



UNIVERSITAS INDONESIA

Pengembangan Alat Pengolah Limbah (STP) Tipe Rotor *Pipe Wheel*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Oldy Darius Samiri

06 06 02 9694

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JUNI 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 : Oldy Darius Samiri  
NPM : 06 06 02 9694  
Tanggal : 21 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Oldy Darius Samiri  
NPM : 06 06 02 9694  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Judul Skripsi : Pengembangan Alat Pengolah Limbah (STP) Tipe Rotor *Pipe Wheel*

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

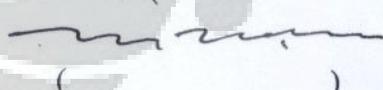
Penguji : Ir. Mukti Wibowo



( )

( )

( )



( )

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Oldy Darius Samiri

NPM : 06 06 02 9694

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:

“Pengembangan Alat Pengolah Limbah (STP) Tipe Rotor *Pipe Wheel*”

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 : 21 Juni 2010

Yang menyatakan,

Oldy Darius Samiri

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya 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 menularkan ilmu dan pengalamannya.
3. Dr. Ir. Budihardjo Dipl. Ing yang telah memberikan ilmu maupun bantuannya.
4. Papa dan Mama tercinta, dan kakak yang telah sabar memberikan nasihat dan dukungannya sehingga skripsi ini terselesaikan.
5. Nova Anggraini (FKH IPB) yang dengan sabar selalu menemani dan memberikan semangat baik langsung maupun tidak langsung.
6. Bapak Yasin, dan Bapak Arif yang telah membantu dalam pembuatan alat.
7. Bu Lika dan Bu Diah, yang telah membantu dalam pengambilan sampel.
8. Ardiyanto Budi Santoso, rekan seperjuangan dalam penyusunan skripsi ini.
9. Para sahabat, teman dekat dan pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

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

Depok, Juni 2010

Oldy Darius Samiri

## Abstract

According to the Central Statistics Agency (BPS), there are so many apartments that have been built and was inhabited in Jakarta, South Jakarta alone even for the existing 96 apartments. There are so many apartments in the capital of Indonesia is also one of the problems resulted in a fairly important in an industry with a solid story building occupants or users, such as apartments, shopping centers, and hotels is the problem of waste generated. Handling existing domestic waste is now well developed, but it has many flaws in maximizing the role. This research will be developed to prioritize the manufacture and testing of performance-based of The Pipe Wheel waste processing devices with outside player system innovation in the form of a prototype. The testing tool is a way to know the increase in dissolved oxygen / Dissolve Oxygen (DO) in waste water. This tool was developed using a hollow pipe provided an opening for aeration process, where the device will be rotated with a gear which connected to themotor.

Results to be achieved requires a device that has enough capacity and technology to improve wastewater quality standards and continuity neat to balance the potential for quality standards in order to return to the normal point of wastewater reused for washing purposes, watering, and rinse. On testing showed the increase of DO significantly by using the sample divided by three for initial processing, processing after an hour, and after two hours of processing. From these parameters, we will see the effectiveness of the tool-based processing of the Pipe Wheel, which is where the increase in DO may indicate that the tool made do with a good performance.

Keyword : Dissolve Oxygen, domestic waste, The Pipe Wheel, prototype, standard quality

## Abstrak

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), saat ini begitu banyak apartemen yang telah dibangun dan sudah dihuni di Jakarta, bahkan untuk Jakarta Selatan saja sudah ada 96 apartemen. Begitu banyaknya apartemen yang ada di ibukota Indonesia ini pun mengakibatkan salah satu permasalahan yang cukup penting dalam industri gedung bertingkat dengan padat penghuni atau pengguna, seperti, apartemen, pusat perbelanjaan, rumah susun, dan perhotelan adalah masalah limbah yang dihasilkan. Penanganan limbah domestik yang telah ada saat ini sudah berkembang dengan baik, tetapi memiliki banyak kekurangan dalam memaksimalkan peranannya. Penelitian yang akan dikembangkan ini lebih mengutamakan pembuatan dan pengujian kinerja alat pengolah limbah berbasis *The Pipe Wheel* dengan inovasi sistem pemutar luar dalam bentuk *prototype*. Pengujian alat ini dengan cara mengetahui kenaikan kadar oksigen terlarut/*Dissolve Oxygen* (DO) dalam air limbah. Alat yang dikembangkan ini menggunakan pipa berongga yang diberikan celah untuk proses aerasinya, dimana alat ini akan diputar dengan roda gigi yang disambung ke motor listrik.

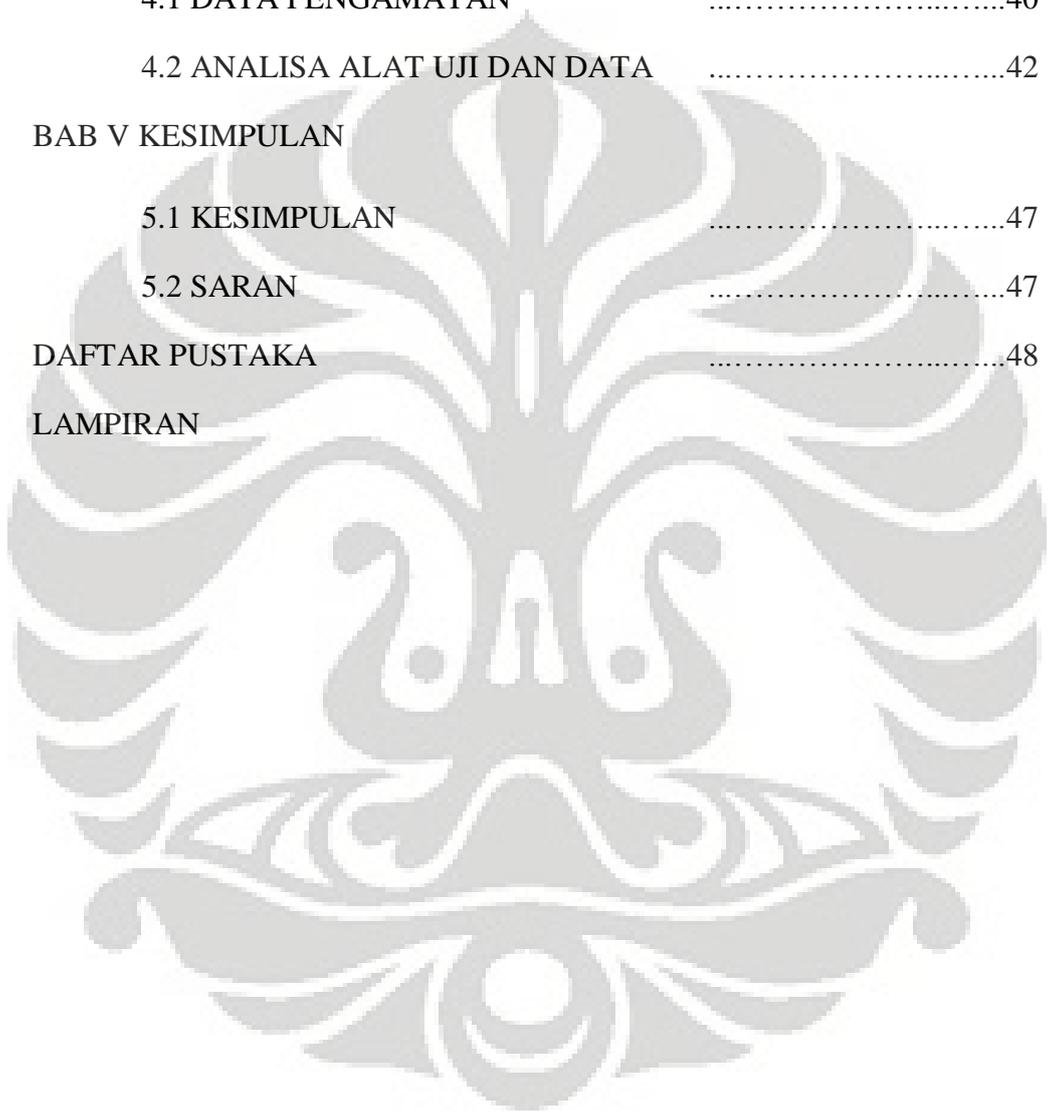
Hasil yang ingin dicapai ini membutuhkan suatu alat yang memiliki kapasitas cukup dan teknologi memperbaiki baku mutu air limbah yang tertata rapi dan kontinuitas untuk menyeimbangkan potensi baku mutu kembali ke titik normal agar limbah digunakan kembali untuk keperluan mencuci, menyiram, dan membilas. Pada pengujian didapatkan kenaikan DO yang cukup signifikan dengan menggunakan sampel yang dibagi tiga untuk pengolahan awal, pengolahan setelah satu jam, dan setelah dua jam pengolahan. Dari parameter tersebut, akan terlihat efektifitas dari alat pengolahan berbasis *The Pipe Wheel* ini, yang dimana kenaikan DO dapat menunjukkan bahwa alat yang dibuat melakukan kinerja dengan baik.

Kata kunci: *Oksigen terlarut, Dissolve Oxygen*, limbah domestik, *The Pipe Wheel, prototype*, baku mutu

## DAFTAR ISI

	halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	i
PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG .....	01
1.2 RUMUSAN MASALAH .....	03
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	04
1.4 BATASAN MASALAH .....	04
1.5 METODOLOGI PENELITIAN .....	04
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	06
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 TEORI TENTANG LIMBAH .....	06
2.2 BAKU MUTU LINGKUNGAN .....	08
2.3 PARAMETER BAKU MUTU .....	09
2.4 PENGOLAHAN LIMBAH .....	12
<b>BAB III DESKRIPSI ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN</b>	
3.1 RANCANGAN ALAT UJI .....	25
3.2 PERALATAN PENDUKUNG .....	33

3.3 KONDISI DALAM PENGUJIAN	.....35
3.4 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA	.....36
3.5 TAHAPAN PENGUJIAN	.....37
BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA	
4.1 DATA PENGAMATAN	.....40
4.2 ANALISA ALAT UJI DAN DATA	.....42
BAB V KESIMPULAN	
5.1 KESIMPULAN	.....47
5.2 SARAN	.....47
DAFTAR PUSTAKA	.....48
LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

	halaman
<b>Gambar 1.1</b> STÄHLERMATIC <i>The Pipe-Wheel</i> (SR) .....	02
<b>Gambar 2.1</b> Siklus distribusi air .....	09
<b>Gambar 2.2</b> Skema Submerged Aerated Filter .....	13
<b>Gambar 2.3</b> <i>Submerged Aerated Filter</i> .....	14
<b>Gambar 2.4</b> <i>Rotating Biological Contactor</i> .....	15
<b>Gambar 2.5</b> Diagram Alir <i>Rotating Biological Contactor</i> .....	16
<b>Gambar 2.6</b> (a) STÄHLERMATIC <i>The Cell-Wheel</i> (ZR) dan (b) STÄHLERMATIC <i>The Pipe-Wheel</i> (SR) .....	18
<b>Gambar 2.7</b> <i>The cell-wheel</i> (ZR) .....	19
<b>Gambar 2.8</b> <i>The pipe-wheel</i> (SR) .....	20
<b>Gambar 2.9</b> Perbandingan dengan RBC lainnya .....	21
<b>Gambar 2.10</b> Poros dan kedudukan poros .....	22
<b>Gambar 2.11</b> Rancangan yang akan dibuat .....	23
<b>Gambar 3.1</b> <i>The Pipe-Wheel</i> (SR) dengan sistem pemutar luar .....	26
<b>Gambar 3.2</b> Alat rancangan .....	27
<b>Gambar 3.3</b> Pipa sambungan dan batang poros .....	28
<b>Gambar 3.4</b> Batas air limbah dan sudut celah .....	29
<b>Gambar 3.5</b> Rancangan Pipa .....	29
<b>Gambar 3.6</b> Kondisi Pengisian .....	30
<b>Gambar 3.7</b> Kondisi Alat Rancangan .....	31
<b>Gambar 3.8</b> Motor Listrik .....	33
<b>Gambar 3.9</b> Rantai besi .....	34

<b>Gambar 3.10</b> Botol sampel	.....34
<b>Gambar 3.11</b> DOfometer	.....35
<b>Gambar 3.12</b> Bak atau wadah penampung	.....36
<b>Gambar 4.1</b> Grafik Oksigen Terlarut (DO)	.....42



## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Baku mutu air limbah domestik .....	08
Tabel 2.2 Studi Literatur Karakteristik Air Limbah .....	11
Tabel 4.1 Tabel Oksigen Terlarut (DO) .....	41



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

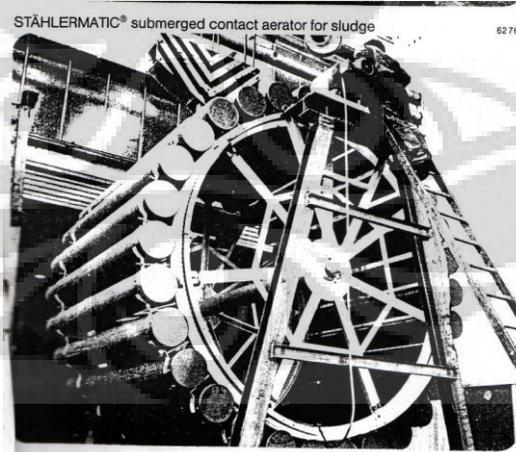
#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Perkembangan sarana hunian cepat dan praktis di Indonesia saat ini sangat pesat. Hal ini terlihat jelas karena area untuk tempat tinggal yang semakin sempit, terutama di Jakarta, sehingga pembuatan gedung hunian bertingkat menjadi solusi yang paling efisien dan menguntungkan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), saat ini begitu banyak apartemen yang telah dibangun dan sudah dihuni di Jakarta, bahkan untuk Jakarta Selatan saja sudah ada 96 apartemen. Begitu banyaknya apartemen yang ada di ibukota Indonesia ini pun mengakibatkan salah satu permasalahan yang cukup penting dalam industri gedung bertingkat dengan padat penghuni atau pengguna, seperti, apartemen, pusat perbelanjaan, rumah susun, dan perhotelan adalah masalah limbah yang dihasilkan. Salah satunya adalah permasalahan limbah cair. Bisa dibayangkan satu apartemen saja yang berpenghuni 2000 orang bisa menghasilkan limbah cair mencapai 50.000 liter / hari (50 ton/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 : *Submerged Aerated Filter* dan *Rotating Biological Contactor*. Pada 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. Kelemahan alat *Submerged Aerated Filter* adalah pada komponen-komponen alat seperti pipa dan difusernya tergabung menjadi satu dengan bak penampungan air sehingga untuk pembuatannya kurang efisien dan bila terjadi kerusakan maka alat ini tidak bisa digunakan untuk mengolah limbah.

Sedangkan, alat pengolahan limbah *Rotating Biological Contactor*, menggunakan reaktor yang terdiri dari beberapa cakram yang berputar dengan kecepatan tertentu. Kelemahan dari alat ini adalah ukuran yang besar mengikuti besarnya bak penampungan limbah cair dan jika terjadi kerusakan maka proses pengolahan limbah akan terhenti. Bisa dibayangkan jika sebuah alat pengolah limbah berhenti bekerja maka puluhan ton limbah tidak akan terproses dan semakin lama akan semakin menumpuk. Untuk itulah perlu adanya inovasi dari alat pengolah limbah *Rotating Biological Contactor* dan *Submerged Aerated Filter*.

Alat pengolah limbah yang akan dibuat adalah menggunakan konsep yang hampir sama dengan *Rotating Biological Contactor*, tetapi pada penelitian yang dilakukan ini menggunakan konsep dari alat pengolah limbah buatan Jerman yang sudah mendapatkan paten, yaitu *STÄHLERMATIC The Pipe-Wheel (SR)*. Teknologi yang dikembangkan ini menggunakan pipa-pipa yang berongga dan disisinya memiliki celah horizontal, agar udara dan air dapat masuk dan keluar. Pada teknologi ini juga menggunakan batang poros dan dudukan poros yang terendam di dalam bak penampungan. Alat pengolah limbah ini mempunyai sistem pemutar yang berada pada badan alat, sehingga kekurangannya terletak pada kesulitan perawatan dan perbaikan bila terjadi kerusakan.



Gambar 1.1 *STÄHLERMATIC The Pipe-Wheel (SR)*

Konsep penelitian yang ingin dikembangkan adalah *The Pipe-Wheel (SR)* dengan memberikan inovasi pada sistem pemutar luar ini adalah suatu reaktor yang

terdiri dari beberapa cakram yang berputar dengan kecepatan rotasi tertentu. Keuntungan yang diambil dari acuan konsep *The Pipe-Wheel* (SR) berada pada perawatan dan perbaikan lebih mudah dilakukan, biaya yang lebih ekonomis, dan proses pembuatan yang lebih mudah. Pada saat berputar beberapa bagian cakram yang terendam dalam limbah cair akan menguraikan zat organik yang terlarut dalam limbah cair. Pada saat kontak dengan udara biomassa akan mengabsorb oksigen, sehingga tercapai kondisi aerobik. Sistem ini membuat perbedaan dari sistem *The Pipe Wheel* (SR) yang sudah ada, karena sistem pemutar yang memutar roda pengolah berada di luar bak sistem. Pengolahan limbah dengan konsep ini merupakan suatu solusi yang dapat memegang peranan penting dalam menanggulangi permasalahan yang ada di bidang limbah domestik.

Dengan teknologi yang telah digunakan ini, limbah cair dengan melalui proses olahan lagi 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, keuntungan yang dapat diambil dari teknologi pengolah limbah tersebut adalah sisa hasil pengolahan tidak hanya air tapi juga endapan kotoran yang bisa diproses menjadi pupuk tanaman. Semua itu menjadi keuntungan, karena semua air limbah diolah menjadi sesuatu yang menguntungkan, sehingga dengan adanya alat pengolah di atas sangat dibutuhkan untuk kehidupan masyarakat saat ini.

## 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 konsep rotor *Pipe-Wheel* yang menggunakan sistem pemutar luar dan menguji kemampuan alat rancangan dalam melakukan kerjanya untuk mengolah limbah. Alat pengolah yang dibuat diharapkan menjadi solusi dalam hal pengolahan limbah domestik yang sesuai dengan persyaratan.
2. Mengetahui pengaruh alat yang dibuat terhadap kadar oksigen sampel.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Penyusunan Tugas Akhir dibatasi oleh hal-hal berikut :

1. Pembuatan alat *Aerator* yang dibuat menggunakan konsep rotor *Pipe-Wheel* dengan sistem pemutar luar.
2. Penelitian hanya sebatas perbandingan kadar oksigen dari air sebelum diolah dengan alat dan air yang telah diolah.

### 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penulisan Tugas Akhir, metodologi penulisan yang digunakan sebagai berikut:

#### 1.5.1 Studi Literatur

Sumber yang digunakan sebagai referensi adalah buku, jurnal, skripsi, artikel.

#### 1.5.2 Perancangan

Melakukan perhitungan dari design alat yang akan dibuat sehingga dari perhitungan yang didapat bisa menghasilkan alat yang mampu bekerja sesuai tujuannya.

#### 1.5.3 Proses Fabrikasi

Merupakan pembuatan alat dari bahan baku yang ada hingga menjadi alat yang sesuai design.

#### 1.5.4 Proses Uji Coba Alat

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

### **1.5.5 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.

### **1.5.6 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 teori limbah secara sederhana, konsep yang menjadi dasar dari pembuatan alat *Aerator* dengan sistem rotor *Pipe-Wheel*.

### **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 TEORI TENTANG LIMBAH

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dimana masyarakat bertempat tinggal, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan diantaranya, ada sampah, ada air kakus (*black water*), dan ada air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya (*grey water*). Secara umum yang disebut limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertambangan, dan sebagainya. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas dan debu, cair atau padat.

Pencegahan dan penanggulangan dampak air limbah terhadap kesehatan dapat dilakukan dengan mengidentifikasi jenis limbah, mengetahui dampaknya terhadap kesehatan, dan cara pengolahannya. Pada saat ini, industri berkembang dengan pesat. Hal itu dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Pada penelitian ini lebih ditekankan pengolahan limbah dengan menggunakan limbah cair.

##### Limbah cair

Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair (PP 82 thn 2001). Limbah cair dapat dikatakan juga segala jenis limbah yang berwujud cairan, berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air limbah cair. Limbah cair domestik (*domestic wastewater*) yaitu limbah cair hasil buangan dari rumahtangga, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenis. Misalnya air deterjen sisa cucian, air sabun, tinja

Limbah cair merupakan sisa buangan hasil suatu proses yang sudah tidak dipergunakan lagi, baik berupa sisa industri, rumah tangga, peternakan, pertanian, dan sebagainya. Komponen utama limbah cair adalah air (99%) sedangkan

komponen lainnya bahan padat yang bergantung asal buangan tersebut.(Rustama et. al, 1998)

Penelitian ini ditujukan untuk mengolah limbah domestik yang terdapat di gedung hunian bertingkat, seperti apartemen, pusat perbelanjaan, rumah susun, dan perhotelan. Umumnya limbah yang dihasilkan berupa limbah cair yang terbuang dari *closet* yang ada. Dapat dibayangkan begitu banyaknya yang tinggal dalam suatu *tower* apartemen dan pasti banyak juga limbah kotoran yang terbuang ke dalam bak penampungan, sehingga dibutuhkan teknologi pengolahan yang tepat untuk mengatasi limbah cair yang ada, agar dapat digunakan kembali.

Penelitian mengenai pengolahan limbah dewasa ini sudah banyak dilakukan di berbagai Negara, termasuk di Indonesia. Pengolahan limbah yang menjadi solusi untuk limbah terbesar yang terjadi, yaitu limbah domestik. Bagaimana sistem pengolahan limbah tersebut dapat berjalan seefisien mungkin dan mendapat hasil baku mutu yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku, seperti di Indonesia memiliki peraturan tentang masalah ini. Keputusan tersebut dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 tentang baku mutu effluent air limbah domestik. Baku mutu effluent yang dipersyaratkan Kepmen. LH No.112 Tahun 2003, memuat persyaratan pH sebesar 6-8, dan BOD yang terkandung pada limbah harus memiliki konsentrasi 100 mg/l.

Pengolahan limbah menjadi sangat penting melihat keadaan yang dijabarkan di atas. Saat ini pengolahan limbah itu sendiri dikembangkan dengan begitu pesat, , agar tidak terjadi kerugian untuk skala yang lebih besar. Semua penelitian yang dilakukan untuk menjamin pengolahan itu mendapatkan hasil yang diharapkan dibagi menjadi 4 tahap. Tahap pertama, menghilangkan suspended solid dan materi-materi kasar (*Primary Treatment*). Kedua, menghilangkan kandungan organik terlarut (*Secondary Treatment*). Ketiga, menghilangkan nutrient (N&P) atau bahan-bahan pencemar spesifik yang tidak dapat dihilangkan pada pengolahan sebelumnya (*Advance Treatment*). Keempat, mengolah lumpur yang dihasilkan dalam proses sebelumnya, sehingga siap dibuang ke lingkungan (*Sludge Handling*).

## 2.2 BAKU MUTU LINGKUNGAN

Limbah dapat menimbulkan dampak negatif apabila jumlah atau konsentrasinya di lingkungan telah melebihi baku mutu. Salah satu upaya untuk menanggulangi pencemaran lingkungan perlu baku mutu lingkungan. UU RI No. 23 tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup mendefinisikan baku mutu lingkungan sebagai ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsure lingkungan hidup. Dengan kata lain, baku mutu lingkungan adalah ambang batas/batas kadar maksimum suatu zat atau komponen yang diperbolehkan berada di lingkungan agar tidak menimbulkan dampak negatif.

Baku mutu limbah cair adalah batas yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dibuang dari sumber pencemaran ke badan air sehingga tidak mengakibatkan dilampauinya baku mutu air. Peraturan perundangan dan ketentuan lain tentang lingkungan hidup untuk penetapan baku mutu lingkungan tertuang dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/95. Untuk baku mutu emisi sumber tidak bergerak tertuang dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13/MENLH/3/1995. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Domestik, menjelaskan bahwa baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan.

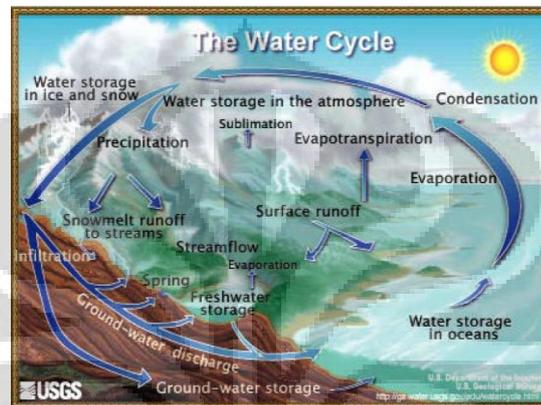
Tabel 2.1 Baku mutu air limbah domestik

### BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Pengembangan pengolah limbah yang ada tentunya untuk memperbaiki baku mutu yang telah tercemar oleh limbah, sehingga peranan alat-alat pengolah

limbah untuk meningkatkan kondisi air sebagai sumber kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air ditentukan oleh keberadaan dan jumlah senyawa kimia terlarut dan tersuspensi, dan juga ditentukan oleh akibat dari senyawa kimia terlarut dan tersuspensi tersebut terhadap makhluk hidup penghuni ekosistem. Air minum, sebagai contoh, diharuskan mengikuti aturan keberadaan dan jumlah senyawa kimia yang ketat untuk melindungi kesehatan manusia pemakainya.



Gambar 2.1 Siklus distribusi air

Pada gambar di atas, menjelaskan keberadaan air di dunia ini sangat penting. Peranan baku mutu menjadi titik yang mempengaruhi kinerja makhluk hidup, sehingga pengolahan limbah menjadi solusi untuk mendapatkan air yang dapat digunakan kembali dengan baku mutu yang telah memiliki standar untuk dipakai.

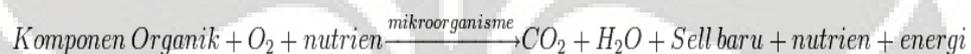
### 2.3 PARAMETER BAKU MUTU

Pada proses pengolahan air limbah, baku mutu suatu air limbah yang diolah menjadi suatu hal yang sangat penting. Baku mutu dalam suatu proses pengolahan limbah memiliki parameter dasar untuk menentukan air limbah yang ingin diproses layak untuk digunakan kembali. Parameter-parameter tersebut diantaranya, Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO), Total Padatan Tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD).

#### 2.3.1 Oksigen Terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO)

**Oksigen terlarut** (*dissolved oxygen*, disingkat **DO**) atau sering juga disebut dengan **kebutuhan oksigen** (*Oxygen demand*) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur

dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen ( $O_2$ ) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar dan tentunya menyebabkan terganggunya kehidupan makhluk hidup yang berada di dalam air. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Oleh sebab pengukuran parameter ini sangat dianjurkan disamping parameter lain seperti BOD dan COD. Dengan adanya oksigen dalam air, mikroorganisme semakin giat dalam menguraikan kandungan dalam air. Reaksi yang terjadi dalam penguraian tersebut adalah:



Jika reaksi penguraian komponen kimia dalam air terus berlaku, maka kadar oksigen pun akan menurun. Pada klimaksnya, oksigen yang tersedia tidak cukup untuk menguraikan komponen kimia tersebut. Keadaan yang demikian merupakan pencemaran berat pada air.

Sumber oksigen dalam perairan dapat diperoleh dari hasil proses fotosintesis phytoplankton atau tumbuhan hijau dan proses difusi dari udara, serta hasil proses kimiawi dari reaksi-reaksi oksidasi. Keberadaan oksigen di perairan biasanya diukur dalam jumlah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yaitu jumlah miligram gas oksigen yang terlarut dalam satu liter air.

### 2.3.2 Total Padatan Tersuspensi atau *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan inorganik yang dapat disaring dengan kertas millipore berporipori  $0,45 \mu\text{m}$ . Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, kekeruhan air meningkat yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme produser.

### 2.3.3 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah DO yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan zat organik yang terlarut dalam limbah cair. Kadar BOD yang tinggi menyebabkan berkurangnya kadar oksigen dalam air yang mengganggu kehidupan biota air. Pengujian BOD adalah pengukuran jumlah oksigen yang akan dihabiskan dalam 5 hari oleh organism pengurai aerobik dalam suatu volume limbah pada suhu 20 °C (Sunu, 2001).

Parameter yang digunakan dalam menentukan karakteristik air limbah diperoleh dari studi literatur dengan gambaran sebagai berikut :

Tabel 2.3 Studi Literatur Karakteristik Air Limbah

Sumber	Parameter	Besaran	Satuan
Japan International Corporation Agency – Departemen Pekerjaan Umum RI.	BOD		
High Income		43,9	gr/org/hari
Middle Income		31,7	gr/org/hari
Low Income		26,8	gr/org/hari
Proyek Pengembangan Baku Mutu Lingkungan – Departemen Pekerjaan Umum RI ( Komposisi Air Buangan Indonesia ).	BOD		
Kuat		400	ppm
Medium		220	ppm
Lemah		110	ppm
Metcalf, 1991 ( USA )	TSS	60 – 115	gr/org/hari
WPCF, 1959 ( USA )	TSS	90	gr/org/hari
Randal, 1980	TSS	36	gr/org/hari

### 2.3.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical oxygen demang (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam limbah cair dalam keadaan asam. Kadar COD yang tinggi menyebabkan berkurangnya kadar oksigen dalam air yang mengganggu kehidupan biota air. Pengujian COD adalah pengujian yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan seperti kalium

dikhromat yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat dalam air (Sunu, 2001).

## 2.4 PENGOLAHAN LIMBAH

Prinsip pengolahan air limbah adalah melakukan penyisihan terhadap materi polutan secara fisika, kimia, dan biologi. Urutan proses pengolahan itu sendiri sebenarnya sangat bergantung pada karakteristik influen, dengan mempertimbangkan mudah tidaknya suatu materi polutan dipisahkan dan sangat berkaitan dengan rangkaian proses selanjutnya.

Pengolahan secara fisika adalah dengan cara memanfaatkan fenomena fisik, seperti *screening*, *mixing*, *flokulasi*, *sedimentasi*, *flotasi*, *filtrasi*, dan *gas transfer*. Proses kimia terjadi karena penyisihan atau konversi dari kontaminan dengan cara penambahan zat kimia. Pengolahan dimana penyisihan kontaminan dilakukan oleh suatu aktivitas biologi disebut proses biologi.

Pada proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan menggunakan mikroorganisme biasa disebut dengan Proses Biologis.

Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Pengolahan air limbah secara biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reactor. Beberapa contoh proses pengolahan

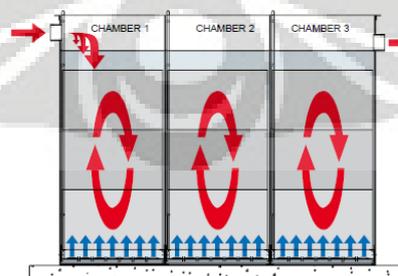
dengan sistem ini antara lain : proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit).

Proses biologis dengan biakan melekat, yakni proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media, sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain : trickling filter, reaktor kontak biologis (*rotating biological contactor*, RBC)

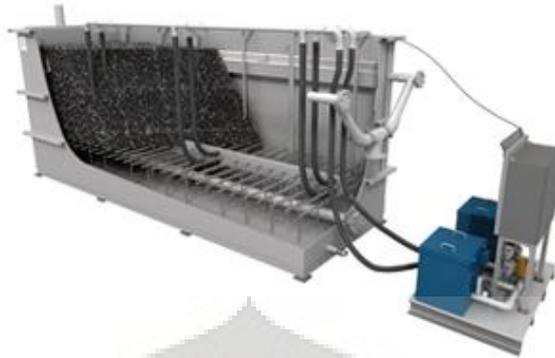
Begitu banyaknya alat pengolah limbah yang ada saat ini, tetapi dalam hal pengolahan limbah untuk gedung bertingkat, dalam hal ini apartemen hanya dua teknologi yang tepat, yaitu *Submerged Aerated Filter* dan *Rotating Biological Contactor*. Pada penelitian ini tentunya akan lebih dibahas tentang konsep dasar *Rotating Biological Contactor* (RBC) dan inovasi dari konsep *The Pipe-Wheel* (SR) yang akan dijadikan acuan dalam pembuatan alat pengujian dalam penelitian ini.

#### 2.4.1 *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*



Gambar 2.3 *Submerged Aerated Filter*

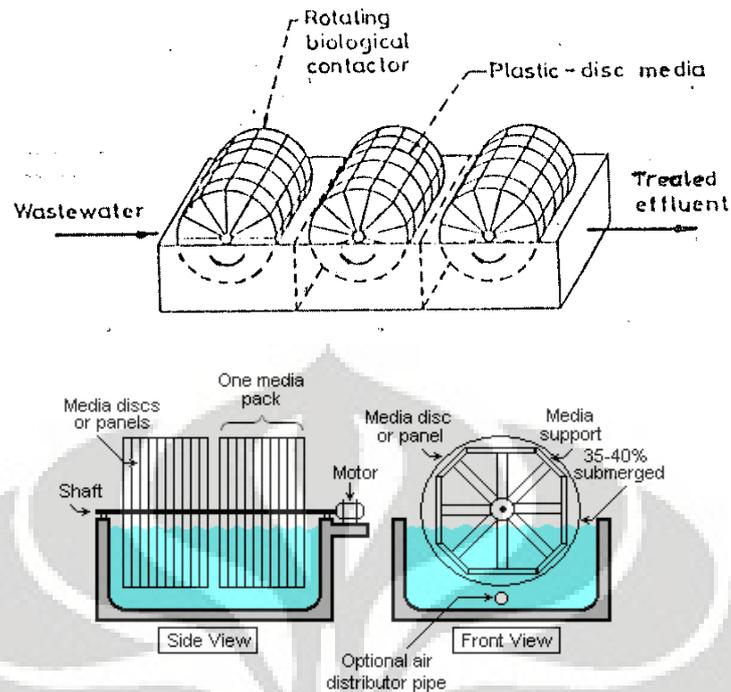
Pada alat ini, udara akan ditekan dengan *compressor* yang bertekanan tinggi sehingga mampu melawan tekan air. Alat ini akan tergabung dengan bak penampungan limbah cair.

#### 2.4.2 Cakram Biologi / *Rotating Biological Contactor* (RBC)

*Rotating Biological Contactor* atau cakram biologi ini banyak digunakan untuk mengolah limbah domestik maupun industri. Sistem pengolahan ini merupakan aplikasi lain dari reaktor pertumbuhan melekat (bioreaktor film tetap). Mikroorganisme tumbuh di atas lapisan cakram yang berputar secara perlahan dan mengubah bahan organik terlarut menjadi sel-sel baru/biomassa. Biasanya pengolahan ini berada pada tahanan sekunder dalam hal pengolahan limbah.

Faktor penting yang mempengaruhi kinerja cakram biologi adalah kecepatan rotasi, waktu detensi, jumlah stage, suhu, dan luas disk yang terendam (*disk submergence*). Pengolahan air limbah dengan cakram biologi dapat dilakukan secara optimum pada beban rendah, namun tidak terlihat peningkatan lagi pada kecepatan rotasi yang lebih besar. Meningkatnya kecepatan rotasi disk akan mempertinggi kontak, aerasi, dan pengadukan, yang berakibat pada meningkatnya tingkat penyisihan materi organik air limbah.

Peningkatan yang signifikan juga terlihat dengan memperbanyak dari 2 sampai 4 stage. Untuk air limbah dengan beban yang sangat tinggi mungkin saja lebih dari 4 stage memberikan hasil terbaik.



Gambar 2.4 *Rotating Biological Contactor*

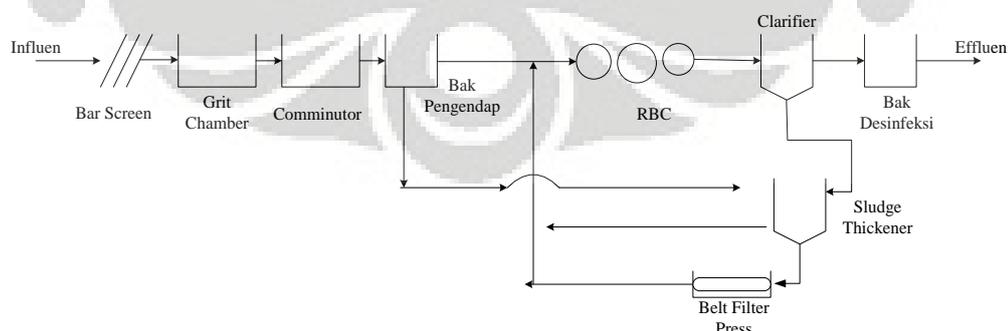
Pemilihan alternatif sistem pengolahan bertujuan untuk dapat memberikan beberapa sistem pengolahan yang dapat menurunkan kualitas influen ke kualitas efluen yang ditetapkan. Sistem pengolahan air limbah itu sendiri merupakan gabungan dari unit operasi dan unit proses dalam suatu rangkaian proses yang menjadi satu kesatuan. RBC diputar dalam keadaan tercelup sebagian yakni sekitar 40% dari diameter disk. Kira-kira 95% dari seluruh permukaan media secara bergantian tercelup ke dalam air limbah dan berada di atas permukaan air limbah. Proses pengolahan air limbah dengan seistem RBC adalah merupakan proses yang relatif baru dari seluruh proses pengolahan air limbah yang ada, oleh karena itu pengalaman dengan penggunaan skala masih terbatas, dan proses ini banyak digunakan untuk pengolahan air limbah domestik atau perkotaan.

RBC atau cakram biologi merupakan aplikasi dari reaktor pertumbuhan terlekat yang dipergunakan untuk menyisihkan bahan organik terlarut. Bentuk media umumnya berupa disk yang terbuat dari *styreofom* dan kisi-kisi padatnya terbuat dari *polyethylene*. Disk berotasi lambat, sementara air buangan mengalir masuk ke dalam tangki. Zat organik terlarut diubah menjadi energi dan sel – sel baru oleh mikroorganisme yang tumbuh melekat pada disk. Dengan adanya rotasi pada disk terjadi pembukaan film di atmosfer (mengalami aerasi). Padatan

dipelihara dalam suspensi oleh pengadukan dari rotasi media. *Multiple staging* dari cakram biologi akan menambah efisiensi pengolahan. Efisiensi penyisihan Fosfat 8–12%, Organik Nitrogen 15 – 50%, dan Amonia 8 – 15%.

Beban organik yang tinggi mungkin mengakibatkan timbulnya kondisi septik pada stage pertama sehingga diperlukan adanya penambahan aerasi, dapat terjadi *clogging*. Biaya konstruksi mahal dan sulitnya mendapatkan pengganti jika ada unit yang rusak merupakan keterbatasan dalam penggunaan cakram biologi. Selain itu RBC rentan terhadap penambahan beban organik sehingga penggunaan bak pengendap dan tangki aliran rata-rata pada pengolahan pendahuluan pasti dipertimbangkan.

Pada pengolahan ini air limbah yang masuk ke dalam IPAL akan melalui *bars screen* terlebih dahulu untuk menyisihkan material kasar dan sampah yang terbawa dalam aliran. Selanjutnya untuk mengendapkan pasir dan kerikil yang terdapat dalam aliran maka digunakan *grit chamber*. Untuk meringankan kerja pada unit selanjutnya maka digunakan *comminutor* untuk memotong partikel-partikel yang masih terdapat dalam aliran sehingga menjadi ukuran yang relatif seragam. RBC sangat rentan terhadap perubahan beban organik, sehingga dianggap perlu untuk menggunakan bak pengendap dan bak ekualisasi (TAR) sebelum memasuki unit ini. Air olahan yang keluar dari RBC diendapkan dalam *clarifier*. Lumpur yang dihasilkan kemudian distabilisasi dalam unit *digester* kemudian di *dewatering* sebelum dibuang. Supernatan didesinfeksi pada bak klorinasi sebelum dibuang ke badan air.



Gambar 2.5 Diagram Alir *Rotating Biological Contactor*

Keuntungan dari unit ini adalah:

1. Periode kontak relatif pendek karena memiliki luas permukaan aktif yang besar (umumnya lebih kecil dari satu jam)
2. Dapat digunakan untuk besaran debit yang bervariasi (1 – 100 Mgd)
3. Tidak memerlukan *recycle*
4. Biaya operasi relatif rendah dan penggunaan lahan yang kecil
5. Tingkat efisiensi 95% dengan memakai beberapa stage (2 – 3) stage

Kelemahan dari proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC antara lain :

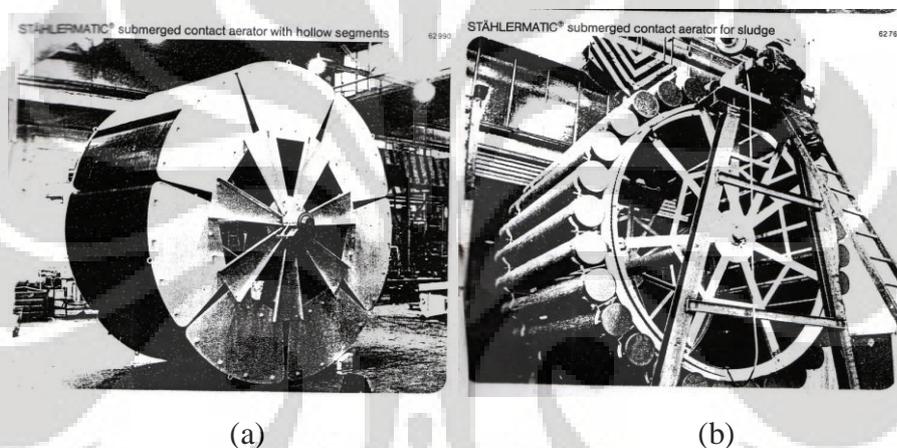
1. Pengontrolan jumlah mikroorganisme sulit dilakukan
2. Sensitive terhadap perubahan temperature
3. Kadang-kadang konsentrasi BOD air olahan masih tinggi
4. Dapat menimbulkan pertumbuhan cacing rambut, serta kadang-kadang timbul bau yang kurang busuk.

Saat ini RBC dikembangkan dengan material-material yang lebih ekonomis, umumnya dari bahan plastic atau polimer yang ringan. Bahan yang sering dipakai adalah polyvinyl chlorida (PVC), polystyrene, Polyethylene (PE), dan lainnya. Penggunaan polimer dengan bahan PVC menjadi sesuatu inovasi yang menguntungkan dan ekonomis. Selain mudah didapat, PVC juga memiliki daya tahan material yang cukup kuat dalam menahan beban air yang besar dan proses pembentukan dan pembuatannya lebih muda. Kelebihan ini yang menjadi daya tarik utama penggunaan PVC di samping kelebihan-kelebihan yang sudah disebutkan di atas.

Pada RBC yang terlihat di gambar 2.2, batang poros berada pada bagian atas wadah atau bak penampungan, sehingga bagian alat yang terendam kurang dari setengahnya. Hal ini pun berkaitan dengan efisiensi dari pengolahan itu sendiri. Hanya setengah yang terendam bahkan kurang untuk RBC pada umumnya. Banyak bagian yang tidak terendam ini pun menjadikan RBC ini kurang maksimal dalam melakukan pengolahan yang ingin dilakukan dalam menghasilkan baku mutu yang diharapkan.

### 2.4.3 Pengolahan STÄHLERMATIC

Saat ini kekurangan yang ada pada RBC yang telah ada dikembangkan oleh suatu perusahaan Jerman bernama Salzgitter Maschinen und Anlagen AG, dengan nama teknologinya STÄHLERMATIC yang mengadaptasi dari konsep RBC secara umum. Perusahaan ini mengembangkan teknologi yang membuat RBC berkembang pesat menjadi suatu teknologi yang menjadi pilihan dan baik dalam pengolahan air limbah domestik. Teknologi yang dikembangkan oleh perusahaan ini dibagi menjadi dua, yaitu *The Cell-Wheel (ZR)* dan *The Pipe-Wheel (SR)*.



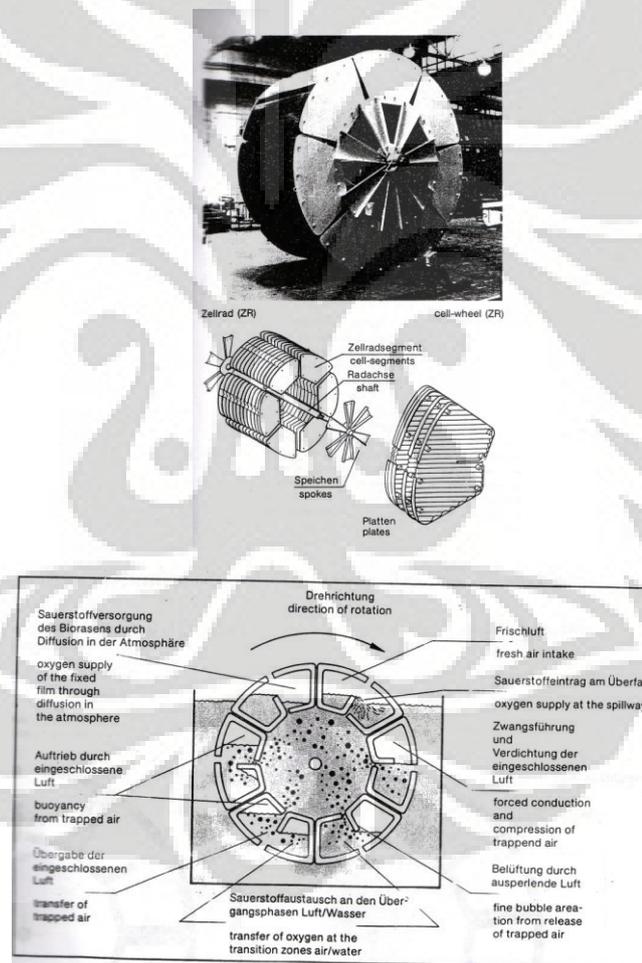
Gambar 2.6 (a) STÄHLERMATIC *The Cell-Wheel (ZR)* dan (b) STÄHLERMATIC *The Pipe-Wheel (SR)*

Kedua teknologi yang dijadikan unggulan oleh perusahaan ini berbeda dengan konsep RBC pada umumnya. Tidak seperti RBC yang dibahas sebelumnya, kurang lebih tiga per empat bagian yang terendam di dalam bak penampungan. Perbedaan inilah yang menjadikan inovasi untuk alat ini, karena menambah efisiensi dari alat pengolah limbah itu sendiri dengan semakin besar bagian yang tenggelam. Proses pengolahan biologi dan aerasi pun dapat berlangsung dengan lebih cepat dan banyak.

- *The cell-wheel (ZR)*

Pada teknologi ini, alat pengolah limbah yang dikembangkan ini yang dibuat menggunakan *cell segment* yang berupa lubang berongga yang disusun

secara memutar di sekitar batang poros. Lubang-lubang tersebut dibuat menggunakan bahan polypropylene (PP) atau polyvinyl chloride (PVC). Setiap segmen memiliki bukaan celah yang dimana akan mengambil udara ke dalam segmen. Air limbah akan dialirkan ke dalam ketika roda terus beroperasi dan limbah padat yang ada di sekitar roda akan dihilangkan dengan *scraper* atau pipa tambahan yang sudah dipasang ke roda. Pada gambar di bawah ini, proses udara yang masuk melalui celah yang sudah disusun untuk menghasilkan gelembung yang membawa oksigen, sehingga proses pengolahan terjadi pada saat diputar secara terus menerus.



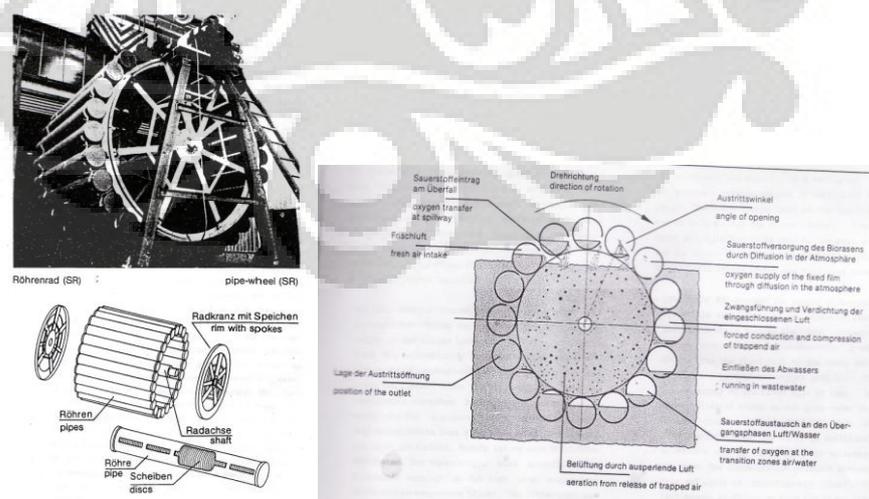
Gambar 2.7 The cell-wheel (ZR)

- *The pipe-wheel (SR)*

Teknologi ini menggunakan pipa yang dipasang secara paralel dan memutar di sekitar batang poros. Pipa tersebut seperti lubang yang berongga dan biasanya menggunakan bahan PP atau PVC. Pipa tersebut diikat pada disk, sehingga batang poros dapat memutar pipa yang ada. Pengikatan ini dimaksudkan agar air dan oksigen yang masuk dapat terdistribusi secara merata melalui celah yang dibuat pada sisi pipa secara horizontal. Udara yang diambil pada saat pipa berada di atas permukaan melalui celah atau lubang yang dibuat dengan sudut tertentu, akan menjadi proses difusi ketika akan masuk ke dalam air. Udara yang terperangkap di dalam pipa akan keluar sedikit demi sedikit dalam bentuk gelembung udara.

Pada sistem ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem *aerobic* lainnya, antara lain :

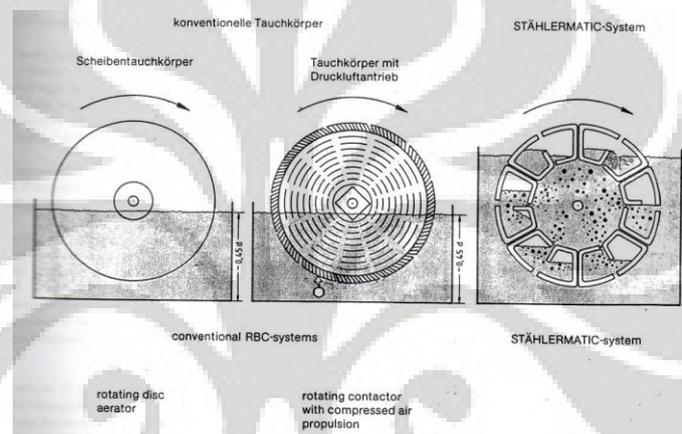
1. Konsumsi energi yang lebih rendah
2. Konstan dalam mengolah lumpur atau limbah
3. Suplai oksigen tercukupi walaupun dengan asupan udara yang kurang
4. Memungkinkan untuk suhu yang lebih tinggi dalam pengolahan



Gambar 2.8 *The pipe-wheel (SR)*

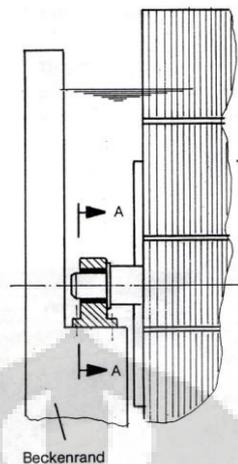
Umumnya teknologi STÄHLERMATIC memiliki kelebihan dibandingkan dengan RBC yang sudah ada, diantaranya :

1. Penambahan efisiensi yang lebih besar pada lumpur aktif (*activated sludge*), dimana dapat didaur ulang bila dilakukan secara kontinu.
2. Bio-volume yang besar, karena hampir seluruh bagian yang terendam membuat volume air limbah yang diolah lebih besar dibandingkan RBC umum.
3. Suplai oksigen yang lebih efektif



Gambar 2.9 Perbandingan dengan RBC lainnya

Kelebihan-kelebihan inilah yang menjadikan teknologi ini berkembang dan mendapatkan paten, karena lebih efisien dan cepat dalam proses pengolahannya dibandingkan RBC yang hanya sebagian yang tercelup. Tetapi teknologi ini pun ada kekurangannya, dimana poros berada sepenuhnya terendam, dan dudukan poros berada di dalam bak penampungan juga serta sistem pemutarnya juga menyatu dalam badan RBC yang terendam air. Adanya poros dan dudukan poros yang langsung terendam ini membuat cirri khas yang berbeda dari sistem RBC yang berada di luar bak. Hal ini dapat mempersulit dalam proses pemeliharaan dan perbaikan bila alat ini mengalami kerusakan.



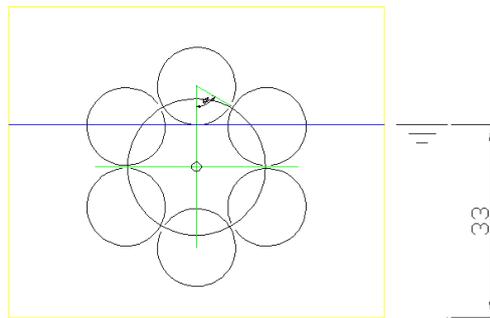
Gambar 2.10 Poros dan dudukan poros

Selain itu, pada alat pengolah limbah ini memiliki kekurangan yang mencolok dari hal biaya pembuatannya. Biasanya alat pengolah limbah ini membutuhkan biaya yang sangat besar dalam pembuatannya, karena RBC pada umumnya memiliki konstruksi yang cukup rumit. Walaupun hal ini dianggap investasi jangka panjang, tetapi pada kenyataannya menjadi hal yang cukup berat pada saat awal untuk membangun alat ini. Melihat kekurangan yang ada pada teknologi di atas, maka memicu untuk membuat inovasi yang lebih baik lagi.

#### 2.4.4 Alat Pengolah Limbah Berbasis *The Pipe Wheel* dengan Sistem Pemutar Luar

##### A. Prinsip Kerja Alat Rancangan

Pada penelitian ini akan menggunakan konsep dari STÄHLERMATIC dengan teknologi *the pipe-wheel* (SR) dimana memberikan inovasi pada sistem pemutar yang berada di luar bak, sehingga proses pemeliharanya dapat terjaga dan bila terjadi kerusakan akan lebih mudah untuk memperbaikinya. Alat rancangan yang dibuat menggunakan pipa PVC yang berongga seperti selongsong, sehingga pipa yang berisi udara yang terisi pada saat pipa berada di atas permukaan air limbah akan berputar dan masuk ke dalam air. Pada saat pipa masuk ke dalam air, pipa yang berisi udara akan terisi air limbah, sehingga pada saat proses pengisian ini akan terjadi aerasi yang akan menimbulkan gelombang-gelombang udara. Pada rencana perancangan terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.11 Rancangan yang akan dibuat

Pada rancangan alat pengolah limbah ini dibuat dengan menggunakan pipa PVC sebanyak 6 buah yang menyatu dengan cakram berporos. Menggunakan konsep *the pipe wheel* yang merendam alat kurang lebih tiga per empat bagiannya, maka penelitian yang mengacu pada konsep itu pun dilakukan seperti itu. Agar hasil yang didapat dalam pengolahan air limbah dapat maksimal dibandingkan dengan RBC yang sudah ada. Penelitian yang dilakukan ini hanya mengembangkan kekurangan yang terdapat di *the pipe wheel*, yang terjadi pada sistem pemutar dan porosnya.

## B. Literatur Perhitungan

### 1. Rancangan Alat

Menggunakan pipa PVC yang dijadikan tabung, sehingga perhitungan luas permukaan dan volumenya.

- Luas permukaan tabung

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \cdot \text{LuasLingkaran} + \text{LuasSelimut} \\
 &= 2 \cdot \pi r^2 + 2\pi r \cdot h,
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

- Volume tabung

$$V = \pi r^2 \cdot h
 \tag{2.2}$$

## 2. *Power* penggerak

Pada penggerak alat pengolah limbah tentunya perlu diketahui besar *power* yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat tersebut, maka dengan rumus perhitungan  $F_D$  yang merupakan *Force of Drag*,

$$F_D = \frac{1}{2} \rho u^2 C_D A, \quad (2.3)$$

Dimana,  $F_D = \text{Force of Drag}$

$\rho =$  massa jenis

$u =$  kecepatan

$C_D =$  coefficient drag, menggunakan  $C_D = 1,3$  dengan aliran yang melewati badan tabung untuk satu tabung, tetapi untuk rancangan secara keseluruhan digunakan  $C_D = 2,2$ . (*Introduction to Thermal Systems Engineering*, Gambar 14.18, Hal 333)

$A =$  Luas bidang basah

Besar  $F_D$  yang didapat dapat digunakan untuk mencari besar  $\tau$  (torsi) yang diperlukan untuk mencari *power*, karena alat yang dirancang melakukan gerakan putaran, sehingga diperlukan  $\tau$ ,

$$\tau = r \times F_D \quad (2.4)$$

Berdasarkan rumus-rumus diatas, dapat dipergunakan pada perhitungan *power* untuk rancangan yang dibuat dengan menggunakan persamaan,

$$P = \tau \times \omega \quad (2.5)$$

Dimana,  $\tau =$  torsi

$\omega =$  kecepatan angular

*Power* yang didapat digunakan untuk estimasi tenaga penggerak alat rancangan yang dibuat.

## BAB III

### DESKRIPSI ALAT UJI DAN PROSEDUR PENGUJIAN

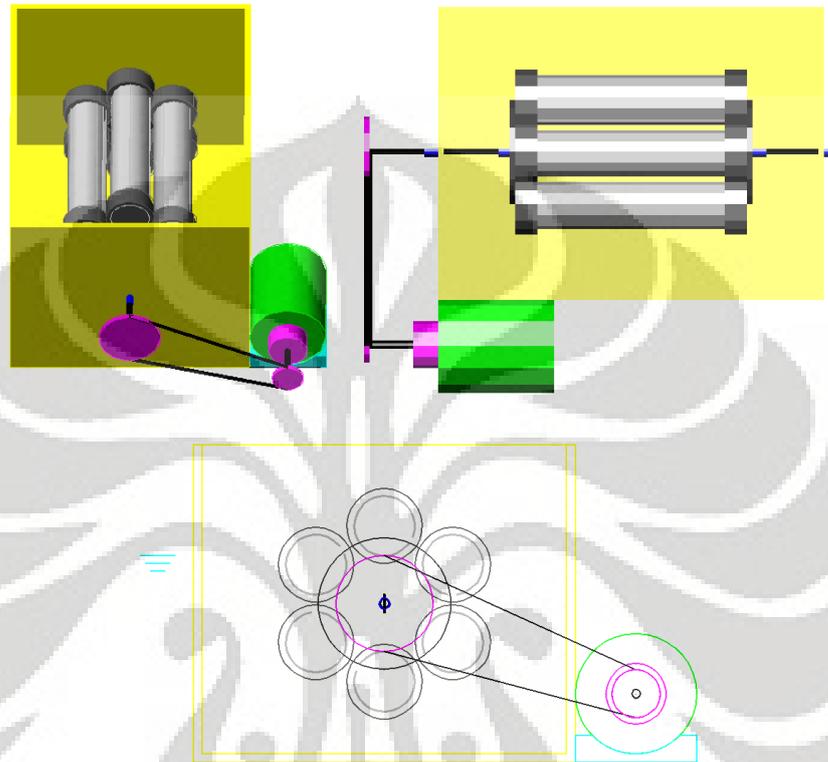
#### 3.1 RANCANGAN ALAT UJI

Pada pengembangan alat pengolah limbah ini dirancang dan dibuat sendiri berdasarkan dasar teori dan pengalaman dari dosen pembimbing. Alat uji ini dirancang sebagai alat uji yang disesuaikan dengan skala laboratorium, yaitu penggunaan alat yang hanya ditunjukkan untuk penelitian dan pengambilan data dari air limbah yang terdapat di lantai 4 Departemen Teknik Mesin, karena biasanya alat dengan basis *Rotating Biological Contactor* (RBC) memiliki ukuran-ukuran yang besar. Pada pengembangan alat ini menggunakan *prototype* dengan konsep STÄHLERMATIC *The Pipe-Wheel* (SR) untuk menguji kemampuan dari pengolahan limbah yang menggunakan sistem pemutar luar.

Rancangan untuk alat pengolah limbah seperti terlihat pada gambar 3.1, yang memiliki perbedaan yang dominan pada sistem pemutarnya. Pada rancangan di bawah ini menggunakan konsep STÄHLERMATIC *The Pipe-Wheel* (SR) yang dimana teknologi ini menggunakan pipa yang berongga dan badan alat yang terendam lebih banyak bila dibandingkan dengan RBC pada umumnya yang hanya setengah bagian yang terendam, tentunya dengan penambahan inovasi di segi sistem pemutarnya yang berada di luar bak tempat alat pengolah itu berada. Sistem pemutar ini yang menggunakan roda gigi atau *gear* motor telah dilas pada batang poros yang menyatu dengan badan alat. Acuan yang digunakan pun sudah teruji secara internasional, karena teknologi STÄHLERMATIC yang digunakan sudah mendapatkan paten, tetapi masih terdapat kekurangan. Kekurangan tersebut yang memicu pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan inovasi dari teknologi yang sudah ada, sehingga alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* dengan sistem pemutar luar ini menjadi lebih baik dan ekonomis.

Air limbah yang dipersiapkan dimasukkan ke dalam bak, lalu motor yang sudah diatur dudukannya disatukan pada roda gigi atau *gear* motor dengan rantai besi, sehingga sistem pemutar yang berada di luar bak ini

membuat proses pengolahan terjadi di dalam bak. Proses pengolahan menggunakan pipa berongga yang memiliki celah secara horizontal di sisi pipa, sehingga udara dan air limbah yang masuk dan keluar melalui celah ini.



Gambar 3.1 *The Pipe-Wheel* (SR) dengan sistem pemutar luar

Pada rancangan di atas pun dapat dilihat bahwa batang poros yang menjadi dudukan dan yang membantu memutar alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* dipasang dan ditempel pada bak, sehingga posisi poros tidak berubah. Pada posisi poros ini yang sudah diukur dan disesuaikan dengan titik tengah dari alat tidak dapat diubah, hal ini disebabkan batang poros langsung terhubung dengan sisi satunya. Pada alat pengolah yang dibuat, lempengan besi tipis dilaskan pada batang poros dan dibaut pada alat, sehingga sistem ini yang membantu proses pemutaran yang terjadi dari motor listrik. Bahan material yang digunakan menggunakan polyvinyl chlorida (PVC) seperti yang sudah dibahas pada bab II tentang kelebihan material ini. Umumnya material yang digunakan membutuhkan biaya yang besar dalam pembuatannya,

sehingga pada perancangan alat pengolah limbah ini menggunakan alternatif dengan PVC.

Alat pengolah yang dibuat menggunakan pipa PVC yang dirancang seperti selongsong, sehingga proses pembuatannya menjadi lebih mudah, hal ini yang membedakan dengan RBC lain. Biasanya RBC memiliki konstruksi yang rumit, tetapi pada perancangan alat ini menggunakan konstruksi yang lebih sederhana dengan tetap memaksimalkan kemampuan dari RBC. Pembuatan yang ekonomis dan tidak rumit, karena material yang mudah didapat dan hanya membutuhkan ketelitian dan kecermatan dalam menyusun pipa-pipa dengan pelat atau disk, serta mengedepankan keamanan dari alat ini dan memudahkan perawatan bila terjadi kerusakan atau hanya perawatan berkala. Perawatan yang mudah tanpa membutuhkan biaya yang besar dan lebih efisien. Hal-hal tersebut merupakan kelebihan yang ditonjolkan dalam alat uji pengolah limbah ini.



Gambar 3.2 Alat rancangan

### 3.1.1 Spesifikasi alat uji

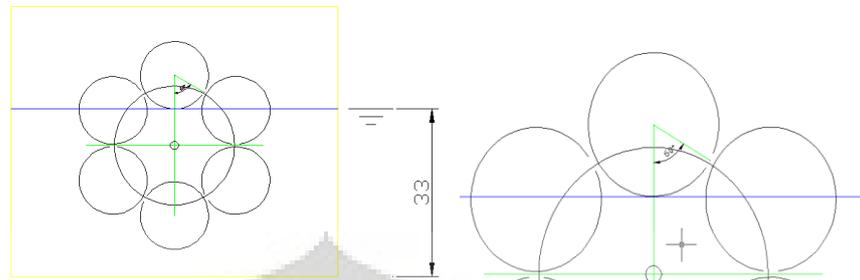
Alat uji terdiri dari enam buah pipa PVC dengan ukuran diameter 4” (inci) dan panjang 50 cm. Pada setiap bagian atas dan alas tabung diberikan dof atau tutup tabung untuk ukuran 4”, sehingga air limbah hanya masuk pada celah yang sudah diberikan pada pipa tersebut. Pipa-pipa tersebut ditempel pada pipa PVC yang dijadikan dalam bentuk pelat dengan ketebalan 1 cm pada kedua sisinya. Hal ini untuk menjadi tumpuan dan yang membuat pipa berada dalam kesatuan.

Batang poros dengan panjang 1 m dan memiliki diameter 15 mm . Pada batang poros ini terdapat roda gigi atau *gear* yang dilas pada sisi luar bak. Roda gigi ini yang berperan penting dalam proses pemutaran alat. Roda gigi yang dipakai biasanya roda gigi yang digunakan pada sepeda motor. Pada bagian sisi alat, pelat besi yang dilas dengan batang poros disatukan dengan pelat PVC dengan baut ukuran 6. Pada masing-masing sisi tersebut pun terdapat pipa sambungan PVC yang lebih kecil ukurannya dengan ukuran  $\frac{1}{2}$ " , dimana pada bagian ini batang poros dan pipa sambungan tersebut dibor dan dikunci dengan baut (ukuran 4). Hal ini dimaksudkan untuk penyempurnaan putaran yang terjadi. Putaran yang dilakukan untuk pengolahan limbah ini sebesar sekitar 33-35 rpm.



Gambar 3.3 Pipa sambungan dan batang poros

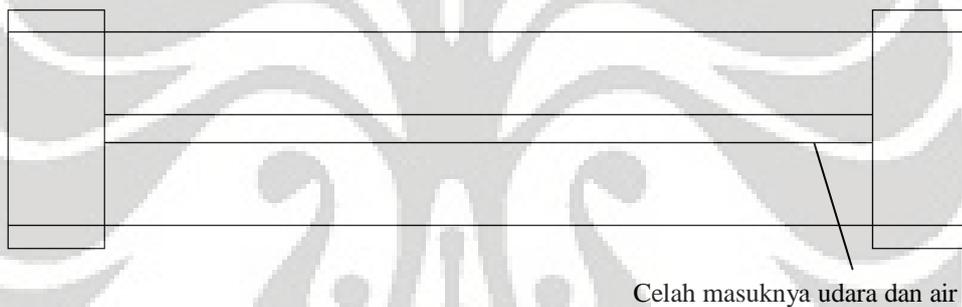
Alat pengolah limbah yang dibuat memiliki batas air limbah yang berada di dalam bak. Batas air setinggi 33 cm dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan yang dimana bila terisi penuh air limbah di dalam bak akan membuat proses pengoksigenisasinya tidak berjalan. Adanya batas tersebut membuat pipa yang dibuat dapat mengosongkan air limbah yang berada di dalam pipa pada saat pipa berada di posisi maksimal di atas permukaan. Pada bagian selimut tabung pipa diberikan celah atau mulut dengan lebar 1,5 cm, yang dimana melalui celah ini proses aerasi terjadi dalam limbah. Semua pipa PVC tersebut diberikan ukuran yang sama dan celah yang sama, celah tersebut dibuat dengan sudut sebesar  $60^\circ$  seperti pada gambar atau sebesar  $330^\circ$  bila menggunakan standar sudut lingkaran.



Gambar 3.4 Batas air limbah dan sudut celah

### 3.1.2 Perhitungan Rancangan Alat

#### A. Detail Rancangan Pipa



Gambar 3.5 Rancangan Pipa

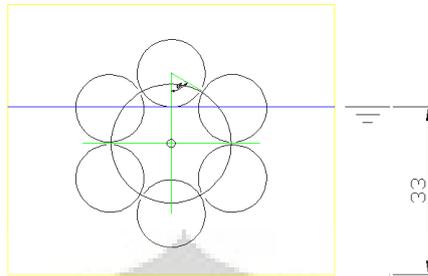
Pipa yang memiliki panjang 50 cm dan berdiameter 10,16 cm ini memiliki luas permukaan dan volume

$$\begin{aligned} L &= 2 \cdot \text{LuasLingkaran} + \text{LuasSelimut} \\ &= 2 \cdot \pi r^2 + 2\pi r \cdot h, \\ &= 1757,18 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 \cdot h \\ &= 4051,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Luas permukaan 1757,18 cm<sup>2</sup> dan volume 4051,6 cm<sup>3</sup> ini untuk satu pipa, karena alat yang dibuat memiliki 6 pipa. Maka, luas permukaan total sebesar 10543,08 cm<sup>2</sup> dan volumenya 24309,6 cm<sup>3</sup>.

Pada alat yang dibuat dapat dihitung besar oksigen yang berada dalam air limbah,



Gambar 3.6 Kondisi Pengisian

Pada kondisi ini bagian pipa yang semula berisikan udara, akan terisi air limbah dengan kondisi seperti gambar di atas dengan volume pipa yang terisi penuh. Asumsi pipa yang terisi hanya 90% dari total volume pipa yang berputar sebanyak 35 rpm, maka perhitungan besar volume udara yang terdistribusi keluar pipa dengan 6 pipa,

$$\text{Volume pipa} = 4051,6 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Besar volume udara} &= n \times v \times \text{rpm} \times 90\% \\ &= 6 \times 4051,6 \times 35 \times 90\% \\ &= 765752,4 \text{ cm}^3 \\ &= 0,766 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Perubahan ini hanya berlaku untuk satu putaran, bila dihitung sebanyak putaran yang dilakukan satu menitnya sebesar 35 rpm, maka besar perubahan tersebut menjadi 0,766 m<sup>3</sup> per menit.

#### B. Power Penggerak

Perhitungan besar *power* yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat pengolah ini, dapat dilakukan dengan asumsi seperti di bawah ini,

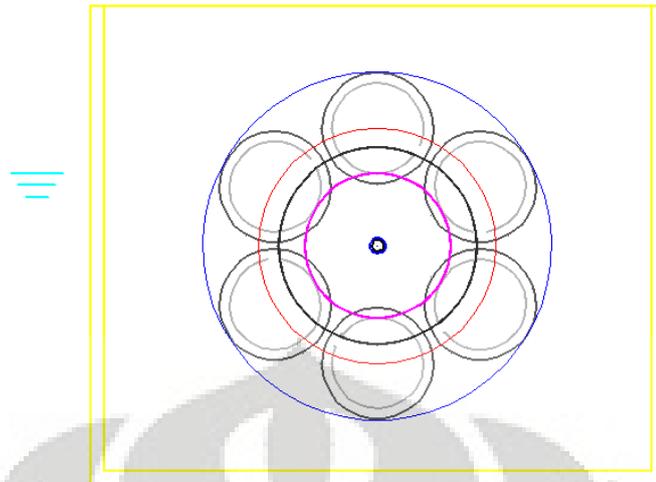
Kondisi I, dimana perhitungan dilakukan untuk satu pipa yang diasumsikan terisi penuh

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{putaran} = 35 \text{ rpm}$$

$$D_{\text{alat}} = 38,5 \text{ cm (lingkaran biru), dan } 26 \text{ cm (lingkaran merah).}$$

$$Cd = 1,3$$



Gambar 3.7 Kondisi alat rancangan

Pada kondisi ini dengan menggunakan persamaan fisika untuk menentukan besar kecepatan  $u$  maka

$$u = \text{putaran} \times \text{keliling lingkaran}$$

$$u = 35/60 \times 120,89$$

$$= 0,71 \text{ m/s}$$

Besar luas bidang basah dari suatu pipa didapat sebesar  $1757,18 \text{ cm}^2$  atau senilai  $0,176 \text{ m}^2$

Menggunakan persamaan kerja,

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \rho u^2 C_D A, \\ &= \frac{1}{2} \times 1000 \times (0,71)^2 \times 1,3 \times 0,176 \\ &= 57,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah didapat besar  $F_D$ , dapat dicari besar  $\tau$  (Torsi),

$$\begin{aligned} \tau_{\text{pipa}} &= r \times F_D \\ &= 0,13 \times 57,7 \\ &= 7,5 \text{ N m} \end{aligned}$$

Perhitungan torsi untuk satu pipa didapat sebesar  $7,5 \text{ N m}$ , bila alat rancangan menggunakan enam pipa, maka besar torsi total,

$$\begin{aligned} \tau_{\text{total}} &= 6 \times \tau_{\text{pipa}} \\ &= 6 \times 7,5 \\ &= 45 \text{ N m} \end{aligned}$$

Sehingga *power* dapat dihitung,

$P_{\text{awal}} = \tau \times \omega$ , dimana  $\omega$  didapat dari besar putaran 35 rpm, sehingga didapat besarnya 3,675 rad/s.

$$= 45 \times 3,675$$

$$P_{\text{awal}} = 166,5 \text{ watt}$$

Bila safety factor yang digunakan sebesar 25 %, maka,

$$P_{\text{SF}} = 166,5 \times 25 \%$$

$$= 41,6 \text{ watt}$$

Besar *power* total yang didapat untuk satu pipa,

$$P_{\text{total}} = P_{\text{awal}} + P_{\text{SF}}$$

$$= 208,1 \text{ watt}$$

Maka besar *power* yang didapat untuk kondisi I sebesar 208,1 watt.

Kondisi II, dimana perhitungan untuk pipa secara keseluruhan, dengan diameter 38,5 cm dan  $C_D = 2,2$ .

Menggunakan persamaan kerja,

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \rho u^2 C_D A, \\ &= \frac{1}{2} \times 1000 \times (0,71)^2 \times 2,2 \times 0,176 \\ &= 97,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Setelah didapat besar  $F_D$ , dapat dicari besar  $\tau$  (Torsi),

$$\begin{aligned} T_{\text{alat}} &= r \times F_D \\ &= 0,1925 \times 97,6 \\ &= 18,8 \text{ N m} \end{aligned}$$

Sehingga *power* dapat dihitung,

$P_{\text{awal}} = \tau \times \omega$ , dimana  $\omega$  didapat dari besar putaran 35 rpm, sehingga didapat besarnya 3,675 rad/s.

$$= 18,8 \times 3,675$$

$$P_{\text{awal}} = 69,04 \text{ watt}$$

Bila safety factor yang digunakan sebesar 25 %, maka,

$$P_{\text{SF}} = 69,04 \times 25 \%$$

$$= 17,3 \text{ watt}$$

Besar *power* total yang didapat untuk satu pipa,

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= P_{\text{awal}} + P_{\text{SF}} \\ &= 86,3 \text{ watt} \end{aligned}$$

Maka besar *power* yang didapat untuk kondisi II sebesar 86,3 watt.

### 3.2 PERALATAN PENDUKUNG

Pada alat uji ini terdapat beberapa komponen yang digunakan antara lain:

#### 3.2.1 Motor Listrik

Motor listrik yang digunakan sebagai peralatan pendukung pada alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ini merupakan motor listrik dengan model satu fase (single phase) AC motor, dengan putaran motor sebesar 1400 rpm dengan kapasitas motor sebesar ¼ HP.



Gambar 3.8 Motor Listrik

#### 3.2.2 Rantai Besi

Pada sistem pemutar menggunakan bantuan dari rantai besi yang dihubungkan pada roda gigi atau *gear* dengan kepala motor listrik yang sudah dilas dengan roda gigi yang lebih kecil. Rantai yang digunakan biasanya dipakai pada sepeda motor.



Gambar 3.9 Rantai besi

### 3.2.3 Botol Sampel

Pada pengambilan data yang dilakukan, air limbah yang sudah diolah diambil sampel airnya dan dimasukkan pada botol sampel yang terbuat dari gelas kaca. Botol ini dapat menampung air limbah sebanyak 300 ml. Botol ini berfungsi sebagai wadah untuk penampungan sementara selama pengambilan dan pengujian sampel yang dilakukan di laboratorium.



Gambar 3.10 Botol sampel

### 3.2.4 DOmeter

DOmeter merupakan suatu alat pengukuran yang berfungsi untuk mengukur besar *Dissolved Oxygen* (DO) atau oksigen terlarut yang terdapat dalam suatu sampel. Alat ukur ini menggunakan batang ukur yang dicelupkan pada sampel dan besar DO yang terdapat pada sampel terlihat pada *display* alat ukur ini. Alat ukur ini tidak membutuhkan waktu yang lama dalam mengukur besar DO pada suatu sampel.



Gambar 3.11 DOmeter

### 3.2.5 Bak

Bak yang digunakan untuk tempat air limbah yang diujikan dan alat pengolah memiliki ukuran panjang 80 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 50 cm. Pada bak ini diberikan cat *aquaproof* dan fiber, agar meminimalisasi kebocoran yang terjadi.



Gambar 3.12 Bak atau wadah penampung

## 3.3 KONDISI DALAM PENGUJIAN

Pada saat sebelum pengujian alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel*, air limbah yang sudah dipersiapkan diisi ke dalam bak sedikit demi sedikit. Ketika air limbah tersebut mencapai sepertiga bagian bak, lalu dilakukan pengecekan kondisi bak. Pengecekan ini bertujuan untuk mengetahui ada kebocoran atau tidak. Lalu pengisian dilanjutkan sampai batas air yang sudah ditentukan, tanpa membenamkan seluruh bagian alat pengolah. Pada saat air sudah diukur, kemudian alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel*

diputar secara manual untuk menguji dan membiarkan alat tercelup semua. Kondisi air pada saat ini sudah dalam keadaan yang cukup lama di dalam bak, sehingga air limbah yang pada dasarnya kotor sudah bercampur dengan kondisi bak yang sudah di *aquaproof* dan difiber. Pada kondisi alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* sudah siap untuk melakukan pengujian dan pengambilan data, lalu saklar motor listrik dinyalakan untuk menggerakkan alat.

### 3.4 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA

Air limbah yang sudah berada dalam bak yang memuat alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* disesuaikan dengan batas air yang sudah ditentukan, agar operasi alat dapat berjalan sesuai rencana pengujian. Sebelum proses pemutaran, sampel air diambil dengan menggunakan botol sampel sebanyak 300 ml sampai kondisi botol sampel tersebut penuh. Proses pengambilan sampel pun tidak dapat dilakukan secara sembarangan, karena ada teknik dalam pengambilan sampel. Botol ditenggelamkan dengan posisi terbalik, dimana bibir botol dalam keadaan di bawah. Setelah itu dimiringkan untuk mengisi sampel, karena bila dimiringkan di permukaan air seperti halnya menciduk air, akan berpengaruh dalam pengambilan data. Kondisi seperti ini akan mempengaruhi asupan oksigen ke dalam botol, sehingga di dalam botol sudah ada kandungan oksigen, tetapi bila dilakukan dengan teknik yang benar, sampel tidak akan terganggu dalam proses pengujiannya.

Pada saat pengambilan sampel awal sudah dilakukan, selanjutnya pengoperasian alat pengolah limbah selama satu jam tanpa berhenti. Selama pemutaran, tidak dilakukan intervensi apapun, agar air limbah dapat terkonsentrasi dengan proses pemutaran untuk pengoksidasian. Setelah satu jam proses pemutaran berlangsung, alat uji dimatikan untuk pengambilan sampel. Pengambilan sampel menggunakan teknik yang sama seperti pengambilan sampel awal. Setelah sampel diambil, dilakukan pengujian di lab dengan kondisi pemutaran dilakukan kembali selama satu jam kembali.

Pengambilan sampel dilakukan setelah satu jam, sehingga total menjadi dua jam. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara seperti pengambilan sebelumnya.

Pengujian sampel dilakukan di lab, setelah sampel didapat. Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan alat ukur, seperti D0meter. Setelah semua siap, pengambilan data dilakukan dengan mencelupkan batang ukur ke dalam botol sepertiga bagian. Batang ukur tersebut diposisikan tegak lurus dan tidak bergoyang, agar data yang diambil dapat diketahui dan tidak berubah-ubah. Alat ukur tersebut memiliki cara yang sama dalam pengujian sampel. Pengujian sampel dilakukan pertama kali pada botol sampel awal, selanjutnya sampel dengan rentan waktu satu jam, setelah itu yang terakhir. Hasil data yang didapat diketahui beberapa waktu kemudian pada *display* alat ukur. Hasil inilah yang dijadikan acuan dalam pengujian alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ini.

### 3.5 TAHAPAN PENGUJIAN

Tahap pengujian dalam menguji alat dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

- Pengambilan data untuk menguji alat pengolah limbah dan mengetahui jumlah oksigen terlarut/*Dissolved Oxygen (DO)*
  1. Pembuatan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* dan sistem pemutarnya.
  2. Pemasangan seluruh sistem dan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ke dalam bak yang sudah dibuat.
  3. Proses pengecatan aquaproof dan fiber bak.
  4. Persiapan segala peralatan dan perlengkapan pembantu dalam mengambil data.

5. Air limbah dimasukkan ke dalam bak sesuai dengan batas yang sudah ditentukan, agar proses pengolahan limbah dapat berlangsung dan suplai oksigen dapat dilakukan dengan sempurna.
6. Pengambilan sampel dengan kondisi awal, waktu  $t=0$ , dengan menggunakan botol sampel yang sudah dipersiapkan. Pengambilan ini sampai kondisi botol yang terisi penuh.
7. Proses pemutaran dilakukan dengan menggunakan motor listrik yang sudah dipersiapkan selama satu jam tanpa berhenti.
8. Setelah satu jam proses pemutaran alat pengolah untuk pengolahan air limbah yang sudah diisi ke dalam bak, alat pengolah diberhentikan. Lalu dilakukan pengambilan sampel dengan kondisi waktu  $t= 60$ menit, dengan menggunakan botol sampel lain yang sudah dipersiapkan seperti pada saat pengambilan sampel awal.
9. Setelah pengambilan sampel setelah satu jam, alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* dioperasikan kembali dengan rentan waktu satu jam kembali.
10. Sampel yang sudah didapat dibawa ke Laboratorium Penyehatan Lingkungan di Departemen Teknik Sipil untuk dilakukan pengujian sampel dan pengambilan data.
11. Proses pengambilan sampel terakhir dilakukan pada waktu pemutaran sudah berlangsung satu jam. Alat dimatikan kembali dan pengambilan sampel dilakukan dengan botol sampel. Kondisi sampel berupa air limbah dengan waktu total pengolahan selama dua jam.
12. Botol sampel untuk kondisi terakhir kembali dibawa ke Lab untuk dilakukan pengujian.
13. Pengujian di lab dilakukan dengan menggunakan DOmeter. Proses pengambilan data dengan mencelupkan batang ukur ke dalam botol

sampel, lalu menunggu beberapa saat untuk hasil yang tertera di *display* DOmeter. Pengujian ini dilakukan per botol sampel.

14. Data-data yang didapat dicatat sesuai dengan kondisi limbah yang didapat di *display* alat ukur.



## BAB IV

### DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA

#### 4.1 DATA PENGAMATAN

Pada percobaan yang dilakukan pada air limbah dengan menggunakan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* didapat data yang diperoleh dari pengukuran di laboratorium. Data-data tersebut sudah menjadi titik acuan dalam uji alat pengolah limbah yang telah dilakukan. Pengukuran tersebut menggunakan Dometer, sehingga data yang didapat langsung berupa output yang diharapkan. Pada data pengamatan yang diperoleh diambil parameter, yaitu oksigen terlarut (DO). Berdasarkan data tersebut, dapat dianalisa akan kemampuan alat pengolah limbah ini dalam melakukan peranannya untuk menyuplai oksigen yang dibutuhkan untuk memperbaiki baku mutu yang ada pada air limbah yang dijadikan bahan untuk pengujian ini.

Data yang diperoleh pun dibagi menjadi tiga kondisi, dimana perbedaan yang diambil berupa waktu pengolahan. Ketiga kondisi itu, antara lain :

1. Kondisi I, merupakan kondisi awal dari pengolahan pada saat alat pengolah limbah belum dioperasikan.
2. Kondisi II, merupakan kondisi dimana alat pengolah limbah sudah melakukan operasi selama satu jam (60 menit).
3. Kondisi III, merupakan kondisi alat pengolah limbah yang dipersiapkan sudah melakukan operasi selama dua jam (120 menit).

Cara pengambilan data :

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*), botol.
- Cara pengambilan sampel dengan mencelupkan bagian ujung botol yang terbuka 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.
- Pastikan didalam botol tidak ada gelembung udara.
- Sampel yang sudah diambil disimpan di tempat yang tidak terkena cahaya matahari langsung.

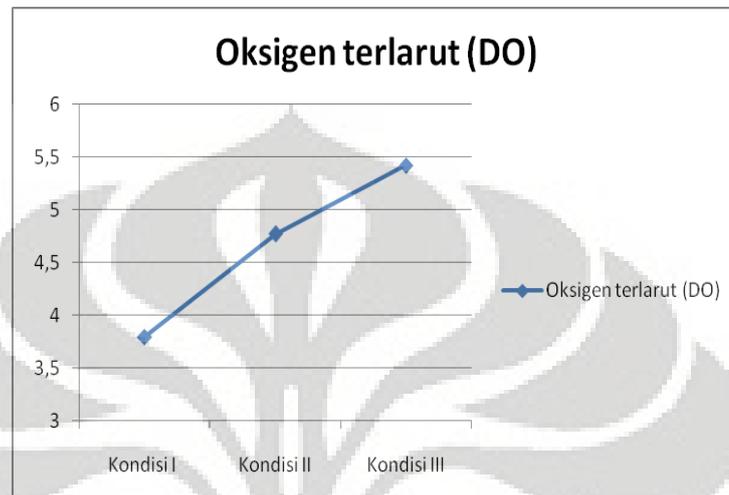
Pada bab ini akan dibahas hasil pengujian yang telah diperoleh dari laboratorium dan penganalisaan alat pengolah berdasarkan data-data yang diperoleh. Pengujian ini hanya dikonsentrasikan pada pengukuran besar oksigen yang terlarut, karena dimaksudkan hanya untuk mengetahui keberhasilan dari pembuatan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ini. Pada tabel dibawah ini merupakan data dari pengujian sampel air limbah yang digunakan dengan parameter Oksigen Terlarut (DO).

Tabel 4.1 Tabel Oksigen Terlarut (DO)

Parameter	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Satuan
Oksigen Terlarut (DO)	3,8	4,77	5,42	mg/L

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat dengan jelas, adanya kenaikan yang cukup signifikan dari kondisi awal ke kondisi berikutnya. Pada kondisi I, merupakan kondisi awal yang dimana air limbah yang digunakan belum dilakukan upaya pengolahan. Air limbah masih dalam keadaan normal dan pada pengujian laboratorium air limbah tersebut memiliki kandugan oksigen terlarut (DO) sebesar 3,8 mg/L. Pada tabel tersebut dapat dilihat ada kenaikan pada saat air limbah dilakukan pengolahan menggunakan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* selama satu jam (kondisi II) menjadi 4,77 mg/L

atau sekitar 25,53%. Kondisi III terjadi kenaikan menjadi 5,42 mg/L dibandingkan dengan kondisi II atau sebesar 13,6%, tetapi bila dibandingkan dengan kondisi awal kenaikannya sebesar 42,6%. Kenaikkan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.1 Grafik Oksigen Terlarut (DO)

Pada grafik di atas kenaikan DO terjadi cukup menyerupai grafik linier, sehingga terlihat jelas adanya perubahan yang terjadi di air limbah. Kenaikkan Do dalam persen dapat dilihat pada grafik berikut ini.

#### 4.2 ANALISA ALAT UJI DAN DATA

Pengujian yang dilakukan dengan air limbah yang sudah disediakan menghasilkan data-data yang diperoleh dari laboratorium seperti yang sudah disebutkan. Data-data tersebut memperlihatkan adanya kenaikan yang cukup berarti untuk alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ini. Kenaikkan yang terjadi merupakan tujuan yang sangat diharapkan pada pengembangan alat pengolah limbah tersebut, karena dengan adanya kenaikan pada oksigen terkandung (DO), maka alat yang telah dibuat ini mempunyai kemampuan untuk melakukan kerjanya sebagai alat pengolah limbah yang kedepannya dapat menjadi alternatif baru dalam memperbaiki mutu air limbah domestik yang ada.

Pada awalnya pembuatan alat pengolah ini dimaksudkan untuk menguji alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel*, apakah dapat berjalan dengan baik atau tidak. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa alat pengolah limbah dapat berjalan atau beroperasi sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Hasil pengujian untuk pengoperasian ini disesuaikan dengan acuan dari alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* yang telah ada, baik dari cara kerja maupun sistem alat tersebut. Hanya perbedaan yang dilakukan untuk mendapat inovasi dari alat pengolah limbah ini terletak pada sistem pemutarnya. Biasanya alat pengolah limbah yang telah ada mempunyai sistem pemutar yang menempel dengan badan alat pengolah.

Sistem pemutar yang dirancang di sisi luar bak yang dilas menempel dengan batang poros melakukan kinerja yang sangat baik dan sesuai harapan perancangan yang dimana dapat menggerakkan alat dalam melakukan tugasnya untuk mengolah air limbah yang sudah dipersiapkan. Sistem pemutar yang telah dijelaskan di bab III, dapat memutar dengan bantuan motor listrik yang sudah diberikan dudukan di sisi samping bak yang sudah ditempel, sehingga pada saat sistem berputar dapat menjalankan peranannya dengan baik. Sistem pemutar ini menjadi titik terpenting dari alat pengolah limbah, karena merupakan satu-satunya tenaga penggerak untuk menguji dan menggerakkan alat pengolah limbah. Tetapi tentunya ada kekurangan yang dapat mengganggu dari kinerja alat ini, dimana sistem pemutar dengan menggunakan roda gigi atau *gear* sepeda motor tersebut tidak adanya penutup, sehingga untuk keselamatan menjadi perhatian utama dari alat ini. Pada saat beroperasi dengan roda gigi yang berputar dikaitkan dengan rantai besi yang menyatu dengan motor listrik menghasilkan putaran yang cukup berbahaya bila pada proses pembuatannya tidak pas dan teliti. Kekurangan lain dari sistem pemutar terdapat pada motor listrik yang sudah menurun performanya, sehingga kadang-kadang motor listrik tersebut tidak merata dalam melakukan putarannya. Hal ini dikarenakan kondisi motor yang sudah tidak baik dan tidak terawat dengan baik.

Pengaruh dari sistem pemutar dari sisi motor listrik cukup mempengaruhi dalam operasi alat pengolah limbah, karena motor listrik menjadi tenaga pemutar dari sistem pemutar alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* ini. Hal ini membuat proses pemutaran alat tidak berjalan secara merata pada saat pengujian berlangsung. Walaupun putaran yang diperoleh sekitar 33-35 rpm, tetapi dengan adanya penurunan performa dari motor listrik tersebut dapat mempengaruhi proses aerasi dari alat ke air limbah di dalam bak. Bila dilihat dari sisi pengujian alatnya, pengembangan alat ini dengan sistem pemutar berada di luar memenuhi tujuan perancangan, disamping kekurangan yang ada pada motor listriknya.

Alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe-Wheel* yang dibuat ini pun memiliki kelebihan dari RBC yang sudah ada, karena bahan material yang digunakan mudah didapat, proses pembuatan alat ini lebih mudah dan tidak rumit dibandingkan dengan RBC yang ada, dan memudahkan perawatan bila terjadi kerusakan. Hal lain yang dapat menjadi perhatian dalam pengujian alat dan pengambilan data terletak pada kondisi bak yang tidak maksimal. Bak yang dibuat mengalami sedikit kebocoran pada satu titik di sisi depannya dan pada bagian sudut bawah bak. Kondisi ini diakibatkan oleh kayu yang digunakan tidak dalam kondisi yang baik dan proses pemakuan tidak baik. Tentunya pada saat bak sudah dibuat, ditambahkan cat *aquaproof* dan fiber di sudut-sudut dalam bak. Tetapi penambahan tambalan ini tidak seratus persen bekerja, karena terbukti adanya kebocoran bak pada saat air limbah sudah disii sampai batas yang telah ditentukan. Kebocoran ini pun sedikit mengganggu proses pengolahan yang dilakukan, karena adanya air yang keluar dari bak membuat pengurangan air limbah yang ada dalam bak. Walaupun pengurangan tidak terlalu besar, tetapi tentunya mempengaruhi proses pengambilan data. Penambahan air limbah dilakukan untuk membuat kondisi air limbah sama seperti kondisi awal dengan batas air yang sudah ditentukan.

Pengambilan data dengan sampel dilakukan menggunakan botol sampel yang sudah disediakan sebelumnya. Pengujian ini dibagi menjadi tiga, sehingga ketiga sampel yang ada dibedakan dari segi waktu pengolahannya.

Pada sampel pertama yang merupakan air limbah pada kondisi awal sebelum dilakukan pengolahan memiliki besar DO, 3,8 mg/L. Hasil pengujian dengan DOmeter untuk sampel awal menjadi titik acuan untuk melihat kinerja dari alat pengolah limbah. Pengujian sampel untuk botol kedua yang merupakan botol dengan sampel air yang sudah dilakukan pengolahan selama satu jam, memiliki DO sebesar 4,77 mg/L. Kenaikkan yang mencolok dari sampel awal ke sampel satu jam, memperlihatkan adanya proses aerasi yang berlangsung dalam menghasilkan oksigen yang dibutuhkan untuk memperbaiki mutu yang diharapkan. Pada sampel ketiga yang merupakan kondisi pengolahan selama dua jam menghasilkan DO sebesar 5,42 mg/L. Data-data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium menunjukkan hasil yang cukup memuaskan untuk alat pengolah yang diberikan inovasi di sistem pemutarnya. Melihat kenaikan yang cukup besar dalam hal DO membuat alat ini sukses dalam menjalankan peranannya, sehingga perancangan yang dilakukan sesuai dengan tujuan pengembangan alat ini.

Kenaikkan yang didapat dapat terlihat dengan perbedaan yang terbukti dengan jelas pada data-data yang didapat dan grafik yang dibuat berdasarkan data tersebut. Grafik yang dibuat memperlihatkan kenaikan yang cukup besar dan hampir menyerupai grafik linier. Dari grafik yang diperlihatkan pada awal bab ini, dapat menunjukkan bahwa proses pengolahan yang berlangsung sangat bergantung dari lamanya pengolahan itu terjadi. Bila hanya dua jam saja yang diambil memperlihatkan hasil yang cukup besar, bagaimana kali dilakukan lebih lama lagi. Tentunya hasil DO yang didapat akan semakin besar pula.

Parameter DO yang diujikan pun sangat mempengaruhi untuk hasil BOD. Bila DO yang terkandung dalam air limbah besar, maka BOD yang didapat bertolak belakang dengan DO. Begitu juga dengan DO yang kecil menunjukkan BOD yang besar. Hal ini dikarenakan mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah memanfaatkan oksigen yang ada, sehingga nilai BOD menjadi besar. Pada saat proses pengolahan terjadi dimana DO yang dihasilkan besar, oksigen yang ada dipakai mikroorganisme untuk mengurai dalam halnya untuk memperbaiki baku mutu air tersebut. Oksigen yang didapat

akan semakin habis untuk penguraian, sehingga BOD menjadi naik. Pada pengujian ini, hanya dilakukan untuk parameter DO saja, karena tujuan utamanya untuk menguji keberhasilan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe Wheel* ini dan menaikkan oksigen.

Hasil yang didapat cukup memuaskan dalam hal pengujian performa alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe Wheel* yang telah dirancang sendiri. Terlepas dari rancangan pada alat, pengaruh kebocoran yang terjadi mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Kebocoran pada bak mempengaruhi dalam data yang didapat, bila tidak terjadi kebocoran hasil yang didapat pasti akan lebih maksimal. Selain itu, kondisi motor yang tidak baik lagi juga mempengaruhi proses pengambilan data. Proses pengembangan alat pengolah limbah tipe rotor *Pipe Wheel* dengan sistem pemutar luar berjalan sesuai dengan perencanaan dan perancangan, sehingga alat ini dari sisi tujuan alat dibuat berjalan sangat baik dan menunjukkan hasil yang diharapkan. Untuk kekurangan yang ada dan variasi parameter akan didapat bila dilakukan penilitan dan pengembangan lebih lanjut.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Alat rancangan pengolah limbah tipe rotor *Pipe Wheel* dengan sistem pemutar luar bekerja sesuai dengan rancangan dan beroperasi dengan baik, karena terjadi peningkatan DO pada air limbah yang diujikan.
2. Kenaikkan Oksigen Terlarut (DO) pada sampel awal sebesar 3,8 mg/L, sampel kedua dengan durasi pengolahan selama satu jam sebesar 4,77 mg/L, dan sampel ketiga dengan durasi pengolahan selama dua jam sebesar 5,42 mg/L. Kenaikkan ini membuktikan alat uji melakukan perubahan ke arah positif sesuai harapan.
3. Pembuatan alat rancangan dengan sistem pemutar luar lebih mudah dilakukan, ekonomis, dan efisien dibandingkan dengan RBC pada umumnya.

#### 5.2 SARAN

Dari penelitian ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan diperbanyak, interval waktu pengolahan lebih lama, dan penambahan variabel frekuensi putaran dari motor listrik agar perbandingan untuk mengetahui efektifitas yang dilakukan dapat terlihat lebih jelas.
2. Penambahan parameter-parameter uji untuk baku mutu, bila dilakukan penelitian selanjutnya.
3. Pembuatan bak atau wadah penampung harus dipastikan kedap air, agar tidak mengganggu jalannya pengolahan.
4. Rancangan alat yang perlu diteliti lebih jauh yaitu penelitian dari segi celah tempat masuk dan keluarnya udara dan air, sehingga mampu menghasilkan proses aerasi yang lebih efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

Andreadakis, Andreas D., M.ASCE, *Design of Multistage Rotating Biological Contactors*, Journal of Environmental Engineering, vol. 113, no.1, (1987), pp. 199-205

Ashlin, DE, Bentley, SE, Consterdine JP, *Vacuum Sewerage – The Four Crosses Experience*, Journal of the Institute of Water and Environmental Management JIWMEZ, vol. 5, no. 6, (1991), pp. 631-640

Clyde, Robert A., *Bioreactor Configured for Varos Permeable Cell Support and Culture Media*, United States Patent, no. 5,256,570 (1992)

Clyde, Robert A., *High Area Contactor*, 1980, Alfred University, New York, United States Patent.

Dwi Ermawati Rahayu, Dyah Wahyu Wijayanti. *Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik dan Tinja di IPAL JL Jelawat Samarinda*, Jurnal APLIKA , vol 8, nomor 1, (2008).

D. Mba, R. H. Bannister , G. E. Findlay, *Mechanical Redesign of The Rotating Biological Contactor*, Journal Water Research, vol. 33, issue 18, (1999), pp. 3679-3688

Fayza A., Nasr, Hala S. Doma, Hisham S. Abdel-Halim, Saber A. El-Shafai, *Chemical Industry Wastewater Treatment*, Journal The Environmentalist, vol. 27, No. 2, (2007), pp. 275-286

Juliana Ramsay, Maria Shin, Sunny Wong, Christopher Goode, *Amaranth Decoloration by Trametes Versicolor in a Rotating Biological Contacting Reactor*, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, vol. 33, no.9, (2006), pp. 791-795

Metcalf, Eddy, 2002, *Waste Water Engineering : Treatment and Reuse Fourth Edition*, McGraw-Hill : New York

PrayatniSoewondo, Edwan Kardena dan Marisa Handajani, *Pengantar Pengolahan Limbah*, 2009, Institut Teknologi Bandung.

Salzgitter Maschine und Anlagen AG, *Technical Description*, Jerman.

Suntud Sirianuntapiboon, Chollada Chuamkaew, *Packed Cage Rotating Biological Contactor System for Treatment of Cyanide Wastewater*, Journal Bioresource Technology, vol 98, issue 2, (2007), pp 266-272.

Sirianuntapiboon, Suntud, *Treatment of Wastewater Containing Cl<sub>2</sub> Residue by Packed Cage Rotating Biological Contactor (RBC) System*, Journal Bioresource Technology, vol 97, issue 14, (2006), pp. 1735-1744.

T. Kumaresan, K. M. Meera Sheriffa Begum, P. Sivashanmugam, N. Anantharaman, S. Sundaram, Experimental Studies on Treatment of Distillery Effluent by Liquid Membrane Extraction, Chemical Engineering Journal, vol. 95, issues 1-3, (2003), pp. 199-204

Walpole, Terence Frederick, *Rotary Biological Contactor*, 1993, Hampshire, [www.freepatentsonline.com/EP0366477.html](http://www.freepatentsonline.com/EP0366477.html) (8Februari 2010).

Wilson, F., *Prediction of Rotating Biological Contactor Efficiency Using TOC*, Journal Environmental Engineering, vol.119, issue 3, (1993), pp. 478-492

Zhongming Zheng, Jeffrey Philip Obbar, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Removal from Soil by Surfactant Solubilization and Phanerochaete chrysosporium Oxidation*, Journal of Environmental Quality, vol.31, (2002), pp. 1842-1847

Wikipedia. (n.d). *Oksigen Terlarut*. 15 Juni 2010.

[http://id.wikipedia.org/wiki/Oksigen\\_Terlarut](http://id.wikipedia.org/wiki/Oksigen_Terlarut)

Emwan. (2009). *Jenis-Jenis Limbah*. 14 Juni 2010.

<http://educorolla8.blogspot.com/2009/04/jenis-jenis-limbah.html>

Abied. (2010). *Pengertian dan Pengelompokan Limbah Lingkungan*. 14 Juni 2010.

<http://meetabied.wordpress.com/2010/01/14/pengertian-dan-pengelompokan-limbah-lingkungan-2/>



**HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA**

**Nomor Laboratorium** : PM. 01.04/22/V/2010  
**Nama Pengirim / Instansi** : Oldy Darius S  
**Nama Contoh / Kedalaman** : Air Limbah (Awal)  
**Kode Sampel** : 209  
**Lokasi Pengambilan Sampel** : Teknik Mesin Lt. 4  
**Tanggal Penerimaan Sampel** : 27 Mei 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	3.8

*cfii*

Depok, 27 Mei 2010  
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Guslani, MSc.  
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip



UNIVERSITAS INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

**LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN**

Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

**HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA**

**Nomor Laboratorium** : PM. 01.04/23/V/2010  
**Nama Pengirim / Instansi** : Oldy Darius S  
**Nama Contoh / Kedalaman** : Air Limbah (1 Jam)  
**Kode Sampel** : 210  
**Lokasi Pengambilan Sampel** : Teknik Mesin Lt. 4  
**Tanggal Penerimaan Sampel** : 27 Mei 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	4.77

*die*

Depok, 27 Mei 2010  
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusmani, MSc.  
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip



HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/24/V/2010  
Nama Pengirim / Instansi : Oldy Darius S  
Nama Contoh / Kedalaman : Air Limbah (2 Jam)  
Kode Sampel : 211  
Lokasi Pengambilan Sampel : Teknik Mesin Lt. 4  
Tanggal Penerimaan Sampel : 27 Mei 2010

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	5.42

*Oldy*

Depok, 27 Mei 2010  
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusniati, MSc.  
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip