

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR NOTASI	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Microbubble generator yang dikembangkan oleh Lecoffre dkk.	7
2.2 Microbubble generator yang dikembangkan oleh Yoon dkk.	7
2.3 Microbubble generator yang dikembangkan oleh Sadatomi dkk.	9
2.4 Studi Microbubble Generator yang Dikembangkan Fadlurahman dkk.	12

2.5	Studi Microbubble Generator untuk Keperluan Aquaculture yang Dikembangkan Hiroaki dkk.	13
2.6	Studi Microbubble Generator yang untuk Keperluan Aquaculture Dikembangkan Nabil dkk.	18
BAB III DASAR TEORI		22
3.1	Pengertian Microbubble	22
3.2	Karakteristik Microbubbles	22
3.3	Perpindahan Massa Gas Bubble Pada Cairan	25
3.4	Microbubble Generator	26
3.5	Dissolved Oxygen (DO)	28
3.6	Chemical Oxygen Demand (COD)	30
3.7	Ikan Nila (<i>Oreochromis Niloticus</i>)	31
3.8	Teori Dasar Mekanika Fluida	32
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		38
4.1	Tempat Penelitian	38
4.2	Bahan Penelitian	38
4.3	Desain Instalasi Microbubble Generator	39
4.4	Skema Alat Uji Penelitian	39
4.5	Peralatan Penelitian	40
4.5.1	Sirkulasi Fluida Cair (Air)	40
4.5.2	Sirkulasi Fluida Gas (Udara)	49
4.5.3	Kelistrikan	51
4.5.4	Alat Uji	52
4.6	Prosedur Pengambilan dan Pengolahan Data	54
4.6.1	Nilai Dissolved Oxygen (DO) dan Chemical Oxygen Demand (COD) Menggunakan Beberapa Variasi Jumlah Pompa dan MBG yang Dioperasikan	55

4.6.2	Pengambilan Data Visualisasi Laju Pertumbuhan Ikan Nila (Oreochromis Niloticus)	63
4.6.3	Kalibrasi Daya Pompa dengan Pengukuran Arus Listrik Aktual dan Tegangan Aktual.	63
4.7	Alur Penelitian	64
BAB V PEMBAHASAN		65
5.1	Analisis Penentuan Nilai Debit Air (QL), Debit Gas (QG), dan Parameter Teruji (DO, COD dan Energi Listrik)	65
5.2	Analisis Persebaran Dissolved Oxygen (DO) Pada Operasi 1 Pompa.	69
5.3	Analisis Persebaran Dissolved Oxygen Pada Operasi 2 Pompa	76
5.4	Analisis Persebaran Dissolved Oxygen Pada Operasi 3 Pompa	83
5.5	Analisis Persebaran Dissolved Oxygen Pada Operasi 4 Pompa	90
5.6	Analisis Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam Dengan Variasi Jumlah Pompa	97
5.6.1	Analisis Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam Dengan Pengoperasian 1 Pompa	97
5.6.2	Analisis Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam Dengan Pengoperasian 2 Pompa	99
5.6.3	Analisis Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam Dengan Pengoperasian 3 Pompa	101
5.6.4	Analisis Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam Dengan Pengoperasian 4 Pompa	103
5.7	Analisis Perbandingan Jumlah Pompa Beroperasi Terhadap Rata-Rata Nilai DO Pada Setiap Kolam	104
5.7.1	Analisis Perbandingan Jumlah Pompa Beroperasi Terhadap Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam MBG 1	105
5.7.2	Analisis Perbandingan Jumlah Pompa Beroperasi Terhadap Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam MBG 1	106
5.8	Analisis Perbandingan Nilai COD Pada Setiap Kolam	108

5.9 Analisis Konsumsi Energi Terhadap Penggunaan Microbubble Generator Pada Nilai Dissolved Oxygen yang Dihasilkan	110
BAB VI PENUTUP	112
6.1 Kesimpulan	112
6.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	114
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Porous Microbubble Generator (Yoon dkk., 1991)	8
Gambar 2.2	High Shear Microbubble Generation (Yoon dkk., 1991)	8
Gambar 2.3	Inline Microbubble Generator (Yoon dkk., 1991)	9
Gambar 2.4	Spherical Body Microbubble Generator (Sadatomi dkk.,2005)	10
Gambar 2.5	Bubble Jet Type Air Lift Pump dan alat ujinya (Sadatomi dkk., 2006)	11
Gambar 2.6	Multi Fluid Mixer Microbubble Generator (Sadatomi dkk.,2009)	11
Gambar 2.7	Skema Uji Bubbling Method (Fadlurahman dkk., 2013)	12
Gambar 2.8	Dissolved Oxygen Terhadap Waktu Pada Microbubble Generator yang Berbeda (Fadlurahman dkk., 2013)	13
Gambar 2.9	Peta Percobaan Hiroaki dkk. (Hiroaki dkk., 2007)	14
Gambar 2.10	DO Chart Hiroaki dkk. (Hiroaki dkk., 2007)	16
Gambar 2.11	Fish growth Chart Hiroaki dkk. (Hiroaki dkk., 2007)	17
Gambar 2.12	Titik Pengambilan Sampel Nabil dkk. (Nabil dkk., 2016)	18
Gambar 2.13	DO Chart Nabil dkk. (Nabil dkk., 2016)	19
Gambar 2.14	COD Chart Nabil dkk. (Nabil dkk., 2016)	20
Gambar 2.15	Fish growth (Length & Weight) Chart Nabil dkk. (Nabil dkk., 2016)	21
Gambar 3.1	Rise Velocity Sebagai Fungsi Jari-jari Gelembung (Li. P., 2006)	24
Gambar 3.2	Skema proses transfer massa gas dalam bubble ke cairan. (Khuntia dkk, 2013)	25
Gambar 3.3	Dissolved Oxygen Sebagai Fungsi Temperatur (US EPA)	29
Gambar 3.4	Ikan Nila (Oreochromis Niloticus)	31
Gambar 3.5	Jenis-Jenis Inlet Pada Pipa (Lee. R.R., 1999)	36
Gambar 4.1	Desain Instalasi Microbubble Generator	39

Gambar 4.2	Skema Konfigurasi Microbubble Generator	40
Gambar 4.3	Skema Konfigurasi Microbubble Generator di Kolam Ikan Nila	40
Gambar 4.4	Spesifikasi Pompa Submersible Merk York	45
Gambar 4.5	Pipa PVC	46
Gambar 4.6	Kolam Penelitian	47
Gambar 4.7	Flowmeter Air	47
Gambar 4.8	Tee	48
Gambar 4.9	elbow 90o	48
Gambar 4.10	Reducer 1.5 inci x 3/4 inci	48
Gambar 4.11	Drat Ulir dalam	49
Gambar 4.12	Watermoor 1,5 inci	49
Gambar 4.13	Selang Transparan	50
Gambar 4.14	Flowmeter Udara	50
Gambar 4.15	Meteran Listrik	51
Gambar 4.16	Timer	52
Gambar 4.17	Drawing Casing MBG	52
Gambar 4.18	Skema Konfigurasi Dilengkapi Arah Tembak MBG	53
Gambar 4.19	DO Meter	54
Gambar 4.20	Clamp Meter	54
Gambar 4.21	Skema Pengoperasian 1 Pompa	56
Gambar 4.22	Skema Pengoperasian 2 Pompa	57
Gambar 4.23	Skema Pengoperasian 3 Pompa	59
Gambar 4.24	Skema Pengoperasian 4 Pompa	60
Gambar 4.25	Botol Sampling COD	62
Gambar 4.26	Diagram Metodologi Penelitian	64
Gambar 5.1	Skema Pengukuran Debit	65

Gambar 5.2	Skema Pengukuran Debit Gas	66
Gambar 5.3	Skema Pengoperasian Pompa dan Microbubble Generator	68
Gambar 5.4	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 1 Pompa Pagi Hari	71
Gambar 5.5	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 1 Pompa Pagi Hari	71
Gambar 5.6	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 1 Pompa Pagi Hari	72
Gambar 5.7	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 1 Pompa Siang Hari	74
Gambar 5.8	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 1 Pompa Siang Hari	75
Gambar 5.9	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 1 Pompa Siang Hari	75
Gambar 5.10	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 2 Pompa Pagi Hari	78
Gambar 5.11	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 2 Pompa Pagi Hari	78
Gambar 5.12	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 2 Pompa Pagi Hari	79
Gambar 5.13	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 2 Pompa Siang Hari	81
Gambar 5.14	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 2 Pompa Siang Hari	82
Gambar 5.15	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 2 Pompa Siang Hari	82

Gambar 5.16	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 3 Pompa Pagi Hari	85
Gambar 5.17	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 3 Pompa Pagi Hari	85
Gambar 5.18	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 3 Pompa Pagi Hari	86
Gambar 5.19	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 3 Pompa Siang Hari	88
Gambar 5.20	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 3 Pompa Siang Hari	88
Gambar 5.21	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 3 Pompa Siang Hari	89
Gambar 5.22	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 4 Pompa Pagi Hari	91
Gambar 5.23	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 4 Pompa Pagi Hari	92
Gambar 5.24	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 4 Pompa Pagi Hari	92
Gambar 5.25	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 1 Operasi 4 Pompa Siang Hari	95
Gambar 5.26	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam MBG 2 Operasi 4 Pompa Siang Hari	95
Gambar 5.27	Persebaran dan Rata-Rata DO di Tiap Titik Kolam Kontrol Operasi 4 Pompa Siang Hari	96
Gambar 5.28	Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam Dengan Pengoperasian Pompa	

Gambar 5.29	Coverage MBG Ditinjau Dari Permukaan Kolam	100
Gambar 5.30	Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam Dengan Pengoperasian 2 Pompa	101
Gambar 5.31	Penampakan Gelembung Mikro Dari Permukaan Kolam	102
Gambar 5.32	Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam Dengan Pengoperasian 3 Pompa	103
Gambar 5.33	Perbandingan Rata-Rata Nilai DO Pada Kolam Dengan Pengoperasian 4 Pompa	104
Gambar 5.34	Perbandingan Jumlah Pompa Terhadap Rata-Rata DO Pada Kolam MBG 1	106
Gambar 5.31	Perbandingan Jumlah Pompa Terhadap Rata-Rata DO Pada Kolam MBG 2	108
Gambar 5.32	Perbandingan Nilai COD Pada Setiap Kolam	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe Microbubble Generator yang Diuji Fadlurahman dkk (2013).	12
Tabel 3.1	Dissolved Oxygen Maksimum Pada Variasi Temperatur (US EPA)	28
Tabel 3.2	Dissolved Oxygen Pada Ikan Air Tawar (www.viternaplus.com)	30
Tabel 3.3	Harga koefisien KL (Lee. R. R., 1999)	35
Tabel 3.4	Harga Koefisien KL Fitting Reducer (Lee. R.R., 1999)	36
Tabel 5.1	Konsumsi Energi pada penggunaan Microbubble Generator Pada	110
Tabel 5.2	Konsumsi Energi pada penggunaan Microbubble Generator Pada Kolam 2	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 1 Pompa Pagi Hari	117
Lampiran 2	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 1 Pompa Siang Hari	118
Lampiran 3	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 2 Pompa Pagi Hari	119
Lampiran 4	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 2 Pompa Siang Hari	120
Lampiran 5	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 3 Pompa Pagi Hari	121
Lampiran 6	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 3 Pompa Siang Hari	122
Lampiran 7	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 4 Pompa Pagi Hari	123
Lampiran 8	Data Nilai DO Pada Masing-Masing Kolam Dengan Pengoperasian 4 Pompa Siang Hari	124
Lampiran 9	Data COD Pada Masing-Masing Kolam	125
Lampiran 10	Konsumsi Energi Kolam 1 Pada Pagi Hari	126
Lampiran 11	Konsumsi Energi Kolam 2 Pada Pagi Hari	127
Lampiran 12	Konsumsi Energi Kolam 1 Pada Siang Hari	128
Lampiran 13	Konsumsi Energi Kolam 2 Pada Siang Hari	129
Lampiran 14	Moody Diagram	130

DAFTAR NOTASI

Latin Letters

μ	: Viskositas dinamik fluida (N.s/m ² , Pa.s)
A	: Luas penampang (m ²)
a	: <i>Specific interfacial area</i> (m ⁻¹)
D	: Diameter pipa
Db,32	: <i>Outer mean bubble diameter</i> (m)
DO	: Nilai kadar <i>Dissolved Oxygen</i> (mg/L)
F	: Koefisien gesekan
g	: Percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s ²)
h	: <i>Head</i> (m, ft)
hL – major	: <i>major losses</i> (m)
hL – minor	: <i>Head loss Minor</i> (m)
KL	: Koefisien rugi
L	: Panjang pipa (m)
MBG	: <i>Microbubble Generator</i>
n	: Jumlah <i>Fitting</i>
p	: Tekanan (atm, Pa, PSI)
P1	: Tekanan pada titik awal sistem perpipaan pompa (m)
P2	: Tekanan pada titik akhir sistem perpipaan kolam (m)
QG	: Debit udara (m ³ /jam, U.S.G/M)
QL	: Debit air (m ³ / jam, U.S.G/M)
Re	: <i>Reynolds number</i>
Ub	: Angka kecepatan terminal (m/s)
V	: Kecepatan aliran fluida (m/s)
Z1	: Ketinggian pada bagian <i>suction</i> (m)
Z2	: Ketinggian pada titik tertinggi (m)

Greek Letters

Δz	: <i>Head loss elevation</i> (m)
ΔP	: <i>Head potensial</i> (m)
ϵ	: Kekasaran relatif dari pipa (mm)
ϵG	: <i>Gas holdup</i>
ν	: Viskositas Kinematis (m ² /s, cST)
ρ	: Nilai densitas / massa jenis fluida (kg/m ³)
σ	: Nilai tegangan permukaan dari gelembung (N/m)