

METODE DIGITAL IMAGE PROCESSING UNTUK MENENTUKAN DISTRIBUSI UKURAN DIAMETER GELEMBUNG UDARA PADA MICROGELEMBUNG GENERATOR

Drajat Indah Mawarni¹⁾, Indarto²⁾, Deendarlianto³⁾, Kumara Ari Yuana⁴⁾

¹⁾ Teknik Mesin STT Ronggolawe Cepu

^{2,3)} Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada

⁴⁾ Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta

email : drajatindah74@gmail.com¹⁾, indarto@ugm.ac.id²⁾, deendarlianto@ugm.ac.id³⁾, kumara.a@amikom.ac.id⁴⁾

Abstraksi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran diameter gelembung yang dihasilkan oleh alat pembangkit gelembung udara mikro (*microgelembung generator*/MBG). Gelembung yang dihasilkan direkam dengan menggunakan kamera berkecepatan tinggi (*high speed camera*). Metode yang digunakan untuk mengetahui ukuran gelembung yang dihasilkan adalah dengan menggunakan metode *digital image processing* (MDIP). MDIP ini memiliki keunggulan yaitu dapat mengukur dimensi distribusi gelembung pada aliran yang tidak teratur secara akurat serta pada operasinya tidak mempengaruhi aliran yang terbentuk. Hasil akhir dari ekstraksi data *image processing* ini adalah distribusi diameter *microgelembung* yang dinyatakan dalam *Probability Distribution Function* (PDF) dan digunakan untuk mempresentasikan perbandingan distribusi dimensi gelembung udara yang dihasilkan oleh MBG

Kata Kunci:

Gelembung Udara Mikro, *Digital Image Processing*, *Highspeed Camera*, *Probability Distribution Function*

Abstract

This research was conducted to determine the size of the gelembungs produced by the microgelembung generator (MBG). The resulting gelembungs were recorded using a high-speed camera. The method used to determine the size of the microgelembungs produced was using a digital image processing methods. The Digital Image Processing method has the advantage of being able to accurately measure the dimensions of the distribution of gelembungs in irregular flows and does not affect the flow in operation. Finally, from image processing data extraction, a diameter distribution of the formed microgelembungs can be arranged. The distribution of gelembung diameters is expressed in a probabilities function. In the current study, the Probability Distribution Function (PDF) is used to show a comparison of the gelembung dimension distribution

Keywords:

Microgelembung, Digital Image Processing, Highspeed Camera, Gelembung Distribution, Probability Distribution Function

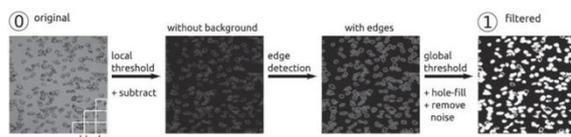
Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan teknik pengukuran distribusi ukuran diameter gelembung pada perbandingan debit udara terhadap debit total fluida (rasio fraksi hampa) yang rendah dari suatu aliran dengan metode pengolahan citra gambar (*Digital Image Analysis*)[1]. Teknik ini memiliki keunggulan yaitu dapat mengukur dimensi distribusi gelembung pada aliran yang tidak teratur secara akurat serta pada operasinya tidak mempengaruhi aliran yang terbentuk. Metode tersebut dikembangkan sebagai solusi atas keterbatasan *image measurement* konvensional yang hanya dapat menganalisis dimensi gelembung tunggal (*solitary* gelembung) yang diasumsikan kondisi gelembung tersebut tidak terjadi *overlapping* gelembung.

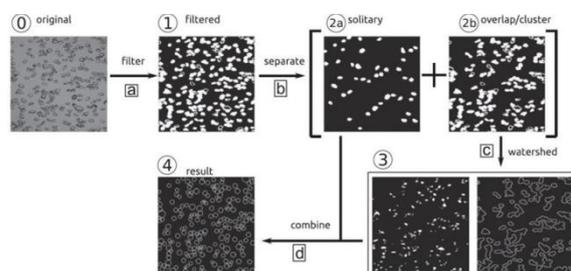
Tinjauan Pustaka

Lau dkk. (2013)[1] melakukan penelitian untuk mengembangkan teknik pengukuran distribusi dimensi gelembung pada rasio fraksi hampa yang rendah dari suatu aliran dengan metode pengolahan citra gambar (*Digital Image Analysis*). Teknik non-instrutive image analysis digunakan oleh Lau, dkk. (2013)[1], Juwana, dkk. (2019)[2], Majid, dkk.. (2018)[3], Mawarni, dkk.(2020)[4], Mawarni, dkk.. (2021)[5], Mawarni dkk. (2022)[6] karena memiliki keunggulan dapat mengukur dimensi distribusi gelembung pada aliran yang tidak teratur secara akurat serta pada operasinya tidak mempengaruhi aliran yang terbentuk. Metode tersebut dikembangkan sebagai solusi atas keterbatasan *image measurement* konvensional yang hanya dapat menganalisis dimensi gelembung tunggal (*solitary* gelembung) yang diasumsikan kondisi gelembung

tersebut tidak mendahului kluster gelembung lainnya atau tidak terjadi *overlapping* gelembung [7]. Untuk dapat mengekstrak informasi yang lebih jelas dari citra gambar, Lau dkk. (2013) menggunakan teknik transformasi *watershed* untuk mengetahui nilai algoritma dari *image processing*. Teknik tersebut dapat mengelompokkan gelembung yang mengalami *overlap* dengan menggunakan parameter *threshold* berupa nilai *roundness* (Ro) dari gelembung sehingga *overlapping* gelembung dapat di proyeksikan secara lebih jelas dan luas. Dalam penelitiannya, Lau dkk. (2013) menjabarkan beberapa tahapan *image processing* dengan teknik transformasi *watershed* yaitu: 1. Proses *image filtering* pada *original image*., 2. Pemisahan gelembung dan mengelompokkannya dalam kategori *solitary* gelembung atau *overlapping* gelembung., 3. Pengaplikasian teknik transformasi *watershed* untuk proses pengolahan kategori *overlapping* gelembung., 4. Penggabungan kembali hasil *image processing* dari *solitary* gelembung dan *overlapping* gelembung.



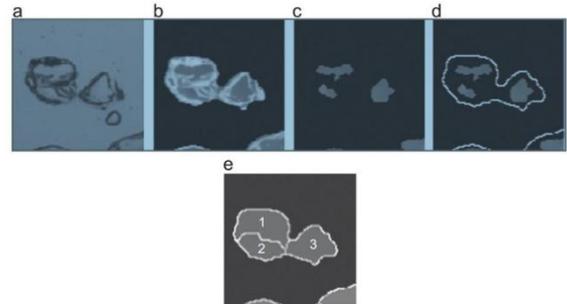
Gambar 1. Proses image filtering (Lau dkk. 2013)



Gambar 2. Tahapan *image processing* dengan teknik transformasi *watershed* (Lau dkk. 2013)

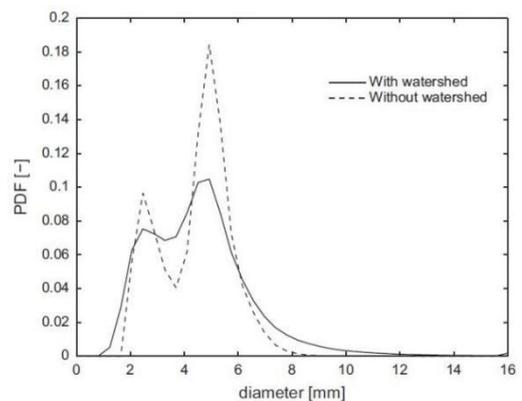
Teknik transformasi *watershed* dapat menggambarkan garis batas antar gelembung (*watershed lines*) yang mengalami *overlap* secara jelas. Gambar 3. menunjukkan ilustrasi tahapan transformasi *watershed* pada *overlapping* gelembung. Tahapan pertama ditunjukkan gambar (a) dimana pada original image dilakukan proses *invert*. Proses dilanjutkan dengan melakukan *masking* pada gelembung yang tergolong *solitary* gelembung terhadap *background frame* citra gambar yang ditunjukkan gambar (b). Tahapan kedua ditunjukkan gambar (c) dimana hasil *thresholding* citra gambar menunjukkan penampakan *marker* gelembung sehingga hanya menyisakan area dalam gelembung. Nilai *threshold* ditentukan berdasarkan area yang berada di antara *interface* area luar dan dalam dari gelembung. Area tersebut akan menjadi fungsi minimal regional dalam *watershedding* process. Gambar (d) menunjukkan gelembung

borders yang ditentukan dari besarnya gradien pada kluster gelembung. Gambar(e) menunjukkan *flooded image* dengan segmentasi tiga gelembung secara penuh.



Gambar 3. Ilustrasi tahapan teknik transformasi *watershed* (Lau dkk. 2013)

Probability Distribution Function (PDF) digunakan untuk mempresentasikan perbandingan distribusi dimensi gelembung pada penelitian ini. Gambar 4. menunjukkan hasil perbandingan pengukuran PDF dengan menggunakan metode transformasi *watershed* dan tanpa metode transformasi *watershed* terhadap kemungkinan munculnya kluster gelembung berukuran kecil dengan diameter maksimal kurang lebih 2,1 mm dan kluster gelembung berukuran besar dengan diameter maksimal kurang lebih 4,9 mm. Dua kluster gelembung tersebut menandakan terjadinya keseimbangan di antara perpaduan (*coalescence*) dan perpecahan (*break-up*) dari kumpulan gelembung.



Gambar 4. Perbandingan pengukuran PDF dengan menggunakan metode transformasi *watershed* dan tanpa metode transformasi *watershed* (Lau dkk. 2013)

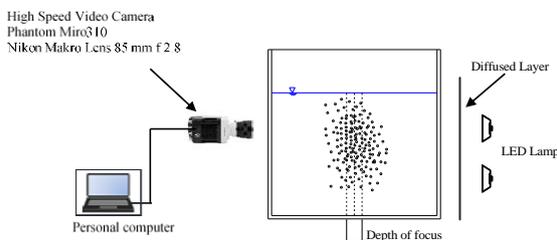
Digital image processing merupakan metode penangkapan dan pengolahan citra gambar yang bersifat tidak merusak (*non-intrusive*) yang dimana dalam proses pengambilan data dilakukan dengan bantuan alat penangkap citra khusus untuk kemudian diolah menggunakan perangkat lunak dengan algoritma *image processing*. Dalam penelitian *microbubble*, metode ini digunakan untuk menganalisis distribusi ukuran diameter gelembung mikro yang dihasilkan seperti penelitian performa

MBG yang dilakukan oleh Majid dkk. (2018)[8], Budhijanto, dkk. (2015)[9], Deendarlianto dkk. (2015) dan Sadatomi, dkk.. (2012) [10]. Pengolahan citra gambar dilakukan dengan proses input dan output dalam bentuk gambar ekstraksi atribut serta klasifikasi objek tunggal berdasarkan pada hasil tinjauan gambar mentah atau *raw image* [2]. Gambar kemudian diproses untuk dikonversi menjadi bentuk matriks sebelum dianalisis lebih lanjut.

Metode Penelitian

Secara garis besar pelaksanaan penelitian dengan menggunakan metode ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu perekaman *image* dengan kamera digital dan pemrosesan *image (image processing)* dengan menggunakan software matlab 2019a. Pada penelitian ini untuk merekam *image gelembung* digunakan *shadow image technique*. Pada *shadow image technique*, gelembung yang akan direkam terletak di antara kamera, layar pembaur dan sumber cahaya. Gelembung akan memantulkan cahaya, sehingga yang ditangkap oleh kamera adalah bayangan (*shadow*) gelembung yang berupa citra gelap. Skema peralatan perekaman *image* ditunjukkan pada gambar 5. Adapun langkah perekaman gelembung adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengaturan pada kamera meliputi kecepatan perekaman, *aperture* dan *focal length* lensa. Kecepatan perekaman diatur pada 3000 fps (*frame per second*). *Aperture* diatur pada 2.8 dan *focal length* pada 85 mm. Pada kondisi ini, apabila jarak obyek dengan kamera 40 cm akan diperoleh kedalaman fokus kurang lebih 5 mm.
2. Memasukkan pelat kalibrasi pada bak kemudian mengatur fokus lensa kamera sehingga diperoleh *image* pelat kalibrasi terbaik atau paling fokus. Kemudian merekam *image* pelat kalibrasi. Setelah itu posisi kamera dan pengaturan lensa tidak diubah.
3. Merekam *background image* yaitu *image* seksi uji tanpa gelembung.
4. Menjalankan MBG dan merekam gelembung yang terbentuk.



Gambar 5. Skema peralatan perekaman image

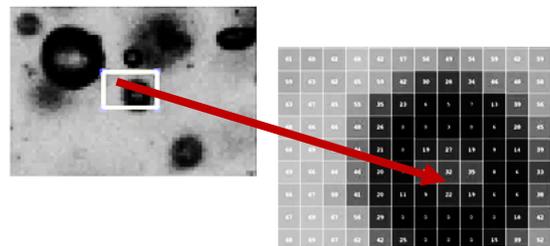
Hasil perekaman dengan *high speed video camera* adalah file video berekstensi *cine*. Sebelum dilakukan *image processing*, file video dikonversi ke file video berekstensi *avi*. Kemudian file video

diekstrak menjadi file *image* berekstensi *tif*. *Image processing* dilakukan dengan menggunakan software matlab 2019a yang dilengkapi *image processing toolbox*.

Image hasil ekstraksi video yang dihasilkan *high speed video camera* adalah *image* abu-abu (*grayscale image*). Langkah-langkah *image processing* dengan menggunakan software matlab 2019a adalah sebagai berikut :

a. *Image representation*.

Image yang dibaca matlab akan diubah dalam bentuk matrik. Elemen matrik menyatakan nilai *pixel* dari *image*, nilainya antara 0-255. 0 menyatakan warna hitam, 255 menyatakan warna putih dan diantaranya adalah warna abu-abu.



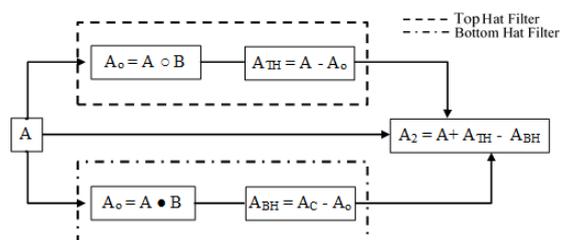
Gambar 6. Reprerentasi image

b. *Image preprocessing*

Proses ini bertujuan untuk mengubah ukuran *image*. Pada penelitian ini, proses mengubah ukuran dengan cara memotong (*crop*) *image*. Pemotongan *image* dilakukan karena pencahayaan tidak bisa merata di seluruh bidang *image*. *Image* cenderung terang di bagian tengah dan gelap pada bagian tepi. Hal ini akan menyulitkan pemrosesan *image* selanjutnya.

c. *Image enhancement*

Tujuan dari *image enhancement* adalah menonjolkan fitur tertentu dari suatu *image*. Fitur tertentu dalam hal ini adalah gelembung. Pada penelitian ini, teknik yang digunakan untuk menonjolkan gelembung pada *image* dengan cara pemfilteran *image*. Filter tersebut digunakan untuk meningkatkan kontras dan mengurangi *noise* (derau) pada *image*. Perintah matlab yang digunakan untuk meningkatkan kontras dari *image* adalah *imtophat* dan *imbothat*. Algoritma kombinasi *top hat* dan *bottom hat* filter pada *image* ditunjukkan pada gambar 7.:



Gambar 7. Algoritma kombinasi top hat dan bottom hat filter

Dimana :

A = original image.

A₂ = image hasil

B = structural element/mask

A ∘ B = operasi morfologi erosi diikuti dilatasi.

A • B = operasi morfologi dilatasi diikuti erosi.

Perintah matlab untuk mengurangi noise pada image adalah *medfilt2* bertujuan mengurangi salt dan pepper noise.

d. Image Segmentasi

Image segmentasi adalah suatu proses untuk memisahkan sebuah obyek dari background, sehingga obyek tersebut dapat diproses untuk keperluan yang lain. Obyek dalam hal ini adalah gelembung. Metode yang digunakan adalah mengonversi grayscale image menjadi binary image dan diikuti dengan komplemen. Binary image adalah image dengan nilai pixel 0 dan 1. Untuk mengonversi dari grayscale image ke binary image ditentukan nilai ambang batas (threshold) untuk mendefinisikan nilai pixel grayscale image yang akan bernilai 1 atau 0. Perintah matlab untuk mengonversi adalah *im2bw*. Setelah dilakukan konversi gelembung akan terlihat berwarna hitam (nilai pixel 0) dan background berwarna putih (nilai pixel 1). Agar ukuran gelembung dapat dianalisis image kemudian dikomplemen.

e. Image analysis

Pada bagian ini image gelembung dianalisis secara kuantitatif yang meliputi luas, diameter ekuivalen, pusat, perimeter dan roundness gelembung. Yang menjadi kesulitan dalam image analysis dari gelembung yaitu adanya gelembung yang saling menempel atau berdekatan. Gelembung yang saling menempel atau berdekatan pada original image akan tampak menyatu pada binary image, sehingga dalam analisis akan dideteksi sebagai satu gelembung. Untuk meningkatkan keakuratan analisis, pada penelitian ini digunakan metode yang dikembangkan Lau, dkk (2013) untuk mendeteksi apakah gelembung saling menempel atau tidak. Proses pada metode ini dapat dibagi menjadi tiga tahap yaitu :

1. Memisahkan gelembung berdasarkan roundness yang didefinisikan sebagai berikut :

$$R = \frac{S}{A} \quad (1)$$

Dimana :

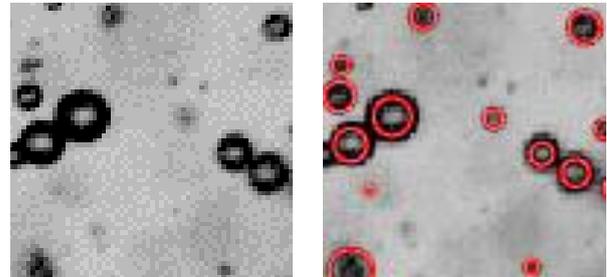
S = perimeter gelembung

A = luasan gelembung

Ro > 1,1 didefinisikan sebagai gelembung saling menempel.

Ro < 1,1 didefinisikan sebagai solitary gelembung.

2. Melakukan operasi morfologi watershed pada gelembung saling menempel (Ro > 1,1).
3. Menggabungkan kembali solitary gelembung dan gelembung yang telah dilakukan proses watershed.



(a) (b)

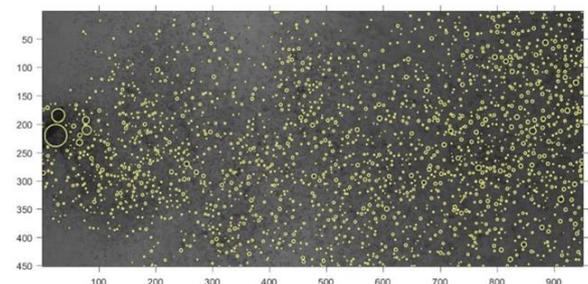
Gambar 8. a. Original image b. Hasil segmentasi gelembung dengan watershed

f. Validasi

Validasi berfungsi untuk mengetahui apakah hasil image processing mendekati dengan kenyataan atau tidak. Validasi dilakukan dengan cara menggambarkan lingkaran dengan pusat dengan diameter ekuivalen yang datanya hasil ekstrak proses pada bagian (e).

Hasil dan Pembahasan

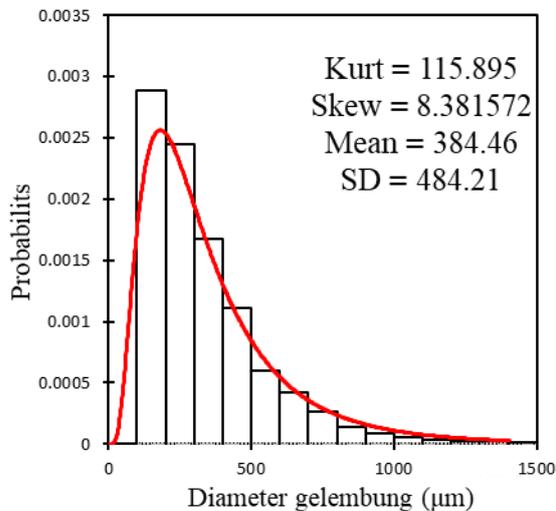
Pengambilan citra gambar yang dilakukan dengan menggunakan highspeed camera dalam bentuk video berformat AVI dengan kualitas perekaman 1024 × 768 piksel pada 30 fps. Untuk image processing, dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2019a dengan mengekstrak video hasil perekaman terlebih dahulu menjadi 1115 gambar berformat TIF untuk kemudian diolah kembali dengan output file MS Excel yang berisi diameter total dari gelembung yang dihasilkan.



Gambar 8. Hasil pengolahan image processing gelembung pada sampel variasi QL = 50 lpm QG = 0,2 lpm

Dari ekstraksi data image processing, kemudian disusun menjadi distribusi diameter gelembung berukuran mikro. Distribusi diameter gelembung dinyatakan dalam probabilitas. Gambar 9. merupakan contoh histogram distribusi gelembung

pada variasi debit air(Q_L) = 50 lpm dan debit udara(Q_G) = 0,2 lpm.



Gambar 9. Histogram distribusi diameter gelembung pada variasi debit air(Q_L) = 50 lpm dan debit udara(Q_G) = 0,2 lpm.

Pada Gambar 9. yang disajikan dapat disampaikan bahwa, berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode *digital image processing*, maka distribusi ukuran diameter gelembung dapat ditentukan dan diklasifikasi berdasarkan ukuran diameternya. Diameter gelembung yang mampu ditangkap oleh *highspeed camera* mempunyai range ukuran antara 0-1500 mikrometer, dengan probabilitas tertinggi pada ukuran diameter gelembung 100-200 mikrometer.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Metode *Digital Image Processing* dapat digunakan untuk menentukan Distribusi Ukuran Diameter Gelembung Udara Pada *Microbubble Generator* (MBG). Hasil yang diperoleh berupa Grafik Probability Distribution Function (PDF) dari diameter ukuran gelembung dengan klasifikasi ukuran diameter berkisar antara 100-1500 mikrometer. Kluster ukuran diameter gelembung dengan probabilitas tertinggi adalah gelembung dengan ukuran diameter dengan range 100-200 mikrometer yaitu 0.0025. Grafik PDF yang disajikan mempunyai nilai Skewness 115, 895, Kurtosis 8,3816, Rata-rata diameter gelembung 384,46 mikrometer dan Dimpangan Deviasi sebesar 484, 21. Aplikasi MBG yang sangat luas adalah pada budidaya ikan dan udang. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan pada kolam budi daya ikan yang membutuhkan kandungan oksigen [11] dan pemanfaatan teknologi internet untuk pemantauan sebagai kolam pintar seperti rumah pintar [12]

Daftar Pustaka

[1] Lau, Y.M., Dee, N.G., Kuiper, J. A. .. 2013. 'Development of an Image Measurent Tecnique for

Size Distribution in Dense Bubble Flow'. *Chemical Engineering Science* 94:20–29.

- [2] Juwana, Wibawa Endra, Arif Widyatama, Okto Dinaryanto, Wiratni Budhijanto, Indarto, and Deendarlianto. 2019. 'Hydrodynamic Characteristics of the Microbubble Dissolution in Liquid Using Orifice Type Microbubble Generator'. *Chemical Engineering Research and Design* 141:436–48.
- [3] Majid, Akmal Irfan, Fellando Martino Nugroho, Wibawa Endra Juwana, Wiratni Budhijanto, Deendarlianto, and Indarto. 2018. 'On the Performance of Venturi-Porous Pipe Microbubble Generator with Inlet Angle of 20° and Outlet Angle of 12°'. *AIP Conference Proceedings* 2001(August).
- [4] Mawarni, Drajat Indah, Akmal Abdat, Indarto, Deendarlianto, Wiratni, and Wibawa Endra Juwana. 2020. 'Experimental Study of the Effect of the Swirl Flow on the Characteristics of Microbubble Generator Orifice Type'. *AIP Conference Proceedings* 2248(July).
- [5] Mawarni, Drajat Indah, Wibawa Endra Juwana, Kumara Ari Yuana, Wiratni Budhijanto, Deendarlianto, and Indarto. 2022. 'Hydrodynamic Characteristics of the Microbubble Dissolution in Liquid Using the Swirl Flow Type of Microbubble Generator'. *Journal of Water Process Engineering* 48(2):102846.
- [6] Mawarni, Drajat Indah, Kyla Alcia Tambunan, Indarto, and Deendarlianto. 2021. 'Experimental Study of Swirl Microbubble Generator with 1.2 Millimeter Diameter of Gas Nozzle and 1 Millimeter Distance to the Outlet'. *AIP Conference Proceedings* 2403(December).
- [7] Pambudiarto, Benny Arif, Aswati Mindaryani, Deendarlianto, and Wiratni Budhijanto. 2020. 'Evaluation of the Effect of Operating Parameters on the Performance of Orifice/Porous Pipe Type Micro-Bubble Generator'. *Journal of Engineering and Technological Sciences* 52(2):196–207.
- [8] Budhijanto, W. , Deendarlianto, Kristiyani, H., Satriawan, D. 2015. 'Enhancement of Aerobic Wastewater Treatment by the Application of Attached Growth Microorganisms and Microbubble Generator'. *International Journal of Technology* 6.
- [9] Deendarlianto, Wiratni, Alva Edy Tontowi, Indarto, and Anggita Gigih Wahyu Iriawan. 2015. 'The Implementation of a Developed Microbubble Generator on the Aerobic Wastewater Treatment'. *International Journal of Technology* 6(6):924–30.
- [10] Sadatomi, M., Kawahara, A., Matsuura, H., Shikatani. 2012. 'Microbubble 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.
- [11] Indartono, K., Kusuma, BA., Putra, AP. 'Perancangan Sistem Pemantau Kualitas Air pada Budidaya Ikan Air Tawar', *JOISM: Jurnal of Information System Management* Vol1, No2, 2020, hal 11-17
- [12] Adhiluhung, Z., Subiyantoro, C., Nugroho, MA., 'Simulasi Kontrol dan Monitoring Rumah Pintar dengan Teknologi Internet of Things, OISM: Jurnal of Information System Management Vol4, No1, 2022, hal 16-21