

**DESAIN *MICROBUBBLE GENERATOR* UNTUK PEMBESARAN UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**



**Imam Tauhid
NIM: L013191012**

**SEKOLAH PASCA SARJANA
ILMU PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2023**

**DESAIN *MICROBUBBLE GENERATOR* UNTUK PEMBESARAN
UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

IMAM TAUKHID

NIM: L013191012



PROGRAM STUDI ILMU PERIKANAN

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**DESAIN *MICROBUBBLE GENERATOR* UNTUK PEMBESARAN UDANG
VANAME (*Litopenaeus vannamei*)**

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar doktor

Program Studi Ilmu Perikanan
Disusun dan diajukan oleh

IMAM TAUKHID

NIM: L013191012

kepada

**ROGRAM STUDI ILMU PERIKANAN
PROGRAM DOKTOR FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

**Desain *Microbubble Generator* Untuk Pembesaran Udang Vaname
(*Litopenaeus Vannamei*)**


Disusun dan diajukan oleh

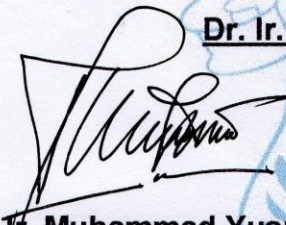
Imam Taukhid

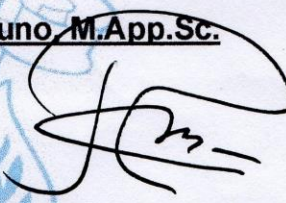
NIM: L013191012

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Komisi Penasehat


Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.App.Sc.
Promotor


Prof. Dr. Ir. Muhammad Yusri Karim, M.Si.
Ko-Promotor I


Prof. Dr. Ir. Rachman Syah, MS.
Ko-Promotor II

Mengetahui


Ketua Program Studi S3 Ilmu Perikanan



Prof. Dr. Ir. Musbir, M.Sc
NIP. 19650810 198911 1 001

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan




Safruddin, S.Pi., MP. Ph. D
NIP. 19750611 200312 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, disertasi berjudul "Desain Microbubble Generator Untuk Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.App.Sc., sebagai Promotor dan Prof. Dr. Ir. Muhammad Yusri Karim, M.Si. sebagai co-promotor-1 serta Prof. Dr. Ir Rachman Syah,MS. sebagai co-promotor-2). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka disertasi ini. Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di Prosiding (IOP) dengan judul " Effect of Lens Aperture for Aeration System Analysis of Micro Bubble Generator Bubble Image Size", Jurnal (Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh) dengan judul artikel "Effect of Power Pump and Nozzle Diameter Microbubble Generator to Increase Oxygen Concentration in Aquaculture".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa disertasi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, Agustus 2023



IMAM TAUKHID
NIM. L013191012

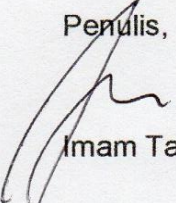
Ucapan Terima Kasih

Saya bersyukur bahwa disertasi ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan disertasi ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Dr. Ir. Dody Dharmawan Trijuno, M.App.Sc., sebagai Promotor dan Prof. Dr. Ir. Muhammad Yusri Karim, M.Si. sebagai co-promotor-1 serta Prof. Dr. Ir. Rachman Syah, MS. sebagai co-promotor-2. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Bapak Kepala Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan Maros yang telah mengizinkan kami untuk melaksanakan penelitian di lapangan, dan kepada Kepala Instalasi Tambak Percobaan (ITP) Takalar atas kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di Laboratorium.

Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program doktor serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan memotivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada isteri tercinta dan seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,



Imam Tauhid

ABSTRAK

Imam Taukhid. **Desain Microbubble Generator Untuk Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)** (dibimbing oleh Dody Dharmawan Trijuno, Muhammad Yusri Karim, dan Rachman Syah).

Tujuan penelitian (1) Menganalisis berbagai kecepatan bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan diameter dan volume *bubble* yang dihasilkan oleh MBG, (2) Menganalisis berbagai laju aliran udara terhadap saturasi oksigen, (3) Menganalisis berbagai kombinasi daya pompa dan diameter *nozzle* terhadap performa MBG **DIYM O₂^{Rs}** (4) Membandingkan pengaruh aerasi **DIYM O₂^{Rs}** dan aerasi konvensional terhadap respon biologis pada budidaya udang vaname super intensif. Penelitian melakukan desain MBG **DIYM O₂^{Rs}**, pengujian dan aplikasi MBG pada budidaya udang super intensif. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa kecepatan bukaan lensa terbaik untuk mengukur gelembung sebesar 1/160s menghasilkan gelembung 5,4-92 µm. Laju aliran udara terbaik 2.5 Lpm menghasilkan saturasi oksigen 5.46 mg/L dengan waktu 55 menit. Kombinasi daya pompa dan diameter *nozzle* terbaik pada pompa dengan daya 160 watt dengan diameter *nozzle* 1 inch. Sistem aerasi *Microbubble generator* **DIYM O₂^{Rs}** menghasilkan parameter kualitas air dan performa udang relatif sama, akan tetapi pada size udang pada **DIYM O₂^{Rs}** lebih baik dari root blower dan tidak menyebabkan terjadinya *bubble diseases*. *Microbubble generator* **DIYM O₂^{Rs}** dapat dijadikan alternatif sistem aerasi pada budidaya udang super intensif

Kata kunci: Aerasi, **DIYM O₂^{Rs}**, *Microbubble generator*, *Nozzle*, Super intensif, Udang vaname.

ABSTRACT

Imam Taukhid. **Design Microbubble Generator For Vaname Shrimp Culture (*Litopenaeus vannamei*)** (supervised by Dody Dharmawan Trijuno, Muhammad Yusri Karim, dan Rachman Syah).

The objectives of the study are (1) Analyze various lens aperture speeds against the accuracy of reading the diameter and volume of bubbles produced by MBG, (2) Analyze various airflow rates against oxygen saturation, (3) Analyze various combinations of pump power and nozzle diameter on MBG DIYM O₂^{RS} performance (4) Compare the effect of DIYM O₂^{RS} and conventional aeration to biological responses in super-intensive vaname shrimp farming. The research conducted MBG DIYM O₂^{RS} design, MBG testing, and application in super-intensive shrimp farming. The test results showed that the best aperture speed for measuring bubbles of 1/160s produces bubbles of 5.4-92 µm. The best airflow rate of 2.5 Lpm produces an oxygen saturation of 5.46 mg/L with a time of 55 minutes. The best combination of pump power and nozzle diameter on the pump with a power of 160 watts with a nozzle diameter of 1 inch. The Microbubble aeration system of the DIYM O₂^{RS} generator produces relatively the same water quality parameters and shrimp performance, but the size of the shrimp in DIYM O₂^{RS} is better than the root blower and does not cause bubble diseases. MBG DIYM O₂^{RS} can be used as an alternative aeration system in super-intensive shrimp farming.

Keywords: Aerasi, DIYM O₂^{RS}, Microbubble generator, Nozzle, Super intensif, Udang vaname.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	v
Ucapan Terima Kasih	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR ARTIKEL.....	xiii
I. PENDAHULUAN	14
1.1. Latar Belakang.....	14
1.2. Rumusan Masalah.....	16
1.3. Tujuan Penelitian	17
1.4. Hipotesis	17
1.5. Manfaat Penelitian.....	17
1.6. Novelty.....	17
1.7. Kerangka Pikir Penelitian.....	19
1.8. Kerangka Disertasi.....	20
II. Pengaruh Kecepatan Buka-an Lensa Terhadap Akurasi Pembacaan Jumlah dan Diameter <i>Bubble</i>	21
2.1. Pendahuluan.....	21
2.2. Bahan dan Metode	22
2.3. Hasil dan Pembahasan.....	24
2.4. Kesimpulan	28
III. Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Saturasi Oksigen.....	29
3.1. Pendahuluan.....	29
3.2. Bahan dan Metode	30
3.3. Hasil dan Pembahasan.....	32
3.4. Kesimpulan	35
IV. Komparasi Daya Pompa dan Diameter <i>Nozzle</i> Terhadap Performa <i>Microbubble Generator</i>	36
4.1. Pendahuluan.....	36
4.2. Bahan dan Metode	37
4.2.1. Perhitungan dan analisa	39
4.3. Hasil dan Pembahasan.....	40
4.4. Kesimpulan	46
V. Aplikasi <i>Microbubble</i> Generator Pada Budidaya Udang Vaname.....	47
5.1. Pendahuluan.....	47
5.2. Bahan dan Metode	48
5.3. Hasil dan Pembahasan.....	49
5.3.1. Parameter Kualitas Air	49
5.3.2. Performa Budidaya	53
5.4. Kesimpulan	58
VI. Pembahasan Umum	59
VII. Kesimpulan Umum dan Rekomendasi.....	61
7.1. Kesimpulan Umum.....	61
7.2. Rekomendasi	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.1	Kerangka Pikir Penelitian	6
2. 1	Rangkaian DIYM O2 Rs dan Instalasi pengujian	23
2. 2	Bukaan lensa 1/125s	11
2. 3	Bukaan lensa 1/160s	11
2. 4	Bukaan lensa 1/200s	11
2. 5	Diameter gelembung vs persentase gelembung persentase; Laju aliran udara 0.5 Lpm	12
2. 6	Diameter gelembung vs persentase gelembung persentase; Laju aliran udara 1.5 Lpm	12
2. 7	Diameter gelembung vs persentase gelembung persentase; Laju aliran udara 2.5 Lpm	26
2. 8	Aperture lensa vs. Volume gelembung	<u>14</u>
3.1	Rangkaian perangkat microbubble generator	<u>17</u>
3. 2	Rangkaian perpipaan	<u>17</u>
3. 3	Diagram sistem microbubble generator yang digunakan dalam eksperimen. 1: water inlet; 2: rotometric airflow meter ; 3: water flowmeter; 4: valve; 5: sensor; 6: YSi Proplus ; 7: laptop.	<u>19</u>
3.4a	Laju penurunan oksigen	<u>19</u>
3.4b	Laju peningkatan kadar oksigen	<u>19</u>
4. 1	Perangkat eksperimen dengan diameter Nozzle yang berbeda	<u>25</u>
4. 2	Perbandingan diameter nozzle 1 inch dan daya: (a) Defisit; dan (b) Oksigen Saturasi	<u>28</u>
4. 3	Perbandingan diameter nozzle $\frac{3}{4}$ inch dan daya: (c) Defisit; dan (d) Oksigen Saturasi	<u>28</u>
4. 4	Perbandingan diameter nozzle $\frac{1}{2}$ inch dan daya: (e) Defisit; dan (f) Oksigen Saturasi	<u>29</u>
4. 5	Perbandingan gelembung diameter produksi: (g) Diameter nozzle 1 inch (h) Diameter nozzle $\frac{3}{4}$ inch (i) Diameter nozzle $\frac{1}{2}$ inch	<u>33</u>
5. 1	Grafik hubungan antara lama pemeliharaan dan bobot udang vaname	<u>43</u>

5. 2	Grafik hubungan antara perlakuan dan konsentrasi glukosa	<u>44</u>
5.3a	Histologi organ insang udang DIYM O2 Rs	<u>45</u>
5.3b	Histologi organ insang udang Root Blower	<u>45</u>

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
3. 1	Kinerja DIYM O ₂ ^{Rs}	20
4. 1	Kinerja system aerasi <i>Microbubble Generator</i>	30
5. 1.	Nilai parameter kualitas air media pemeliharaan udang	36
5. 2	Produktivitas udang vaname yang dipelihara dengan menggunakan <i>microbubble generator</i> dan <i>Root Blower</i>	41

DAFTAR ARTIKEL

1. Judul Artikel : Effect of Lens Aperture for Aeration System Analysis of *Micro Bubble Generator Bubble Image Size*
Penulis : I Taukhid, D D Trijuno, M Y Karim, R Syah, Makmur
Prosiding : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1030(1), 012011

2. Judul Artikel : Performance of a novel aeration *microbubble* generator in aquaculture
Penulis : Imam Taukhid, Dody D. Trijuno, Muhammad Y. Karim, Rachman Syah, Makmur
Jurnal : AAFL Bioflux, 2021, Volume 14, Issue 4 2478- 2486

3. Judul Artikel : Effect of Power Pump and Nozzle Diameter *Microbubble Generator* to Increase Oxygen Concentration in Aquaculture
Penulis : Imam Taukhid, Dody Dharmawan Trijuno, Muhammad Yusri Karim, Rachman Syah, Makmur Makmur
Jurnal : Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 2021, Vol. 73, 1547608,

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan salah satu produk unggulan perikanan komoditas ekspor (Davis *et al.*, 2021; Mauladani *et al.*, 2020), dan budidayanya berkembang dengan pesat (Paena, 2019; Shi *et al.*, 2019; Shiyu *et al.*, 2021). Budidaya udang vaname memiliki prospek sangat bagus untuk dikembangkan (Almuqaramah *et al.*, 2018) seiring dengan kebijakan pemerintah tentang pengembangan budidaya udang vaname sistem intensif yang berkelanjutan. Intensifikasi pada budidaya dengan peningkatan padat penebaran (Putra *et al.*, 2013), bertujuan untuk menghasilkan produksi yang tinggi (Purnamasari *et al.*, 2017).

Inovasi teknologi budidaya udang terus dikembangkan, mulai dari budidaya lahan tambak yang luas hingga budidaya dengan memanfaatkan lahan pekarangan. Tingkat teknologi budidaya udang vaname telah sampai pada tingkat teknologi super intensif. Berbagai model budaya udang kepadatan tinggi seperti: model budidaya di dataran tinggi, rumah kaca dan di dalam ruangan (Chang *et al.*, 2020), dengan padat penebaran berkisar 282-450 ekor/m² (Crespi and Michael, 2009) bahkan mencapai padat penebaran 2.450 ekor/m² (Tahe and Makmur, 2016). Menurut Syah *et al.* (2017) padat penebaran optimal yang direkomendasikan untuk budidaya udang vaname super intensif adalah 1.000 ekor/m².

Budidaya udang super intensif menjadi orientasi budidaya masa depan dengan konsep *low volume high density* (Syah *et al.*, 2017). Dapat dibudidayakan di kolam beton, *raceway* (Rahmawati *et al.*, 2020) dan terpal bundar atau *millennial shrimp farming* (SRF) (Bulkini, 2021), dengan masa pemeliharaan 56 hari (Mauladani *et al.*, 2020), atau dilakukan panen parsial pada hari ke 70, 90 dan panen total 105 hari (Syah *et al.*, 2017). Pada budidaya udang vaname kepadatan tebar tinggi dengan pemberian pakan dalam budidaya udang dapat berdampak negatif terhadap kondisi kesehatan udang dan kualitas air (Samocha, 2019), serta menurunkan konsentrasi kelarutan oksigen (DO) dalam media air selama pemeliharaan (Novriadi *et al.*, 2020). Menurut Boyd (1998) budidaya dengan kepadatan tinggi dapat dilakukan dengan dilengkapi sistem aerasi. Pada budidaya udang dengan padat penebaran tinggi dilakukan pergantian air, dilengkapi dengan sistem aerasi dasar (*root blower*) dan permukaan (*paddle-wheel*) (Makmur *et al.*, 2018). Selain berfungsi sebagai aerasi *paddle-wheel* juga berfungsi untuk memutar air agar kotoran terkumpul di tengah kolam.

Aerasi pada budidaya berfungsi untuk meningkatkan konsentrasi kelarutan oksigen atau *dissolved oxygen* (DO) dalam air (Suantika *et al.*, 2000; Suwoyo and Mangampa, 2008) agar lingkungan layak untuk kegiatan budidaya (Fernandes *et al.*, 2010). Menurut Kumar *et al.* (2013)

aerasi sangat penting dalam budidaya semi intensif dan intensif untuk menjaga lingkungan yang sesuai dengan persyaratan fisiologis organisme budidaya. Kelarutan oksigen (DO) merupakan faktor kritis bagi kesehatan udang serta menjadi salah satu parameter kunci keberhasilan budidaya (Makmur *et al.*, 2018). Konsentrasi DO pada kisaran 0,5-1,1 mg/L dapat menyebabkan stres dan dapat mengakibatkan kematian pada udang (Allan and Maguire, 1991; Boyd, 1989). Menurut Mukherjee dan Chandrakant (2003) konsentrasi DO pada budidaya udang untuk dapat tumbuh dan berkembang baik pada kisaran antara 4-7 mg/L dan optimal pada konsentrasi sekitar 5 mg/L.

Berbagai sistem aerasi yang telah dikembangkan untuk budidaya perikanan seperti; electrical *paddle-wheel* (Boyd, 1989; Itano *et al.*, 2019; Kumar, Moulick and Mal, 2013; Makmur *et al.*, 2018; Moulick *et al.*, 2005), *diffuser air aerator* (Boyd *et al.*, 2017; Cheng *et al.*, 2016; Fiabane *et al.*, 2013; Makmur *et al.*, 2018), *Spiral Aerator* (Roy *et al.*, 2017), *Surface aerator* (Cancino *et al.*, 2004), dan *Submersible Aerator* (Jayraj *et al.*, 2018). Akan tetapi, berbagai jenis aerasi tersebut tidak langsung dapat diaplikasikan pada kolam bundar, sementara tipe kolam ini mulai berkembang di pembudidaya. Kelemahan aerasi tipe *paddle-wheel*, *surface aerators* dan *spiral aerator* jika diterapkan di kolam bundar di antaranya membutuhkan daya listrik cukup besar berkisar antara 0,75 dan 7,5 kW, tempat yang cukup luas dan dapat menghasilkan goncangan air cukup besar. Selain itu, putaran *paddle-wheel* juga dapat mengakibatkan antara lain: kematian udang, membuang sebagian air serta menimbulkan kotoran pada lantai kolam. Sementara *diffuser aerator* mengalami penyumbatan oleh kotoran biologis seiring dengan lama waktu pemeliharaan (Boyd *et al.*, 2017), sehingga meningkatkan kebutuhan daya blower namun tidak diikuti dengan peningkatan konsentrasi DO (Makmur *et al.*, 2018; Parker, 2012).

Salah satu alternatif aerasi yang dapat memutar dan mempertahankan konsentrasi DO pada budidaya udang vaname kepadatan tinggi adalah dengan menggunakan teknologi aerasi *microbubble*. Teknologi ini lebih dikenal dengan istilah *Microbubble Generator* (MBG) (Budhijanto *et al.*, 2017; Deendarlianto *et al.*, 2015; Juwana *et al.*, 2019), yang mampu menghasilkan gelembung udara dengan diameter 1-100 μm (mikrometer) (ISO 20480-1, 2017; Tsuge, 2014) dan dapat meningkatkan konsentrasi DO dengan cepat (Jeon *et al.*, 2018). Teknik untuk mengetahui diameter gelembung yang dihasilkan oleh MBG umumnya menggunakan *image processing* (Afisnaa *et al.*, 2017; Andinet *et al.*, 2016; Budhijanto *et al.*, 2017; Mawarnia and Korawan, 2019; Suwartha *et al.*, 2020) dan *particle image velocimetry* (Ansari *et al.*, 2018). Ukuran gelembung udara juga dapat mempengaruhi peningkatan saturasi oksigen. Konsentrasi DO yang dihasilkan oleh aerasi MBG berkisar antara 5-7 mg/L sementara aerasi konvensional menghasilkan konsentrasi DO antara 3-6 mg/L (Rahmawati *et al.*, 2020).

Ada berbagai metode untuk menghasilkan MBG seperti: *spherical ball* (Basso *et al.*, 2018; Elisabeth, 2010; Juwana *et al.*, 2019; Sadatomi *et al.*, 2005, 2012), *Venturi* (Huang *et al.*, 2019; Huang, Sun, Liu, *et al.*, 2020; Itoh *et al.*, 2019; Majid *et al.*, 2018), *Nozzle* (Lee *et al.*, 2019; Masakazu *et al.*, 2011; Octopus, 2020), udara langsung (Jeon *et al.*, 2018; Supriyono *et al.*, 2017; Warjito *et al.*, 2016) dan *nanobubble aerator* (Mauladani *et al.*, 2020; Rahmawati *et al.*, 2020). Namun demikian, berbagai jenis MBG dan *nanobubble* tersebut masih mempunyai kekurangan jika diaplikasikan pada budidaya udang dengan padat penebaran tinggi. Tipe *venturi Spherical ball* dengan luas penampang yang kecil mudah tersumbat dengan kotoran biologis (Boyd *et al.*, 2017). Penambahan udara langsung pada *inlet* pompa dapat mempengaruhi kecepatan udara sehingga debit pompa tidak konstan, serta umumnya masih memerlukan alat bantu pengumpan udara (kompresor) (Warjito and Laksana, 2008) atau *oxygen concentrator* (Rahmawati *et al.*, 2020).

Kekurangan yang terdapat pada desain MBG sebelumnya dapat diperbaiki dengan memperbesar ukuran diameter *nozzle* dan saluran udara yang dipasang di *inlet* pompa tanpa menggunakan pengumpan/kompresor sehingga *nozzle* tidak mudah tersumbat oleh kotoran. Untuk melengkapi kekurangan dari berbagai tipe MBG yang ada, maka dilakukan penelitian dengan tahapan: (1). Menentukan kecepatan bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan jumlah dan diameter gelembung udara; (2) Menentukan pengaruh laju alir udara terhadap kelarutan oksigen (3) Mengkaji kombinasi daya pompa dan diameter *nozzle* terhadap performa MBG, dan (4) Aplikasi MBG dan aerasi konvensional pada budidaya udang super intensif. Prototipe MBG yang dihasilkan dalam penelitian ini diberi nama **DIYM O₂^{Rs}**.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kecepatan bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan diameter dan volume *bubble*?
2. Bagaimana pengaruh berbagai laju aliran udara terhadap peningkatan saturasi oksigen?
3. Bagaimana kombinasi berbagai daya pompa dan diameter *nozzle* terhadap performa **DIYM O₂^{Rs}** ?
4. Bagaimana pengaruh MBG dan aerasi konvensional terhadap pembesaran udang vaname?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis berbagai kecepatan bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan diameter dan volume *bubble* yang dihasilkan oleh MBG.
2. Menganalisis berbagai laju aliran udara terhadap saturasi oksigen.
3. Menganalisis berbagai kombinasi daya pompa dan diameter *nozzle* terhadap performa MBG **DIYM O₂^{Rs}**.
4. Membandingkan pengaruh aerasi **DIYM O₂^{Rs}** dan aerasi konvensional terhadap respon biologis pada budidaya udang vaname super intensif.

1.4. Hipotesis

1. Terdapat bukaan lensa terbaik dalam menghasilkan gambar untuk akurasi pembacaan diameter dan volume *bubble* yang dihasilkan oleh MBG.
2. Semakin tinggi kecepatan aliran udara maka semakin cepat terjadinya saturasi oksigen.
3. Terdapat kombinasi daya pompa dan diameter *nozzle* yang menghasilkan **MBG DIYM O₂^{Rs}** terbaik.
4. Terdapat sistem aerasi yang menghasilkan performa terbaik pada pembesaran udang vaname.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai salah satu bahan informasi tentang desain, dan prototipe MBG **DIYM O₂^{Rs}** untuk pengaplikasiannya pada budidaya udang vaname. Selain itu, MBG **DIYM O₂^{Rs}** bisa menjadi salah satu alternatif pilihan MBG yang dapat digunakan sebagai sistem aerasi di kegiatan perikanan budidaya khususnya pada skala rumah tangga dan sebagai bahan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

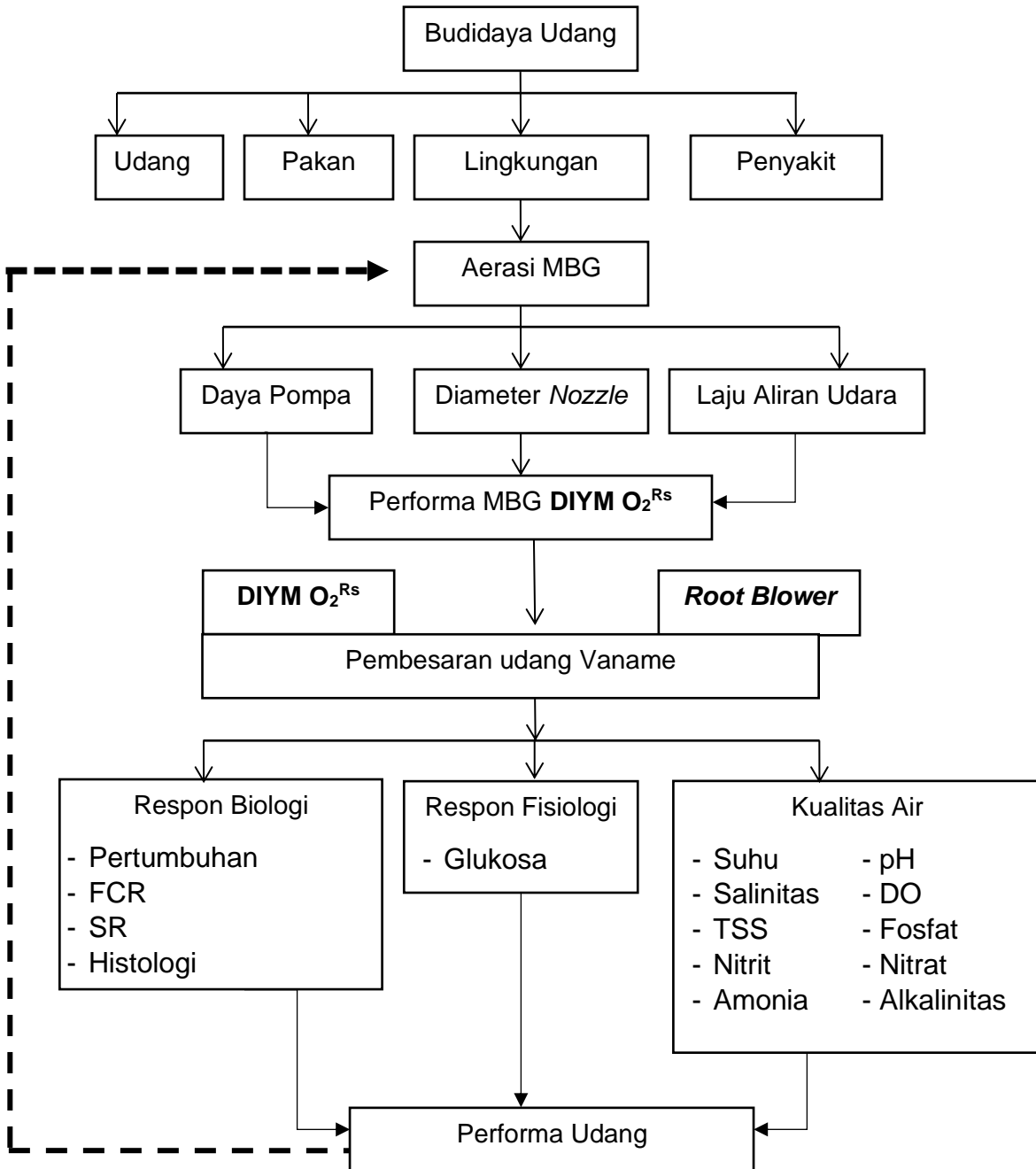
1.6. Novelty

Rancangan model aerasi MBG **DIYM O₂^{Rs}** dengan memodifikasi *inlet* pompa yang dilengkapi sistem perpipaan untuk mendapatkan sebuah sistem yang murah, mudah dan efektif.

Perubahan desain ini terkait dengan memperbesar diameter *nozzle* dan saluran udara sementara pemasangan alat **DIYM O₂^{Rs}** pada inlet pompa.

1.7. Kerangka Pikir Penelitian

Secara singkat kerangka konsep penelitian Desain *Microbubble Generator* untuk Pembesaran Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) disajikan pada gambar 1.1.



Gambar 1 1 Kerangka Pikir Penelitian

1.8. Kerangka Disertasi

Penelitian ini dituliskan dalam suatu karya disertasi yang terdiri dari 7 bab. Setiap bab disajikan secara berurut untuk memberikan gambaran dari rangkain penelitian. Susunan bab dalam disertasi ini mengikuti outline disertasi sebagai berikut :

Bab 1. Bab ini berisi pendahuluan umum, gambaran utuh mengenai latar belakang, rumusan masalah dan tujuan umum dan kebaruan penelitian. Pada bab ini juga memberikan gambaran mengenai penelitian *microbubble generator* yang sudah ada.

Bab 2. Bab ini membahas mengenai pengaruh bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan diameter gelembung udara yang dihasilkan untuk memastikan ukuran gelembung dalam kategori *micro*.

Bab 3. Bab ini membahas mengenai bagaimana performa *microbubble generator DIYM O₂^{Rs}* dalam meningkatkan konsentrasi DO dalam air.

Bab 4. Bab ini membahas mengenai bagaimana pengaruh berbagai daya pompa dan diameter *nozzle* dalam meningkatkan konsentrasi DO dalam air.

Bab 5. Bab ini membahas mengenai bagaimana pengaruh aplikasi *microbubble generator DIYM O₂^{Rs}* terhadap performa udang pada budidaya super intensif pada kolam budidaya 20 m³.

Bab 6. Bab ini berisi pembahasan umum, hasil dan pembahasan dari bab-bab sebelumnya dirangkai dan dikaitkan satu sama lain untuk memberikan suatu kesimpulan dan rekomendasi.

Bab 7. Bab ini berisi kesimpulan dan rekomendasi yang secara umum memberikan gambaran jelas mengenai aplikasi *microbubble generator DIYM O₂^{Rs}* pada budidaya udang vaname super intensif.

II. Pengaruh Kecepatan Buka Lensa Terhadap Akurasi Pembacaan Jumlah dan Diameter *Bubble*

2.1. Pendahuluan

Microbubble generator (MBG) adalah perangkat yang mampu menghasilkan gelembung udara berukuran mikrometer (μm). Proses terbentuknya *microbubble* disebabkan oleh aliran dua fase antara udara dan air (Benhmidene *et al.*, 2021; Cubas *et al.*, 2020; Shao *et al.*, 2021; Shi, Yan, *et al.*, 2021; Wang, Han, *et al.*, 2021). Menurut Juwana *et al.* (2019) *microbubble* adalah gelembung yang diameternya lebih kecil dari satu milimeter. Standar ISO 20480-1 (2017) menyebutkan bahwa prinsip dasar dalam mengukur gelembung ada beberapa kategori, namun yang termasuk dalam kategori *microbubble* ukuran gelembung berkisar dari 1-100 μm .

Ada beberapa kelebihan *microbubble* antara lain: ukuran kecil, luas permukaan yang lebih besar, dan mempercepat peningkatan konsentrasi oksigen (Jeon *et al.*, 2018). Oleh sebab itu, *microbubble* dapat digunakan sebagai alternatif sistem aerasi pada budidaya perikanan. Berbagai type MBG yang telah dikembangkan, seperti; flotasi udara terlarut (DAF) (Jeon *et al.*, 2018; Kim, Park, *et al.*, 2018), *Nozzle venturi* (Lee *et al.*, 2019), *Orifice* (Basso *et al.*, 2018; Cubas *et al.*, 2020; Juwana *et al.*, 2019), *Venturi* (Huang, Sun, Du, *et al.*, 2020; Huang, Sun, Liu, *et al.*, 2020; Itoh *et al.*, 2019; Majid *et al.*, 2018; Wang, Shuai, Zhang, *et al.*, 2020a) *Injector* (Lim *et al.*, 2019; Wilson *et al.*, 2021) dan udara langsung (Jeon *et al.*, 2018; Supriyono *et al.*, 2017). Akan tetapi, sistem MBG yang ada memberikan hasil yang kurang maksimal, seperti terjadinya penyumbatan (Boyd *et al.*, 2017) dan tidak efektif (Warjito *et al.*, 2016). Ada beberapa MBG yang telah diaplikasikan pada budidaya akan tetapi belum diketahui diameter gelembungnya.

Dalam studi eksperimental *microbubble generator*, akurasi pengukuran diameter gelembung sangat penting. Pengukuran diameter gelembung merupakan parameter penting untuk mengetahui kinerja MBG (Alfarraj *et al.*, 2020). Penelitian tentang pengukuran gelembung *microbubble* telah dilakukan antara lain oleh (Andrialovanirina *et al.*, 2020) dan Sakamatapan *et al.* (2021) memperoleh ukuran gelembung *microbubble* berkisar 50-150 μm dengan menggunakan alat bantu kamera Phantom. Peneliti lain memperoleh diameter *microbubble* 50-150 μm dengan *Motion BLITZ high speed camera EoSenseCube 7* (Gordiychuk *et al.*, 2016). Rizaldi *et al.* (2019) menggunakan kamera Nikon D5200 dengan kecepatan bukaan lensa f1/4000 menghasilkan gelembung 1-4 mm. Namun, penggunaan kamera berkecepatan tinggi dan kecepatan bukaan lensa masih menghasilkan gelembung di atas standar. Menurut Alphonse dan

Sriharsha (2021) penggunaan kamera untuk mengukur objek harus memperhatikan jarak objek, bidang gambar, dan *aperture* lensa.

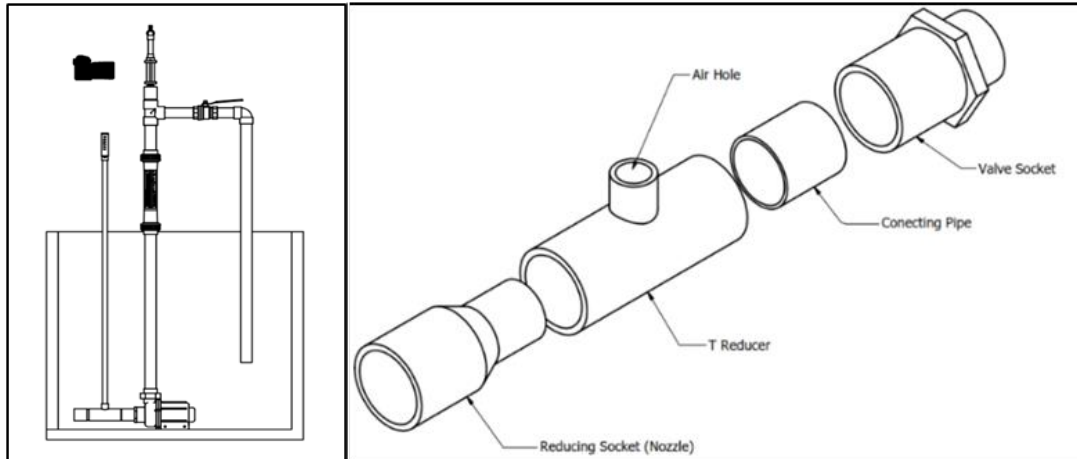
Metode visualisasi sangat penting digunakan untuk mengidentifikasi pola aliran, ukuran, dan distribusi gelembung (Perissinotto *et al.*, 2021). Studi fotografi berkecepatan tinggi umumnya digunakan untuk melakukan karakterisasi tersebut (Mulvana *et al.*, 2012). Ada berbagai cara untuk memproses gambar gelembung, antara lain dengan menggunakan perangkat lunak ImageJ (Rizaldi *et al.*, 2019; Sanchez *et al.*, 2020; Suwartha *et al.*, 2020), software MATLAB (Afisnaa *et al.*, 2017; Swart *et al.*, 2020), *computational fluid dynamic* (CFD) (Wang, Shuai, Zhang, *et al.*, 2020a; Zhang, Song, *et al.*, 2020) dan *Particle image velocimetry* (PIV) (Alam *et al.*, 2018; Fanaie and Khiadani, 2020; Perissinotto *et al.*, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai kecepatan bukaan lensa terhadap akurasi pembacaan diameter dan volume bubble yang dihasilkan oleh MBG.

2.2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Tambak Percobaan (ITP) Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan (BRPBAP3) Punaga, Kabupaten Takalar. Penelitian menggunakan MBG yang dimodifikasi dengan memperbesar diameter *nozzle* dan diameter lubang udara menggunakan sistem perpipaan yang dipasang pada *inlet* pompa. Rangkaian perpipaan ditunjukkan pada Gambar 2.1. Wadah pengujian menggunakan *Intermediate Bulk Containers* (IBC) 1 m³, air pengujian menggunakan air laut dengan salinitas 34 ppt. Untuk mendapatkan objek gelembung uji digunakan kotak kaca 5 mm, dengan dimensi panjang 13 cm, lebar 4 cm dan tinggi 10 cm.

Untuk membedakan dMBG yang sudah ada maka desain ini diberi nama DIYM O₂^{Rs}. DIYM O₂^{Rs} menggabungkan antara *nozzle* dan venturi dengan memanfaatkan sistem perpipaan yang disusun secara horizontal pada inlet pompa. Komponen utama DIYM O₂^{Rs} terdiri atas: *nozzle* dari *over shock*, *venturi* dari *Reducer T*, pipa sebagai penghubung, dan sokdrat sebagai pengikat, (Gambar 2.1).



Gambar 2. 1 Rangkaian DIYM O₂ Rs dan Instalasi pengujian

Proses aliran udara yang terjadi pada DIYM O₂^{Rs} mengikuti prinsip Bernoulli, yaitu udara yang masuk diakibatkan oleh perubahan tekanan menjadi kecepatan aliran menyebabkan aliran air berakselerasi (Yadav *et al.*, 2019). *Nozzle* dan *Venturi* menunjukkan karakteristik tersendiri yang dapat dituangkan dalam teori Bernoulli (Lee *et al.*, 2019; Yadav *et al.*, 2019), yakni perubahan luas penampang *nozzle* menghasilkan perubahan tekanan ke kecepatan air sehingga udara luar terhisap melalui *T reducer* yang menghasilkan aliran dua fase antara air dan udara yang digabungkan oleh putaran *impeller* pompa.

Perlakuan yang dicobakan adalah laju aliran udara dengan tiga varian, yaitu: 0,5; 1,5 dan 2,5 *Liters per minute* (Lpm). Laju aliran udara diukur dengan menggunakan rotometer (SHLLJ Shunhuanliu Liangyi Biao, range = 0-3 Lpm). Air pengujian disirkulasi dengan sistem tertutup, dimana debit air diukur dengan flow meter LZs 65, range 5-25 m³, diameter inlet dan outlet 2 inch, accuracy ± 4%, working operation 0-60 °C. Pengambilan sampel pada setiap kecepatan aliran udara dilakukan sebanyak tiga kali dengan pengaturan kecepatan bukaan lensa kamera 1/125, 1/160, dan 1/200s.

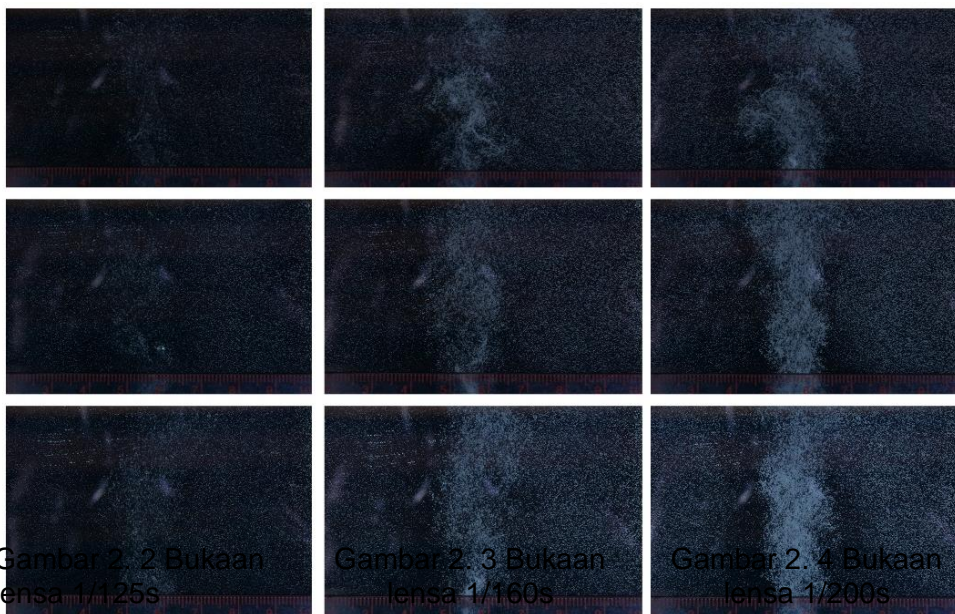
Untuk menganalisis ukuran gelembung digunakan bantuan gambar. Proses pengambilan gambar gelembung menggunakan camera Nikon D7200, lensa 60 mm, Lampu *flash power* manual 4 mm, *Lamp Tronic* 2 buah dengan pengaturan *Full Power*, jenis transmisi nirkabel *Hollyland* MARS 400s dengan jarak pemotretan 15 cm dari kotak kaca. Selanjutnya gambar dipindahkan ke komputer untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak *software ImageJ* (*bundled with 64-bit Java 8, National Institutes of Health*). Secara umum, langkah-langkah yang digunakan dalam memperoleh data diameter gelembung udara pada perangkat lunak *ImageJ*. *ImageJ* menghasilkan data luas area (Area), banyaknya gelembung (count), dan

kemudian disimpan dalam format CSV. Untuk mengubah area menjadi diameter menggunakan persamaan $d = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ (Zhao *et al.*, 2017).

Data yang diperoleh berupa gelembung diameter dianalisis secara deskriptif.

2.3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh bukaan lensa memberikan hasil yang akurat terhadap pembacaan gelembung (Gambar 2.2; 2.3 dan 2.4). Kinerja kamera yang tinggi melalui kombinasi lensa mikro dengan bukaan lensa menghasilkan gambar yang baik (Yuan *et al.*, 2021). Penggunaan fokus kamera adalah dengan pengaturan bukaan lensa (Alphonse and Sriharsha, 2021; Zada *et al.*, 2021).



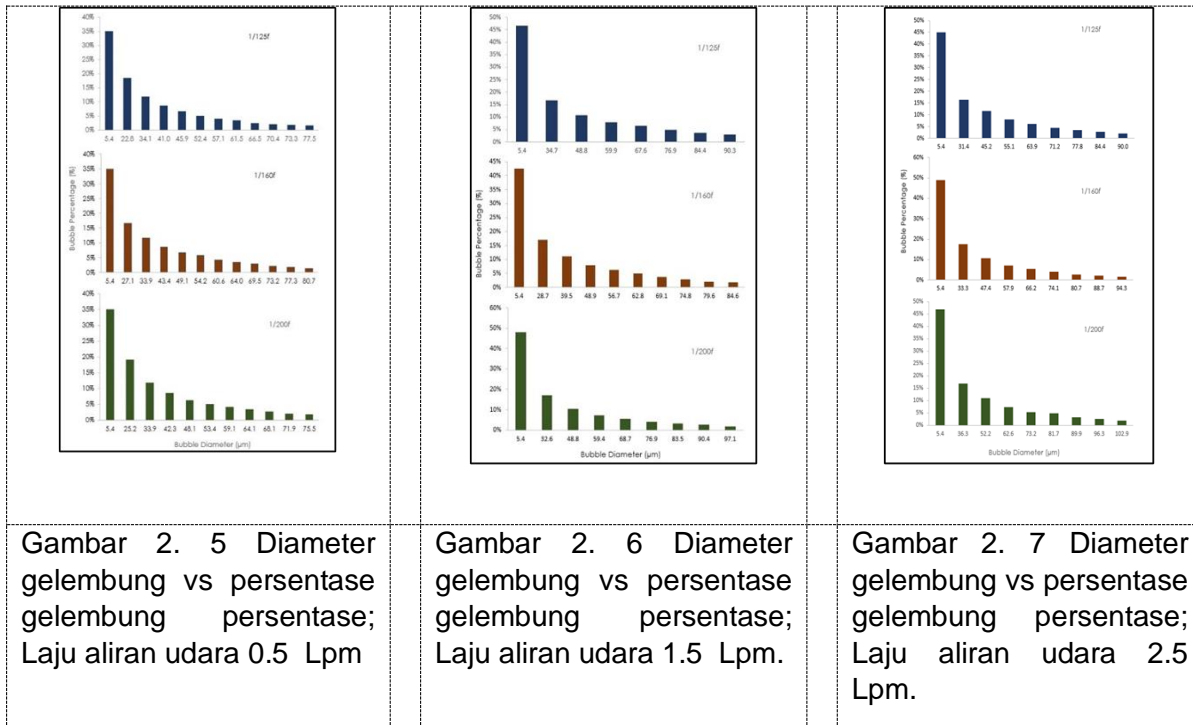
Kecepatan bukaan lensa dari 1/125s pada laju aliran udara 0,5 Lpm menghasilkan *image* gelembung maksimum 77,5 μm , 90,3 μm pada 1,5 Lpm dan 90 pada 2,5 Lpm. Untuk kecepatan bukaan lensa dari 1/160s dengan laju aliran udara 0,5 Lpm menghasilkan *image* gelembung maksimum 80,7 μm , 1,5 Lpm pada 84,6 μm dan pada 2,5 Lpm maksimum 94,3 μm . Adapun pada kecepatan bukaan lensa 1/200s dengan laju aliran udara 0,5 Lpm menghasilkan *image* gelembung maksimum 75 μm , 1,5 Lpm maksimum 97,1 μm dan pada 2,5 Lpm maksimum 102,9 μm . Terlihat bahwa karakteristik diameter gelembung dipengaruhi oleh kecepatan bukaan lensa

dan laju aliran udara. Dimana semakin kecil laju aliran udara maka semakin kecil diameter gelembung yang dihasilkan oleh kamera dengan berbagai kecepatan bukaan lensa.

Distribusi gelembung berbanding lurus dengan kecepatan laju aliran udara (Andrialovanirina *et al.*, 2020; Rueden *et al.*, 2017). Dengan menggunakan perangkat lunak *ImageJ*, distribusi diameter gelembung dapat dilihat dengan baik (Sakamatapan, Mesgarpour and Mahian, 2021). Semakin kecil laju aliran udara, semakin kecil diameter gelembung yang dihasilkan (Huang, Sun, Du, *et al.*, 2020). *Software ImageJ* adalah perangkat lunak analisis gambar yang baik dengan prosedur otomatis.

Volume gelembung dipengaruhi oleh kecepatan bukaan lensa, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5, 2.6 dan 2.7. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa kecepatan bukaan lensa 1/12s menghasilkan volume gelembung yang rendah sebesar 1,599 cm³ diikuti oleh 1/200s sebesar 1,620 cm³, dan tertinggi pada bukaan lensa 1/160s mencapai 1,670 cm³. Mekanisme ini dapat menjelaskan bahwa volume gelembung bervariasi pada kecepatan bukaan lensa yang berbeda. Perbedaan volume tersebut dipengaruhi oleh kecepatan bukaan lensa dimana tingkat keterbacaan gelembung terbanyak pada 1/160s sehingga menghasilkan gelembung persatuan volume terbanyak.

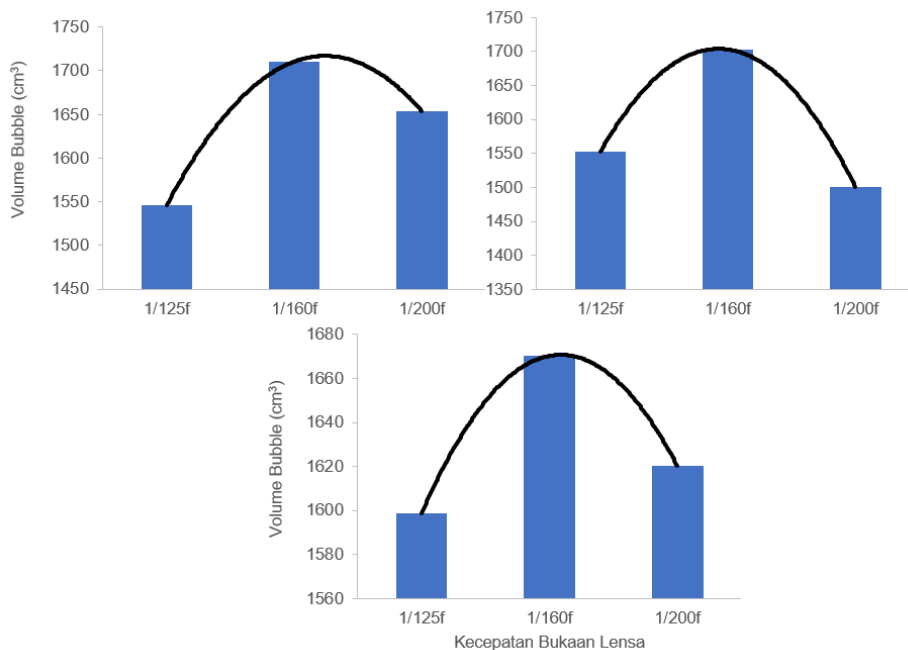
Berdasarkan Gambar 2.5; 2.6 dan 2.7 terlihat bahwa kecepatan laju aliran udara 0,5 Lpm diperoleh diameter maksimum 87 µm, pada 1,5 Lpm sebesar 97 µm, dan 2,5 Lpm sebesar 102 µm. Adapun diameter minimum untuk semua laju aliran udara menunjukkan hasil yang sama dari 5,4 µm. Hasil penelitian ini menghasilkan gelembung yang lebih kecil dibandingkan penelitian Rizaldi *et al* (2019) dengan berbagai kecepatan laju aliran udara 6 Lpm, 9 Lpm, 12 Lpm, dan 15 Lpm yang menghasilkan diameter gelembung berkisar antara 1 dan 3 mm. Sementara Afisnaa *et al.*, (2017) dengan kecepatan laju aliran udara 0,6 Lpm menghasilkan gelembung 150-500 µm dan lebih baik dari penelitian Juwana *et al* (2018) yang menghasilkan gelembung berkisar 200-400 µm. Selanjutnya Swart *et al.* (2020) dengan laju aliran udara 1,5 Lpm, dapat menghasilkan diameter gelembung mulai dari 88 – 102 µm.



Kemampuan berbagai kecepatan bukaan lensa mempengaruhi akurasi merekam volume gelembung mikro paling banyak (Gambar 2.8). Berdasarkan Gambar 2.8 terlihat bahwa bukaan lensa 1/160s merekam *microbubbles* terbaik dan terbanyak. Kecepatan bukaan lensa pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Datta dan Hawari (2021) bukaan lensa (1/2.6s, 1/4.0s, and 1/5.6s), pada bukaan menengah 1/4.0s menghasilkan data terbaik. Menurut Alphonse dan Sriharsha (2021), perubahan kecepatan bukaan lensa dan jarak objek akan mempengaruhi hasil gambar. Kuantifikasi output gambar dengan mengurangi kecepatan lensa yang lebih rendah dapat menurunkan kualitas gambar akibat difraksi optik (Webb *et al.*, 2020). Jika bukaan lensa dengan objek melebihi frekuensi kamera, dapat menghasilkan gambar yang tidak maksimal (Shi, Hui, *et al.*, 2021).

Perubahan diameter *Nozzle* dan lubang udara mampu menghasilkan gelembung mikro sesuai standar. Studi berbagai jenis MBG sebelumnya seperti: Flotasi udara terlarut (DAF) (Jeon *et al.*, 2018) menggunakan kompresor dengan laju aliran udara 0-2 Lpm menghasilkan rentang diameter gelembung 20-30 μm . Kim *et al.* (2018) dengan kecepatan laju aliran udara 30 m/L menghasilkan rentang diameter gelembung 0-100 μm . Type *nozzle* -venturi (Lee *et al.*, 2019) menggunakan desain 3D dengan kecepatan laju aliran udara mulai dari optimal 0,5 Lpm menghasilkan diameter gelembung berkisar antara 20-100 μm dengan menggunakan kompresor sebagai pemasok udara. Wang *et al.* (2020a) menggunakan *venturi microbubble generator*

(VMG) dan *swirl-venturi microbubble generator* (SVMG) dengan menggunakan bantuan software *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menghasilkan gelembung berkisar antara 0-0,8 mm. Tipe *Orifice* dengan kecepatan laju aliran udara 0,1-1,0 Lpm menghasilkan diameter gelembung berkisar 300-1,000 μm (Juwana *et al.*, 2019) sementara (Basso *et al.*, 2018) dengan kecepatan laju aliran udara berkisar 1-4 Lpm menghasilkan rentang diameter gelembung 50-130 μm . Tipe *venturi* dengan kecepatan laju aliran udara 0,001-0,16 Lpm menghasilkan diameter gelembung berkisar 0,1-0,8 mm (Huang, Sun, Du, *et al.*, 2020; Huang, Sun, Liu, *et al.*, 2020). Sementara Suwartha *et al* (2020), dengan laju aliran udara 0,1-1,5, menghasilkan rentang diameter gelembung 45-135 μm . Sakamatapan *et al.*, (2021) menggunakan berbagai sudut *venturi*, berbagai debit aliran air, dan kecepatan laju aliran udara 0,9-3,4 Lpm menghasilkan diameter gelembung berkisar 50-130 μm . Sementara itu Afisna *et al.* (2017) dengan berbagai kecepatan, laju aliran udara berkisar antara 0,1-1 Lpm menghasilkan diameter gelembung mulai dari 150-500 μm . Tipe *injector* dengan kecepatan laju aliran udara 0,05 - 0,2 Lpm menghasilkan rentang diameter gelembung 60-100 μm (Wilson *et al.*, 2021).



Gambar 2. 8 Kecepatan bukaan lensa vs Volume gelembung.

2.4. Kesimpulan

Kecepatan bukaan lensa memiliki pengaruh terhadap akurasi pembacaan diameter dan volume gelembung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bukaan lensa dengan kecepatan 1/160s merekam gelembung berdiameter 5,4-92 μm dengan volume 1,670 cm^3 dan diameter tersebut rata-rata berada dalam kisaran standar gelembung berukuran mikrometer (1-100 μm).