

Pengaruh Distribusi Gelembung Mikro Terhadap Kandungan Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*) Dalam Air

Kawakib Ka'ab¹, Drajat Indah Mawarni²

^{1,2*}Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

E-mail: ^{*}kawakib.kaab@gmail.com

Abstrak – Keseimbangan ekosistem perairan sangat dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* atau DO). DO berperan sebagai indikator utama kualitas air dan keseimbangan ekosistem. Ketersediaan DO yang memadai mendukung kehidupan organisme akuatik sekaligus menjaga berlangsungnya proses biogeokimia, seperti dekomposisi bahan organik. Sebaliknya, kadar DO yang rendah, yang sering kali dipicu oleh pencemaran atau eutrofikasi, dapat menyebabkan stres, kematian massal, atau perubahan dalam struktur komunitas organisme di perairan. Masalah penelitian ini adalah pengaruh distribusi gelembung berukuran *mikro* terhadap oksigen terlarut yang dihasilkan dalam air. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh distribusi gelembung berukuran *mikro* terhadap oksigen terlarut yang dihasilkan dalam air. Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen untuk mendapatkan data visual gelembung berukuran mikro yang dihasilkan oleh MBG tipe *swirl* dan pengukuran oksigen terlarut dalam air dengan menggunakan *dissolved oxygen* meter. Perubahan debit udara Q_G pada debit air Q_L konstan menyebabkan perubahan DO sedikit (tidak signifikan), sedangkan perubahan debit air Q_L pada debit udara Q_G konstan menyebabkan perubahan DO banyak (signifikan). Pada variasi debit air dengan debit udara konstan nilai DO yang dihasilkan adalah berkisar 5,5 – 6,5 mg/L, lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan microbubble yang nilainya 5 mg/L kualitas air lebih baik. Demikian juga pada variasi debit udara dengan debit air konstan nilai DO yang dihasilkan adalah berkisar 6 – 7,5 mg/L lebih tinggi dari pada tanpa menggunakan microbubble yang nilainya 5 mg/L, kualitas air lebih baik.

Kata Kunci — Air, Ekosistem, *Dissolved Oxygen*, Oksigen Terlarut, Gelembung Mikro.

Abstract – The balance of aquatic ecosystems is strongly influenced by dissolved oxygen (DO) levels, which serve as a key indicator of water quality and ecosystem stability. Adequate DO supports aquatic life and maintains biogeochemical processes, such as the decomposition of organic matter. In contrast, low DO levels caused by pollution or eutrophication can lead to stress, mass mortality, and shifts in aquatic community structures. This study investigates how microbubble distribution affects the amount of dissolved oxygen in water. The research aims to determine the influence of microbubble distribution on DO levels using an experimental method. A swirl-type Microbubble Generator (MBG) was used to produce microbubbles, while a dissolved oxygen meter measured DO concentrations. Results show that variations in air flow rate (Q_G) at a constant water flow rate (Q_L) cause only minor changes in DO levels, whereas changes in Q_L at a constant Q_G significantly affect DO. When water flow rate varied while air flow remained constant, DO levels ranged from 5.5 to 6.5 mg/L—higher than the 5 mg/L measured without microbubbles, indicating improved water quality. Similarly, when air flow rate varied with constant water flow, DO values increased to 6–7.5 mg/L, again higher than without microbubbles. Overall, the study demonstrates that microbubble distribution effectively enhances dissolved oxygen concentration, contributing to better water quality and potentially improving aquatic ecosystem stability.

Keywords — Water, Ecosystem, *Dissolved Oxygen*, *Dissolved Oxygen*, Microbubbles

1. PENDAHULUAN

Ekosistem perairan merupakan sistem yang kompleks, di mana berbagai organisme seperti ikan, plankton, mikroorganisme, dan tumbuhan air saling berinteraksi untuk menjaga keseimbangan lingkungan. Salah satu komponen penting yang menentukan kelangsungan hidup organisme tersebut adalah oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* atau DO) (Madyawan dkk., 2020). DO berfungsi sebagai indikator utama kualitas air dan berperan penting dalam proses respirasi organisme akuatik serta dalam menjaga keberlangsungan proses biogeokimia, seperti penguraian bahan organik.

Kadar DO dalam air sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti suhu, pencemaran, aktivitas biologis, dan kandungan bahan organik. Penurunan kadar DO sering terjadi akibat meningkatnya beban limbah domestik, industri, maupun pertanian, yang menyebabkan tingginya konsumsi oksigen untuk proses dekomposisi bahan organik. Kondisi ini dapat memicu stres, kematian massal, hingga perubahan struktur komunitas organisme akuatik

(Madyawan dkk., 2020). Oleh karena itu, pemantauan dan pengelolaan kadar oksigen terlarut sangat penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem perairan.

Salah satu cara efektif untuk meningkatkan kadar DO adalah melalui penggunaan aerator. Aerator bekerja dengan memperbesar kontak antara udara dan air, sehingga mempercepat proses difusi oksigen ke dalam air (Laksana dkk., 2020). Alat ini sangat bermanfaat terutama di perairan yang stagnan atau memiliki kadar bahan organik tinggi, seperti kolam ikan, tambak, danau, atau sungai yang tercemar. Dengan meningkatkan kadar oksigen, aerator membantu mencegah terjadinya hipoksia dan menjaga keberlanjutan sektor perikanan serta keanekaragaman hayati (Heriyati dkk., 2020).

Namun, efektivitas aerator bergantung pada distribusi gelembung udara yang dihasilkan. Distribusi gelembung yang tidak merata dapat menyebabkan ketidakseimbangan oksigen di beberapa area air, menciptakan zona hipoksia yang berpotensi mengancam kehidupan organisme (Febriawan, 2021). Pembentukan gelembung udara menjadi faktor penting dalam proses aerasi karena berpengaruh terhadap efisiensi transfer oksigen. Meskipun demikian, penelitian terkait dinamika pembentukan gelembung masih terbatas dan sebagian besar berfokus pada aspek fisik dan kimia (Rofik, 2020).

Penelitian interdisipliner yang menggabungkan simulasi numerik, eksperimen laboratorium, dan pengujian lapangan masih jarang dilakukan, padahal pendekatan tersebut dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang perilaku gelembung di berbagai kondisi perairan. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian lanjutan mengenai dinamika pembentukan gelembung untuk mengoptimalkan teknologi aerasi, meningkatkan efisiensi transfer oksigen, serta mendukung pengelolaan perairan yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk memperoleh data visual gelembung mikro yang dihasilkan oleh Microbubble Generator (MBG) tipe swirl serta mengukur kadar oksigen terlarut dalam air menggunakan dissolved oxygen meter. Variabel penelitian meliputi variasi debit air sebesar 30, 40, 50, 60, dan 70 liter per menit (lpm) serta variasi debit udara sebesar 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; dan 1,0 lpm guna mengetahui pengaruh perubahan aliran terhadap pembentukan gelembung mikro dan peningkatan kadar oksigen terlarut dalam air.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dimulai dengan persiapan alat dan bahan, yaitu menyiapkan seluruh peralatan yang dibutuhkan seperti aquarium, aerator, Microbubble Generator (MBG), serta alat ukur oksigen terlarut (DO meter). Selanjutnya dilakukan pengisian aquarium dengan air bersih sebagai media uji, kemudian instalasi aerator dan kalibrasi alat untuk memastikan semua perangkat berfungsi dengan baik sebelum eksperimen dilakukan. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan eksperimen, di mana dilakukan dua kegiatan

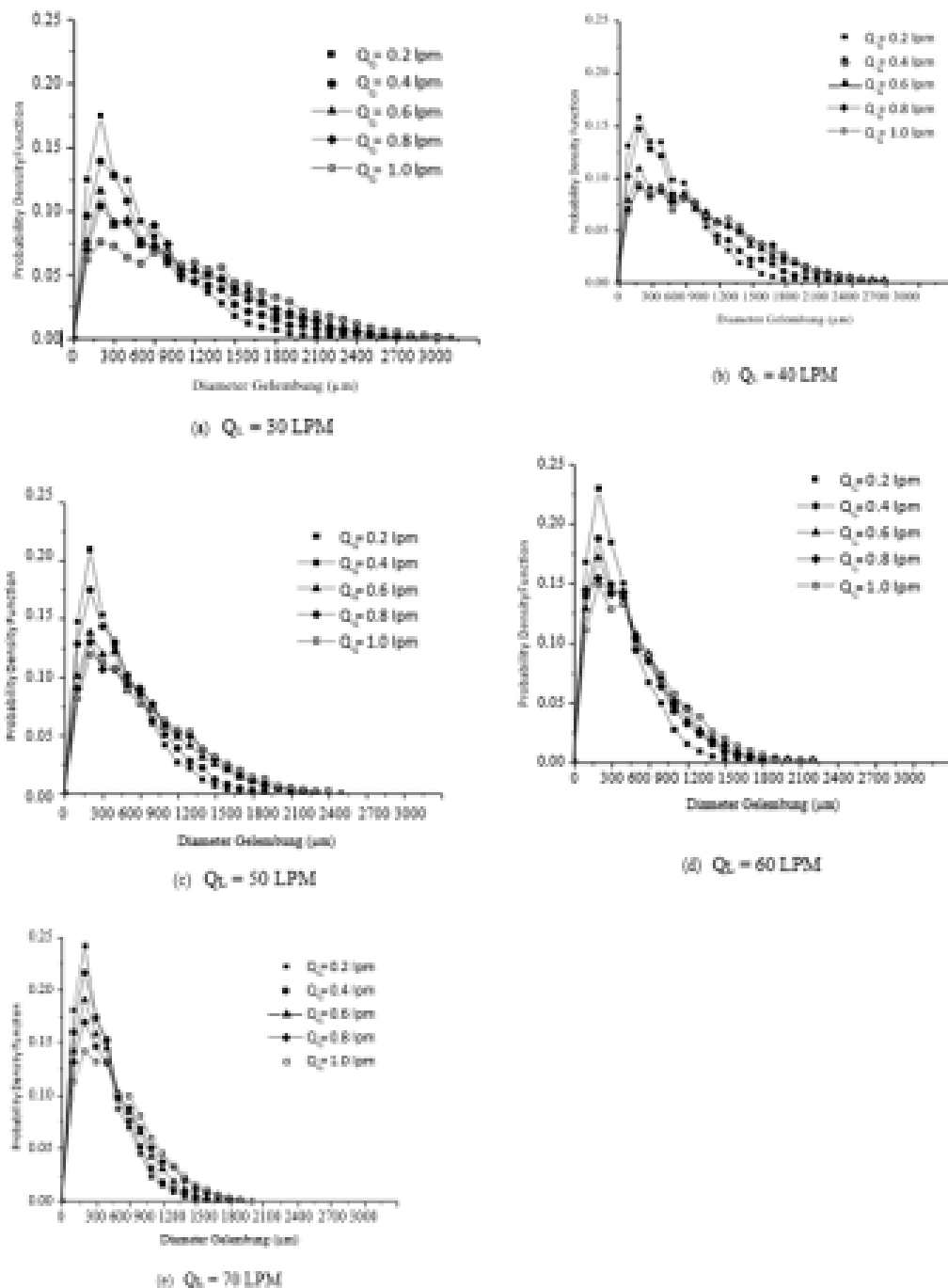
utama, yaitu pengamatan gelembung yang dihasilkan oleh MBG dan pengukuran DO menggunakan DO meter untuk mengetahui kadar oksigen terlarut dalam air. Data yang diperoleh kemudian masuk ke tahap analisis hasil untuk mengetahui hubungan antara variasi debit udara dan air terhadap pembentukan gelembung serta peningkatan DO. Setelah itu disusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis, dan proses penelitian diakhiri pada tahap selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Distribusi Gelembung

Analisis distribusi gelembung dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari kombinasi dari Q_L dan Q_G yang digunakan.

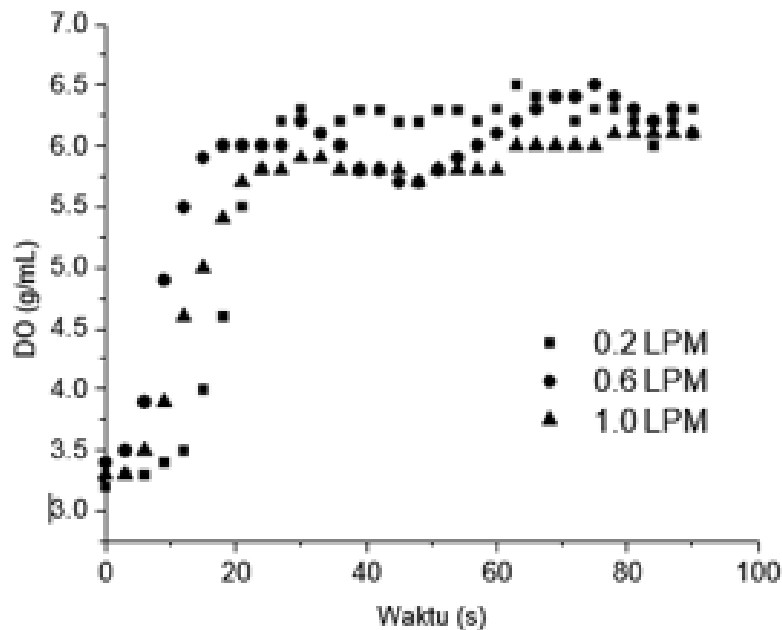


Gambar 2. Distribusi populasi gelembung pada berbagai kombinasi Q_L dan Q_G

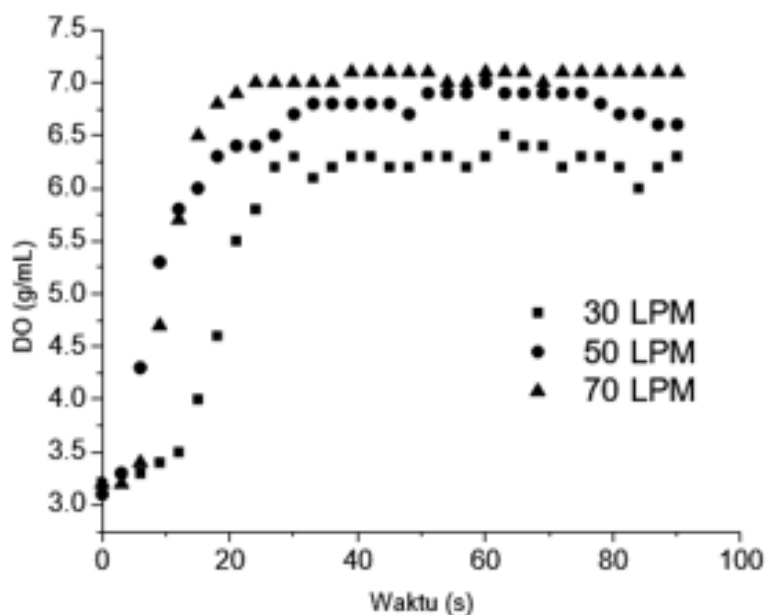
Gambar 2. menampilkan bahwa peningkatan Q_G pada umumnya menyebabkan kurva distribusi yang lebih melebar. Hal ini dapat diartikan bahwa peningkatan Q_G mengakibatkan ukuran gelembung yang dihasilkan lebih heterogen. Menurut Lau dkk (2013), peningkatan nilai Q_G menyebabkan meningkatnya jumlah gelembung dengan ukuran besar yang terbentuk dan gelembung tersebut memiliki kecenderungan untuk saling bertabrakan satu sama lain dan membentuk gelembung dengan ukuran yang lebih besar.

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 kombinasi Q_L dan Q_G terhadap oksigen terlarut (*dissolved oxygen* / DO) pada bak transparan yang diisi dengan air bersih. Pengukuran dilakukan pada jarak 60 cm dari outlet MBG.



Gambar 3. *Dissolved Oxygen* pada Q_L konstan (30 LPM)



Gambar 4. *Dissolved Oxygen* pada Q_G konstan (0.2 LPM)

Gambar 3. menunjukkan bahwa dengan perubahan Q_G maka DO yang dihasilkan sedikit mengalami perubahan. Namun, Gambar 4. menunjukkan bahwa perubahan Q_L mampu mengubah DO secara signifikan. Parameter DO digunakan untuk melihat kemampuan MBG dalam fenomena transfer massa

4. KESIMPULAN

Perubahan debit udara (Q_G) pada debit air (Q_L) konstan menghasilkan perubahan kadar oksigen terlarut (DO) yang tidak signifikan, sedangkan perubahan debit air (Q_L) pada debit udara (Q_G) konstan memberikan pengaruh signifikan terhadap DO. Pada variasi debit air dengan udara konstan, kadar DO berkisar antara 5,5–6,5 mg/L, lebih tinggi dibandingkan tanpa microbubble (5 mg/L), menandakan kualitas air yang lebih baik. Begitu pula pada variasi debit udara dengan air konstan, kadar DO mencapai 6–7,5 mg/L, juga lebih tinggi dari tanpa microbubble, yang menunjukkan peningkatan kualitas air.

5. SARAN

Peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya mengembangkan upaya peningkatan kadar oksigen dalam air dengan menerapkan berbagai variasi, seperti penggunaan jenis *microbubble generator* yang berbeda serta pengaturan waktu aerasi, sehingga diperoleh hasil yang lebih optimal dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandra Febriawan, A. (2021). Pengaruh Penggunaan *Microbubble* dan Aerasi Difusi Terhadap Kualitas Air, Rasio Konversi Pakan, dan Efisiensi Pakan Pada Pendederan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) DENGAN SISTEM BIOFLOC. <http://repository.ub.ac.id/eprint/185070/>
- [2] Heriyati, E., Rustadi, R., Isnansetyo, A., & Triyatno, B. (2020). Uji Aerasi Microbubble dalam Menentukan Kualitas Air, Nilai Nutrition Value Coefficient (NVC), Faktor Kondisi (K) dan Performa pada Budidaya Nila Merah (*Oreochromis Sp.*). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 8(1), 27–41. <https://doi.org/10.36084/jpt.v8i1.232>
- [3] Kogawa, H., Naoe, T., Kyotoh, H., Haga, K., Kinoshita, H., & Futakawa, M. (2015). Development of microbubble generator for suppression of pressure waves in mercury target of spallation source. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 52(12), 1461–1469. <https://doi.org/10.1080/00223131.2015.1009188>
- [4] Laksana, I., Mahmud, M., & Prihatini, N. S. (2020). Peningkatan Transfer Oksigen Pada Cascade Aerator Dengan Inovasi Bak Terjunan. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 3(1), 49–60. <https://doi.org/10.20527/jernih.v3i1.482>
- [5] Lathifa Putri Afisna, & Juwana, W. E. (2020). Aplikasi Microbubble Generator Porous-Venturi Pada Pengolahan Air Limbah Buatan. *Kurvatek*, 5(1), 11–18. <https://doi.org/10.33579/krvt.v5i1.1818>
- [6] Madyawan, D., Hendrawan, I. G., & Suteja, Y. (2020). Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 270. <https://doi.org/10.24843/jmas.2020.v06.i02.p15>
- [7] Mawarni, D. I., Ristiyanto, H. G., Deendarlianto, Budhijanto, W., Salem, M., Niyas, H., & Indarto. (2023). Review on swirl-type microbubble generator: Concept, technology, and applications. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 3(3 Special Issue), 191–205. <https://doi.org/10.31603/mesi.10565>
- [8] Rofik, D. A. (2020). Perancangan Dan Analisis Alat Microbubble Generator (Mbg) Untuk Aerasi Kolam Ikan Tipe Nozzel Venturi. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(2), 24. <https://doi.org/10.32662/gojise.v3i2.1206>
- [9] Sadatomi, M., Kawahara, A., Matsuura, H., & Shikatani, S. (2012). Micro-bubble generation rate and bubble dissolution rate into water by a simple multi-fluid mixer with orifice and porous tube. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 41, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2012.03.002>
- [10] Shirai, H., Haruyama, S., Takakusagi, F., Tabei, K., & Yamaguchi, S. (2007). Study of Micro Bubble Generation by a Swirl Jet. *Journal of Environment and Engineering*, 2(1), 172–182. <https://doi.org/10.1299/jee.2.172>
- [11] Parmar, R., Majumder, S.K., 2013, Microbubble generations and Aided Transport Process Intensification- A State –of – The Report, *Chemical Engineering and Processing*, 64, 79-97.
- [12] Li, P., 2006, Development of Advanced Water Treatment Technology Using Microbubble, <http://iroha.scitech.lib.keio.ac.jp:8080/sigma/bitstream/handle/10721/448/document.pdf>
- [13] Serizawa, S., Inui, T., Eugchi, T., 2005, Microbubble-containing milky air that rises in vertical cylinder-flow characteristic and the phenomenon of pseudo-laminar flow of bubbles in aqueous system, *Konsoryu*, 19, 335-343.
- [14] Takahashi, M., 2005, Zeta Potensial of Microbubble in Aqueous Solution : Electrical Properties of Gas-water Interface, *Journal Of Physical Chemistry*, B 109, 21858-21864.
- [15] Islek, Akay A., The Impact Of Swirl in Turbulent Pipe, Georgia Institute Of Technology , 2004.
- [16] Khuntia, S., Majumdar, S.M., Ghosh, P., 2012, Microbubble Aided Water and Wastewater Purification : A Review, *Rev Chemical Engineering*, 28, 191-221.
- [17] Rosariawari, F. (2018). Peningkatan Efektivitas Aerasi dengan Menggunakan Microbubble Generator (MBG).

- [18] Salmin. (2000). Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. P3O-LIPI, 42-46.
- [19] Lau, Y.M., Dee, N.G., Kuiper, J.A.M., 2013, Development of an Image Measurent Tecnique for Size Distribution in Dense Bubble Flow, Chemical Engineering Science, 94, 20-29.
- [20] Khirani, S., Kunwapanitchakul, P., Augir, F., Guigui, C., Guiraud, P., Hebrard, G., 2012, Microbubble Generation Through Porous Membrane Under Aqueous or Organic Liquid Shear Flow, Industrial & Engineering Chemistry Research, 51, 1997-2009.
- [21] Changjun, L., Bin, L., Shengwei, T., Haiguang, Z., 2010, A theoretical model for the size prediction of single bubble formed under liquid cross flow, Chinese Journal of Chemical Engineering, 18(5), 770-776.
- [22] Majumder, S.K., Kundu, G., Mukherjee, D., 2006. Bubble Size Distribution and Gas–Liquid Interfacial Area in a Modified Downflow Bubble Column. Chem. Eng.J. 122, 1–10.