

# METODE DIGITAL *IMAGE PROCESSING* UNTUK MENGANALISIS DISTRIBUSI UKURAN DIAMETER GELEMBUNG UDARA DALAM MIKROGELEMBUNG

Sinar Rehiyarso<sup>1\*</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspipetek No. 46,  
Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia

Email: [sinar191011401038@gmail.com](mailto:sinar191011401038@gmail.com).

(\* : coressponding author)

**Abstrak** Studi ini mengeksplorasi penggunaan metode pemrosesan image digital untuk menganalisis distribusi ukuran diameter gelembung udara dalam mikrogelembung. Teknik ini memberikan cara yang efisien dan akurat untuk mengukur serta menganalisis karakteristik gelembung udara, yang sangat penting dalam berbagai aplikasi industri dan ilmiah. Studi ini menunjukkan bagaimana pemrosesan image dapat diterapkan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan menganalisis karakteristik gelembung udara menggunakan serangkaian algoritma dan teknik pemrosesan image. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan ukuran gelembung yang dihasilkan oleh generator mikrogelembung (MBG) dengan menggunakan kamera berkecepatan tinggi. Metode pemrosesan image digital digunakan untuk mengukur dimensi gelembung dalam aliran yang tidak teratur tanpa mengganggu operasional. Studi ini mengekstraksi data melalui pemrosesan image untuk menyusun distribusi diameter mikrogelembung, yang diekspresikan sebagai fungsi probabilitas. Fungsi Distribusi Probabilitas (PDF) digunakan untuk membandingkan distribusi dimensi gelembung dalam studi ini.

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

**Abstract** This study explores the use of digital image processing methods to analyze the size distribution of air bubble diameters in microbubbles. The technique provides an efficient and accurate way to measure and analyze air bubbles, crucial in various industrial and scientific applications. It demonstrates how image processing can identify, measure, and analyze air bubble characteristics using algorithms and image processing techniques. The research aimed to determine the size of gelembungs produced by a mikrogelembung generator (MBG) using a high-speed camera. Digital image processing methods were employed to accurately measure the dimensions of gelembungs in irregular flows without operational disruption. The study extracted data through image processing to arrange a diameter distribution of mikrogelembungs, expressed as a probability function. The Probability Distribution Function (PDF) was utilized to compare gelembung dimension distributions in the study. ehicle license plate detection is an important application in the field of image processing and computer vision. This technology can be used in various applications such as automated toll systems, parking management, and law enforcement. In this case study, we detail the process of detecting vehicle license plates using the Python programming language and the OpenCV library. This research covers steps such as image preprocessing, edge detection, segmentation, and character extraction.

**Keywords:** Mikrogelembung, Digital Image Processing, Highspeed Camera, Gelembung Distribution, Probability Distribution Function

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknik pengukuran distribusi ukuran diameter gelembung pada perbandingan debit udara terhadap debit total fluida (rasio fraksi hampa) yang rendah dari suatu aliran menggunakan metode pengolahan image digital [1]. Teknik ini memiliki keunggulan karena mampu mengukur dimensi distribusi gelembung secara akurat pada aliran yang tidak teratur, tanpa mempengaruhi operasional aliran tersebut.

Metode ini dikembangkan sebagai solusi terhadap keterbatasan pengukuran image konvensional yang hanya mampu menganalisis dimensi gelembung tunggal (solitary gelembung), yang diasumsikan tidak terjadi tumpang tindih antar gelembung.

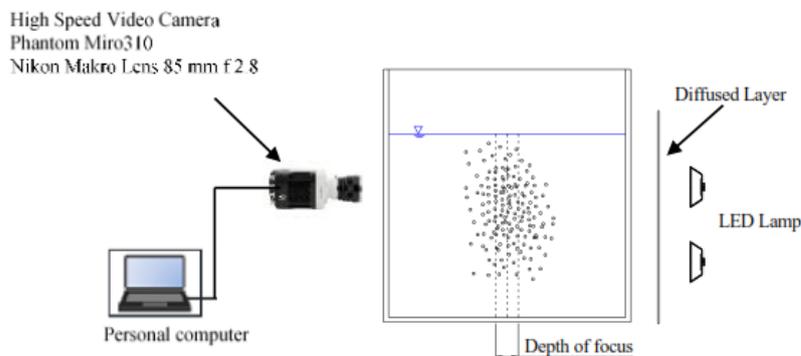
## 2. METODE PENELITIAN

Secara garis besar, pelaksanaan penelitian dengan menggunakan metode ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu perekaman image menggunakan kamera digital dan pemrosesan image

(image processing) menggunakan perangkat lunak MATLAB 2019a. Pada penelitian ini, untuk merekam image gelembung, digunakan teknik shadow image.

Pada teknik shadow image, gelembung yang akan direkam diletakkan di antara kamera, layar pembaur, dan sumber cahaya. Gelembung memantulkan cahaya sehingga yang ditangkap oleh kamera adalah bayangan (shadow) gelembung yang berupa image gelap. Skema peralatan perekaman image dijelaskan pada Gambar 5. Langkah-langkah perekaman gelembung meliputi:

1. Melakukan pengaturan pada kamera, termasuk kecepatan perekaman, aperture, dan panjang fokus lensa. Kecepatan perekaman diatur pada 3000 fps (frame per second), aperture diatur pada 2.8, dan panjang fokus pada 85 mm. Dengan pengaturan ini, jika jarak objek dengan kamera adalah 40 cm, akan diperoleh kedalaman fokus sekitar 5 mm.
2. Memasukkan pelat kalibrasi ke dalam bak kemudian mengatur fokus lensa kamera untuk mendapatkan image pelat kalibrasi yang terbaik atau paling fokus. Kemudian merekam image pelat kalibrasi. Setelah itu, posisi kamera dan pengaturan lensa tidak diubah.
3. Merekam image background, yaitu image dari area uji tanpa adanya gelembung.
4. Menjalankan MBG dan merekam gelembung yang terbentuk.



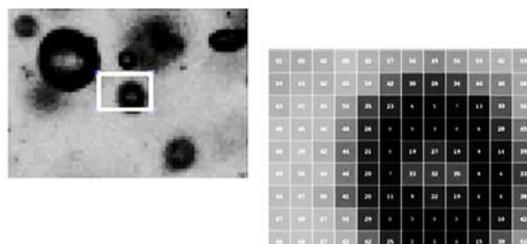
**Gambar 1.** Skema Peralatan Perekaman Image

Metode yang digunakan pada pengumpulan data dalam program aplikasi ini adalah sebagai berikut:

Hasil perekaman menggunakan kamera video high speed adalah file video dengan ekstensi cine. Sebelum dilakukan pemrosesan image, file video dikonversi menjadi file dengan ekstensi avi. Selanjutnya, file video diekstrak menjadi file image dengan ekstensi tif. Pemrosesan image dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB 2019a yang dilengkapi dengan Image Processing Toolbox.

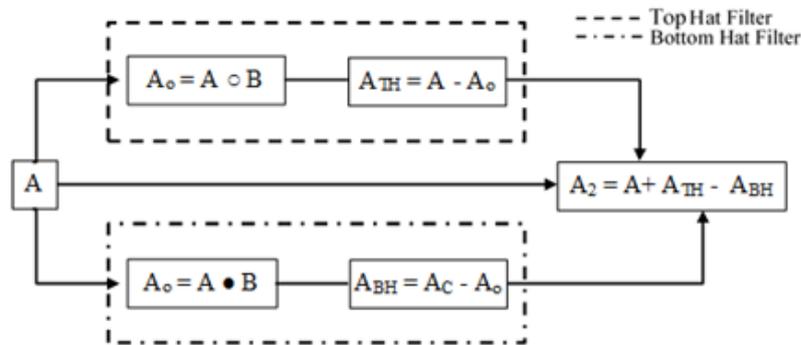
Image hasil ekstraksi dari video yang direkam dengan kamera high speed adalah image dalam format abu-abu (grayscale image). Langkah-langkah dalam pemrosesan image menggunakan MATLAB 2019a adalah sebagai berikut:

- a. **Representasi image:** Image yang dibaca oleh MATLAB akan diubah ke dalam bentuk matriks. Setiap elemen matriks mewakili nilai piksel image, dengan rentang nilai antara 0 hingga 255. Nilai 0 mewakili warna hitam, nilai 255 mewakili warna putih, dan nilai-nilai di antaranya mewakili warna abu-abu.



**Gambar 2.** Representasi Image

- b. **Image Preprocessing:** Proses ini bertujuan untuk mengubah ukuran image. Dalam penelitian ini, ukuran image diubah dengan melakukan pemotongan (crop). Pemotongan dilakukan karena pencahayaan tidak merata di seluruh bidang image, dimana image cenderung lebih terang di bagian tengah dan lebih gelap di bagian tepi. Hal ini dapat mengganggu proses pemrosesan image selanjutnya.
- c. **Image Enhancement:** Tujuan dari peningkatan image adalah untuk menonjolkan fitur tertentu dari sebuah image, khususnya fitur gelembung dalam konteks penelitian ini. Teknik yang digunakan untuk menonjolkan gelembung pada image adalah dengan melakukan pemfilteran image. Filter ini digunakan untuk meningkatkan kontras dan mengurangi noise (derau) pada image. Dua perintah MATLAB yang digunakan untuk meningkatkan kontras dari image adalah `imtophat` dan `imbothat`. Algoritma kombinasi dari top hat dan bottom hat filter pada image ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Algoritma Kombinasi Top Hat dan Bottom Hat Filter

Dimana :

- A = original image.
- A<sub>2</sub> = image hasil
- B = structural element/mask
- A o 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*. Perintah MATLAB untuk mengurangi noise pada image adalah `medfilt2`, yang bertujuan mengurangi noise salt and pepper.

- d. **Image Segmentation:** Image Segmentasi adalah proses untuk memisahkan objek dari latar belakang, sehingga objek tersebut dapat diproses lebih lanjut. Objek dalam konteks ini adalah gelembung. Metode yang digunakan adalah konversi image grayscale menjadi image biner, diikuti dengan operasi komplemen. Image biner adalah image dengan nilai piksel 0 dan 1. Untuk melakukan konversi dari image grayscale ke image biner, kita menggunakan nilai ambang batas (threshold) untuk menentukan nilai piksel image grayscale yang akan diubah menjadi 1 atau 0. Perintah MATLAB untuk konversi ini adalah `im2bw`. Setelah konversi, gelembung akan tampak hitam (nilai piksel 0) dan latar belakang putih (nilai piksel 1). Untuk menganalisis ukuran gelembung, image kemudian dikomplemen.
- e. **Image Analysis:** Pada bagian ini, gelembung dianalisis secara kuantitatif, termasuk luas, diameter ekuivalen, pusat, perimeter, dan roundness (bulatnya) gelembung. Salah satu kesulitan dalam analisis image gelembung adalah gelembung yang saling menempel atau berdekatan. Gelembung yang menempel atau berdekatan pada image asli akan tampak menyatu pada image biner, sehingga dalam analisis akan dideteksi sebagai satu gelembung. Untuk meningkatkan akurasi analisis, penelitian ini menggunakan metode yang dikembangkan oleh Lau et al. (2013) untuk mendeteksi apakah gelembung saling menempel atau tidak.

Proses pada metode ini dapat dibagi menjadi tiga tahap:

1. Memisahkan gelembung berdasarkan roundness (bulatnya) yang didefinisikan sebagai berikut:

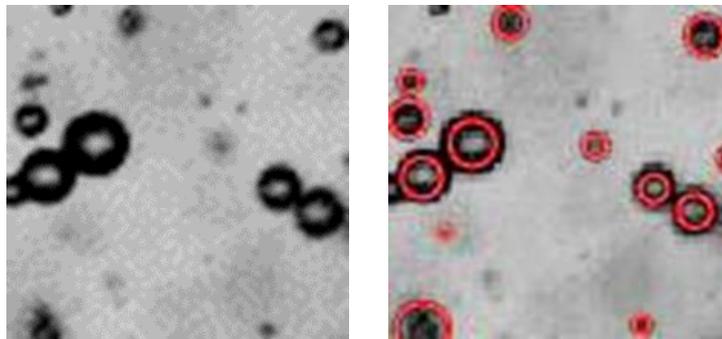
$$RO = \frac{S^2}{4\pi A} \quad RO = 4\pi AS$$

Dimana:

- SSS : perimeter (keliling) gelembung
- AAA : luas gelembung

**RO < 1.1 didefinisikan sebagai solitary gelembung.**

2. Melakukan operasi morfologi watershed pada gelembung yang saling menempel (  $RO > 1.1$  ):
3. Menggabungkan kembali solitary gelembung dan gelembung yang telah dilakukan proses watershed.



(a)

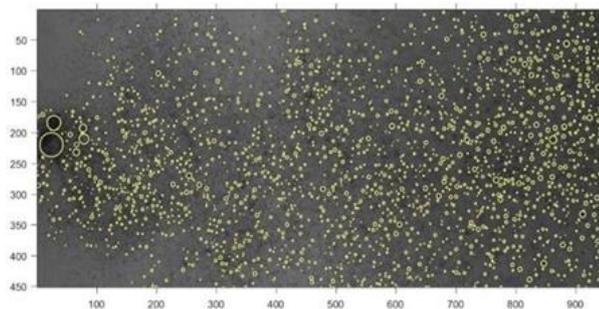
(b)

**Gambar 4.** a. *Original Image* b. Hasil Segmentasi Gelembung Dengan *Watershed*

- f. **Validasi:** Validasi dilakukan untuk menentukan sejauh mana hasil dari proses pemrosesan image mendekati realitas. Salah satu metode validasi yang digunakan adalah dengan menggambarkan lingkaran yang memiliki pusat dan diameter ekuivalen yang dihasilkan dari proses ekstraksi pada bagian (e).

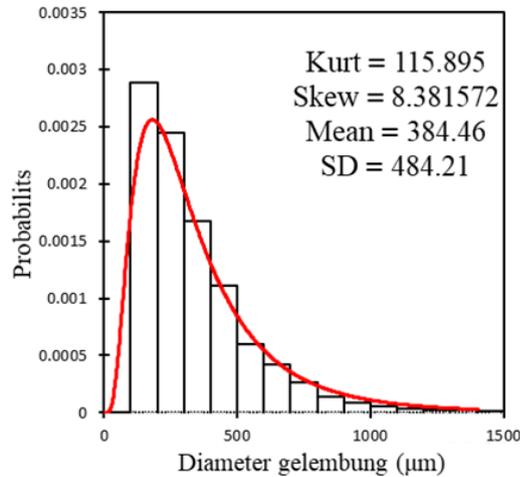
### 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pengambilan image dilakukan menggunakan kamera high-speed dalam bentuk video berformat AVI dengan kualitas perekaman  $1024 \times 768$  piksel pada 30 fps. Proses image processing dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2019a dengan mengkonversi video hasil perekaman menjadi 1115 gambar berformat TIF untuk kemudian diolah lebih lanjut. Output dari proses ini adalah file MS Excel yang berisi diameter total dari gelembung yang terbentuk.



**Gambar 5.** Hasil pengolahan image processing gelembung pada sampel variasi QL = 50 lpm QG = 0,2 lpm

Dari data yang diekstrak melalui proses image processing, distribusi diameter gelembung mikro disusun dan diekspresikan dalam bentuk probabilitas. Gambar 6 menunjukkan contoh histogram distribusi gelembung pada variasi debit air (QL = 50 lpm) dan debit udara (QG = 0,2 lpm).



**Gambar 5.** Histogram distribusi diameter gelembung pada variasi debit air(QL) = 50 lpm dan debit udara( QG) = 0,2 lpm.

Berdasarkan data yang diolah menggunakan metode digital image processing, distribusi ukuran diameter gelembung dapat ditentukan dan diklasifikasikan berdasarkan diameter mereka. Diameter gelembung yang berhasil ditangkap oleh kamera high-speed memiliki rentang ukuran antara 0 hingga 1500 mikrometer, dengan probabilitas tertinggi terjadi pada diameter gelembung berkisar 100-200 mikrometer.

### 3.1 Hasil dan Pembahasan

Pengambilan image dilakukan menggunakan kamera high-speed dalam bentuk video berformat AVI dengan kualitas perekaman 1024 × 768 piksel pada 30 fps. Proses image processing dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2019a dengan mengkonversi video hasil perekaman menjadi 1115 gambar berformat TIF untuk kemudian diolah lebih lanjut. Output dari proses ini adalah file MS Excel yang berisi diameter total dari gelembung yang terbentuk.

Dari data yang diekstrak melalui proses image processing, distribusi diameter gelembung mikro disusun dan diekspresikan dalam bentuk probabilitas. Gambar 9 menunjukkan contoh histogram distribusi gelembung pada variasi debit air (QL = 50 lpm) dan debit udara (QG = 0,2 lpm). Berdasarkan data yang diolah menggunakan metode digital image processing, distribusi ukuran diameter gelembung dapat ditentukan dan diklasifikasikan berdasarkan diameter mereka. Diameter gelembung yang berhasil ditangkap oleh kamera high-speed memiliki rentang ukuran antara 0 hingga 1500 mikrometer, dengan probabilitas tertinggi terjadi pada diameter gelembung berkisar 100-200 mikrometer.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode Digital Image Processing efektif digunakan untuk menentukan Distribusi Ukuran Diameter Gelembung Udara pada Microbubble Generator (MBG).
2. Hasil yang diperoleh berupa Grafik Probability Distribution Function (PDF) dari diameter ukuran gelembung, dengan klusterisasi ukuran diameter utama berkisar antara 100-1500 mikrometer.
3. Klaster ukuran diameter gelembung dengan probabilitas tertinggi adalah dalam rentang 100-200 mikrometer, dengan nilai probabilitas sebesar 0,0025.

4. Grafik PDF yang disajikan menunjukkan nilai Skewness sebesar 115,895, Kurtosis sebesar 8,3816, rata-rata diameter gelembung sebesar 384,46 mikrometer, dan standar deviasi sebesar 484,21.
5. Aplikasi MBG memiliki potensi luas, terutama dalam aplikasi budidaya ikan dan udang yang memerlukan kontrol kandungan oksigen di air.
6. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan aplikasi MBG dalam kolam budidaya ikan yang memanfaatkan teknologi internet untuk pemantauan otomatis, seperti konsep kolam pintar.

## REFERENCES

- Lau, Y.M., Dee, N.G., Kuiper, J.A. (2013). 'Development of an Image Measurement Technique for Size Distribution in Dense Bubble Flow'. *Chemical Engineering Science*, 94:20–29.
- 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*, 141:436–448.
- 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).
- 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).
- 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.
- 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).
- 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.