



UNIVERSITAS INDONESIA

*Microbuble Generator untuk Aerator STP*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Ardiyanto Budi S

0606077674

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN  
DEPOK  
DESEMBER 2010

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

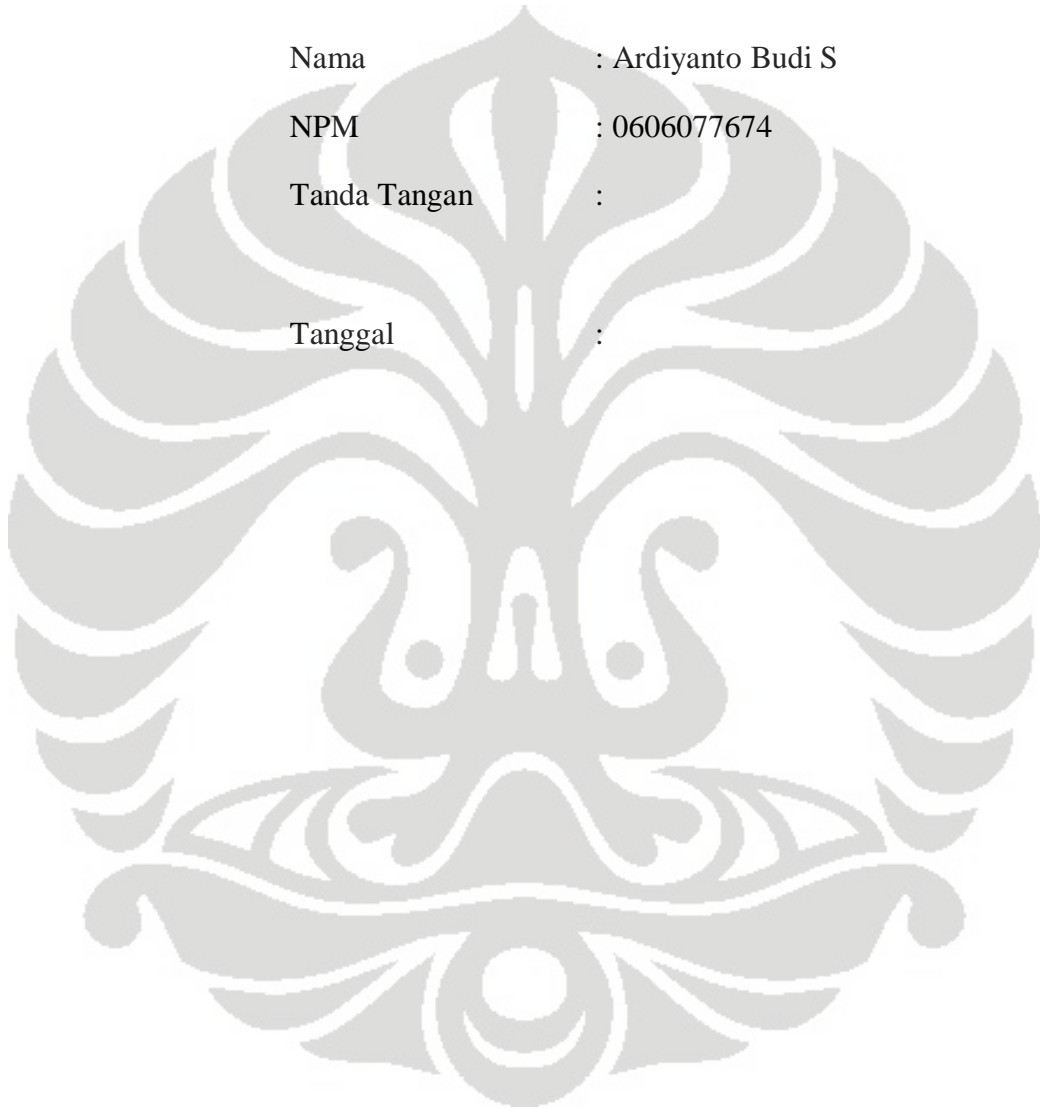
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ardiyanto Budi S

NPM : 0606077674

Tanda Tangan :

Tanggal :







## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ardiyanto Budi Santoso  
NPM : 06 06 07 7674  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : *Microbubble* Generator untuk *Aerator* STP

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Hadi Tresno Wibowo (  )  
Penguji : Ir. Sunaryo, Ph.D (  )  
Penguji : Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng (  )  
Penguji : Ir. Mukti Wibowo (  )

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Hadi Tresno Wibowo selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. M. A. Talahatu, M.T, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Sc, M. Eng, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen pada program studi Teknik Perkapalan yang telah membimbing selama kuliah di Program Studi Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
3. Orang tua, kakak dan adik yang telah memberikan dukungannya sehingga skripsi ini terselesaikan.
4. Eldwin Dipta Widyasa yang telah membantu penulis dalam proses fabrikasi bahan baku alat.
5. Para sahabat, teman dekat dan pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010

Ardiyanto Budi S

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang beretanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardiyanto Budi S

NPM : 0606077674

Program Studi : Teknik Perkapalan

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

*Microbuble Generator untuk Aerator STP*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal :

Yang menyatakan

Ardiyanto Budi S

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	i
PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRAC .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sitematika Penilisa .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengolahan Limbah.....	6
2.2 Dasar Teori Microbubble Generator . .....	8
<b>BAB III RANCANGAN ALAT</b>	
3.1 Bagian-Bagian Alat.....	13
3.2 Detail Rancangan Alat.....	15
3.3 Cara Kerja Alat.....	20
<b>BAB IV METODE PENGAMBILAN DATA DAN ANALISA</b>	
4.1 Pengambilan Data .....	22
4.2 Pengolahan Data .....	24

4.3 Analisa Alat dan Data Sampel.....	25
---------------------------------------	----

BAB V KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN .....	27
----------------------	----

5.2 SARAN .....	27
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA .....	28
----------------------	----

DAFTAR LAMPIRAN



## Abstrak

Permasalahan yang cukup penting dalam industri apartemen adalah masalah limbah yang dihasilkan. Salah satunya adalah limbah cair, dengan jumlah apartemen yang ada bisa dipastikan jumlah limbah cair akan sangat banyak dan bisa merusak lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Teknologi pengolah limbah cair yang telah digunakan untuk mengolah limbah cair apartemen adalah *Rotating Biological Contactor* dan *Submerged Aerated Filter*. Meskipun kedua alat yang telah digunakan tersebut tetap terus digunakan namun alat-alat tersebut masih terdapat kelemahan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat alternatif untuk mengolah limbah cair. Alat ini merupakan pengembangan dari alat *Submerged Aerated Filter* namun yang membedakan pada alat ini menggunakan *microbubble generator* sebagai sumber penghasil gelembung udara. Prinsip kerja alat ini dengan memanfaatkan *Microbubble Generator*. *Microbubble Generator* yang digunakan adalah *Spherical Body*, menggunakan sebuah bola di dalam pipa. Fluida yang mengalir melewati bola akan mengalami perubahan kecepatan dan tekanan yang ada di sekitar bola turun, maka udara yang ada di luar akan masuk ke dalam pipa karena perbedaan tekanan. Lalu karena aliran fluida di daerah turbulen maka udara yang tersedot akan terpecah sehingga muncul *bubble* (gelembung udara).

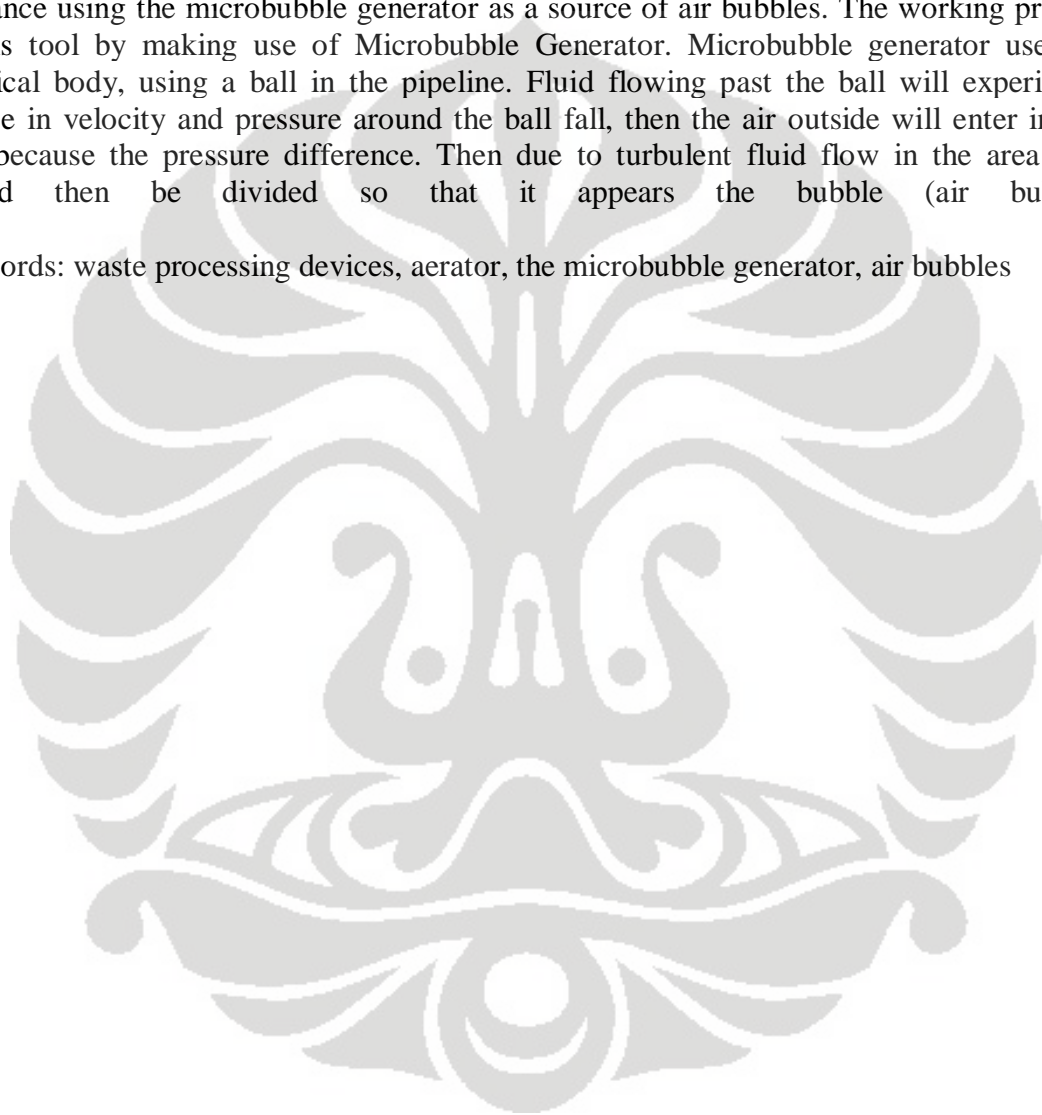
Kata kunci : alat pengolah limbah, aerator, microbubble generator, gelembung udara



## Abstract

The problem that is quite important in the apartment industry is the problem of waste generated. One is the liquid waste, with the number of existing apartments could be ascertained the amount of liquid waste will be substantial and could damage the environment if not properly processed. Liquid waste processing technology that has been used for treating wastewater is the Rotating Biological Contactor apartment and Submerged Aerated Filter. Although both tools have been used are still in continuous use but these tools still have a weakness. The purpose of this research is to create an alternative tool for treating wastewater. This tool is a development of Submerged Aerated Filter tool, but what distinguishes the appliance using the microbubble generator as a source of air bubbles. The working principle of this tool by making use of Microbubble Generator. Microbubble generator used was spherical body, using a ball in the pipeline. Fluid flowing past the ball will experience a change in velocity and pressure around the ball fall, then the air outside will enter into the pipe because the pressure difference. Then due to turbulent fluid flow in the area of air sucked then be divided so that it appears the bubble (air bubbles).

Keywords: waste processing devices, aerator, the microbubble generator, air bubbles



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

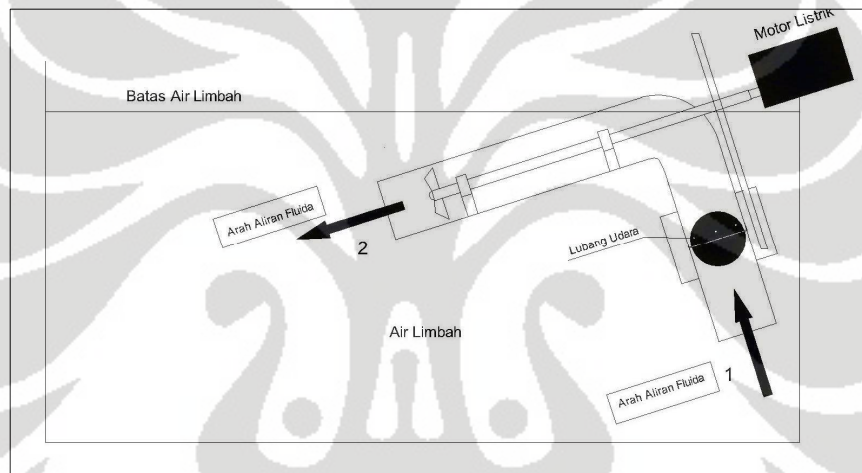
Permasalahan yang cukup penting dalam industri apartemen adalah masalah limbah yang dihasilkan. Salah satunya adalah limbah cair. Bisa dibayangkan satu apartemen saja yang berpenghuni 2000 orang bisa menghasilkan limbah cair mencapai 50.000 liter / hari dengan asumsi satu orang menggunakan air 25 liter /hari untuk semua aktifitas. Apabila limbah ini tidak diolah dengan efektif maka akan mencemari lingkungan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi pengolahan limbah cair terus dikembangkan. Teknologi pengolahan limbah cair yang telah digunakan untuk pengolahan limbah cair di apartemen antara lain : *Rotating Biological Contactor* dan *Submerged Aerated Filter*. Pada alat pengolahan limbah *Rotating Biological Contactor*, menggunakan reaktor yang terdiri dari beberapa cakram yang berputar dengan kecepatan tertentu. Sedangkan untuk alat pengolah limbah *Submerged Aerated Filter*, menggunakan sebuah diffuser udara. Diffuser ini diletakkan di dasar penampungan limbah cair kemudian meniupkan udara sehingga akan muncul gelembung udara. Gelembung udara ini akan terdifusi ke dalam cairan limbah sehingga kandungan oksigen akan meningkat dan proses penguraian oleh mikroorganisme bisa berlangsung.

Dengan teknologi yang telah digunakan ini, limbah cair dapat disulap menjadi air bersih yang bisa digunakan untuk keperluan sekunder, seperti mencuci kendaraan, untuk menyiram tanaman dan kepentingan lain selain untuk sumber minum. Selain itu, sisa hasil pengolahan tidak hanya air bersih tapi juga endapan kotoran yang bisa diproses menjadi pupuk tanaman.

Meskipun kedua alat yang telah digunakan tersebut tetap terus digunakan namun alat-alat tersebut masih terdapat kelemahan, misalkan untuk alat RBC, alat ini dibuat dengan mengikuti ukuran bak penampungan jadi semakin besar bak penampungan maka alat RBC yang dibuat semakin besar pula. Besarnya alat akan mempersulit dan membebani biaya dalam perawatan. Sedangkan untuk alat *Submerged Aerated Filter* , alat ini membutuhkan tenaga yang besar untuk meni-

upkan udara dari bawah bak penampungan limbah sehingga biaya akan mahal. Karena permasalahan tersebut alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola karet dibuat sebagai salah satu alat alternatif yang bisa digunakan. Prinsip kerja alat ini dengan memanfaatkan *Microbubble Generator*. *Microbubble Generator* yang digunakan adalah *Spherical Body*, menggunakan sebuah bola di dalam pipa. Fluida yang mengalir melewati bola akan mengalami perubahan kecepatan dan tekanan yang ada di sekitar bola turun, maka udara yang ada di luar akan masuk ke dalam pipa karena perbedaan tekanan. Lalu karena aliran fluida di daerah turbulen maka udara yang tersedot akan terpecah sehingga muncul *bubble* (gelembung udara)



Gambar 1.1 Desain Alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet

## 1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan industri apartemen yang meningkat, akan diikuti meningkatkan limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah limbah air. Berbagai teknologi telah diterapkan untuk mengatasi hal ini, misalkan RBC dan *Submerged Aerated Filter*. Namun teknologi tersebut masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penelitian Tugas Akhir ini diharapkan untuk mampu membuat alat *aerator* yang bisa digunakan sebagai alat alternatif dalam pengolahan limbah cair apartemen.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penulisan Tugas Akhir adalah :

1. Membuat sebuah alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet.
2. Mengetahui pengaruh alat yang dibuat terhadap kadar oksigen sampel.

### 1.4 Batasan Masalah

Penyusunan Tugas Akhir dibatasi oleh hal-hal berikut :

1. Alat *Aerator* yang dibuat menggunakan *Microbubble Generator* dengan *Spherical Body* (Bola Karet)
2. Penelitian hanya sebatas perbandingan kadar oksigen dari air sebelum diolah dengan alat ini dan air yang telah diolah.

### 1.5 Metodologi Penelitian

Penulisan Tugas Akhir, metodologi penulisan yang digunakan sebagai berikut :

1. Studi Literatur  
Sumber yang digunakan sebagai referensi adalah buku, jurnal, skripsi, artikel.
2. Perancangan  
Melakukan perhitungan dari desain alat yang akan dibuat sehingga dari perhitungan yang didapat bisa menghasilkan alat yang mampu bekerja sesuai tujuannya.
3. Proses Fabrikasi  
Merupakan pembuatan alat dari bahan baku yang ada hingga menjadi alat yang sesuai desain.

#### 4. Proses Uji Coba Alat

Pengujian terhadap alat yang sudah jadi supaya bisa diketahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan fungsinya.

#### 5. Pengambilan dan Pengolahan Data

Setelah alat di uji coba maka pengambilan data dilakukan, data yang diambil adalah perbandingan kandungan oksigen dari air yang diolah dengan alat dan air sebelum diolah.

#### 6. Penyusunan Laporan

Semua data dan literatur dirangkum dalam satu bentuk laporan hasil penelitian.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan Tugas Akhir ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab 1 menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

#### BAB II LANDASAN TEORI

Bab 2 menjelaskan tentang konsep yang menjadi dasar dari pembuatan alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet.

#### BAB III RANCANGAN ALAT

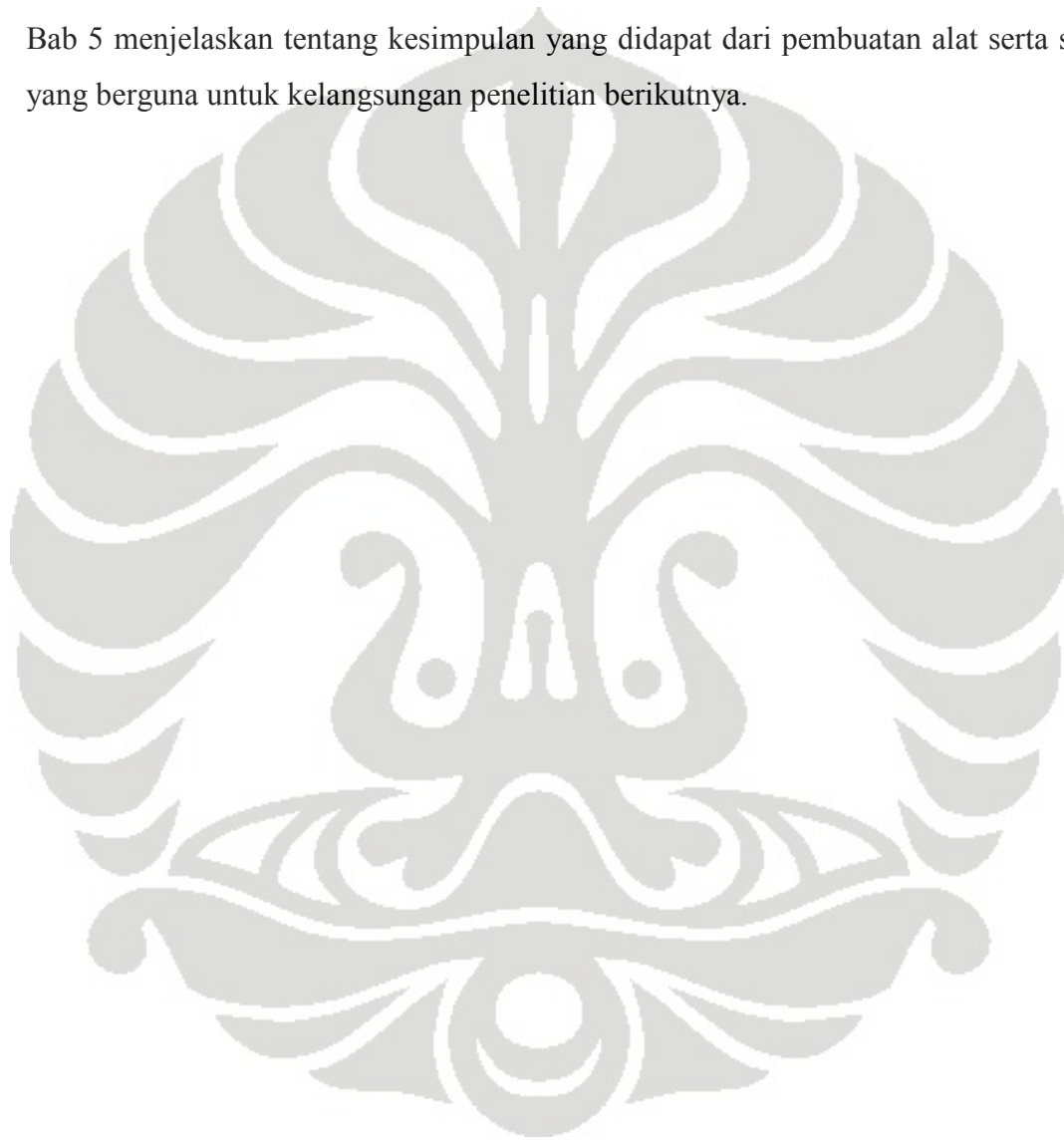
Bab 3 menjelaskan tentang proses pembuatan mulai dari perancangan hingga perakitan alat pengolah limbah serta cara kerja alat yang dibuat.

#### BAB IV METODE PENGAMBILAN DATA DAN ANALISA

Bab 4 menjelaskan tentang prosedur pengambilan data dan pengolahan data dari alat dan analisa kinerja alat beserta hasilnya.

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab 5 menjelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari pembuatan alat serta saran yang berguna untuk kelangsungan penelitian berikutnya.



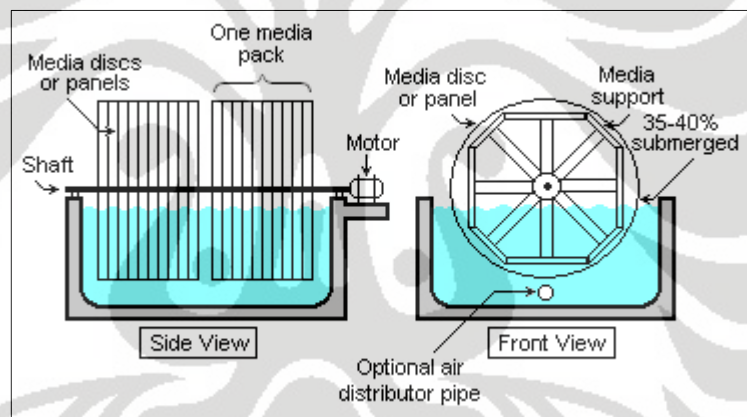
## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Pengolahan Limbah

Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Apapun macam teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara secara efektif dan efisien. Sedangkan teknologi pengolahan limbah yang sudah ada dan telah digunakan dalam pengolahan limbah cair dari apartemen, antara lain:

- *Rotating Biological Contactor*

Sebuah alat pengolah limbah menggunakan reaktor yang terdiri dari beberapa cakram yang berputar dengan kecepatan tertentu.



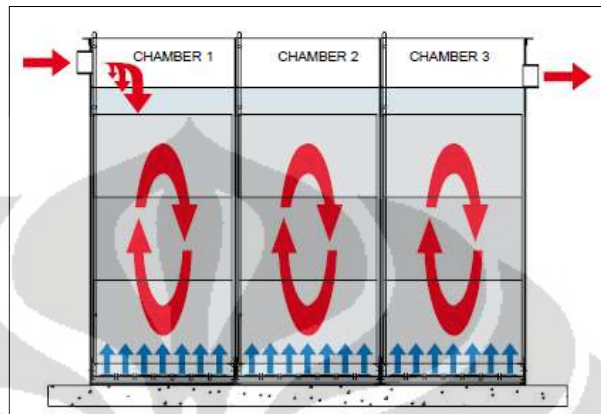
Gambar 2.1 *Rotating Biological Contactor*

[Sumber: [http://en.wikipedia.org/wiki/Sewage\\_treatment](http://en.wikipedia.org/wiki/Sewage_treatment)]

Sistem pengolahan dengan RBC merupakan aplikasi dari reaktor pertumbuhan melekat (bioreaktor film tetap). Mikroorganisme tumbuh di atas lapisan cakram yang berputar secara perlahan. Biasanya pengolahan dengan RBC berada pada tahanan sekunder.

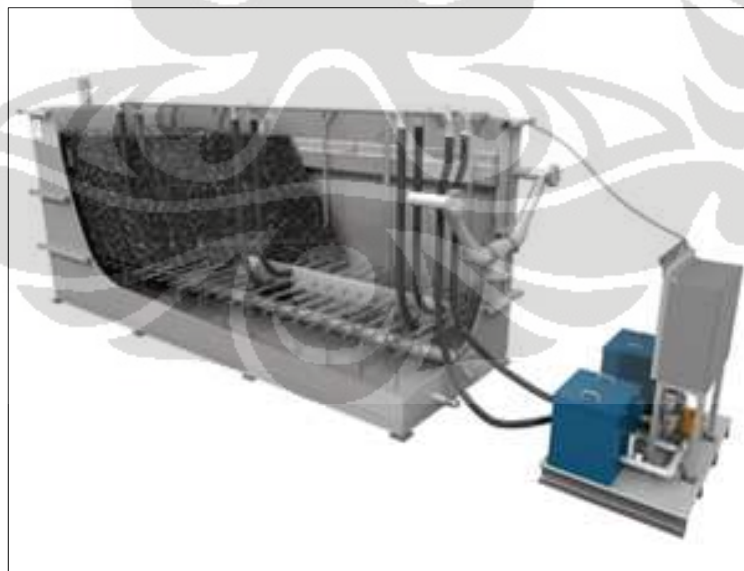
- *Submerged Aerated Filter*

Alat pengolah limbah *Submerged Aerated Filter*, menggunakan sebuah diffuser udara. Diffuser ini diletakkan di dasar penampungan limbah cair kemudian meniupkan udara sehingga akan muncul gelembung udara.



Gambar 2.2 Skema *Submerged Aerated Filter*

Pada alat ini, udara akan ditekan dengan *compressor* yang bertekanan tinggi sehingga mampu melawan tekan air. Alat ini akan tergabung dengan bak penampungan limbah cair.

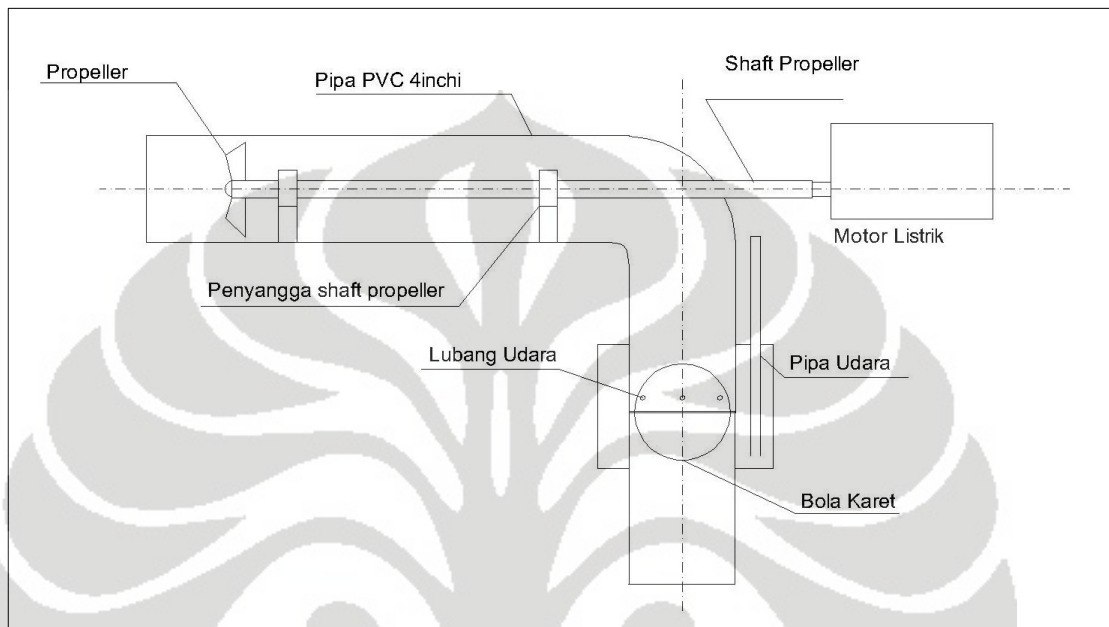


Gambar 2.3 Foto alat *Submerged Aerated Filter*

[Sumber: <http://enr.construction.com/images2/2008/11/081119-108a.jpg>]



Alat *Aerator* dengan *Bubble Generator* Bola Karet merupakan sebuah inovasi dari alat pengolah limbah *Submerged Aerated Filter*. Dengan adanya *microbubble generator* diharapkan tidak dibutuhkan tenaga untuk meniupkan udara ke alat sehingga kebutuhan tenaga lebih kecil.



Gambar 2.4 Rancangan Alat *Aerator* dengan *Bubble Generator* Bola Karet

## 2.2 Dasar Teori Microbubble Generator

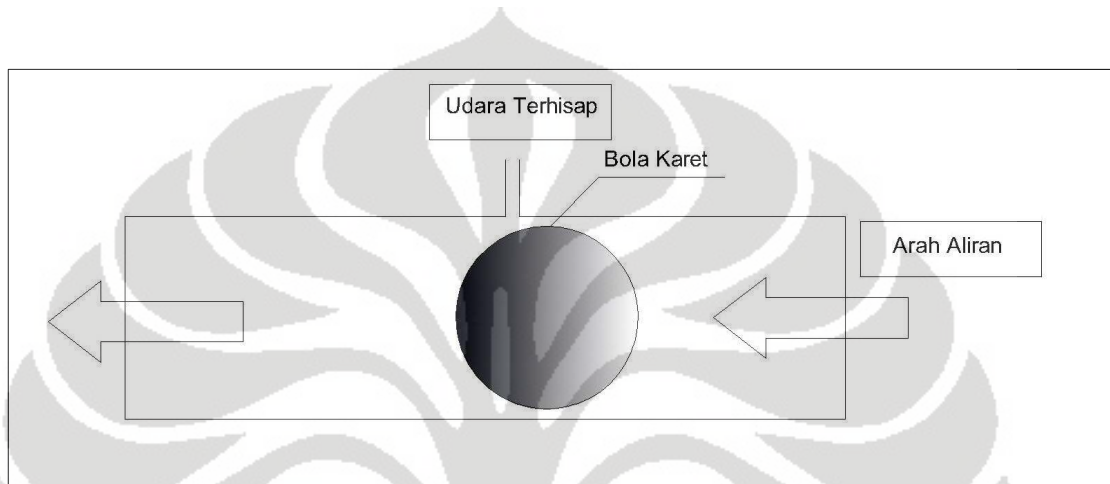
*Microbubble generator* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menghasilkan gelembung udara dengan ukuran mikro / gelembung udara yang memiliki ukuran  $\leq 200 \mu\text{m}$ . Pada alat *Aerator* dengan *microbubble generator* ini, jenis *microbubble generator* yang digunakan adalah *Microbubble* dengan *Spherical Body* (Bola Karet).

### 2.2.1 Prinsip Kerja *Microbubble Generator* dengan *Spherical Body* (Bola )

Prinsip kerja dari *bubble generator* dengan bola adalah, saat aliran air yang memiliki tekanan mengalir di dalam sebuah pipa kemudian melewati bola (berada di dalam pipa) maka kecepatan air di daerah sekitar bola (daerah *downstream*) akan meningkat jika dibandingkan dengan kecepatan awal aliran,

karena kecepatan meningkat maka tekanan pada daerah sekitar bola (daerah *downstream*) akan menurun.

Jika tekanan turun (lebih rendah dibanding dengan tekanan luar pipa) maka udara akan terhisap masuk ke dalam aliran yang ada di dalam pipa melalui lubang-lubang yang dibuat.



Gambar 2.5 Ilustrasi aliran fluida yang melewati bola karet di dalam pipa

## 2.2.2 Literatur Mekanika Fluida

### a. Persamaan *Bernoulli*

Persamaan *Bernoulli* ini digunakan dalam menghitung *pressure drop* (penurunan tekanan) sehingga dari perbedaan tekanan yang terjadi, udara dapat tersedot.

Persamaan *Bernoulli* :

$$\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_3}{\gamma_3} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + Z_3 \quad (2.1)$$

Jika asumsi :

$$Z_1 = Z_3 \text{ dan } g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\rho_1 g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} &= \frac{P_3}{\rho_3 g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} \\ \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \frac{V_3^2}{2 \cdot g} &= \frac{P_3}{\rho_3 g} - \frac{P_1}{\rho_1 g} \\ \frac{V_1^2 - V_3^2}{2 \cdot g} &= \frac{P_3 - P_1}{\rho \cdot g} \\ \frac{V_1^2 - V_3^2}{20} &= \frac{P_3 - P_1}{1000 \cdot 10} \end{aligned}$$

Jadi persamaan *pressure drop* :

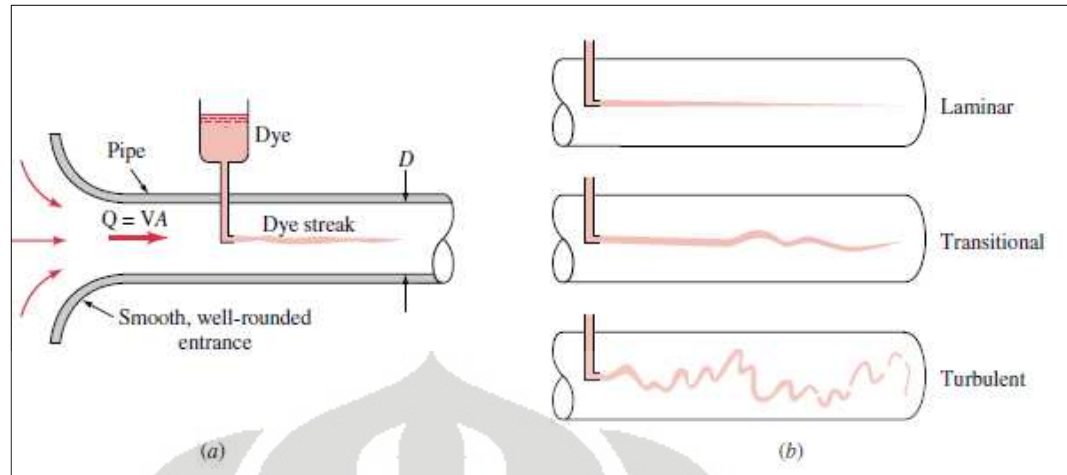
$$P_3 - P_1 = \frac{(V_1^2 - V_3^2) \cdot 1000}{20} \quad (2.2)$$

Dari persamaan di atas bisa diketahui bahwa tekanan pada diameter kecil (tekanan yang berada di tengah puncak bola) akan lebih kecil dengan tekanan atmosfer sehingga dari teori bahwa udara bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah maka udara di luar pipa akan secara otomatis masuk ke dalam pipa.

#### b. Aliran Fluida

Fluida yang mengalir dapat dibagi menjadi dua, yaitu *internal flow* dan *external flow*. Internal Flow merupakan sebuah aliran yang melalui system pipa. Sedangkan *external flow* merupakan aliran fluida yang mengalir diluar bentuk benda.

Dalam *internal flow* (aliran fluida di dalam sistem pipa) terdapat tiga karakteristik aliran yaitu *laminar*, *transitional* dan *turbulent*.



Gambar 2.6 Ilustrasi Jenis Aliran

Faktor yang mempengaruhi karakteristik aliran di dalam pipa tersebut adalah bilangan *Reynolds* ( $Re$ ).  $Re$  (*Reynolds Number*) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$Re$  : *Reynolds Number*

$\rho$  : Massa jenis air

$V$  : Kecepatan rata-rata di dalam pipa

$D$  : Diameter pipa

$\mu$  : Kerapatan

Nilai dari *Reynolds* mempengaruhi jenis aliran yang ada di dalam pipa :

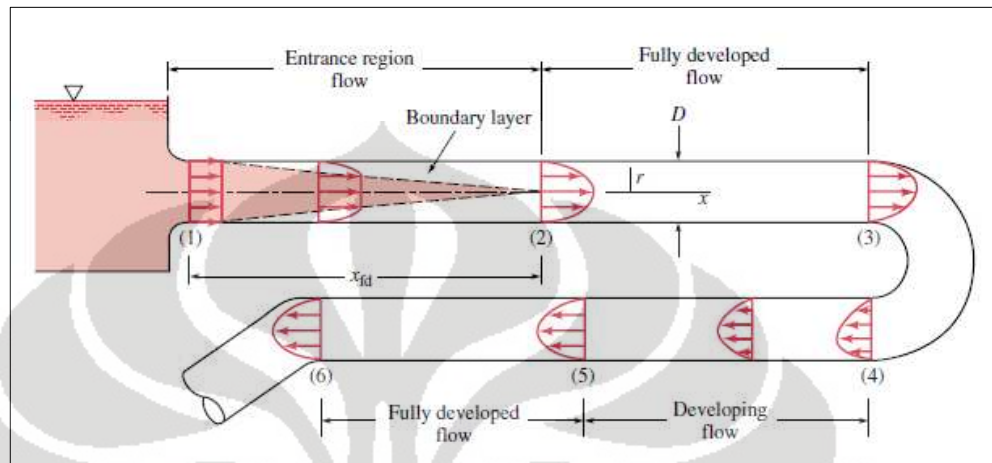
$Re < 2300$  = aliran laminar

$2300 > Re < 4000$  = aliran transisi

$Re < 4000$  = aliran turbulen

c. Daerah masuk dan Aliran Berkembang Penuh

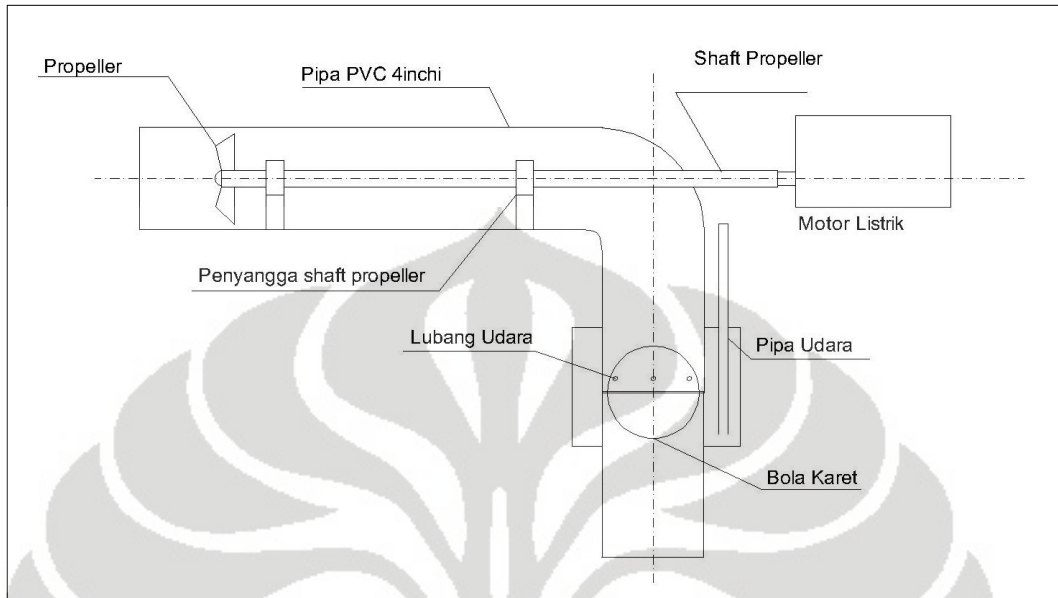
Fluida yang mengalir di dalam pipa memiliki karakteristik seperti gambar berikut ini :



Gambar 2.7 Daerah masukan dan berkembang penuh

- *Entrance region flow*, merupakan daerah masukan, di daerah ini aliran fluida memiliki profil kecepatan yang hampir sama, pada bagian 1. Meskipun profil kecepatan yang hampir sama namun untuk perhitungan profil kecepatan dan distribusi tekanan di daerah ini sangat rumit karena berubah terhadap jarak.
- *Fully developed flow*, merupakan daerah yang memiliki profil kecepatan yang tidak berubah terhadap jarak ( $x$ ).

## BAB III RANCANGAN ALAT



Gambar 3.1 Skema Alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet

Pada gambar 3.1 merupakan rancangan alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet. Alat tersebut terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian penggerak (*propeller*, shaft dan motor listrik) yang berfungsi untuk menarik / menyedot air sehingga aliran air akan melewati bagian *microbbule generator* dan bagian *microbubble generator* yang berfungsi untuk menghasilkan gelembung udara.

### 3.1 Bagian-Bagian Alat

Komponen utama dalam Alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* adalah pipa PVC, batang besi pejal, propeller, motor listrik, *bubble generator* dengan bola karet. Selain itu ada komponen pendukung yaitu rangka (frame) yang terbuat dari besi profil berlubang, mur dan baut sebagai alat untuk membentuk rangka, tangki (bak).

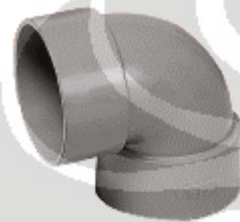
Spesifikasi komponen utama :

- a. Pipa PVC, berfungsi untuk tempat mengalirkan fluida.



Merk : Wavin  
Diameter : 4 Inchi

- b. Pipa Elbow



Merk : Wavin  
Diameter : 4 Inchi

- c. Batang Besi Pejal, berfungsi sebagai shaft propeller.



Panjang : 60 cm  
Diameter : 16 mm

- d. Propeller, berfungsi untuk menarik air sehingga mengalir melewati pipa PVC dengan kecepatan tertentu.

Diameter propeller : 8 cm

- e. Motor Listrik, berfungsi sebagai penggerak propeller.



Tipe : JY09A-4  
RPM : 1400 rpm  
Power : ¼ Hp

## f. Bola Karet



Diameter : 10 cm

## g. Selang Udara

Panjang : 45 cm

Diameter : 1.5 cm

## h. Tangki / Bak

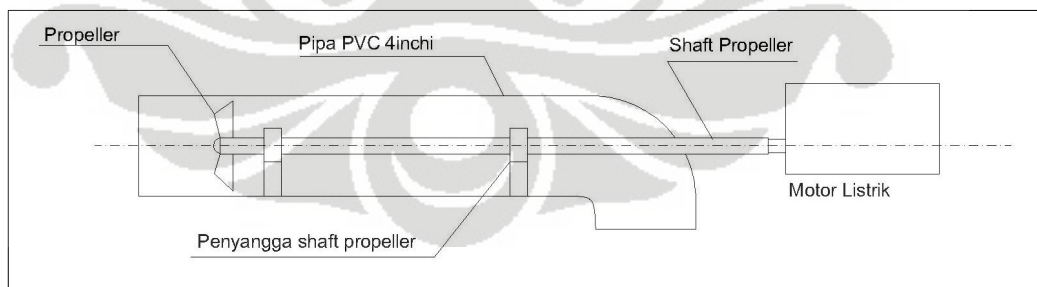
Ukuran : 250 cm x 75 cm x 50 cm

Volume air : 712.5 Liter

### 3.2 Detail Rancangan Alat

#### 3.2.1 Rancangan Bagian Alat Penggerak

Untuk perancangan bagian penggerak tidak ada perhitungan khusus. Panjang alat penggerak ini hanya disesuaikan dengan keadaan dan kondisi komponen alat yang lain. Berikut ini ukuran dan rancangan alat penggerak :

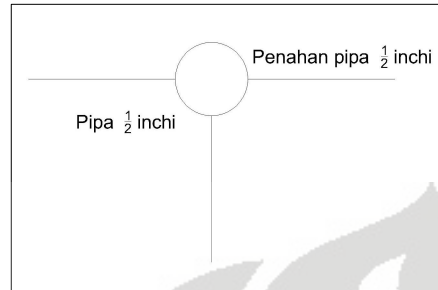


Gambar 3.2 Rancangan bagian penggerak



Detail rancangan :

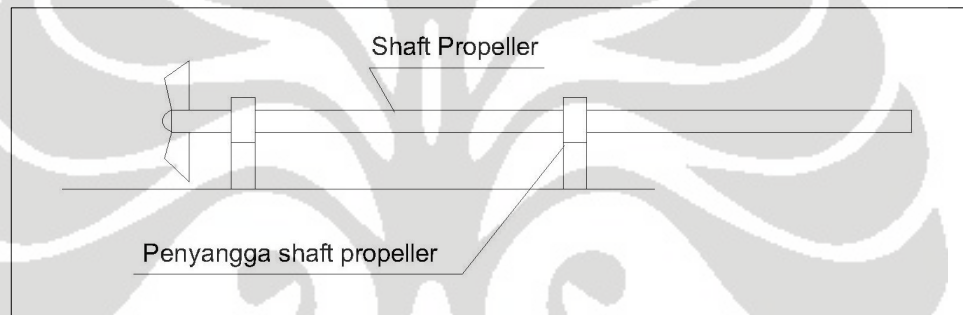
Panjang pipa PVC yang digunakan 50 cm dengan diameter 4 inci.



Penyangga shaft propeller terbuat dari pipa PVC ukuran 1/2 inchi. Komponen ini berfungsi untuk menyandarkan shaft propeller sehingga tidak bergetar kemana-mana. Panjang shaft propeller 60 cm dengan diameter 18 mm.

Untuk membuat putaran shaft *propeller*

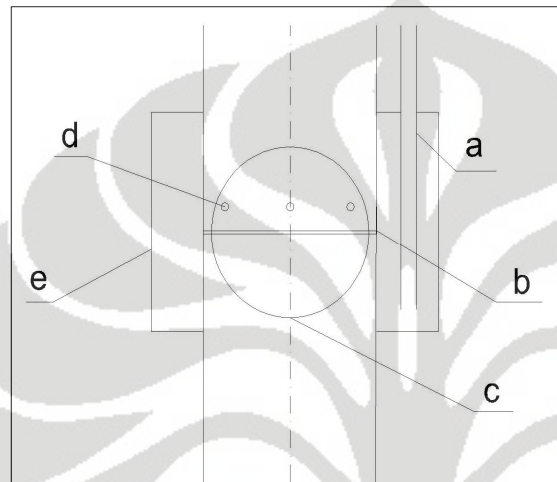
stabil maka digunakan *bearing*.



Gambar 3.3 Foto alat penggerak

### 3.2.2 Rancangan *Microbubble Generator* dengan Bola Karet

*Microbubble generator* dengan bola karet ini dirancang dengan menggunakan bola karet diameter 10 cm dan diameter pipa 10,16 cm . Perbandingan ratio antara diameter bola karet dengan pipa PVC adalah 1.016.



Keterangan :

- a. Saluran selang udara
- b. Poros penahan bola
- c. Bola Karet
- d. Lubang udara di pipa PVC
- e. Tabung Udara

Asumsi Perhitungan *Pressure Drop* pada *Microbubble Generator* berdasarkan persamaan *Bernoulli* :

$\rho$ air	: 1000 $kg/m^3$	
Q (debit)	: 1.5 L/s	= 0.0015 $m^3/s$
Diameter Pipa VC	: 10,16 cm	= 0,1016 m
Diameter Bola	: 10 cm	= 0.1 m

Asumsi perhitungan :

$$Q_1 = A_1 \cdot V_1 \text{ maka } V_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{0.0015}{\frac{\pi}{4}(D_1^2)}$$

$$V_1 = \frac{0.0015}{\frac{\pi}{4}(0.106^2)}$$

$$V_1 = \frac{0.0015}{\frac{\pi}{4} (0.011236)}$$

$$V_1 = 0.168453585 \text{ m/s}$$

Jika debit antara Q1 (atau daerah masukan) dan Q3 (daerah sekitar bola dengan pipa) adalah sama :

$$Q_1 = Q_3$$

maka

$$A_1 \cdot V_1 = A_3 \cdot V_3$$

kecepatan di daerah sekitar bola dan pipa dapat dirumuskan :

$$V_3 = \frac{A_1 \cdot V_1}{A_3}$$

Maka perhitungan dari kecepatan di daerah sekitar bola dan dinding :

$$V_3 = \frac{0.0015}{0.00097026}$$

$$V_3 = 1.545977367 \text{ m/s}$$

Setelah didapat kecepatan di dua daerah yang berbeda, maka dengan persamaan 2.2, bisa dihitung pressure drop yang terjadi :

$$P_3 - P_1 = \frac{(V_1^2 - V_3^2) \cdot 1000}{20}$$

Perhitungan :

$$P_3 - P_1 = \frac{(0.168453585^2 - 1.545977367^2) \cdot 1000}{20}$$

$$P_3 - P_1 = -118.0834704 \text{ N/m}^3$$

$$P_3 - P_1 = -0.001180835 \text{ bar}$$

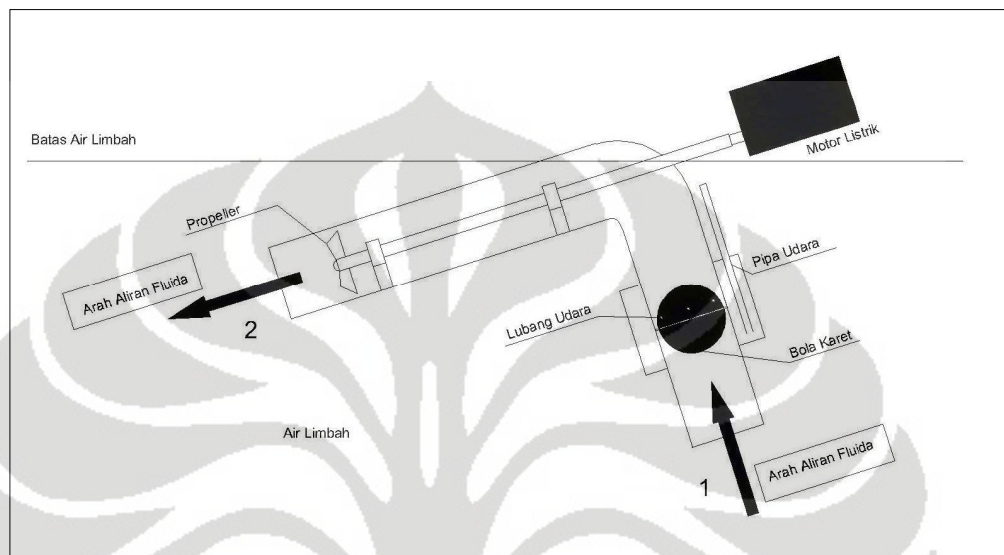
Jadi dari perhitungan di atas, didapat *pressure drop* sebesar -0.00118 bar. Dengan ukuran tekanan di daerah sekitar bola dan dinding pipa minus maka tekanan di daerah tersebut lebih kecil dari tekanan atmosfer sehingga udara akan terhisap.



Gambar 3.4 Bagian *microbubble generator* bola karet

### 3.3 Cara Kerja Alat

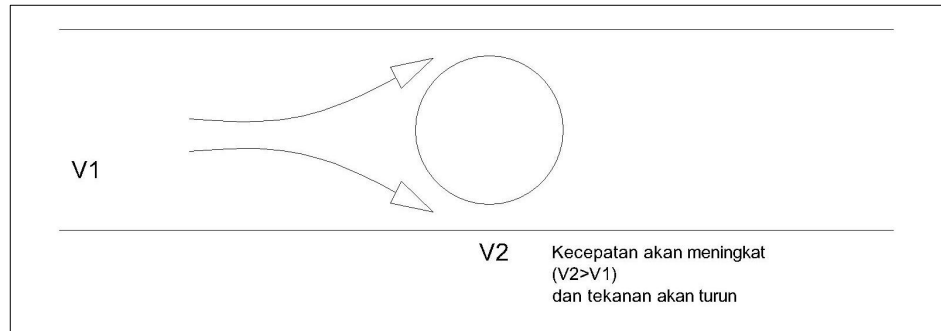
Setelah melakukan perancangan alat dan pembuatan maka bagaimana alat Aerator dengan Microbubble Generator Bola Karet ini bekerja. Lihat gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Gambar 3.5 Skema Kinerja Alat

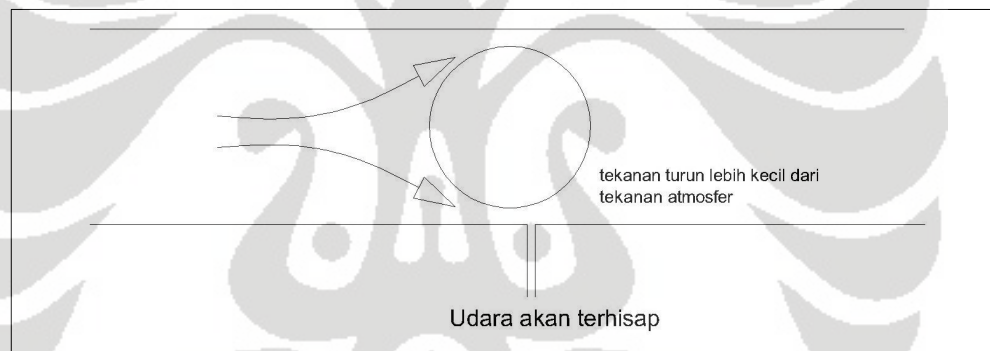
Ketika propeller berputar oleh gerakan dari motor listrik maka putaran propeller tersebut menarik air limbah yang ada dibelakang propeller (pada titik 1). Karena ada tarikan tersebut, timbul aliran air dengan kecepatan tertentu (tergantung dari besarnya debit).

Fluida yang berada pada titik 1 akan mengalir masuk ke dalam pipa hingga membentur bola karet yang ada di tengah-tengah pipa. Karena bola karet tersebut sedikit memiliki celah dengan dinding pipa PVC maka kecepatan aliran air limbah akan meningkat diantara bola dan dinding PVC jika dibandingkan dengan kecepatan awal. Lalu dengan meningkatnya kecepatan aliran maka tekanan akan menurun.



Gambar 3.6 Perubahan Kecepatan aliran

Karena tekanan disekitar daerah tersebut menurun (*asumsi perhitungan tekanan dihitung dengan rumus 2.2, hasil perhitungan tekanan menunjukkan - 0.00118 bar*), berarti tekanan di daerah tersebut lebih rendah dari tekan atmosfer sehingga udara akan secara otomatis terhisap ke dalam pipa.



Gambar 3.7 Udara terhisap ke dalam pipa

Kemudian setelah udara terhisap ke dalam pipa maka udara tersebut akan terpecah-pecah di dalam aliran hingga menjadi gelembung udara yang berukuran kecil akibat dari aliran turbulen setelah melewati bola karet. Gelembung udara yang berada di dalam pipa tersebut akan terus mengalir hingga keluar dari alat (pada bagian nomor 2, gambar 3.4).

## BAB IV

### METODE PENGAMBILAN DATA DAN ANALISA

#### 4.1 Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan di tangki air Lab. Lantai 4 Departemen Teknik Mesin. Proses pengolahan data (sample) berlangsung selama 2 jam dengan interval pengambilan sample setiap 1 jam :

- Sampel 1 , merupakan kondisi awal pada saat alat belum dioperasikan.
- Sampel 2, merupakan kondisi dimana alat sudah melakukan operasi selama satu jam.
- Sampel 3, merupakan kondisi dimana alat sudah melakukan operasi selama dua jam.



Gambar 4.1 Foto proses pengolahan air

Cara pengambilan sampel:

Kadar oksigen dalam suatu cairan mudah berubah karena berbagai hal, maka untuk mengambil sampel mengikuti langkah berikut :

- Botol untuk mengambil sampel menggunakan botol khusus (*winkler bottle*).



Gambar 4.2 Botol *winkler*

- Pengambilan sampel memiliki cara tersendiri yaitu dengan mencelupkan bagian ujung botol yang terbuka terlebih dahulu, posisi tegak lurus hingga masuk ke dalam bak air, kemudian setelah didalam, botol dibalik hingga semua udara yang ada di dalam botol ke luar. Penutupan botol dilakukan di dalam bak air supaya tidak terpengaruh udara luar.
- Sebelum sampel diuji, pastikan didalam botol tidak ada gelembung udara.
- Sampel yang sudah diambil disimpan di tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung sebelum dilakukan pengujian.



## 4.2 Pengolahan Data

Setelah tiga sampel telah didapatkan, pengukuran kadar oksigen didalam sampel dilakukan di Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Departemen Teknik Sipil, Universitas Indonesia.

Untuk mengetahui kadar oksigen digunakan alat pengukur DO-Meter. Pengukuran kadar oksigen dengan alat ini berlangsung cepat dan langsung didapat hasilnya.

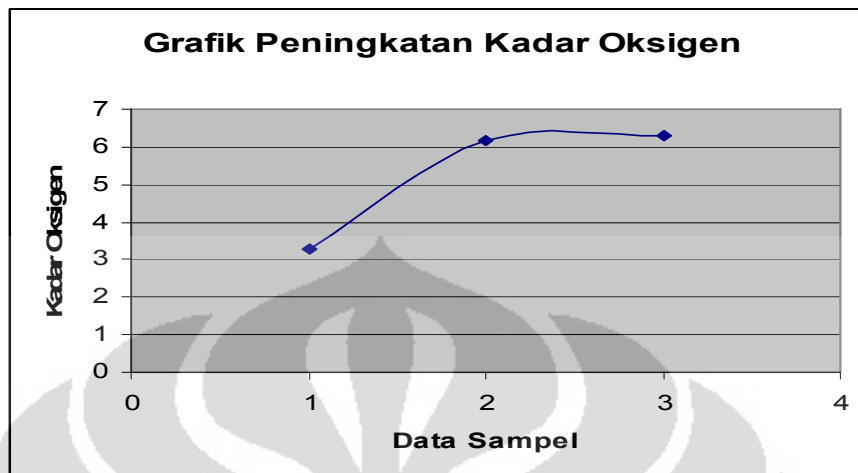


Gambar 4.3 DO-Meter

Data hasil pengukuran dengan DO-Meter (Data asli terlampir) :

Sampel	Kadar Oksigen (mg/L)
Sampel 1	3,53
Sampel 2	6,18
Sampel 3	6,28

Dari data sampel yang diperoleh bisa dibuat grafik :



Gambar 4.4 Grafik peningkatan kadar oksigen dalam sampel

### 4.3 Analisa Alat dan Data Sampel

#### 4.3.1 Analisa Alat

Dari data yang diperoleh bisa disimpulkan bahwa alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet dapat berfungsi dengan baik. Namun saat pengolahan sampel ada beberapa hal yang penting untuk dianalisa dari alat ini:

- Motor listrik yang digunakan memiliki putaran yang tidak stabil akibatnya debit yang dihasilkan berubah-ubah. Hal ini berakibat pada gelembung udara yang dihasilkan karena debit mempengaruhi kecepatan aliran dan kecepatan aliran mempengaruhi *bubble generator* akibatnya jika perbedaan tekanan di bagian *bubble generator* tidak besar berakibat sedikitnya udara yang bisa masuk dan gelembung udarapun semakin sedikit.
- Besarnya bak penampungan sampel mempengaruhi hasil DO, dengan kemampuan alat yang dibuat tidak maksimal serta suplai udara yang kecil akibatnya kenaikan kadar oksigen tidak terlalu besar.

- Gelembung udara yang dihasilkan tidak bisa diukur diameternya karena tidak adanya alat foto yang tahan terhadap air.

#### 4.3.2 Analisa Data

Dari grafik 4.4 menunjukkan peningkatan kadar oksigen dalam sampel. Peningkatan mulai dari 3,53 mg/L menjadi 6,18 mg/L dan sampel ketiga meningkat menjadi 6,28 mg/L.

Peningkatan kadar oksigen yang tidak sama ini bisa dimungkinkan karena pada sampel kedua (meningkat menjadi 6,18 mg./L) bisa diakibatkan karena pada sampel awal (saat 3,53 mg/L) konsentrasi oksigen dalam air sampel sedikit sehingga ketika ada konsentrasi oksigen besar terjadi perpindahan massa oksigen yang besar pula. Tapi hal berbeda terjadi pada sampel ketiga, kenaikan kadar oksigen hanya 0,10 mg/L (dari sampel kedua 6,18 mg/L menjadi 6,28 mg/L).

Selain itu faktor yang mempengaruhi meningkatnya kadar oksigen adalah proses difusi yang berjalan dalam waktu yang lama. Jika gelembung udara yang dihasilkan kecil maka gelembung udara tersebut akan berada di dalam air sampel dalam waktu yang lama dan proses difusi berlangsung lama pula akibatnya kadar oksigen akan meningkat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan terhadap alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet, dapat disimpulkan alat ini mampu bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan. Hal ini ditunjukkan dari data sampel yang diperoleh. Dari ketiga sampel yang diambil terjadi kenaikan kadar oksigen. Kadar oksigen pada sampel pertama yang hanya 3 mg/L setelah diolah dengan alat ini mampu meningkat menjadi 6,18 mg/L dan pada sampel ketiga kadar oksigen meningkat menjadi 6,28 mg/L.

#### 5.2 Saran

Alat *Aerator* dengan *Microbubble Generator* Bola Karet ini belum sempurna oleh karena itu ada beberapa saran untuk meningkatkan kinerja dari alat ini.

- Untuk pembuatan sebaiknya menggunakan pipa yang transparan supaya bisa terlihat aliran yang terjadi di dalam pipa.
- Motor listrik yang digunakan sebagai penggerak sebaiknya dalam kondisi bagus dan dilengkapi dengan alat pengubah (pengatur) kecepatan putar supaya bisa diketahui pengaruhnya.
- Bagian dari alat yaitu bagian *microbubble generator* perlu adanya penelitian lebih lanjut yaitu penelitian tentang bagaimana perancangan yang lebih efektif, misalnya seberapa besar lubang udara yang ada di pipa atau seberapa jauh jarak lubang udara tersebut sehingga mampu menghasilkan gelembung udara yang kecil dan dalam jumlah yang banyak.
- *Bubble* yang dihasilkan sebaiknya diukur supaya bisa diketahui seberapa besar *bubble* yang dihasilkan dan bisa untuk membuktikan bahwa *bubble* dengan ukuran kecil lebih efektif dalam meningkatkan kadar oksigen.

- Sampel yang diambil sebaiknya cukup banyak dan interval waktu pengolahan lebih lama supaya bisa diketahui dengan pasti peningkatan kadar oksigen yang terjadi sehingga bisa diketahui efektifitas dari alat ini.



## DAFTAR PUSTAKA

Moran, Michael J., Shapiro, Howard N., Munson, Bruce R., & DeWitt, David P., "Introduction to Thermal System Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer", John Wiley & Sons, Inc, 2003.

Munson, Bruce R., Young, Donald F., & Okishi, Theodore H., "Mekanika Fluida Jilid 2", Erlangga, 2006.

Cheremisinoff, Nicholas P., "Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies" Butterworth-Heinemann 2002.

en.wikipedia.org. Diakses 10 Jun 2010.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Sewage\\_treatment](http://en.wikipedia.org/wiki/Sewage_treatment)

en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli's\_principle. Diakses 10 Jun 2010

[http://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli%27s\\_principle](http://en.wikipedia.org/wiki/Bernoulli%27s_principle)



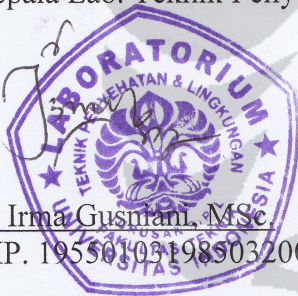
**HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA**

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/15/VI/2010  
Nama Pengirim / Instansi : Ardiyanto Budi  
Nama Contoh / Kedalaman : Air Buangan (Awal)  
Kode Sampel : 228  
Lokasi Pengambilan Sampel : Lt. 4 DTM UI  
Tanggal Penerimaan Sampel : 14 Juni 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	3.53

*oka*

Depok, 14 Juni 2010  
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusnani, MSc.  
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip

HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/16/VI/2010  
Nama Pengirim / Instansi : Ardiyanto Budi  
Nama Contoh / Kedalaman : Air Buangan (1 Jam)  
Kode Sampel : 229  
Lokasi Pengambilan Sampel : Lt. 4 DTM UI  
Tanggal Penerimaan Sampel : 14 Juni 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6.18

*ckia*

Depok, 14 Juni 2010

Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusnani, M.Sc.

NIP. 195301031985032001

Tembusan : Arsip



HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/17/VI/2010  
Nama Pengirim / Instansi : Ardiyanto Budi  
Nama Contoh / Kedalaman : Air Buangan (2 Jam)  
Kode Sampel : 230  
Lokasi Pengambilan Sampel : Lt. 4 DTM UI  
Tanggal Penerimaan Sampel : 14 Juni 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6.28

*ckö*

Depok, 14 Juni 2010

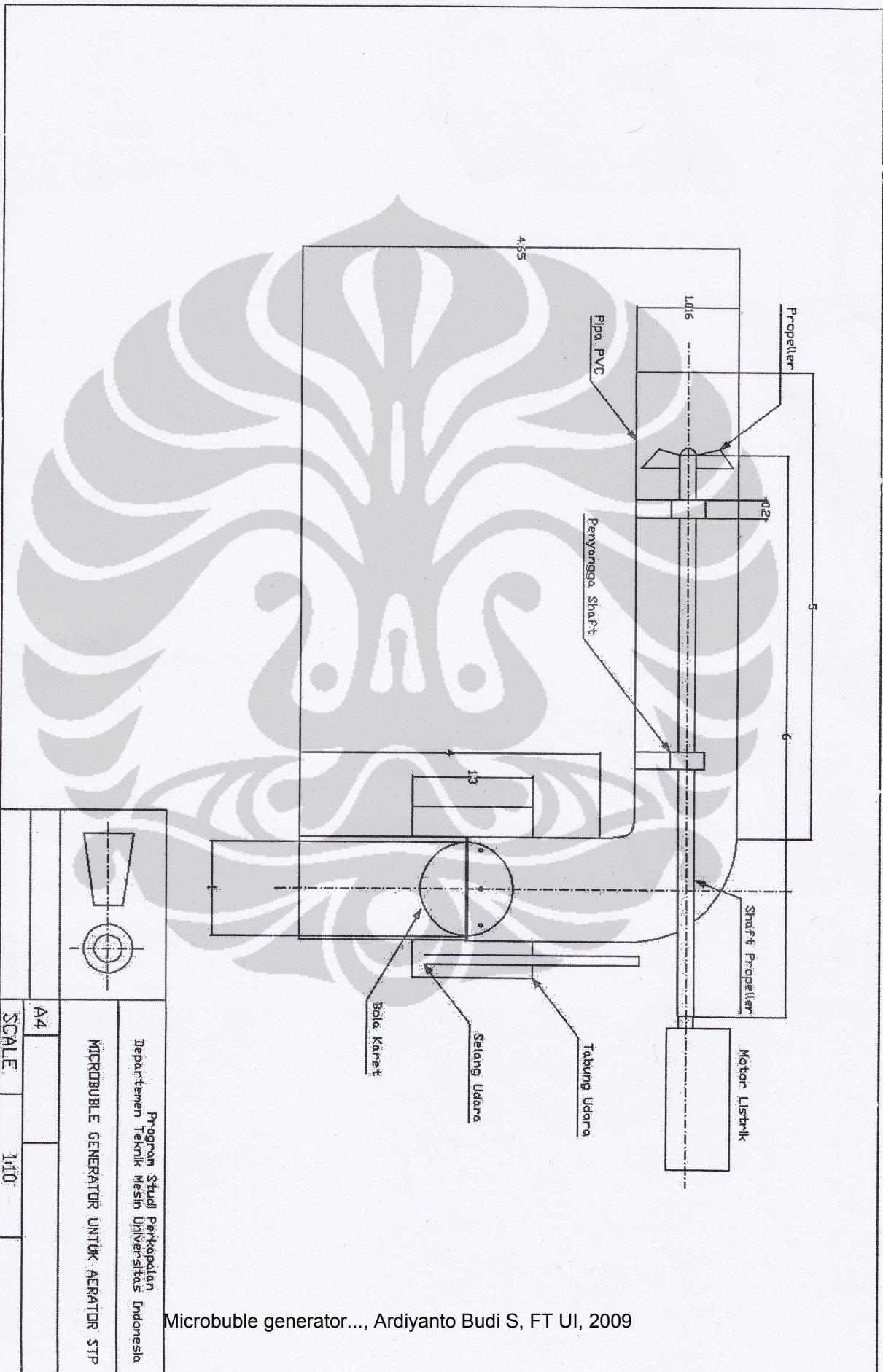
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusmani, MSc.

NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip



Microbubble generator..., Ardiyanto Budi S, FT UI, 2009