

Studi Eksperimental Pengaruh Debit Fluida Terhadap Performa Teknologi Aerator

Faiz Mardhiyan Nur¹, Drajat indah Mawarni²

Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

E-mail: faizmardhiyannur@gmail.com

Abstrak – Microbubble merupakan gelembung berukuran mikro memiliki luas kontak permukaan gas dan cairan yang besar, rising speed yang lambat, dan laju kelarutan yang tinggi.

Pada penelitian yang penulis lakukan ini menggunakan microbubble generator dengan tipe swirl. Microbubble generator ini menciptakan tekanan negatif akibat aliran swirl akibat inlet tangensial, sehingga tidak membutuhkan kompresor untuk suplai udara dengan nilai unjuk kerja hydraulic power dan pressure drop.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengetahui pengaruh debit air dan udara yang optimal terhadap parameter pressure drop dan hidraulic power yang dihasilkan microbubble generator type swirl sebagai pembangkit gelembung berukuran mikro sehingga dapat digunakan acuan oleh para peneliti untuk memecahkan permasalahan peningkatan kualitas air. Adapun caranya adalah dengan mem-variasikan debit air dan udara sebagai parameter utama. Dari proses itu akan menghasilkan nilai differential pressure yang melewati microbubble genertor. Setelah didapatkan nilai differential pressurue maka akan digunakan sebagai dasar untuk perhitungan Hydraulic power.

Kata Kunci — Microbubble, pressure drop, hydraulic power

Abstract – Microbubbles are micro-sized bubbles with a large surface area of gas and liquid, a slow rising speed, and a high solubility rate.

In this research, the author used a swirl-type microbubble generator. This microbubble generator creates negative pressure due to the swirl flow caused by the tangential inlet, eliminating the need for a compressor to supply air, with performance values for hydraulic power and pressure drop.

In this study, the author aimed to determine the effect of optimal water and air flow rates on the pressure drop and hydraulic power parameters produced by the swirl-type microbubble generator, which generates microbubbles. This can be used as a reference by researchers to solve problems of improving water quality. The method used is to vary the water and air flow rates as the main parameters. This process generates a differential pressure value passing through the microbubble generator. Once the differential pressure value is obtained, it will be used as the basis for calculating hydraulic power.

Keywords — Microbubble, pressure drop, hydraulic power

1.PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi semua makhluk hidup. Kualitas air dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem aerasi atau teknologi pengolahan air yang baik. Teknologi pengolahan air bersih yang ada saat ini masih memiliki kekurangan, dimana untuk menerapkan teknologi tersebut secara luas membutuhkan biaya yang cukup besar, sedangkan permasalahan utama yang dimiliki banyak negara adalah ketidakmampuan secara finansial. Maka dari itu dibutuhkan suatu teknologi yang inovatif, efektif, efisien, serta ekonomis untuk meningkatkan kualitas air, yaitu teknologi yang mampu meningkatkan oksigen terlarut dalam air dengan penambahan gelembung berukuran mikro atau disebut *microbubble*. *Microbubble* memiliki luas kontak permukaan gas dan cairan yang besar, *rising speed* yang lambat, dan laju kelarutan dalam cairan yang tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh Hitachi Research Laboratory (2013) menunjukkan bahwa biaya operasional penggunaan microbubble lebih hemat 20% dibandingkan dengan *milibubble*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sadatomi dkk (2007, 2012) didapatkan bahwa semakin kecil diameter *bubble* maka karakteristiknya semakin baik dan meningkatkan efisiensi pompa.

Pada penelitian yang penulis lakukan ini menggunakan *microbubble generator* dengan tipe *swirl*. *Microbubble generator* ini menciptakan tekanan negatif akibat aliran *swirl* inlet tangensial dan sangat dipengaruhi oleh debit fluida, sehingga tidak membutuhkan kompresor untuk suplai udara, Unjuk kerja *Microbubble generator* dengan tipe ini bisa diketahui dengan mengetahui nilai *pressure drop* dan *hydraulic power*. Dengan mengetahui parameter *pressure drop* pada sisi inlet dan outlet *microbubble generator* maka akan diketahui nilai *hydraulic power*.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, terdapat beberapa rumusan masalah pada penelitian ini. Rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana pengaruh debit fluida terhadap *pressure drop* yang dihasilkan.
- b. *Hydraulic power* yang dihasilkan berdasarkan variasi debit fluida.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengetahui pengaruh debit fluida terhadap *pressure drop* yang dihasilkan.
- b. Mengetahui nilai *hydraulic power* berdasarkan parameter *pressure drop* yang dihasilkan dari variasi debit fluida.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh debit air dan udara yang optimal terhadap *parameter pressure drop* dan *hidraulic power* yang dihasilkan *microbubble generator type swirl* sebagai pembangkit gelembung berukuran mikro sehingga dapat digunakan acuan oleh para peneliti untuk memecahkan permasalahan peningkatan kualitas air.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan, terdapat beberapa batasan masalah pada penelitian ini. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Teknologi Aerator yang digunakan adalah Microbubble Generator type swirl.
- b. Menggunakan *nozzle* udara 1,2 milimeter dan jarak *nozzle* udara – outlet 10 milimeter.
- c. Fluida yang digunakan adalah air sebagai fluida cair dan udara sebagai fluida gas pada tekanan 1 atm dan temperatur 25° C.
- d. Debit air yang digunakan 20-80 Lpm dengan interval 20 lpm serta Debit udara 0,2 dan 0,8 Lpm.
- e. Sistem dianggap dalam kondisi *steady* dan tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, serta tidak terjadi perpindahan kalor.
- f. Parameter performayang diukur adalah *hydraulic power* dan *pressure drop*.

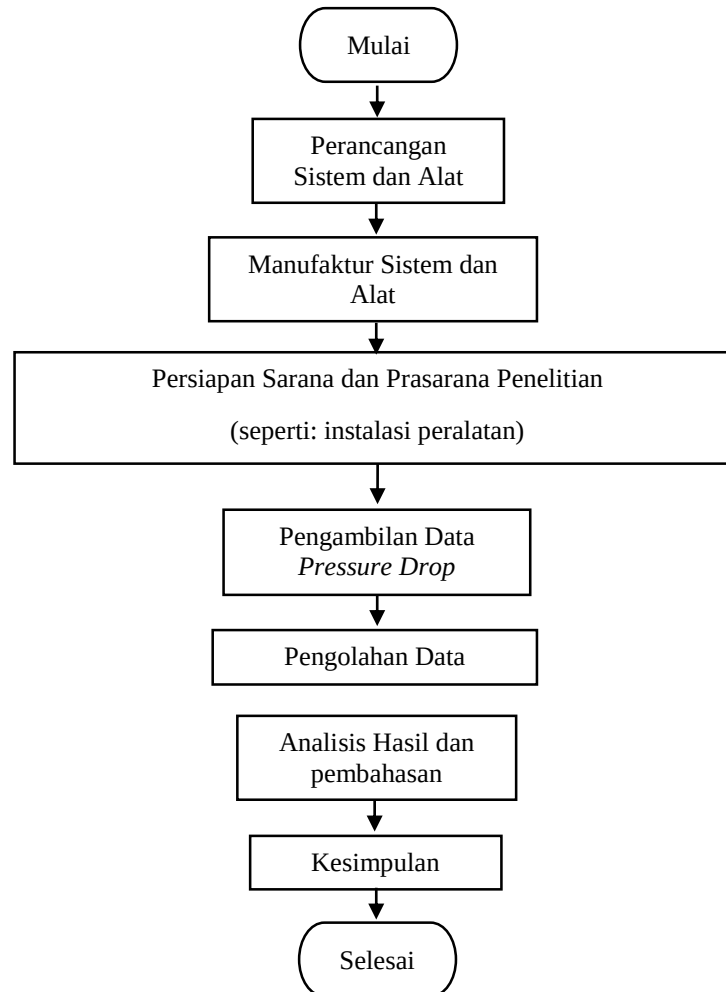
2.METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir penelitian

Diagram alir penelitian ini menggambarkan tahapan yang dilakukan secara sistematis mulai dari persiapan alat dan bahan hingga analisis data. Tahapan diawali dengan studi literatur untuk memperoleh dasar teori terkait pembangkitan microbubble, pengaruh debit air dan udara, serta metode image processing. Selanjutnya dilakukan perancangan dan persiapan alat penghasil gelembung sesuai parameter yang akan diuji.

Proses pengambilan data dilakukan dengan pengambilan data *pressure drop* menggunakan *scada software* pada berbagai variasi debit air dan udara. Data *pressure drop* yang diperoleh akan digunakan sebagai salah satu data yang digunakan untuk menghitung nilai *hydraulic power*.

Tahap akhir meliputi analisis hubungan antara variasi debit air dan udara terhadap nilai *pressure drop* dan *hydraulic power*, penarikan kesimpulan, serta penyusunan laporan penelitian. Diagram alir yang ditampilkan pada subbab ini berfungsi untuk memudahkan pemahaman alur penelitian secara menyeluruh dan memastikan setiap langkah dapat direplikasi pada penelitian selanjutnya. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



2.2 Desain Penelitian

2.2.1 Bahan Penelitian

Fluida cair berupa air, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Massa jenis air (ρ_{air})	: 996 kg/m ³
Viskositas dinamis air (μ_{air})	: 0,001 Kg/m.s
Viskositas kinematis air (ν_{air})	: 1 x 10-6 m ² /s

Fluida Gas berupa udara dengan spesifikasi sebagai berikut :

Massa jenis udara (ρ_{udara})	: 1,163 kg/m ³
Viskositas dinamis udara (μ_{udara})	: 1,86 x 10-5 Kg/m.s
Viskositas kinematis udara (ν_{udara})	: 15,7 x 10-6 m ² /s

2.2.2 Alat

a. Pompa sentrifugal 2 fasa

Satu buah pompa *single stage* dikopelkan dengan motor listrik untuk menyirkulasikan air di dalam akuarium. Motor listrik dipilih karena kelebihanannya, yaitu dimensinya yang *compact* dan handal. Air yang dialirkan oleh pompa kemudian disalurkan menuju *microbubble generator* yang diletakkan di dalam akuarium berukuran 280 cm x 60 cm x 40 cm. Debit air yang digunakan dalam penelitian bervariasi antara 10 – 80 lpm.

Merek	: Yamamax Pro
Model	: DB 401
Debit maksimum	: 267 Liter / Menit
Power	: 1.5 HP
Daya maksimum	: 1100 Watt

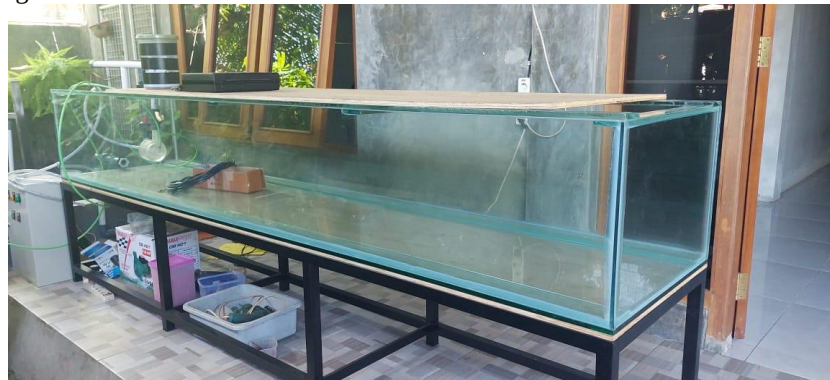


b. Pipa PVC

Sarana untuk mengalirkan fluida cair (air) dalam penelitian ini adalah pipa PVC. Pipa jenis ini dipilih karena sifat tahan terhadap korosi yang baik dan berat yang ringan dibandingkan pipa logam, mudah dalam segmentasi atau pemotongan untuk penyesuaian, dan harganya yang relatif murah. Pada penelitian ini digunakan pipa PVC ukuran 1 inch dan 1¼ inch. Menurut hukum kontinuitas perbedaan diameter penampang pipa berpengaruh terhadap kecepatan aliran air.

c. Akuarium uji

Akuarium merupakan tempat dihasilkannya gelembung udara yang memiliki dimensi 280 cm x 60 cm x 40 cm dan diisi air setinggi 40 cm dari permukaan kolam. Akuarium ini dapat diisi kurang lebih 677 liter fluida. Perangkat *microbubble generator* yang digunakan pada penelitian ini diletakkan pada salah satu bagian akuarium.



d. Ball valve

Ball valve merupakan katup berjenis *ball* yang berguna untuk membuka atau menutup sebuah saluran. Pada penelitian ini digunakan *ball valve* untuk mengatur sirkulasi aliran air pada saat penelitian.

e. *Flowmeter* Air

Flowmeter digunakan sebagai alat pengukur debit cairan yang mengalir ke dalam *microbubble generator*. Jenis *flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- Jenis : LZS-32
- Jangkauan pengukuran : 10 lpm – 100 lpm ($0.6 \text{ m}^3/\text{h} - 6 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Type : Long Tube Short Tube
- Diameter *fitting* ulir : 1 inch
- Material silinder : Glass
- Material *fitting* ulir : PVC
- Material *float* : Plastic shell



f. *Inverter*

Inverter digunakan untuk mengontrol frekuensi listrik yang dialirkan ke pompa sehingga kecepatan putar motor pompa dapat disesuaikan. Kecepatan putar motor pompa mempengaruhi daya isap pompa. Semakin tinggi daya isap pompa, maka semakin tinggi debit cairan yang dialirkan. Spesifikasi inverter ini adalah sebagai berikut.

- Merek : NFLIXIN
- Mfr. Part No : 9600
- Power Rating : 1 Ph
- Phase : 1 Phase
- Supply Voltage : 220 Volt
- Frekuensi rated : 50 hz / 60 hz



g. Selang udara

Penggunaan selang udara pada studi ini digunakan sebagai saluran masuk udara dalam perangkat microbubble generator. Selang udara berfungsi untuk mengalirkan fluida gas (udara) dari lingkugan ke *microbubble generator*. Mekanisme kerja aliran udara ini menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara luar dengan tekanan udara pada *microbubble generator*. Udara akan terhisap masuk menuju *microbubble generator* yang bertekanan lebih rendah dibanding tekanan udara luar.

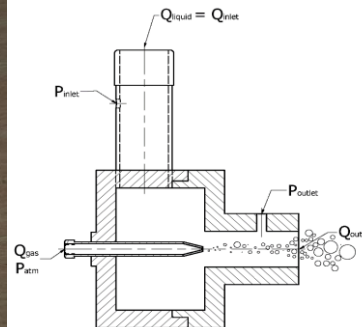
h. *Gas Flowmeter*

Pada penelitian ini menggunakan *gas flowmeter* dalam mengukur dan mengatur debit udara yang dapat diisap masuk oleh *microbubble generator*. *Gas flowmeter* ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- Merek : Sharainn
- Rentang pengukuran : 0.1 – 1.5 lpm
- Material : Acrylic + Plastic + Metal
- Tinggi : 13 cm
- Connection Type : Hose



i. *Microbubble generator*



Alat yang digunakan adalah *microbubble generator* tipe *swirl*. Mekanisme terbentuknya *microbubble* pada outlet *microbubble generator* yaitu air dengan *flow rate* tertentu dipompa melalui pipa PVC masuk melalui inlet *microbubble generator*. Aliran *swirl* terbentuk akibat air bertekanan yang masuk memiliki gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini muncul akibat inlet *microbubble generator* berada 20 mm dari sumbu, sehingga ketika air masuk dan menumbuk sisi dinding menghasilkan momentum. Aliran *swirl* juga menghasilkan tekanan negatif pada pusat *microbubble* dan terjadilah *self suction* akibat tekanan bagian pusat *swirl* lebih rendah dari 1 atmosfer. Oleh karena itu *nozzle* udara diletakkan pada pusat *swirl* sebagai jalur masuknya udara. *Flow rate* udara dan air diatur variasinya pada penelitian ini untuk mengetahui *pressure drop* dan *hydraulic power* yang dihasilkan.

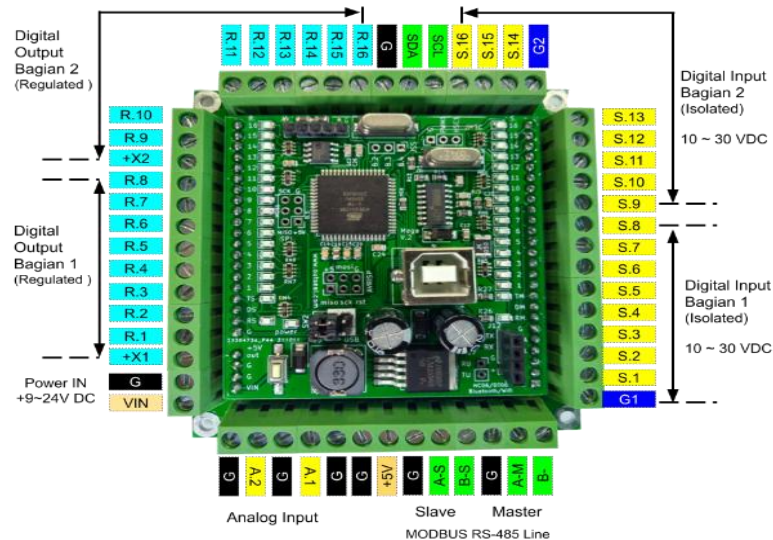
j. *Differential Pressure transmitter*

Untuk mendapatkan data tekanan pada penelitian ini digunakan *Differential Pressure transmitter* Yokogawa dengan type EJA110A. *Differential Pressure transmitter* menghasilkan signal arus 4-20 mA yang dihasilkan dari perbedaan tekanan yang berasal dari tekanan lubang inlet dan outlet yang berada pada *pressure differential transducer*. Data arus yang didapatkan akan dikirim ke PLC untuk mengkonversi menjadi nilai *differential pressure* dengan satuan PSI. Untuk membaca data tekanan dibutuhkan kalibrasi terlebih dahulu agar pembacaan tekanan pada penelitian ini tepat.



k. PLC

Untuk mengubah signal yang dikirim pressure diferential transducer menjadi besaran tekanan dengan satuan PSI yang didapatkan dari sensor tekanan berupa data arus listrik dalam mili ampere. Selain itu digunakan untuk control inverter .Penelitian ini menggunakan PLC brand Outseal dengan Type Mega V.1

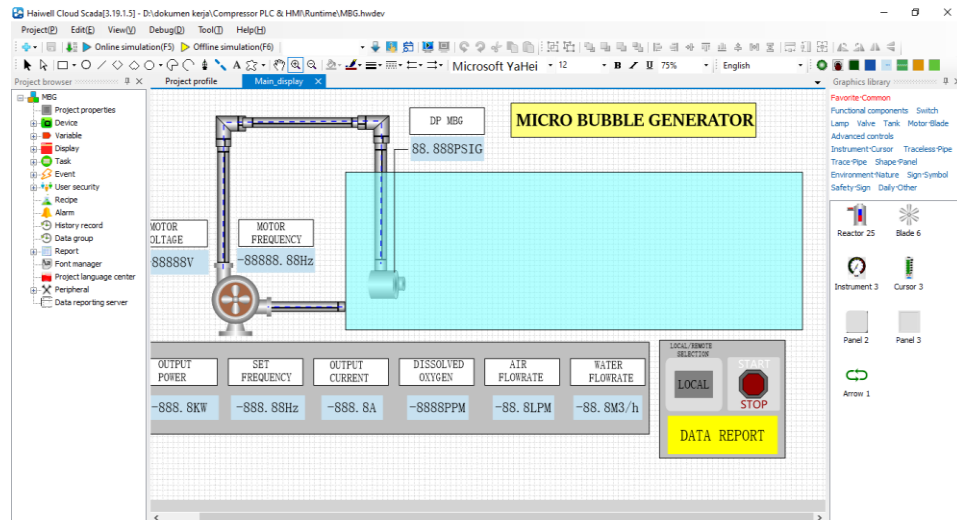


l. Scada Software & Komputer

Scada software digunakan sebagai interface PLC yang berisi tentang pembacaan diferential pressure transmitter dan sistem *start stop* untuk inverter pompa. Selain itu juga digunakan untuk mengakuisisi data parameter dari inverter. Scada Software Menggunakan Haiwell Cloud Scada yang di install pada perangkat laptop Dell Latitude E7250 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Processor : Intel core i7

Ram : 16 GB

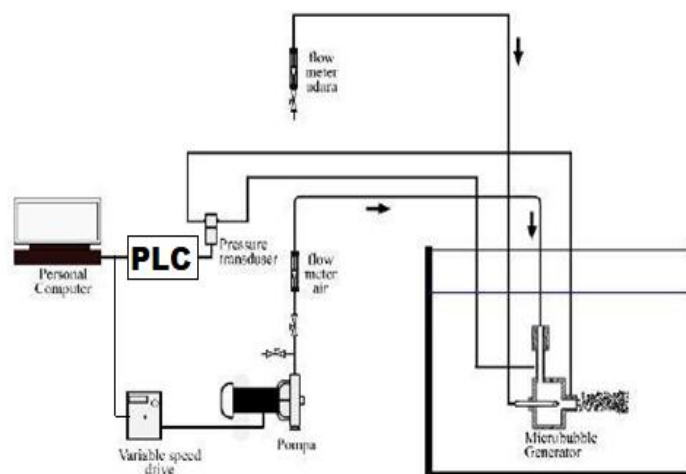


m. Selang air

Penggunaan selang air pada studi ini digunakan sebagai saluran masuk air dari inlet – outlet microbubble generator ke *inlet – outlet pressure transducer*.

n. Instalasi Alat Penelitian

Fluida cair yang digunakan merupakan air bersih, serta fluida gas yang digunakan merupakan udara dengan tekanan 1 atmosfer. Fluida cair disirkulasikan oleh pompa secara tertutup melalui pipa dengan debit cairan yang disesuaikan menggunakan inverter. Udara diisap dengan memanfaatkan aliran *swirl* yang menghasilkan tekanan negatif di dalam *microbubble generator*. Debit aliran udara yang masuk diatur menggunakan *gas flowmeter*. Pressure drop akan yang ditimbulkan MBG akan diukur menggunakan pressure transmitter



2.2.3 Prosedur Penelitian

Unjuk kerja *microbubble generator* berupa *pressure drop* dan *hydraulic power*. Berikut merupakan langkah yang dilakukan dalam pengambilan data tersebut.

- Menghubungkan pompa dengan seluruh alat sirkulasi air yang digunakan pada penelitian.
- Melakukan kalibrasi seluruh instrument pengukuran seperti rotameter flowmeter pada pipa dan *pressure transmitter* yang diletakkan pada instalasi pipa pada saluran *discharge*.
- Mengoperasikan pompa pada debit aliran tertentu yang dapat disesuaikan dengan flowmeter. Pada penelitian ini menggunakan debit Air 20 lpm hingga 80 lpm dengan interval 20 lpm serta debit udara 0,2 dan 0,8 lpm
- Siapkan peralatan penelitian ; akuarium, MBG, *pressure transmitter*, PLC, komputer, pompa, dan sistem sirkulasi air maupun udara.
- Sambungkan sumber arus listrik dengan pompa, komputer, dan alat elektronis lainnya.
- Sambungkan komputer dengan PLC dan inverter untuk pengambilan , data dari *pressure tansducer*
- Capture gambar pada tiap variasi debit air yang sudah ditentukan
- Rapikan dna posisikan kembali peralatan penelitian seperti semula

Dalam penelitian ini dilakukan variasi data pada variable debit udara dan debit air. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan debit air dan debit udara terhadap nilai *pressure drop* yang dihasilkan. Tabel dibawah ini menunjukkan matriks dari variasi debit air dan debit udara yang dilakukan pada penelitian ini.

DP (Psig)		QL (lpm)- (m3/h)			
		20 (1.2)	40(2.4)	60(3.6)	80(4.8)
Qg(lpm)	0.2				
	0.8				

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Presure Drop

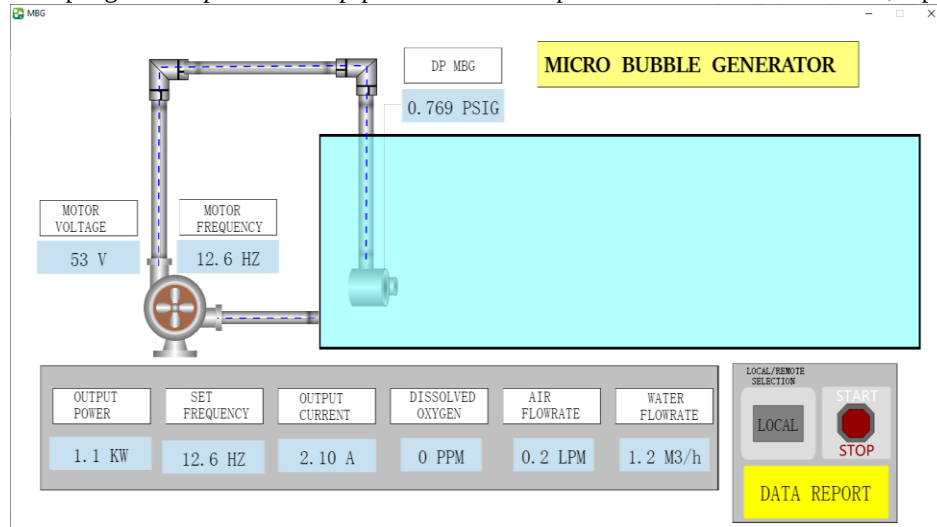
Nilai *pressure drop* diperoleh dari penguramgan nilai pressure inlet dan outlet *microbubble generator*. Pembacaan pada DP sensor berupa aktual DP dari fluida yang diukur dengan satuan Psi, kemudian ditransmissikan ke PLC menggunakan signal analog 4-20 mA yang akan di terima PLC dan akan ditampilkan pada pada SCADA software berupa nilai DP dengan satuan Psi dan komunikasi menggunakan basis *Modbus protocol*.

3.1.1 Hasil pengukuran *pressure drop*

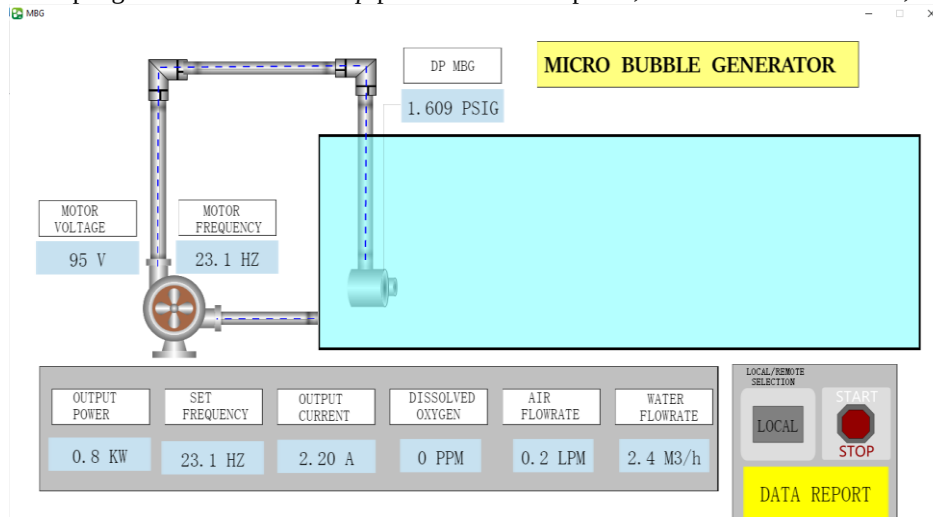
DP (Psig)		QL (lpm)- (m3/h)			
		20 (1.2)	40(2.4)	60(3.6)	80(4.8)
Qg(lpm)	0.2	0.769	1.609	3.062	5.393
	0.8		1.59	3.019	5.302

Pengukuran pressure drop pada flow air 20 lpm/ 1.2 m³/h dan flow udara 0,8 lpm belum menunjukkan nilai *pressure drop*.

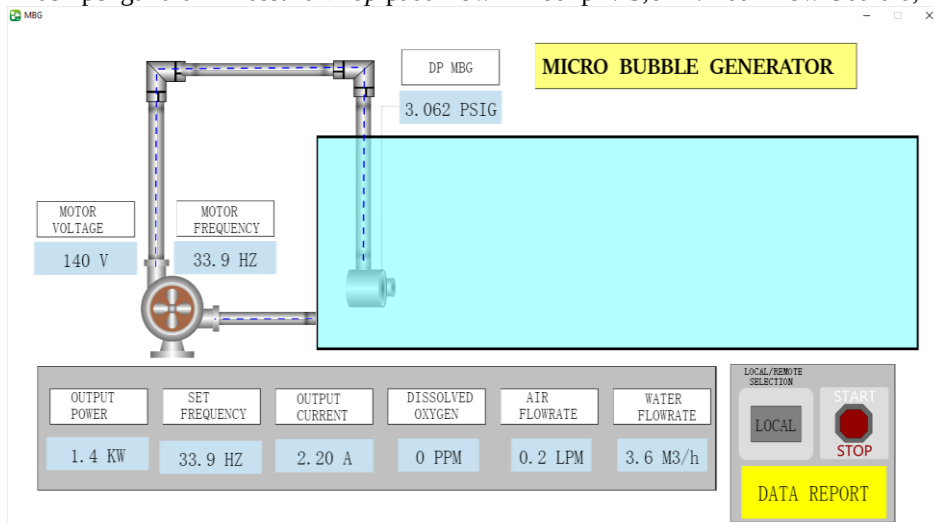
- a. Hasil pengukuran *pressure drop* pada flow Air 20 lpm/ 1.2 m³/h dan flow Udara 0,2 lpm



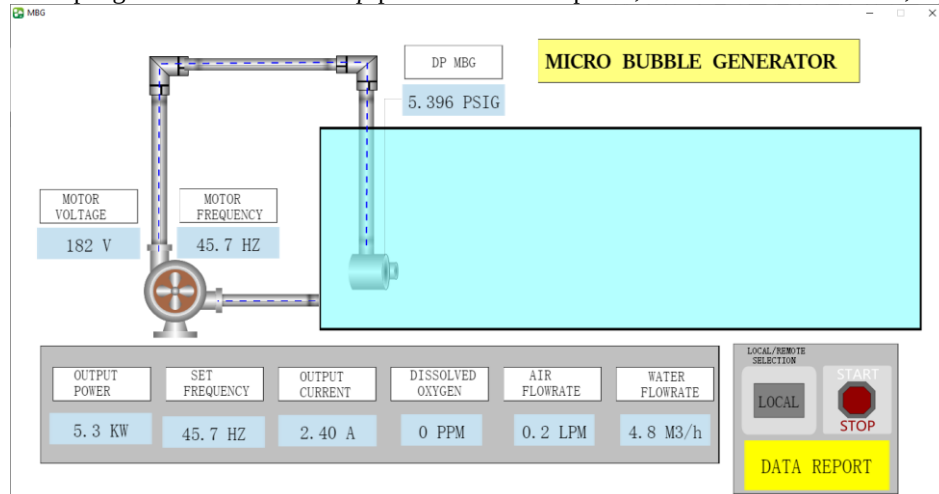
- b. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 40 lpm/ 2,4 m³/h dan flow Udara 0,2 lpm



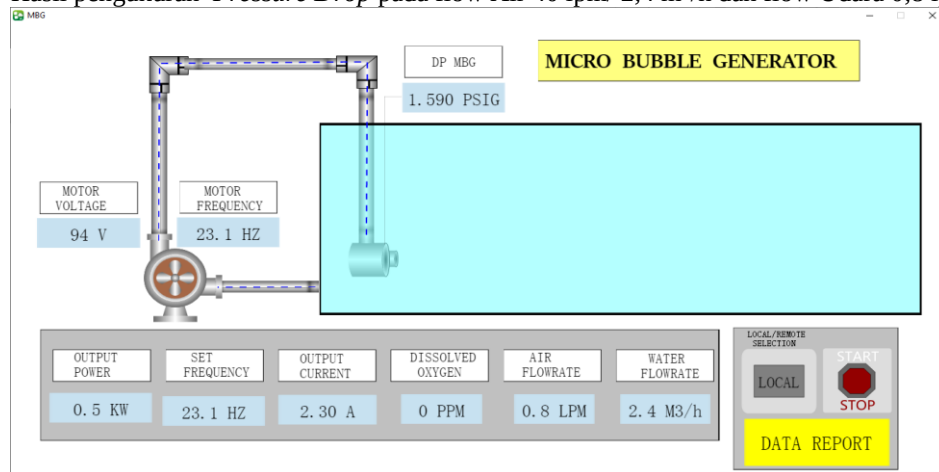
- c. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 60 lpm/ 3,6 m³/h dan flow Udara 0,2 lpm



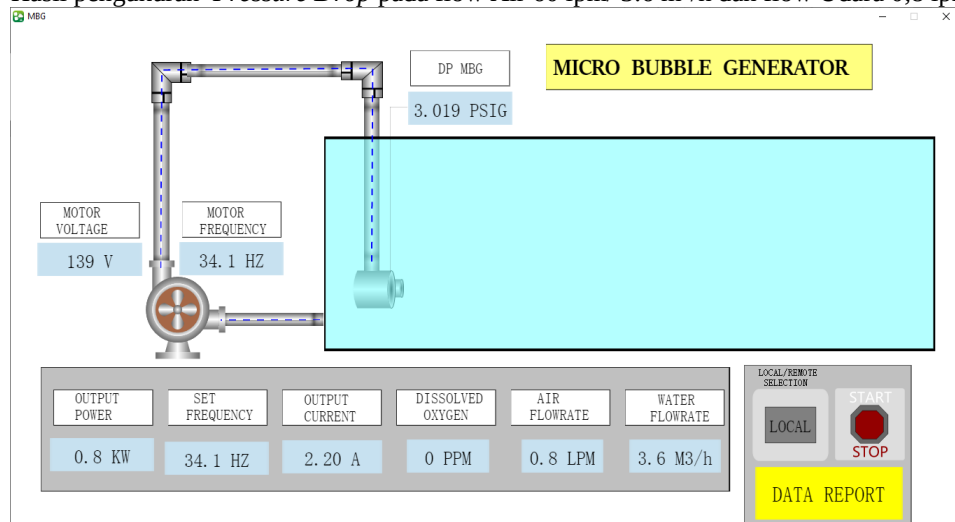
- d. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 80 lpm/ 4,8 m³/h dan flow Udara 0,2 lpm



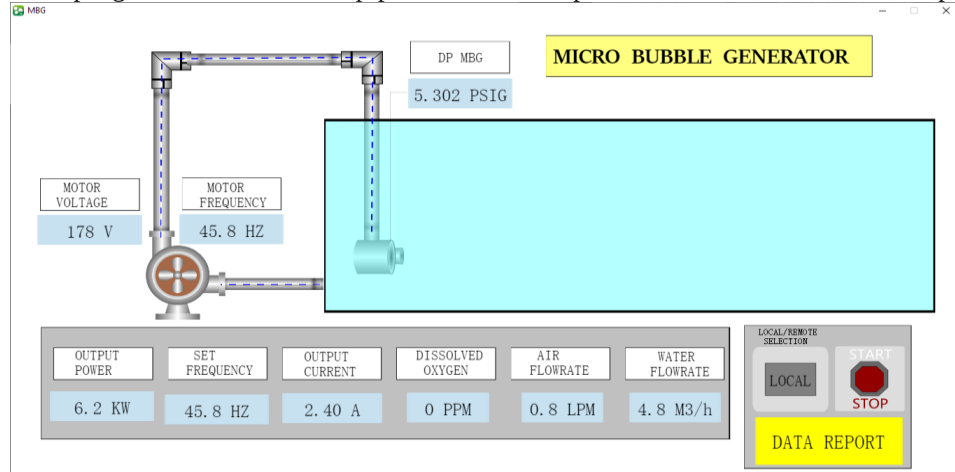
- e. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 40 lpm/ 2,4 m³/h dan flow Udara 0,8 lpm



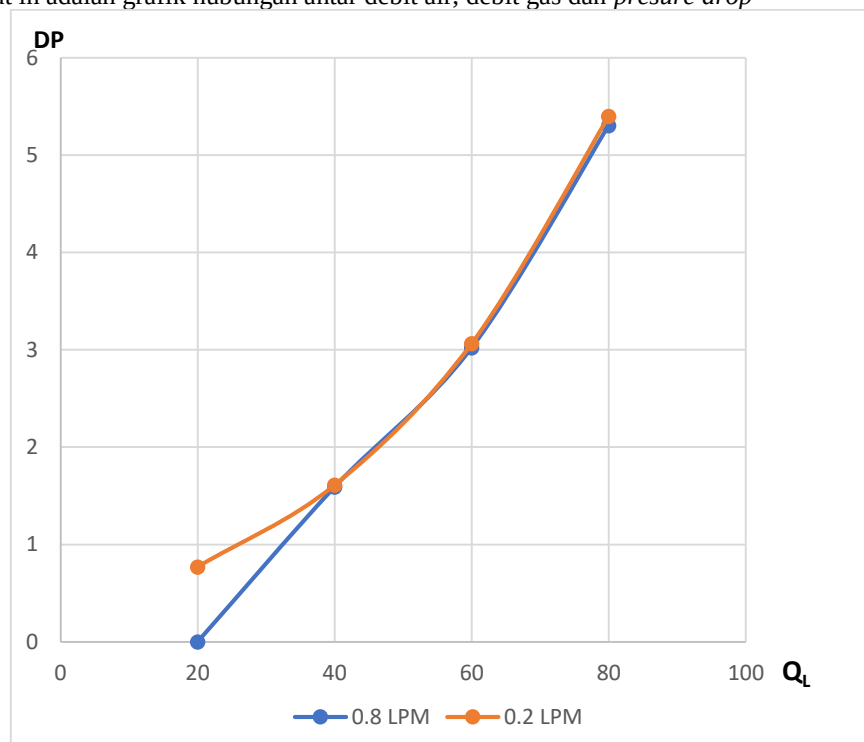
- f. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 60 lpm/ 3.6 m³/h dan flow Udara 0,8 lpm



- g. Hasil pengukuran *Pressure Drop* pada flow Air 80 lpm/ 4.8 m³/h dan flow Udara 0,8 lpm



Berikut in adalah grafik hubungan antar debit air, debit gas dan *pressure drop*



3.1.1 Dari hasil percobaan pengukuran *pressure drop* yang dilakukan berdasarkan prinsip dasar yang terlibat

- a. Debit air (Q_l):

Peningkatan debit air meningkatkan ΔP secara kuat karena tekanan diferensial berasal dari gesekan dan percepatan fluida cair di dalam ruang swirl dan nozel seperti persamaan dari Bernouli sebagai berikut

$$\Delta P \approx K \cdot \rho_l \cdot \left(\frac{Q_l}{A} \right)^2$$

- ΔP : differential pressure (Pa atau bar)
K : konstanta kehilangan tekanan (tergantung desain swirl, diameter, dll)
 ρ_l : densitas fluida cair (kg/m³)
Q_l : kecepatan aliran cairan (m³/s)
A : Luas Penampang

b. Debit gas (Q_g):

Peningkatan debit gas hanya sedikit memengaruhi ΔP total, karena gas bersifat sangat kompresibel dan massanya jauh lebih kecil dibanding air seperti persamaan 4.2 dari Bernoulli.

$$\Delta P = k_l \cdot Q_l^2 \cdot \left(1 + \alpha \frac{Q_g}{Q_l}\right) + k_m \cdot Q_g^{1.2} \quad (4.2)$$

- *Term* pertama dominan: ΔP ditentukan hampir seluruhnya oleh debit cairan.
- *Term* koreksi $\alpha (Q_g/Q_l)$: memperhitungkan efek gesekan tambahan akibat campuran dua fase.
- *Term* kecil $k_m Q_g^{1.2}$: bisa muncul bila injeksi gas menambah kerugian tekanan sendiri.

3.2 Hydraulic Power

Nilai hydraulic power merupakan hal yang penting dalam menentukan pompa sirkulasi yang digunakan untuk microbubble generator, dimana semakin kecil nilai hydraulic power maka akan semakin baik. Persamaan 2.5 berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan.

$$L_w = (P_1 - P_2)(Q_L + Q_G)$$

Atau

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

- L_w : Hydraulic power (Watt)
 P_1 : Tekanan inlet air (Pa)
 P_2 : Tekanan outlet microbubble (Pa)
 Q_L : Laju aliran air (m^3/s)
 Q_G : Laju aliran udara (m^3/s)
 Dp : Differential Pressure $P_1 - P_2$ (Pa)

4.1.2. Hasil perhitungan hydraulic power

Data pengambilan data pada nilai Pressure Drop (DP) atau Differential Pressure menggunakan satuan Psig sedangkan untuk perhitungan hydraulic power menggunakan satuan Pascal (Pa) dan untuk debit fluida menggunakan satuan m^3/s maka dilakukan konversi sebagai berikut:

DP (Psig)		QL (lpm)- (m3/h)			
		20 (1,2)	40(2,4)	60(3,6)	80(4,8)
Qg(lpm)	0,2	0,769	1,609	3,062	5,393
	0,8		1,59	3,019	5,302

DP (Pa)		QL(m^3/s)			
		0,0003333	0,0006667	0,001	0,0013333
Qg(m^3/s)	0,0000033	5.302,06	11.093,66	21.000,74	37.183,42
	0,0000133	0	10.962,66	20.815,27	36.556

Hasil Perhitungan hydraulic power maka diperoleh nilai berikut:

- a. Perhitungan pada QL 20 lpm dan Qg 0,2 Lpm mendapatkan nilai DP 0,769 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 5.302,06 \times (0,0003333 + 0,0000033)$$

$$L_w = 1,784 \text{ Watt}$$
- b. Perhitungan pada QL 40 lpm dan Qg 0,2 Lpm mendapatkan nilai DP 1,609 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 11.093,66 \times (0,0006667 + 0,0000033)$$

$$L_w = 7,432 \text{ Watt}$$
- c. Perhitungan pada QL 60 lpm dan Qg 0,2 Lpm mendapatkan nilai DP 3,062 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 21.000,74 \times (0,001 + 0,0000033)$$

$$L_w = 21,070 \text{ Watt}$$

- d. Perhitungan pada Q_L 80 lpm dan Q_g 0,2 Lpm mendapatkan nilai DP 5,393 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 37.183,42 \times (0,0013333 + 0,0000033)$$

$$L_w = 49,699 \text{ Watt}$$

- e. Perhitungan pada Q_L 40 lpm dan Q_g 0,8 Lpm mendapatkan nilai DP 1,59 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 10.962,66 \times (0,0006667 + 0,0000133)$$

$$L_w = 7,457 \text{ Watt}$$

- f. Perhitungan pada Q_L 60 lpm dan Q_g 0,8 Lpm mendapatkan nilai DP 3,019 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 20.815,27 \times (0,001 + 0,0000133)$$

$$L_w = 21,092 \text{ Watt}$$

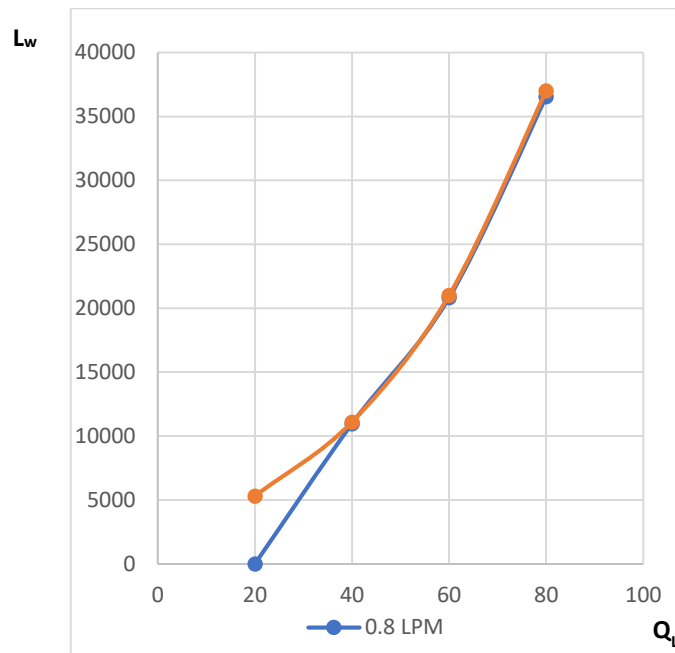
- g. Perhitungan pada Q_L 80 lpm dan Q_g 0,8 Lpm mendapatkan nilai DP 5,302 Psig

$$L_w = (Dp)(Q_L + Q_G)$$

$$L_w = 36.556 \times (0,0013333 + 0,0000133)$$

$$L_w = 49,227 \text{ Watt}$$

Berikut ini adalah grafik hubungan antar debit air, debit gas dan Hydraulic Power



4.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Studi Eksperimental Pengaruh Aliran *Swirl* Terhadap Karakteristik *Microbubble Generator* Tipe *Nozzle* Gas 1,2 Milimeter Dengan Jarak 10 Milimeter Terhadap *Outlet*, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan debit air yang sama dan debit udara semakin besar akan menghasilkan pressure drop lebih kecil maka dari itu akan diperoleh nilai hydraulic power berbanding terbalik dengan kenaikan debit udara.
- Dengan debit udara yang sama dan debit air semakin besar akan menghasilkan pressure drop lebih besar maka dari itu akan diperoleh nilai hydraulic power berbanding lurus dengan kenaikan debit air

5.SARAN

Untuk perkembangan penelitian, penulis memberikan beberapa saran berikut:

- a. Flow meter air maupun udara yang digunakan menggunakan flow meter elektronik dan mempunyai signal output sehingga bisa masuk ke sistem PLC dan sistem scada
- b. Gunakan semua alat ukur yang mempunyai akurasi tinggi agar didapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam, H. S. (2018). Design and Performance of Swirl Flow Microbubble Generator. *International Journal of Engineering & Technology*, 66.
- [2] Lecofree, Y. D. (1985). Micro-bubble Injector.
- [3] Lyklema, J. (2000). Fundamentals of Interface and Colloid Science: Volume 1 (Fundamentals). Academic Press, UK.
- [4] M. Han, S. D. (1998). Zeta potential measurement of bubbles in DAF process and its effect on the removal efficiency. *KSCE Journal of Civil Engineering* 2, 446–461.
- [5] Marui, T. (2013). Systemetics, Cybernetics, and Informatics, 68.
- [6] Oguzhan Gunduz, Z. A. (2012). Continuous Generation of Ethyl Cellulose Drug Delivery. Electronic supplementary material.
- [7] Parmar, R. (2013). Microbubble generation and microbubble-aided transport process intensification—A state-of-the-art report. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*.
- [8] Poppel, H. (1974). Aeration and Gas Transfer.
- [9] Rosariawari, F. (2018). Peningkatan Efektivitas Aerasi dengan Menggunakan Microbubble Generator (MBG).
- [10] Sadatomi, M. K. (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] Salmin. (2000). Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. P3O-LIPI, 42-46.
- [12] Srithongouthai, S. (2006). Control of dissolved oxygen levels of water in net pens for fish farming by a microscopic bubble generating system. *Fisheries Science*, 485-493.
- [13] Tabei, K. H. (2007). Study of Micro Bubble Generation by a Swirl Jet . *Journal of Environment and Engineering*, 172 – 182.
- [14] Takahashi, M. (2005). Potential of Microbubbles in Aqueous Solutions: Electrical Properties of the Gas-Water Interface.
- [15] Temesgen, T. (2017). Micro and nanobubble technologies as a new horizon for water-treatment. *Advances in Colloid and Interface Science*, 42.
- [15] Yoon, R.-H. A. (1991). Process and Apparatus for Separating Fine Particle by Micro-bubble Floatation Together with a Process and Apparatus for Generation of Microbubble.