

BIDANG ILMU : TEKNIK MESIN (ILMU PERMESINAN LAIN)

PROPOSAL PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN

**OPTIMASI PERFORMANSI GENERATOR GELEMBUNG MIKRO
KOMBINASI VENTURI DAN *STATIC MIXER***

TIM PENELITI :

1. Sigit D. P. Sidhi, S.T., M.Eng.
2. Andreas Pujianto, S.St.Pi., M.T.
3. Bagas Prakoso, M.T.
4. Akhmad Nurfauzi, A.Pi., M.T.
5. Rohyadi, S.S.Tr.Pi
6. Pundi Ramadhan, S.S.Tr.Pi
7. Agung Wahyudi (Taruna)
8. Irfan (Taruna)
9. Dimas Rahmanto (Taruna)



**PROGRAM STUDI MEKANISASI PERIKANAN
POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SORONG
BADAN RISET SDM KELAUTAN DAN PERIKANAN
KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : **Optimasi Desain Generator Gelembung Mikro Kombinasi Venturi Dan *Static Mixer***
2. Ketua Peneliti
- Nama Lengkap : Sigit D.P. Sidhi, S.T., M.Eng.
 - Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - NIDN : 3925078001
 - Pangkat/Gol : III/d
 - Jabatan Fungsional : Penata Tingkat I
 - Prodi : Mekanisasi Perikanan
 - Alamat : Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong
 - Telepon/E-mail : 085696326956/s.sidhi@polikpsorong.ac.id
3. Jumlah anggota peneliti : 5 orang
4. Jumlah mahasiswa : 3 Taruna
5. Jumlah biaya yang diajukan : Rp. 18.429.000,-

Sorong , Maret 2021

Mengetahui :
Ketua Prodi MT



M. Zaki Latif A., S.St.Pi., MT
NIP : 19820514 200701 1 001

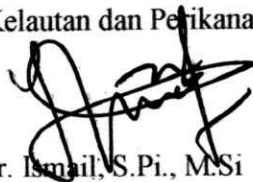
Ketua Peneliti



Sigit D.P. Sidhi, S.T., M.Eng.
NIP : 19800725 200604 1 003

Mengetahui

Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong



Dr. Ismail, S.Pi., M.Si
NIP.: 19730123 200212 1 002

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
II. METODE PENELITIAN	5
3.1. <i>Numerical Model</i>	6
3.2. Eksperimen	9
III. RAB PENELITIAN DAN JADWAL KEGIATAN	12
3.1. Rencana Anggaran Biaya	12
3.2 Jadwal Kegiatan	12
DAFTAR PUSTAKA	14

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram alir penelitian.....	5
Gambar 2. Venturi <i>microbubble generator</i> (Wang, Shuai, Zhang, et al., 2020)	6
Gambar 3. <i>Helical static mixer</i> (Hobbs & Muzzio, 1997).....	7
Gambar 4. Desain Eksperimen	9

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi geometri venturi microbubble generator	6
Tabel 2. <i>Grid Independency Test</i>	7
Tabel 3. <i>Boundary condition</i>	7
Tabel 4. Rencana anggaran biaya penelitian.....	12
Tabel 5. Jadwal kegiatan penelitian	13

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, teknologi gelembung mikro (*microbubble*) banyak menarik perhatian para peneliti. Hal ini dikarenakan *microbubble* dapat digunakan pada banyak bidang ilmu pengetahuan dan teknologi. Gelembung mikro adalah partikel kecil gas yang mampu terdistribusi merata di dalam air dan memiliki ukuran diameter kurang dari 100 μ m (Endo, 2008). Dibandingkan dengan gelembung konvensional yang berukuran besar (>100 μ m), gelembung mikro memiliki beberapa kelebihan yaitu mempunyai gaya apung yang lebih kecil dan kecepatan naik ke permukaan sangat rendah, sehingga mampu untuk bertahan lebih lama di dalam air (Lee et al., 2019). Selain itu, gelembung mikro memiliki interfase yang lebih stabil, luas permukaan spesifik yang besar, tekanan internal yang tinggi, serta tingkat kelarutan yang tinggi (Wang, Shuai, Zhou, et al., 2020), (Majid, Nugroho, Juwana, & Budhijanto, 2018). Gelembung mikro memungkinkan oksigen yang terlarut dalam air (*dissolved oxygen* / DO) untuk bertahan lebih lama, sehingga penyediaan oksigen untuk proses respirasi dan perkembangan pada organisme di dalam air akan lebih maksimal (Majid et al., 2018). Hasilnya, peningkatan kadar DO ini akan berefek secara langsung pada peningkatan laju pertumbuhan organisme air (Basso, Hamad, & Ganesan, 2019). Awalnya, gelembung mikro banyak dimanfaatkan pada bidang pengolahan kualitas air dan juga budidaya perikanan. Namun saat ini pemanfaatan gelembung mikro sudah sangat luas dan mencakup berbagai bidang lainnya seperti teknologi pangan, bidang pengolahan medis, dan juga pertambangan mineral (Wang, Shuai, Zhou, et al., 2020), (Huang, Sun, Du, et al., 2019), (Alam, Redhyka, Sugiarto, Salim, & Robbihi, 2018), (Bhadran & Goharzadeh, 2020).

Alat untuk penghasil gelembung mikro disebut juga generator gelembung mikro atau *Microbubble Generator* (MBG). Generator gelembung mikro (MBG) adalah teknologi aerasi baru yang memanfaatkan prinsip Bernoulli dari mekanika fluida. Pada MBG, cairan dipaksa mengalir melalui sebuah saluran yang menyempit, sehingga kecepatannya meningkat secara signifikan dan akan tekanan akan turun. Karena adanya perbedaan tekanan antara atmosfer dan tekanan di dalam saluran, maka udara akan terhisap secara alami. Kemudian udara yang masuk tersebut akan didorong oleh aliran cairan berkecepatan tinggi, sehingga memecah udara menjadi gelembung

berukuran mikro. Diameter gelembung yang berukuran mikro menyebabkan laju kelarutan oksigen menjadi lebih tinggi (Pambudiarto & Mindaryani, 2020).

Secara umum, generator gelembung mikro dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, seperti *dissolved air flotation*, *static mixer*, *rotary liquid flow*, *nozzle* (Lee et al., 2019), dan juga jenis venturi (Huang, Sun, Liu, et al., 2019). Venturi menjadi salah satu generator yang paling banyak dikembangkan saat ini karena kelebihan yang dimiliki antara lain yaitu kemudahan dalam instalasi, tidak memiliki bagian internal yang bergerak, perawatan yang lebih mudah, keandalan yang baik, dan konsumsi daya yang rendah (Huang, Sun, Liu, et al., 2019) serta tidak mengalami penyumbatan atau pengotoran ketika dioperasikan (Park & Yang, 2017).

Kinerja dari generator gelembung mikro dapat diukur dari ukuran diameter rata-rata gelembung dan koefisien perpindahan massa oksigen (Parmar & Majumder, 2013) serta bergantung pada geometri dan kondisi kerja (Juwana, Widyatama, & Dinaryanto, 2018). Apabila generator digunakan sebagai aerator, maka efisiensi generator yang biasa disebut *Standard Aeration Efficiency* (SAE) (Kumar, Moulick, & Chandra, 2013) juga akan dipengaruhi oleh koefisien perpindahan massa oksigen (Mahmud, Erguvan, & Macphee, 2020). Selain itu, bilangan Reynolds cairan dan fraksi volume menjadi faktor lain yang sangat berpengaruh pada ukuran gelembung mikro yang dihasilkan (Gordiychuk, Svanera, Benini, & Poesio, 2015). Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi generator gelembung mikro tipe venturi, beberapa peneliti melakukan variasi geometri venturi (Majid et al., 2018), (Feng et al., 2020); variasi laju aliran fluida (Huang, Sun, Du, et al., 2019) dan mengkombinasikan tipe MBG (Wang, Shuai, Zhou, et al., 2020).

Banyak penelitian telah dilakukan baik secara eksperimen maupun numerik untuk meningkatkan kinerja dari generator gelembung mikro tipe venturi. (Gordiychuk et al., 2015) meneliti pengaruh laju aliran air dan udara serta ukuran saluran masuk udara terhadap distribusi ukuran gelembung untuk generator gelembung mikro tipe venturi sederhana. Pada penelitian tersebut menyimpulkan bahwa ukuran gelembung yang dihasilkan generator venturi adalah sebanding dengan peningkatan fraksi volume, namun berbanding terbalik dengan laju aliran air. (Majid et al., 2018) melakukan eksperimen untuk mengetahui kinerja generator venturi dengan menambahkan pipa berpori pada venturi dan membuat sudut masuk dan keluar venturi sebesar 20° dan 12° . Pada eksperimen juga dilakukan variasi kombinasi laju aliran air dan udara untuk melihat

pengaruhnya terhadap kinerja generator. Dari hasil penelitian didapatkan peningkatan laju aliran air (Q_L) meningkatkan daya hidrolis (L_W) dan mengurangi efisiensi pembentukan gelembung (η_B) serta mengurangi diameter gelembung mikro. Desain baru generator gelembung mikro diperkenalkan oleh (Wang, Shuai, Zhou, et al., 2020), dan melalui eksperimen dan simulasi CFD dibandingkan kinerjanya dengan generator gelembung mikro tipe venturi yang konvensional. Pada desain baru tersebut ditambahkan saluran masuk yang arahnya tangensial pada sisi masuk venturi, sehingga menghasilkan pusaran (*swirl*) pada daerah konvergen venturi. Hasil penelitian menunjukkan ukuran diameter rata-rata gelembung yang dihasilkan generator *swirl*-venturi lebih kecil, distribusi ukuran gelembungnya lebih rapat dan koefisien perpindahan massa volumetrik cairannya lebih besar. Penelitian eksperimen dilakukan oleh (Liew et al., 2020) dengan mengkombinasikan venturi dan orifis pada generator untuk mendapatkan efisiensi aerasi yang lebih tinggi. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi aerasi maksimum sebesar 0,424 kgO₂/kWh. Penelitian eksperimen untuk menentukan rasio optimal antara udara terhadap air agar menghasilkan kinerja generator venturi terbaik dengan menggunakan tiga ukuran venturi yang berbeda yaitu dengan diameter tenggorokan 3 mm, 4 mm dan 5 mm dilakukan oleh (Vilaida, Kythavone, & Iijima, 2019). Nilai optimum diperoleh pada rasio 15% dan diameter kerongkongan venturi 3 mm. Studi eksperimen dilakukan oleh (Huang, Sun, Du, et al., 2019) untuk mengevaluasi kinerja saluran venturi skala mikro sebagai generator gelembung mikro. Dari hasil eksperimen didapatkan bahwa dengan bilangan Reynolds di tenggorokan venturi $0,7-1,2 \times 10^4$ dan fraksi udara di bawah 0,1, generator venturi dapat menghasilkan gelembung halus dengan diameter rata-rata sekitar 0,2–0,4 mm. Generator gelembung sulit untuk menghasilkan gelembung mikro pada fraksi udara yang tinggi. (Li, Song, Yin, & Wang, 2017) meneliti pengaruh diameter lubang injeksi pada distribusi ukuran gelembung yang dihasilkan di saluran venturi. Menurut hasil penelitian, diameter memiliki pengaruh kecil pada distribusi ukuran gelembung. Terlepas dari ukuran gelembung awal, ukuran gelembung akhir terutama bergantung pada proses pemecahan di bagian divergen. Oleh karena itu, lubang injeksi dengan diameter sekitar 1 mm dipilih karena kepraktisannya. Penelitian lain juga telah berhasil meningkatkan nilai SAE dari aerator jenis venturi dengan cara menyusunnya secara paralel. Dalam hal ini, penyusunan secara paralel akan mampu menyebabkan udara yang diinjeksikan ke dalam air menjadi lebih banyak, sehingga strategi ini akan mampu meningkatkan efisiensi sistem aerasi (SAE) secara keseluruhan (Zhu, Wu, & Mukhtar, 2013).

Akan tetapi, masih belum banyak penelitian yang dilakukan pada generator gelembung mikro tipe venturi untuk mengevaluasi efisiensi aerasi pada susunan kombinasi venturi dan *static mixer*. Oleh karena itu, kinerja dari generator gelembung mikro kombinasi venturi dan *static mixer* akan diteliti.

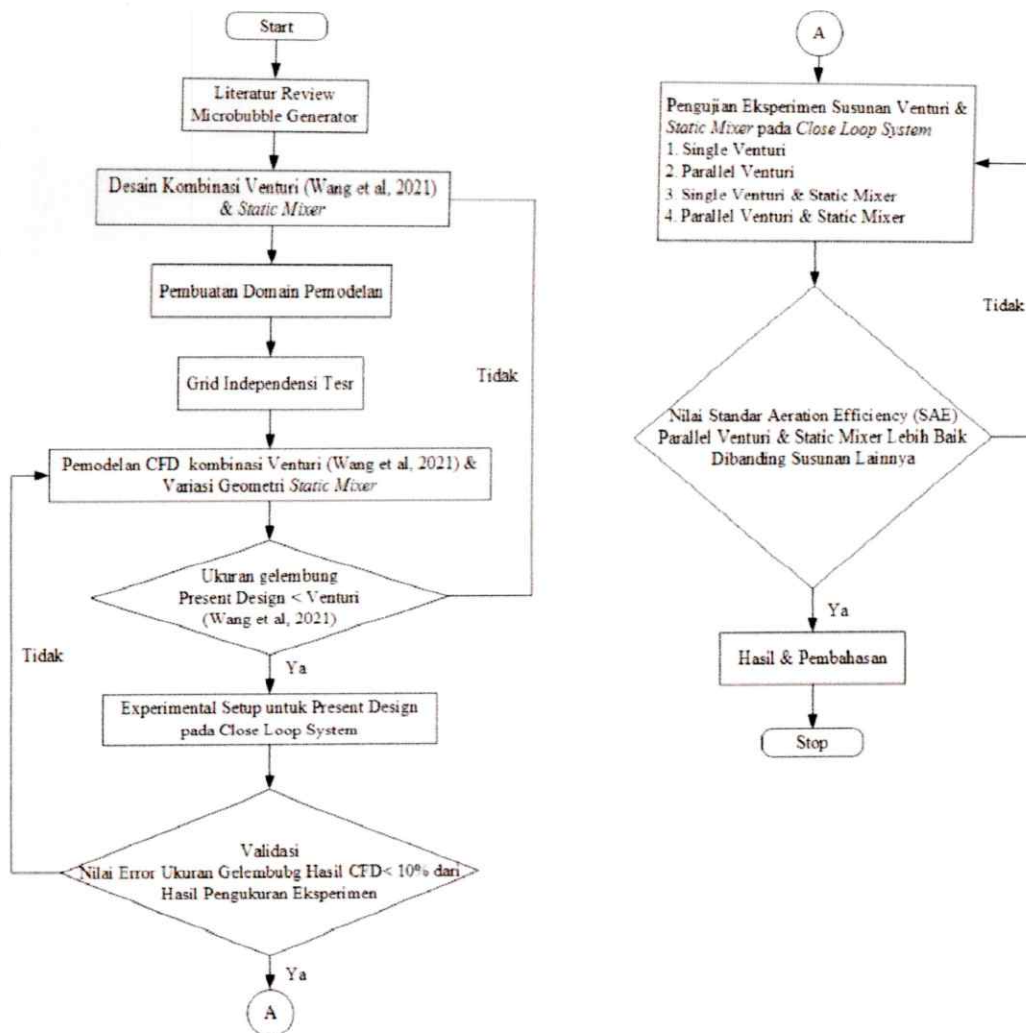
1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan pemodelan CFD untuk mendapatkan desain *static mixer* generator gelembung mikro tipe venturi yang optimal.
2. Melakukan eksperimen kombinasi susunan generator gelembung mikro venturi dan *static mixer* untuk pengujian performansi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan *computational fluid dynamic* (CFD) untuk mendapatkan desain *microbubble generator* (venturi dan *static mixer*) yang selanjutnya dilakukan validasi dengan hasil ekperimennya. Setelah Proses validasi dari hasil pemodelan CFD, penelitian dilanjutkan dengan pengujian eksperimen susunan *microbubble generator* untuk mendapatkan susunan *microbubble generator* yang paling baik untuk nilai *standard aeration efficiency* (SAE). Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



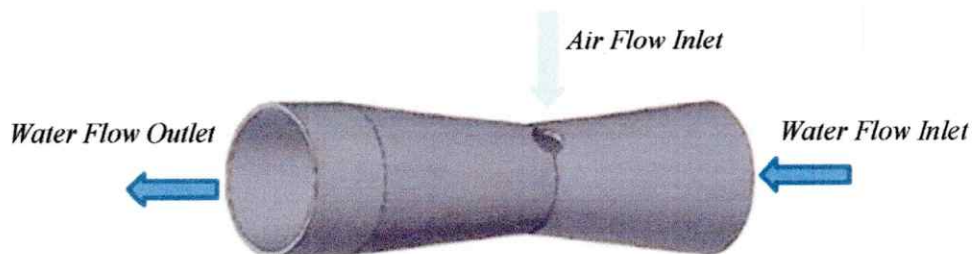
Gambar 1. Diagram alir penelitian

3.1. Numerical Model

Penelitian ini menggunakan *computational fluid dynamic* (CFD) untuk menguji penggunaan *static mixer* untuk meningkatkan fraksi volume gas di dalam air dengan memecah gelembung yang dihasilkan oleh *microbubble* generator jenis venturi. Hal ini bertujuan agar ukuran gelembung yang dihasilkan oleh venturi menjadi lebih kecil. Persamaan *Reynolds-averaged Navier-Stokes* (RANS) untuk menjalankan proses pemodelan ini.

a. Pembuatan domain pemodelan

Domain pemodelan terdiri atas venturi (Wang, Shuai, Zhang, et al., 2020) yang ditunjukkan dengan Gambar 2 dan spesifikasinya pada Tabel 1. Domain *static mixer* yang digunakan merupakan jenis *helical static mixer* (Hobbs & Muzzio, 1997) dengan gambar *basic* seperti ditunjukkan pada Gambar 3 yang selanjutnya akan divariasikan bentuk geometrinya. Variasi geometri pada domain *static mixer* digunakan untuk pengujian pemodelan CFD sehingga didapatkan desain yang paling baik sebagai pemecah gelembung dari venturi *microbubble* generator.

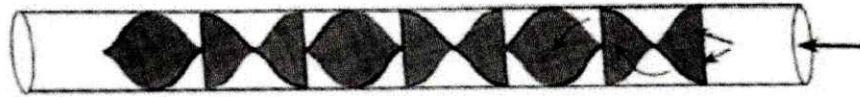


Gambar 2. Venturi *microbubble* generator (Wang, Shuai, Zhang, et al., 2020)

Tabel 1. Spesifikasi geometri venturi *microbubble* generator

No	Ukuran Bagian Venturi	Nilai
1	Panjang venturi	40 mm
2	Diameter <i>water flow inlet</i>	26 mm
3	Diameter <i>water flow outlet</i>	26 mm
4	Diameter throat	18 mm
5	Sudut konvergen nozzel	5.7°
6	Sudut divergen difuuser	5.7°
7	Diameter <i>air flow inlet</i>	6 mm

Sumber : Wang et al. (2020)



Gambar 3. *Helical static mixer* (Hobbs & Muzzio, 1997)

a. *Mesh dan Grid Independency Test*

Semua domain menggunakan *unstructured mesh* dengan bagian dinding yang lebih rapat dibandingkan dengan lainnya. Pembuatan *mesh* dievaluasi dengan *skewness* dengan batasan nilai yang dapat diterima adalah 0,85 (Wilson, Pun, Ganesan, & Hamad, 2021). Metode *interval size* dengan perubahan *growth rate* mesh dalam *wall treatment* pada dinding domain digunakan sebagai *grid independency test*. Dalam penelitian ini, menggunakan 5 level tingkatan mesh seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Mesh dengan *deviation level* kurang dari 1 % akan digunakan dalam pemodelan.

Tabel 2. *Grid Independency Test*

No	Nama Mesh	Interval size	Growth Rate
1	Grid 1	2	6
2	Grid 2	1.8	8
3	Grid 3	1.6	12
4	Grid 4	1.4	18
5	Grid 5	1.2	26

b. *Boundary Condition*

Jenis *boundary condition* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. *Boundary condition*

No	Bagian	Boundary Condition
1	<i>Water flow inlet</i>	Laju massa aliran air divariasikan (<i>volumetric quality</i> = 0,9988) Laju massa udara divariasikan (<i>volumetric quality</i> = 0,012)
2	Dinding Venturi	No Slip Wall
3	Dinding Static Mixer	No Slip Wall
4	Helical mixer	No Slip Wall
5	<i>Water flow outlet</i>	<i>outflow</i>

c. *Numerical Solution*

Pemodelan menggunakan pendekatan kombinasi Euralian and Langrangian untuk studi aliran fluida multifasa seperti yang dilakukan oleh (Wilson et al., 2021). Persamaan konservasi massa, momentum dengan pemodelan turbulen, dan energi ditunjukkan pada persamaan (1), (2), dan (3). Reynolds stress yang dimodelkan dengan pendekatan Boussinesq seperti ditunjukkan pada persamaan (4). Sedangkan model turbulensi dengan Standar k- ϵ ditunjukkan persamaan (5) dan (6).

- Persamaan Konservasi Massa

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = S_m \quad (1)$$

- Persamaan Momentum

$$\frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + \frac{\partial(-\rho \overline{u_i' u_j'})}{\partial x_j} + \rho g + F \quad (2)$$

- Persamaan Energi

$$\frac{\partial(u_i \rho E)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(k_f + \frac{c_p \mu_t}{Pr_t} \right) \frac{\partial T_i}{\partial x_j} \right] + S_h \quad (3)$$

- Persamaan Boussinesq Reynold Stress

$$\frac{\partial(-\rho \overline{u_i' u_j'})}{\partial x_j} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (4)$$

- Persamaan model turbulensi

$$\mu_{eff} = \mu + \mu_t \quad (5)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad (6)$$

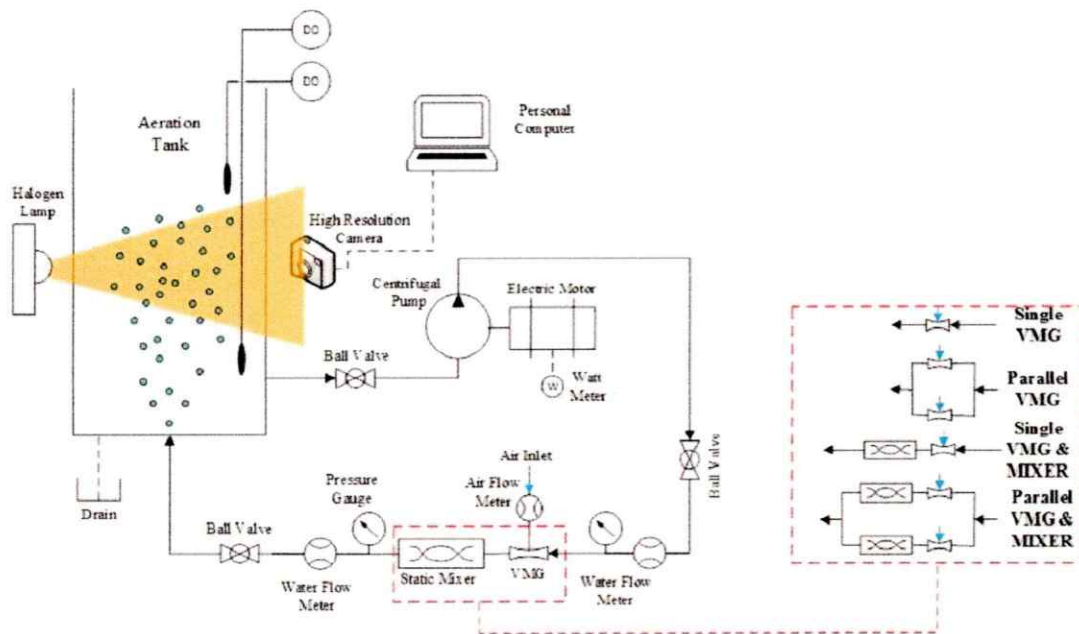
Keseimbangan gaya inersia, gesek, dan gravitasi yang bekerja pada partikel ditunjukkan pada persamaan (7) dan (8) berikut ini:

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) + \frac{g_x(\rho_p - \rho)}{\rho_p} \quad (7)$$

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2} \frac{C_D Re}{24} \quad (8)$$

Dimana $F_D(u - u_p)$ adalah gaya gesek per satuan massa. u merupakan kecepatan udara, C_D adalah koefisien gesak, u_p adalah kecepatan partikel, μ adalah viskositas udara, ρ adalah massa jenis udara. ρ_p adalah densitas partikel. Re adalah Reynolds number. dan d_p adalah diameter partikel.

3.2. Eksperimen



Gambar 4. Desain Eksperimen

Desain eksperimen yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Desain eksperimen terdiri dari sistem aliran air, sistem akuisisi data dan seksi uji. Sistem aliran air yang digunakan pada desain eksperimen adalah *closed-loop water cycle* (Wilson et al., 2021). Sistem aliran air terdiri dari tangki air vertikal dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 40 cm dan tinggi 120 cm yang dihubungkan dengan pompa sentrifugal 400 W dan debit 340 L/menit serta dilengkapi dengan katup dan alat ukur debit air. Sistem akusisi data terdiri dari komputer, kamera

CANON EOS 3000D dengan 3000 fps dan lampu halogen 250 Watt. Sedangkan seksi uji terdiri dari venturi dan static mixer sebagai generator gelembung mikro.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan debit air sebesar $Q_3 = 60$ L/menit, tekanan atmosfer dan temperatur ruangan. Pengujian pada eksperimen ini dilakukan untuk menguji 4 kombinasi susunan venturi dan *static mixer* yaitu single venturi, parallel venturi, single kombinasi venturi dan *static mixer*, dan parallel kombinasi venturi dan *static mixer*. Untuk melihat ukuran gelembung yang dihasilkan oleh generator dilakukan dengan metode *Particle Image Velocimetri* (PIV).

Laju transfer gas secara umum sangat terpengaruh oleh koefisien transfer massa fase cair (K_L). Namun, data luas antarmuka untuk perpindahan massa (A_t) per satuan volume (V) (digunakan untuk mengetahui koefisien transfer massa fase cair (K_L)) akan sulit untuk bisa dilakukan secara eksperimental. Untuk itu, koefisien perpindahan massa secara keseluruhan (KL_a) yang kemudian digunakan dalam perhitungan laju transfer gas. Koefisien perpindahan massa secara keseluruhan (KL_a) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KL_a = K_L \frac{A_t}{V} \quad (9)$$

Dimana : KL_a = Koefisien perpindahan massa oksigen keseluruhan dalam air bersih (h^{-1})

V = Volum air dalam kolam (m^3)

A_t = Luas interfase per volum (m^3/m^2)

Dengan menggunakan teori *Two-Film* dan Hukum Fick's, kita dapat merumuskan persamaan diferensial untuk transfer oksigen pada keadaan *non-steady* seperti berikut (Barrut, Blancheton, Champagne, & Grasmick, 2012):

$$\frac{dC}{dt} = K_L a \times (C_s - C_t) \quad (10)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan diatas dan memasukkan nilai konsentrasi pada $t=0$ ($C_0 = 0$), kita dapat memperoleh persamaan:

$$\ln (C_s - C_t) = K_L a \times t \quad (11)$$

Dalam hal ini KLa adalah koefisien perpindahan massa dari sistem yang diukur dalam (h^{-1}) pada suhu air T. Dengan menggunakan analisis regresi non-linier dari fungsi logaritmik dari defisit konsentrasi ($C_s - C_t$) dengan waktu aerasi t, maka KLa dapat ditentukan nilainya. Nilai tersebut kemudian dapat kita konversikan kedalam temperature standar pada suhu 20°C (KLa_{20}) menggunakan persamaan:

$$KLa_{20} = KLa / \theta^{(T-20)} \quad (12)$$

T adalah suhu air (°C) dan θ merupakan faktor koreksi suhu yang besarnya 1.024 untuk air murni.

Untuk dapat menentukan massa oksigen yang ditransfer ke volume air per satuan waktu ketika oksigen terlarut awal adalah nol dan kondisi standar (yaitu, suhu air pada 20 C dan tekanan pada 1 atm), atau yang disebut SOTR, maka kita bisa menggunakan persamaan berikut:

$$\text{SOTR} = KLa_{20} \times (C_s - C_0) \times V \quad (13)$$

Efisiensi sistem aerasi kemudian bisa ditentukan dengan menghitung efisiensi aerasi standar (SAE), yang dinyatakan sebagai laju transfer oksigen per masukan daya unit dan dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{SAE} = \frac{\text{SOTR}}{P_{in}} \quad (14)$$

Dalam persamaan diatas, P_{in} adalah daya total yang diambil dari kompresor atau pompa. Nilai SAE ini diekspresikan dalam $\text{Kg O}_2 / \text{kWh}$ atau $\text{lbs O}_2 / \text{hp-h}$.

III. RAB PENELITIAN DAN JADWAL KEGIATAN

3.1. Rencana Anggaran Biaya

Untuk menunjang kegiatan operasional dari penelitian yang akan dilakukan dibuatlah rencana anggaran biaya yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana anggaran biaya penelitian

No	Item	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Akrilik	Panjang= 244 cm, Lebar= 122 cm, Tebal	1	Lembar	Rp 1,300,000.00	Rp 1,300,000.00
2	Pompa	Sentrifugal, Motor 0.5 PK 1 Fasa	1	Unit	Rp 1,500,000.00	Rp 1,500,000.00
3	Pipa PVC	1 inch	4	Batang	Rp 75,000.00	Rp 300,000.00
4	Pipa Akrilik	1 inch	2	Batang	Rp 250,000.00	Rp 500,000.00
5	Elbow PVC	1 inch	8	Buah	Rp 10,000.00	Rp 80,000.00
6	Sok Sambungan PVC	1 inch	4	Buah	Rp 5,000.00	Rp 20,000.00
7	Water Mur PVC	1 inch	8	Buah	Rp 25,000.00	Rp 200,000.00
8	Sok Drat Luar PVC	1 inch	8	Buah	Rp 8,000.00	Rp 64,000.00
9	Sok Drat Dalam PVC	1 inch	8	Buah	Rp 8,000.00	Rp 64,000.00
10	T Sambungan PVC	1 inch	2	Buah	Rp 8,000.00	Rp 16,000.00
11	Water Flow Meter	Digital	2	Buah	Rp 600,000.00	Rp 1,200,000.00
12	Manometer	Digital	2	Buah	Rp 200,000.00	Rp 400,000.00
13	Air Flow Meter	0,1 -1,5 N L/menit	1	Buah	Rp 550,000.00	Rp 550,000.00
14	Pompa Udara	Maksimal 6 l/menit	1	Buah	Rp 150,000.00	Rp 150,000.00
15	Selang Udara Aerator		2	meter	Rp 25,000.00	Rp 50,000.00
16	Ball Valve PVC	1 inch	4	Buah	Rp 35,000.00	Rp 140,000.00
17	Watt Meter	Pengukuran Listrik AC	1	Buah	Rp 250,000.00	Rp 250,000.00
18	MCB	4A	1	Buah	Rp 60,000.00	Rp 60,000.00
19	Tempat MCB		1	Buah	Rp 10,000.00	Rp 10,000.00
20	Kabel	NYY 2x1.5	10	Meter	Rp 10,000.00	Rp 100,000.00
21	Steker		1	Buah	Rp 10,000.00	Rp 10,000.00
22	Multi Stop Kontak		1	Buah	Rp 65,000.00	Rp 65,000.00
23	Filamen PLA printer 3D		2	Roll	Rp 250,000.00	Rp 500,000.00
28	Publikasi Jurnal	Jurnal Internasional	2	Paket	Rp 4,500,000.00	Rp 9,000,000.00
PPH dan PPN 11.5 %						Rp 1,900,835.00
Total						Rp 18,429,835.00

3.2 Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan ditunjukkan pada Tabel 5 sebagai berikut :

Tabel 5. Jadwal kegiatan penelitian

Jenis Kegiatan	Bulan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Studi Literatur												
Pembuatan Proposal												
Seminar Proposal												
Pembuatan Domain (Venturi & Static Mixer)												
Grid Independence Test												
Validasi Eksperimen												
Ekspeimen Susunan Microbubble Generator												
Laporan & Seminar Antara												
Penulisan artikel Pertama												
Penulisan artikel Kedua												
Pembuatan Laporan												
Seminar Laporan												

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, H. S., Redhyka, G. G., Sugiarto, A. T., Salim, T. I., & Robbihi, I. (2018). Design and Performance of Swirl Flow Microbubble Generator, 7, 66–69.
- Barrut, B., Blancheton, J., Champagne, J., & Grasmick, A. (2012). Aquacultural Engineering Mass transfer efficiency of a vacuum airlift — Application to water recycling in aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 46, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2011.10.004>
- Basso, A., Hamad, F. A., & Ganesan, P. (2019). Initial Results from the Experimental and Computational Study of Microbubble Generation, 1–9. <https://doi.org/10.11159/icmfht19.101>
- Bhadran, V., & Goharzadeh, A. (2020). Monodispersed microbubble production using modified micro-Venturi bubble generator Monodispersed microbubble production using modified micro-Venturi bubble generator, 095306(July). <https://doi.org/10.1063/5.0021957>
- Endo, A. (2008). DO-increasing effects of a microscopic bubble generating system in a fish farm, 57, 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.10.014>
- Feng, Y., Mu, H., Liu, X., Huang, Z., Zhang, H., & Wang, J. (2020). Leveraging 3D Printing for the Design of High-Performance Venturi Microbubble Generators. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01509>
- Gordiychuk, A., Svanera, M., Benini, S., & Poesio, P. (2015). bubble generator Size distribution and Sauter mean diameter of micro bubbles for a Venturi type bubble generator. *EXPERIMENTAL THERMAL AND FLUID SCIENCE*. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2015.08.014>
- Hobbs, D. M., & Muzzio, F. J. (1997). The Kenics static mixer: A three-dimensional chaotic flow. *Chemical Engineering Journal*, 67(3), 153–166. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(97\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(97)00013-2)
- Huang, J., Sun, L., Du, M., Liang, Z., Mo, Z., Tang, J., & Xie, G. (2019). An investigation on the performance of a micro-scale Venturi bubble generator. *Chemical Engineering Journal*, 386, 120980. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.068>
- Huang, J., Sun, L., Liu, H., Mo, Z., Tang, J., Xie, G., & Du, M. (2019). A review on bubble generation and transportation in Venturi-type bubble generators, 1(1).
- Juwana, W. E., Widyatama, A., & Dinaryanto, O. (2018). Hydrodynamic characteristics of the microbubble dissolution in liquid using orifice type microbubble. *Chemical Engineering Research and Design*, 141, 436–448. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.11.017>
- Kumar, A., Moulick, S., & Chandra, B. (2013). Selection of aerators for intensive aquacultural pond. *Aquacultural Engineering*, 56, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.05.003>

- Lee, C. H., Choi, H., Jerng, D.-W., Kim, D. E., Wongwises, S., & Ahn, H. S. (2019). Experimental investigation of microbubble generation in the venturi nozzle. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 136, 1127–1138. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.03.040>
- Li, J., Song, Y., Yin, J., & Wang, D. (2017). Investigation on the effect of geometrical parameters on the performance of a venturi type bubble generator. *Nuclear Engineering and Design*, 325(March), 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.10.006>
- Liew, K. C. S., Rasdi, A., Budhijanto, W., Yusoff, M. H. M., Bilad, M. R., Shamsuddin, N., ... Putra, Z. A. (2020). Porous Venturi-Orifice Microbubble Generator for. *Processes*, 8(1266), 1–15.
- Mahmud, R., Erguvan, M., & Macphee, D. W. (2020). Performance of Closed Loop Venturi Aspirated Aeration System : Experimental Study and Numerical Analysis with Discrete Bubble Model.
- Majid, A. I., Nugroho, F. M., Juwana, W. E., & Budhijanto, W. (2018). On the Performance of Venturi-Porous Pipe Microbubble Generator with Inlet Angle of 20° and Outlet Angle of 12°. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 050009, p. 11). <https://doi.org/10.1063/1.5050000>
- Pambudiarto, B. A., & Mindaryani, A. (2020). Evaluation of the Effect of Operating Parameters on the Performance of Orifice / Porous Pipe Type Micro-bubble Generator, 52(2), 196–207. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.2.5>
- Park, S. K., & Yang, H. C. (2017). Experimental investigation on mixed jet and mass transfer characteristics of horizontal aeration process. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 113, 544–555. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.05.120>
- Parmar, R., & Majumder, S. K. (2013). Microbubble generation and microbubble-aided transport process intensification — A state-of-the-art report. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 64, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.12.002>
- Vilaida, X., Kythavone, S., & Iijima, T. (2019). Effect of Throat Size on Performance of Microbubble Generator and Waste Water Treatment Effect of Throat Size on Performance of Microbubble Generator and Waste Water Treatment. In *Internasional Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology* (p. 5). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/639/1/012031>
- Wang, X., Shuai, Y., Zhang, H., Sun, J., Yang, Y., Huang, Z., ... Yang, Y. (2020). Bubble breakup in a swirl-venturi microbubble generator. *Chemical Engineering Journal*, 403(February 2020), 126397. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126397>
- Wang, X., Shuai, Y., Zhou, X., Huang, Z., Yang, Y., Sun, J., ... Yang, Y. (2020). Performance comparison of swirl-venturi bubble generator and conventional venturi bubble generator. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 154(March), 108022. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108022>
- Wilson, D. A., Pun, K., Ganesan, P. B., & Hamad, F. (2021). Geometrical Optimization of a

Venturi-Type Microbubble Generator Using CFD Simulation and Experimental Measurements. *Designs*, 5(4), 18.

Zhu, J., Wu, S. X., & Mukhtar, S. (2013). Aerator Module Development Using Venturi Air Injectors to Improve Aeration Efficiency. *Applied Engineering in Agriculture*, 23(5), 661–667. <https://doi.org/10.13031/2013.23667>