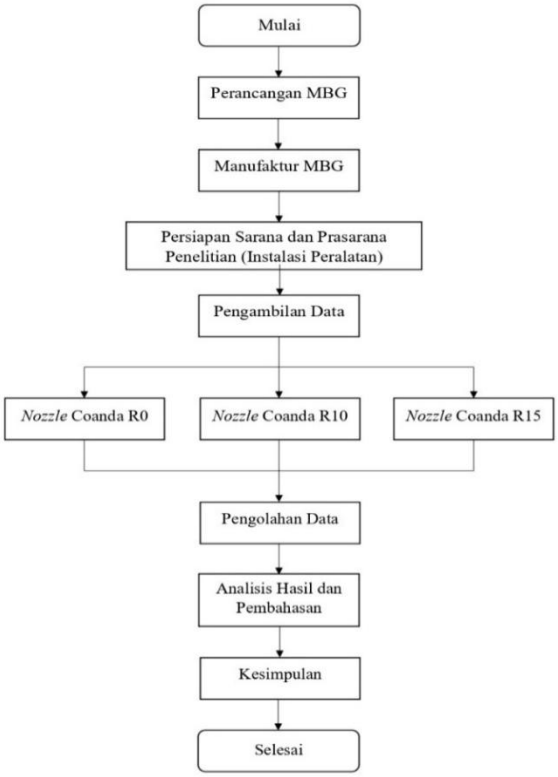
Pada aplikasi *microbubble* dalam pengolahan air, perpindahan massa gas ke dalam cairan menjadi aspek yang sangat penting. Beberapa teori digunakan untuk menjelaskan mekanisme perpindahan massa pada antarmuka gas–cair, yaitu *two film theory* (Lewis & Whitman, 1924), penetration model (Higbie, 1935), dan *surface renewal model* (Danckwerts, 1951). Di antara teori-teori tersebut, *two film theory* adalah yang paling umum digunakan. Teori ini menyatakan bahwa pada antarmuka gas–cair terdapat dua lapisan tipis (film), yaitu film gas dan film cair, tempat proses perpindahan massa berlangsung. Perpindahan massa dapat terjadi dalam dua bentuk: absorpsi (gas masuk ke fase cair) dan desorpsi (gas keluar dari fase cair menuju fase gas).



Gambar 2. 5 Sketsa Two-Film Theory Perpindahan Massa Gas (Tchobanoglous., 2003)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1. Flowchart dari tahapan penelitian

Fasilitas Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk memperoleh data performa MBG pada koefisien perpindahan massa volumetrik pada *microbubble generator* tipe *swirl* dengan efek Coanda serta mengukur kadar oksigen terlarut dalam air menggunakan dissolved oxygen meter. Variabel penelitian meliputi variasi jari-jari kelengkungan *nozzle* Coanda sebesar R0,

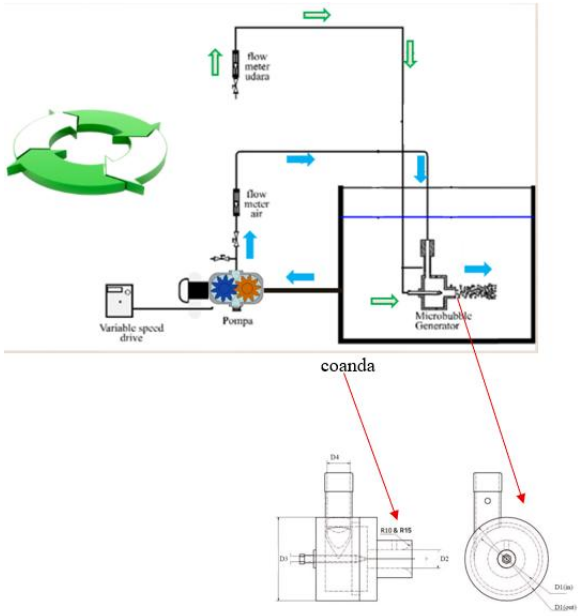
R10, dan R15, variasi debit air sebesar 30, 40, dan 50 liter per menit (lpm) serta variasi debit udara sebesar 0,1; 0,3; dan 0,5 lpm guna mengetahui pengaruh perubahan aliran terhadap pembentukan gelembung mikro dan peningkatan kadar oksigen terlarut dalam air.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Laboratorium Konversi Energi Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu.

3.3 Instalasi Pompa pada Alat Penelitian

Instalasi dan juga pengaturan pada alat percobaan yang dirancang untuk penelitian ini tampak seperti gambar dibawah.



Gambar 3. 2. Skema Peralatan Penelitian Pengaruh Efek Coanda terhadap Oksigen Terlarut

3.4 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan terdiri dari :

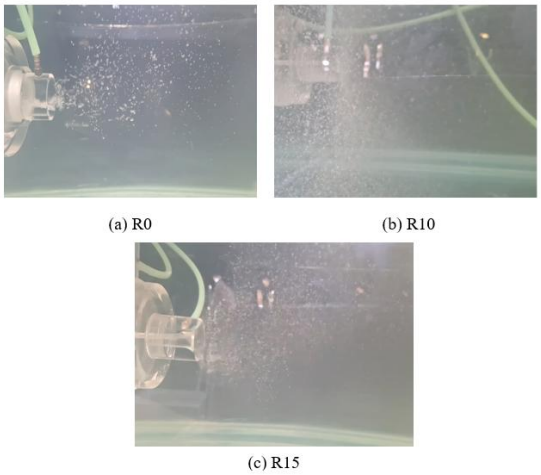
1. Akuarium
2. Pompa Air
3. Control Panel
4. Microbubble Generator (MBG)
5. Flow Meter Air
6. Flow Meter Udara
7. DO Meter
8. Ball Valve
9. Pipa PVC (polyvinyl chloride)

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari *microbubble* yang terbentuk dengan menggunakan *microbubble generator* (MBG) jenis *swirl* dengan efek Coanda. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja MBG antara lain adalah visualisasi gelembung yang dihasilkan dan kandungan oksigen terlarut atau DO.

4.1 . *Visualisasi Gelembung*

Visualisasi gelembung yang dihasilkan untuk mengetahui bahwa variasi jari-jari kelengkungan Coanda berpengaruh jelas terhadap pola pembentukan dan penyebaran gelembung

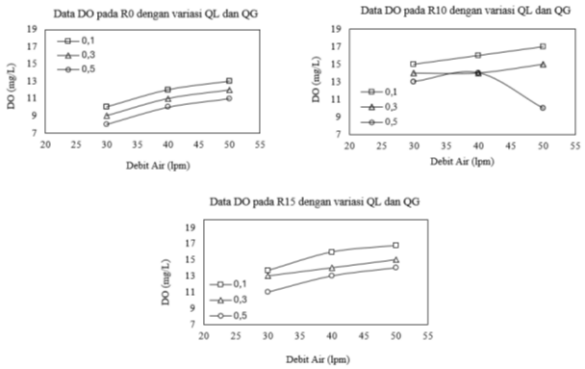


Gambar 4. 1. Distribusi populasi gelembung pada berbagai kombinasi QL dan QG

Gambar 4.1 menampilkan bahwa perubahan radius Coanda memengaruhi karakteristik aliran, distribusi gelembung, serta kestabilan pola gelembung di sekitar permukaan dinding.

4.2 Kandungan Oksigen Terlarut (DO)

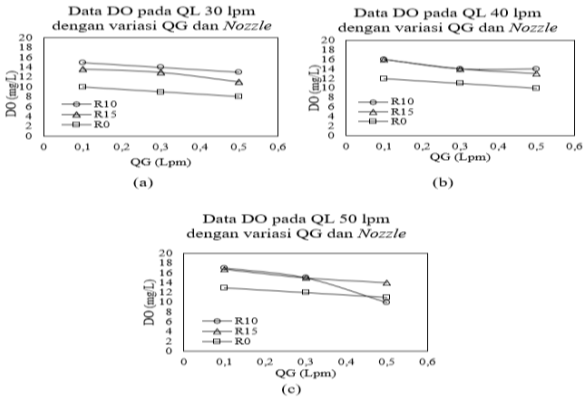
Parameter ini berguna untuk menentukan perpindahan massa yang terjadi pada campuran antara fase gas dan fase cair karena adanya perbedaan konsentrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi efek Coanda terhadap oksigen terlarut (*dissolved oxygen* / DO) pada bak transparan yang diisi dengan air bersih. Pengukuran dilakukan pada jarak 60 cm dari outlet *microbubble generator*.



Gambar 4. 2 Pengaruh Debit Air dan Debit Udara Pada Variasi Jari-Jari Kelengkungan Coanda Terhadap DO yang Dihasilkan

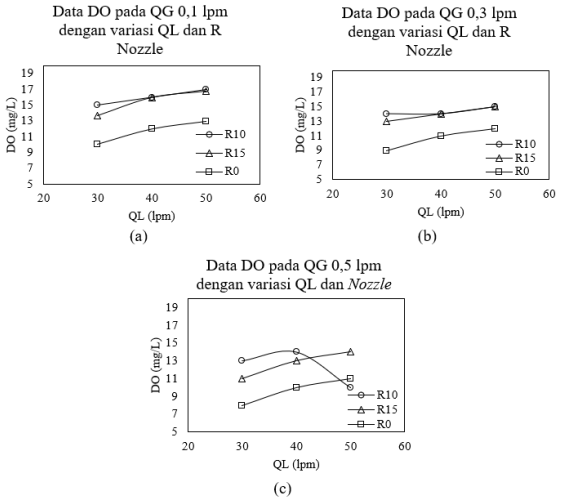
Gambar 4.2 menampilkan hubungan antara debit air (QL) dan debit udara (QG) terhadap kadar oksigen terlarut (DO), terlihat bahwa kenaikan debit air umumnya meningkatkan nilai DO pada semua variasi radius (R0, R10, dan R15). Pada sebagian besar kurva, semakin besar debit air, semakin tinggi DO yang dihasilkan, terutama pada variasi QG yang lebih besar.

Pada grafik R0 dan R15, seluruh kurva menunjukkan tren peningkatan DO yang konsisten seiring bertambahnya debit air. Pada grafik R10, sebagian besar kurva juga mengalami peningkatan, meskipun terdapat satu kurva yang menunjukkan penurunan DO pada debit air tertinggi. Secara keseluruhan, kombinasi debit air dan debit udara yang lebih besar cenderung menghasilkan kadar DO yang lebih tinggi, menunjukkan efektivitas peningkatan aerasi pada kondisi tersebut.



Gambar 4. 3 Pengaruh Jari-Jari Kelengkungan Coanda Pada Variasi Debit Udara dengan Debit Air Konstan Terhadap DO yang Dihasilkan

Gambar 4.3 menunjukkan peningkatan debit udara menyebabkan peningkatan nilai DO pada seluruh variasi kelengkungan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah gelembung udara yang terbentuk, sehingga luas bidang kontak antara udara dan air bertambah dan proses difusi oksigen berlangsung lebih intensif.



Gambar 4. 4 Pengaruh Jari-Jari Kelengkungan Coanda Pada Variasi Debit Air dengan Debit Udara Konstan Terhadap DO yang Dihasilkan

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara debit air (QL) dan debit udara (QG) terhadap kadar oksigen terlarut (DO) untuk tiga variasi radius nozzle, yaitu R0, R10, dan R15. Secara umum, nilai DO meningkat seiring bertambahnya debit air, meskipun pola kenaikan bervariasi tergantung radius dan debit udara.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh efek Coanda pada alat pembangkit gelembung terhadap oksigen terlarut (DO) yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa:

- Secara umum, alat dengan efek Coanda lebih efisien dalam menghasilkan gelembung udara berukuran lebih kecil dan tersebar lebih merata dibanding alat pembangkit gelembung tanpa efek Coanda
- Efek Coanda mampu meningkatkan kandungan oksigen terlarut (DO) di dalam air. Hal ini dapat meningkatkan jumlah serta luas permukaan gelembung udara akibat efek Coanda memperbesar area kontak antara udara dan air. Akibatnya, proses difusi oksigen berlangsung lebih efisien sehingga konsentrasi oksigen terlarut dalam air meningkat.

Daftar Pustaka

Boyd, C. E. (2015). *Water quality* (pp. 223-241). Springer International Publishing AG.

Chapman (1996). *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*

Coanda, H. (1936). Device for Deflecting a Stream of Elastic Fluid Projected into an Elastic Fluid. *U.S. Patent No. 2,052,869*.

Edahwati, L., & Suprihatin, D. (2013). Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, *1*(2).

Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan perairan*. PT Kanisius.

Garcia-Ochoa, F., & Gomez, E. (2009). Bioreactor scale-up and oxygen transfer rate in microbial processes: an overview. *Biotechnology advances*, *27*(2), 153-176.

Kantarci, N., Borak, F., & Ulgen, K. O. (2005). Bubble column reactors. *Process Biochemistry*, 40(7), 2263–2283. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.10.004

Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2013). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (7th ed.). Wiley.

Rachmat, H., & Susanto, R. H. (2021). Rancang Bangun Aerator dengan Efek Coanda untuk Meningkatkan Kadar Oksigen Terlarut pada Air Kolam. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 27(1), 45–52.

Rosariawari, F., Wahjudijanto, I., & Rachmanto, T. A. (2018). Peningkatan effektifitas aerasi dengan menggunakan micro bubble generator (MBG). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, *8*(2), 89.

Shalindry, R. O., & Budhijanto, W. (2015). Penguraian limbah organik secara aerobik dengan aerasi menggunakan *microbubble generator* dalam kolam dengan imobilisasi bakteri. *Jurnal Rekayasa Proses*, *9*(2), 58-64.

Sitanggang, M., & Sarwono, B. (2001). Budidaya Gurami (edisi revisi). *Penebar Swadaya. Jakarta*, *90*.

Tsuge, H. (2014). *Micro-and nanobubbles*. Singapore: Pan Stanford.

White, F. M. (2011). *Fluid Mechanics* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.