

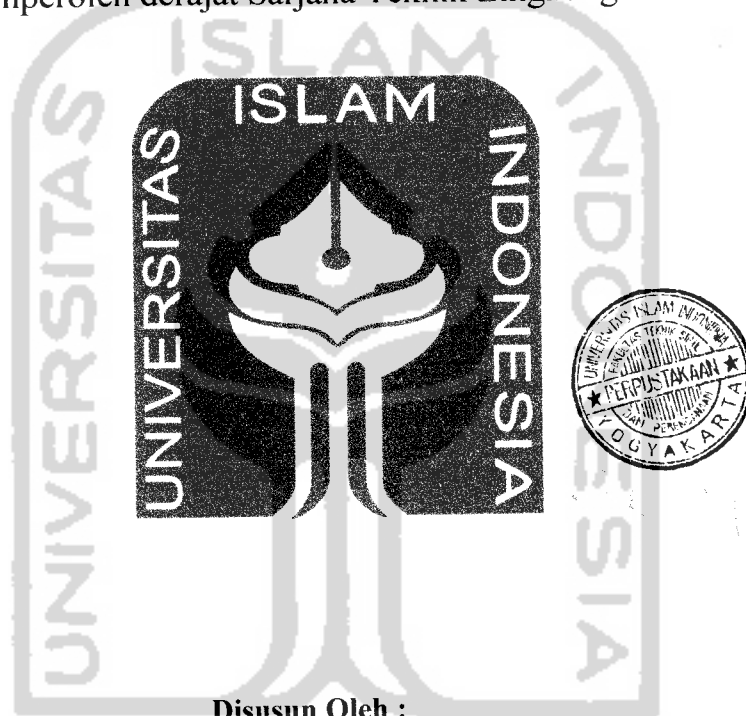
TA/TL/2007/0195

**TUGAS AKHIR**

<b>PERPUSTAKAAN FTSP UH</b>	
<b>HADIAH/BELI</b>	
TGL. TERIMA :	11 - 12 - 2007
NO. JUDUL :	2759
NO. INV. :	512-000.2759001
NO. INDUK. :	002759

**PENDEKATAN ANALISA AERASI CASCADE PADA REAKTOR  
TANAH LATERIT DI RUMAH SAKIT PANTI BAKTININGSIH  
DITINJAU DARI PARAMETER *DISSOLVED OKSIGEN (DO)***

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan

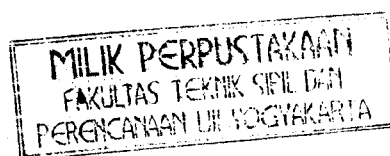


Disusun Oleh :

NAMA : Slamet Tri Usadha  
NIM : 02 513 057

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2007**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENDEKATAN ANALISA AERASI CASCADE PADA REAKTOR  
TANAH LATERIT DI RUMAH SAKIT PANTI BAKTININGSIH  
DITINJAU DARI PARAMETER *DISSOLVE* OKSIGEN (DO)**

**NAMA : Slamet Tri Usadha**

**NIM : 02 513 057**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Luqman Hakim, ST, MSi**

**Dosen Pembimbing I**

**Tanggal : 26/7/07**

**Andik Yulianto, ST**

**Dosen Pembimbing II**

**Tanggal : 12/7/07**

**HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan Tugas Akhir ini untuk:*

*Ayah...*

*Ibuku.....*

*Adikku.....*

*[www.mapalaunisi.or.id](http://www.mapalaunisi.or.id)...*

*Angan Keyen 04.1854 MPL-Ull...*

*Pengurus MAPALA UNISI Periode 2007-2008*

*"Pantang Kembali Sebelum Tercapai Puncak Idaman"*

*"If Allah assist you then there is none that can overcome you, and if He forsaken you, who is there then that can assist you after Him?"  
Holy Qur'an 3:160*

## SEKAPUR SIRIH

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillah, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga Tugas Akhir yang bertajuk *Penerapan Aerasi Cascade Pada Reaktor Tanah Laterit Di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Ditinjau Dari Parameter Dissolve Oksigen (DO)*, sebagai persyaratan program S-1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, ini diselesaikan. Tanpa bimbingan firman-Mu entah aku harus kemana menjalani hidup ini, tidak lupa juga shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Luqman Hakim, ST, Msi. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Luqman Hakim, ST, Msi selaku dosen pembimbing i Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

3. Andik Yulianto, ST selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ketua Mapala Unisi Periode 2007-2008 04.1854/MPL-UII-UM. 133
5. Out of The Box Thingking-nya Bang Andi Saidi (94.1450 MPL-UII).
6. Lepas dari Zona Kenyamanan-nya Bang Zkrt 04-05 (02.1740 MPL-UII)
7. Abstrak dan Warna-warni-ku bersama MAPALA UNISI.
8. Kerikil kecil-nya Pak Andik
9. The Devil Wears Prada-nya Mas Andi Reza 93.1395/MPL-UII dengan manajemen dan leadership.
10. Bang Abonk 99.1617 MPL-UII atas ilmu selisilnya, telio
11. Adik, sanak famili dan handai taulan yang telah memberikan dorongan kepada penulisi dalam menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
12. Rekan-rekan seangkatan yang telah banyak memberi masukan dan pendapatnya dalam proses penyelesaian tesis ini.

Harapan penulis Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya dan bagi pembaca pada umumnya. Saya menyadari bahwa makalah ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu dengan rendah hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dan bermanfaat, sehingga dapat dijadikan bahan koreksi

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiii
ABSTRAKSI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LatarBelakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II GAMBARAN UMUM RUMAH SAKIT PANTI BAKTININGSIH</b>	
2.1 Gambaran Umum Letak.....	6
2.2 Sumber Air Limbah Domestik.....	7

2.3 Unit Pengolahan Limbah.....	9
2.3.1 Septik Tank/Sedimentasi.....	10
2.3.2 <i>Baffle Reaktor</i> .....	11
2.3.3 <i>Anaerobic Filter</i> .....	11
2.3.3 Filter kerikil Horizontal.....	12
2.4 Alur Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Pantj Baktiningsih.....	13
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b>	
3.1 Aerasi.....	14
3.1.1 Transfer gas.....	14
3.1.2 Mekanisme transfer gas.....	15
3.1.3 Prinsip aerasi.....	21
3.1.3.1 Tujuan Aerasi.....	22
3.1.3.2 Jenis dan Tipe-tipe Aerasi.....	23
3.1.4 Kelarutan gas pada cairan.....	29
3.1.5 Aspek teoritis dari aerasi.....	30
3.2 Oksigen Terlarut (DO).....	32
3.2.1 Senyawa lain yang dipengaruhi aerasi.....	35
3.2.1.1 <i>Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)</i> .....	35
3.2.1.2 <i>Hidrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S)</i> .....	36
3.2.1.3 <i>Metan (CH<sub>4</sub>)</i> .....	36
3.2.1.4 Besi (Fe).....	36
3.3 Hipotesis .....	37

## BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian.....	38
4.2 Jenis Penelitian.....	38
4.3 Waktu Penelitian .....	38
4.4 Metode Penelitian.....	39
4.5 Tahapan Penelitian.....	39
4.5.1 Studi Literatur.....	39
4.5.2 Penelitian.....	39
4.5.3 Persiapan Alat dan Bahan.....	41
4.5.4 Pengamatan.....	42
4.5.5 Analisa Data.....	42
4.5.6 Parameter Penelitian.....	43
4.5.7 Metode Pelaksanaan Penelitian.....	43
4.5.7.1 Desain Sampling.....	44
4.5.7.2 Pengambilan Samp'ing .....	44
4.5.8 Metode Analisa Data .....	45

## BAB V HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengamatan Debit Dalam Limbah Cair.....	51
5.2 Hasil Evaluasi Kadar <i>Dissolved Oksigen</i> Pada Limbah Cair.....	52
5.3 Perhitungan <i>Dissolved Oksigen</i> Teoritis.....	57
5.4 Perhitungan Tinggi Bak dari Nilai <i>Dissolved Oksigen</i> .....	59



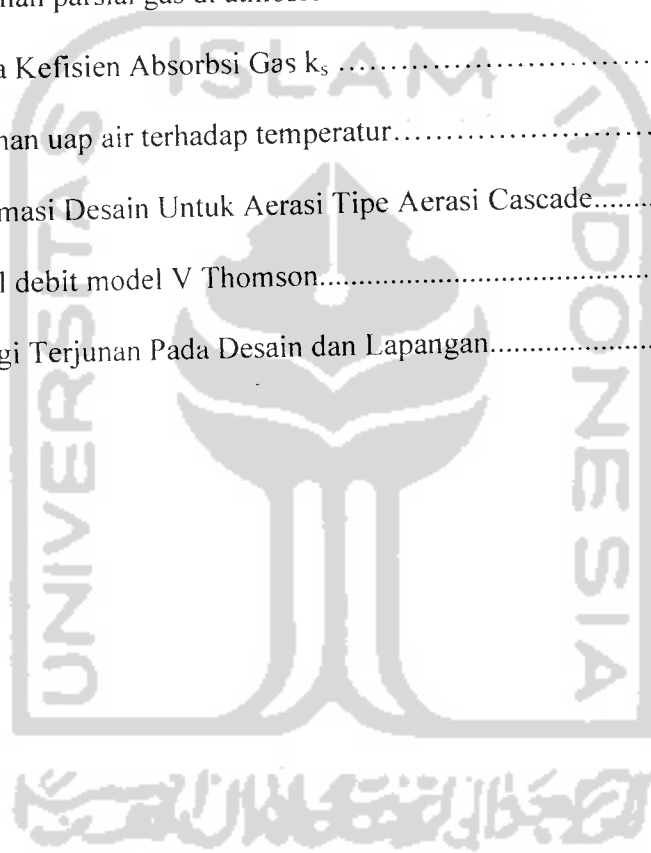
BAB VI KESIMPULAN SARAN

6.1 Kesimpulan.....	62
6.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	67



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Limbah Cair Rumah Sakit Panti Baktiningsih.....	8
Tabel 3.1. Konstanta hukum Henry untuk gas yang dapat terlarut.....	16
Tabel 3.2. Tekanan parsial gas di atmosfer. ....	16
Tabel 3.3 Harga Kefisien Absorpsi Gas $k_s$ .....	18
Tabel 3.4 Tekanan uap air terhadap temperatur.....	18
Tabel 3.5 Informasi Desain Untuk Aerasi Tipe Aerasi Cascade.....	27
Tabel 4.1 Tabel debit model V Thomson.....	44
Tabel 5.1 Tinggi Terjunan Pada Desain dan Lapangan.....	55



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
F	Gambar 2.1 Peta Lokasi Rumah Sakit..... 10
F	Gambar 2.2 Bak Sedimentasi..... 10
F	Gambar 2.3 Baffle Reaktor ..... 11
F	Gambar 2.4 <i>Anaerobic Filter</i> ..... 12
f	Gambar 2.5 Filter Kerikil Horizontal..... 13
F	Gambar 2.6 Plant Lay Out IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningsih..... 13
F	Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian ..... 40
F	Gambar 4.2 Dimensi Reaktor Tanah Laterit..... 42
f	Gambar 4.3 Nilai t pada sisi sebelah kiri..... 49
I	Gambar 4.4 Nilai t pada sisi sebelah kanan..... 49
I	Gambar 4.5 Nilai t pada dua sisi..... 50
.	Gambar 5.1 Perubahan Kadar <i>Dissolved Oksigen</i> ..... 53
.	Gambar 5.2 Dimensi Reaktor Tanah Laterit Eksisting..... 56
.	Gambar 5.3 Perbandingan Nilai r Desain Dengan Nilai r Lapangan..... 59
.	Gambar 5.4 Aerasi Cascade ..... 61
.	Gambar 5.5 Aerasi Reaktor Tanah Laterit..... 61

## DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan 3.1 .....	15
Persamaan 3.2 .....	17
Persamaan 3.3 .....	17
Persamaan 3.4.....	17
Persamaan 3.5.....	17
Persamaan 3.6.....	18
Persamaan 3.7.....	19
Persamaan 3.8.....	19
Persamaan Reaksi 3.1.....	22
Persamaan Reaksi 3.2.....	22
Persamaan 3.10.....	26
Persamaan 3.11.....	26
Persamaan 3.12.....	26
Persamaan 3.13.....	27
Persamaan 3.14.....	30
Persamaan 3.15.....	31
Persamaan 4.1.....	47
Persamaan 4.2.....	48

# PENDEKATAN ANALISA AERASI CASCADE PADA REAKTOR TANAH LATERIT DI RUMAH SAKIT PANTI BAKTININGSIH DITINJAU DARI PARAMETER *DISSOLVED OKSIGEN (DO)*

## **Abstraksi**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar *dissolved oksigen* pada reaktor tanah laterit dengan pendekatan aerasi tipe *cascade* di Rumah Sakit Panti Baktiningsih, Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmulyo, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Reaktor Tanah Laterit merupakan penggabungan proses filtrasi secara fisika oleh tanah laterit yang digabungkan dengan aerasi tipe *cascade*, instalasi ini merupakan bagian dari sistem DEWATS (*Decentralized Waste Water Treatment*) hasil kerjasama antara Lembaga Pengembangan Teknologi Pedesaan (LPFP) dan Bremen *Overseas Research and Development Association* (BORDA). *Aerasi cascade* adalah suatu proses aerasi adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam air dimana dalam proses ini merupakan suatu proses perputaran dimana selapis tipis aliran air kebawah yang diusahakan sedemikian rupa sehingga saling bertemu yang biasanya menggunakan 4-6 tangga. *Dissolved Oksigen (DO)* adalah jumlah oksigen yang terkandung didalam air. Adanya *dissolved oksigen* penting adanya karena oksigen terlarut ini dibutuhkan oleh semua organisme akuatik. Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar *dissolved oksigen* pada Rumah Sakit dengan pendekatan aerasi tipe *cascade*, dan juga membandingkan antara penelitian dengan aplikasi yang telah dilakukan.

Pengambilan sampling dilakukan pada pukul 09.00 WIB dan pukul 13.00 WIB pada bak inlet, bak ketiga, dan bak outlet selama tujuh hari berturut-turut. Penelitian yang dilakukan merupakan aplikasi desain lapangan. Pengujian statistiknya menggunakan *T-test Two-Sample Assuming Equal Variances*.

Kadar DO pada pukul 09.00 WIB dan pada pukul 13.00 WIB tidak mengalami perbedaan yang signifikan meski pada debit yang maksimum dan minimum. Nilai rata-rata kenaikan *dissolve oksigen* adalah 0,923229 mg/L. Rendahnya nilai oksigen terlarut karena adanya aliran *upflow* pada bak adsorben, sehingga derajat turbulensinya rendah. Perbedaan dimensi desain dengan aplikasi lapangan tidak banyak berpengaruh pada kenaikan kadar DO.

Kata kunci : *aerasi cascade*, DEWATS, limbah cair Rumah Sakit PantiBaktiningsih, *dissolve oksigen (DO)*

ANALYSIS APPROACH CASCADE AERATION TYPE ON TANAH LATERIT  
REACTOR AT PANTI BAKTININGSIH HOSPITAL WITH PARAMETER OF  
DISSOLVED OXYGENS (DO)

*Abstract*

This research is conducted to know change rate of dissolved oxygen at Tanah Laterit Reactor with analysis approach cascade aeration type at Panti Baktiningsih Hospital, at Klepu Kidul orchard, Sendangmulyo Countryside, Minggir District, Sleman Sub-Province, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tanah Laterit Reactor is merger process fisika filtration of laterite land with cascade aeration type, this installation is the part of system of DEWATS (Decentralized Waste Water Treatment) result of cooperation between Institute Development Of Rural Technology (LPTP) and Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA). Cascade Aeration is an process put into pure oxygen or air into water where in course of this is a rotation process where current lamella downwards which laboured in such a manner so that each other meeting which usually use 4-6 step.

Dissolved Oxygen (DO) is the amount of oxygens which consist in underwaterly. Existence of important oxygen dissolved is existence of because this dissolve oxygen required by all aquatic organisms. Without existence of dissolved oxygen, many microorganism in water cannot live because used dissolve oxygen for the process of organic compound degradation in water.

Intake of sampling done at 09.00 WIB and at 13.00 WIB on influent, third Reactor, and effluent reactor during seven day successively. Research which is application of desain. This research was compare application with the desain. Rate of DO at 09.00 WIB and at 13.00 WIB do not experience of difference which isn't it even at maximum debit and minimum. That increase rate of dissolved oksigen 0,923229 mg/L. The increase of dissolved oksigen is very low because upflow of adsorbent laterite soil. This adsorben make the turbulesi degree is low, who can made low dissolved oksigen Difference of dimension of desain with field application not many having an in with increases of rate of DO.

Keywords : *cascade aerasi*, DEWATS, waste water from Panti Baktiningsih Hospital, *dissolve oksigen* (DO)

PENDEKATAN ANALISA AERASI CASCADE PADA REAKTOR TANAH  
LATERIT DI RUMAH SAKIT PANTI BAKTININGSIH DITINJAU DARI  
PARAMETER *DISSOLVED OKSIGEN (DO)*

**Abstraksi**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar *dissolved oksigen* pada reaktor tanah laterit dengan pendekatan aerasi tipe *cascade* di Rumah Sakit Panti Baktiningsih, Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmulyo, Kecamatan Minggir, kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Reaktor Tanah Laterit merupakan penggabungan proses filtrasi secara fisika oleh tanah laterit yang digabungkan dengan aerasi tipe *cascade*, instalasi iri merupakan bagian dari sistem DEWATS (*Decentralized Waste Water Treatment*) hasil kerjasama antara Lembaga Pengembangan Teknologi Pedesaan (LPFP) dan *Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA)*. *Aerasi cascade* adalah suatu proses aerasi adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam air dimana dalam proses ini merupakan suatu proses perputaran dimana selapis tipis aliran air kebawah yang diusahakan sedemikian rupa sehingga saling bertemu yang biasanya menggunakan 4-6 tangga. *Dissolved Oksigen (DO)* adalah jumlah oksigen yang terkandung didalam air. Adanya *dissolved oksigen* penting adanya karena oksigen terlarut ini dibutuhkan oleh semua organisme akuatik. Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar *dissolved oksigen* pada Rumah Sakit dengan pendekatan aerasi tipe *cascade*, dan juga membandingkan antara penelitian dengan aplikasi yang telah dilakukan.

Pengambilan sampling dilakukan pada pukul 09.00 WIB dan pukul 13.00 WIB pada bak inlet, bak ketiga, dan bak outlet selama tujuh hari berturut-turut. Penelitian yang dilakukan merupakan aplikasi desain lapangan. Pengujian statistiknya menggunakan *T-test Two-Sample Assuming Equal Variances*.

Kadar DO pada pukul 09.00 WIB dan pada pukul 13.00 WIB tidak mengalami perbedaan yang signifikan meski pada debit yang maksimum dan minimum. Nilai rata-rata kenaikan *dissolve oksigen* adalah 0,923229 mg/L. Rendahnya nilai oksigen terlarut karena adanya aliran *upflow* pada bak adsorben, sehingga derajat turbulensinya rendah. Perbedaan dimensi desain dengan aplikasi lapangan tidak banyak berpengaruh pada kenaikan kadar DO.

Kata kunci : *aerasi cascade*, DEWATS, limbah cair Rumah Sakit PantiBaktiningsih, *dissolve oksigen (DO)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Rumah Sakit Panti Baktiningsih dalam penyelenggaraan pelayanan kesehatan dengan kegiatan *preventif, kuratif, rehabilitatif*, akan menghasilkan limbah yang apabila tidak dikelola dengan baik akan berpotensi mencemari lingkungan hidup. Untuk itu limbah rumah sakit harus dikelola dengan baik dan benar sesuai persyaratan-persyaratan yang diatur dalam berbagai peraturan hukum lingkungan yang ada.

Sumber limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Sakit Panti Baktiningsih merupakan hasil buangan dari pasien, pengunjung maupun pekerja di rumah sakit tersebut. Limbah cair dari pelayanan medis ini berasal dari kamar mandi, wastafel, kloset, ruang cuci instrumentasi medik, buangan dialisis, sisa buangan penderita dan lain-lain.

Buangan cair dari penunjang medis ini berasal dari kamar mandi, *wastafel, closet*, tempat cuci peralatan masak, rendaman dan bilasan proses pencucian, pencucian *preport*, sisa *reagensia*, sisa *spesi* mencair. Termasuk juga limbah perkantoran dan fasilitas sosial yang berasal dari kamar mandi, *wastafel, closet*, tempat cuci peralatan makan dan lain-lain.

Limbah dari Rumah Sakit Baktiningsih ini diolah dengan sistem DEWATS. Aplikasinya berdasarkan empat sistem pengolahan sebagai berikut :



- a) Pengolahan primer dan sedimentasi dengan sistem *septic tank*.
- b) Pengolahan sekunder, anaerob dengan *fixed bed reaktor* atau *baffle reaktor*.
- c) Pengolahan tersier, aerob atau anaerob pada sistem filter kerikil horizontal.
- d) Pengolahan tersier, aerob atau anaerob dengan sistem kolam.

Pada *septic tank* terjadi proses sedimentasi (pengendapan) dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan-bahan yang diendapkan tersebut. Sedangkan pada *baffle reaktor* proses yang terjadi adalah berbagai ragam kombinasi proses anaerobik hingga hasil akhirnya lebih baik. Dan pada filter kerikil horizontal adalah dimungkinkannya ketersediaan oksigen yang berkesinambungan pada bagian lapisan atas, demikian juga pada bagian bawah lapisan perakaran yang merupakan kondisi anaerob-fakultatif sehingga akan menyediakan lingkungan yang menguntungkan bagi kehidupan beragam jenis bakteri. Pada instalasi ini mampu menurunkan COD 60-95 % (Pranoto, 2002).

Kehadiran pospat dalam limbah rumah sakit dapat menyebabkan masalah serius karena dapat memacu pertumbuhan alga. Bila konsentrasi pospat tinggi maka kelebihanannya menjadi unsur yang diperlukan oleh alga. Kehadiran alga dapat mempengaruhi nilai pada suplai air karena menimbulkan rasa dan bau yang dapat mengganggu estetika lingkungan. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesa algae tidak efisien, karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh alga untuk proses metabolisme pada saat tidak ada cahaya (Warlina, 1985). Tetapi timbul permasalahan ketika outlet dari bak filter kerikil horizontal masih mengandung kadar pospat dan COD yang tinggi serta kadar DO yang

rendah.

Timbulah pemikiran dari DEWATS untuk membangun suatu instalasi tepat guna yang dapat menurunkan kadar pospat dan COD serta menaikkan kadar DO, mengingat sebelumnya di tempat dimana akan dibangun ini adalah bangunan aerasi. Karenanya di rumah sakit Panti Baktiningsih dibangun reaktor adsorpsi dengan media tanah laterit yang dalam desainnya menerapkan prinsip aerasi tipe *cascade*. Pengembangan dari bangunan ini merupakan hasil konstruksi dari DEWATS. Diharapkan dari desain bangunan ini selain digunakan untuk adsorpsi dapat juga digunakan untuk aerasi. Sehingga dari dua bangunan dapat digabung menjadi satu bangunan.

Influent dari reaktor aerasi tipe *cascade* pada reaktor adsorpsi dengan tanah laterit adalah outlet dari reaktor filter kerikil horizontal. Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air.

Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik lain membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar organisme.

Pada siang hari, ketika matahari bersinar terang, pelepasan oksigen oleh proses fotosintesa yang berlangsung intensif pada lapisan eufotik lebih besar daripada oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi. Kadar oksigen terlarut dapat melebihi kadar oksigen jenuh, sehingga perairan mengalami supersaturasi. Sedangkan pada malam hari, tidak ada fotosintesa, tetapi respirasi terus berlangsung. Pola perubahan kadar oksigen ini mengakibatkan terjadinya fluktuasi

harian oksigen pada lapisan eufotik perairan. Kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari dan minimum pada pagi hari (Warlina, 2003).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada diatas maka diperoleh beberapa rumusan masalah. Apakah aerasi pendekatan tipe *cascade* yang digabungkan dengan absorpsi menggunakan tanah laterit dapat digunakan untuk menaikkan konsentrasi DO (oksigen terlarut) di Rumah Sakit Panti Baktiningsih? Serta mengevaluasi bangunan tersebut yang akan dibandingkan dengan desain perencanaan.

## 1.3 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan pada penelitian yang akan dilakukan penelitian dilakukan di Rumah Sakit Panti Baktiningsih, Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmu'yo, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

- a) Penelitian yang dilakukan merupakan skala lapangan untuk mengevaluasi pendekatan analisa dari reaktor aerasi yang digabung dengan reaktor absorpsi pada pengolahan limbah di Rumah Sakit Panti Baktiningsih yang dibandingkan dengan desain perencanaan ataupun dengan rumusan secara teoritis.
- b) Pada reaktor tersebut aerasi yang digunakan adalah aerasi menggunakan pendekatan aerasi tipe *cascade*.

- c) Sebagai media absorpsinya adalah tanah laterit.
- d) Bahan reaktor sampel berasal dari tiga titik yaitu inlet, bak ketiga, dan outlet dari lima bak unit absorpsi di Rumah Sakit Panti Baktiningsih.
- e) Parameter yang diukur adalah: DO (*dissolved oksigen*). Pengambilan sampling dilakukan selama 1 minggu pada jam 09.00 dan jam 13.00.
- f) Penelitian dilakukan di Balai Penelitian Kontruksi dan Lingkungan (BPKL).

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

- a) Untuk mengetahui perubahan konsentrasi DO (*dissolved oksigen*) pada reaktor tanah laterit yang menggunakan pendekatan aerasi tipe *cascade* di Rumah Sakit Panti Baktiningsih.
- b) Membandingkan antara penelitian yang dilakukan dengan desain perencanaan ataupun dengan rumusan secara teoritis.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a) Mendapatkan suatu teknologi gabungan murah dan sederhana yang selain menaikkan konsentrasi DO (*dissolved oksigen*) juga dapat digunakan untuk absorpsi.
- b) Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair.

## BAB II

### GAMBARAN UMUM

#### RUMAH SAKIT PANTI BAKTI NINGSIH

##### 2.1 Gambaran Umum Letak.

Rumah Sakit Panti Baktiningsih terletak di Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmulyo, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Rumah Sakit Panti Baktiningsih terletak 20 km sebelah barat dari ibukota Yogyakarta. Batas-batas Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmulyo, Kecamatan Minggir, Yogyakarta (Saidi, 2006), seperti terlihat pada lampiran gambar 2.1 :

Sebelah barat	: Dusun Danten, Dusun Sumber
Sebelah timur	: Dusun Klodran, Dusun Balan
Sebelah utara	: Dusun Klepu Lor, Dusun Danten, Dusun Sanan
Sebelah selatan	: Dusun Klepu.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Rumah Sakit

Letak dari rumah sakit Panti Baktiningsih ini pada 122 meter diatas permukaan laut. Rumah Sakit ini merupakan salah satu rumah sakit yang memiliki 76 *beds* (Pranoto, 2002).

## 2.2 Sumber Air Limbah Domestik

Sumber limbah cair yang dihasilkan oleh rumah sakit panti Baktiningsih merupakan hasil buangan dari pasien, pengunjung maupun pekerja di rumah sakit tersebut. Adapun sumber limbah dan limbah yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

- 1) Pelayanan Medis
  - a) Rawat inap
  - b) Rawat jalan/poliklinik gigi
  - c) Rawat intensif
  - d) Rawat darurat
  - e) Kamar jenazah
  - f) Bedah sentral

Limbah cair dari pelayanan medis ini berasal dari kamar mandi, *wastafel*, *water closet*, ruang cuci instrumentasi medik, buangan dialisat, sisa buangan penderita dan lain-lain.

- 2) Penunjang medis
  - a) Dapur pusat
  - b) Binatu
  - c) Laboratorium klinik

- d) Laboratorium patologi anatomi
- e) *Radiology*
- f) Diathermi

**Tabel 2.1 Jenis Limbah Cair Rumah Sakit Panti Baktiningsih**

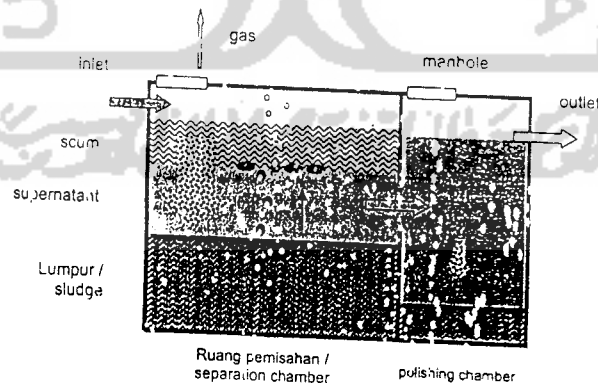
No	Unit Pelayanan	Sumber	Kegiatan	Jenis Limbah
1	Rawat Jalan	WC, kamar mandi, <i>lavatory</i>	Buangan pasien dan pengunjung	<i>Urine, feces, air sisa kumur mulut, air penggelontor</i>
2	Rawat Inap	WC, kamar mandi, <i>lavatory</i>	Buangan pasien dan pembesuk	<i>Urine, feces, air sisa mandi, air penggelontor</i>
3	Pelayanan Gawat Darurat	WC, <i>lavatory</i>	Cuci tangan dan cuci alat	Air sisa cuci dan air sisa cuci alat
4	Laundry	WC, kamar mandi, sarana perendaman mesin cuci, mesin pengering	Pencucian tekstil	<i>Urine, feces, air sisa pencucian tekstil</i>
5	Dapur	WC, kamar mandi, <i>lavatory</i> , pencucian bahan dan alat	Buangan petugas, pencucian bahan dan alat	<i>Urine, feces, air sisa pencucian bahan makanan dan alat masak serta alat makan</i>
6	Laboratorium	WC, kamar mandi, <i>lavatory</i> , sarana cuci tangan	Buangan pasien dan pegawai, cuci alat <i>medical test</i>	<i>Urine, feces, air sisa cuci alat</i>
7	Ruang administrasi	WC, kamar mandi, <i>lavatory, urinoir</i>	Buangan karyawan	<i>Urine, feces, air sisa mandi, air sisa cuci tangan</i>
8	Asrama	WC kamar mandi	Buangan penghuni dan pembesuk	<i>Urine, feces, air sisa mandi, air sisa cuci tangan</i>

(Sumber : Sekretariat Rumah Sakit Panti Baktiningsih)

### 2.3.1 Septik Tank/Sedimentasi

Septik Tank adalah sistem pengolahan limbah yang amat lazim digunakan didunia. Pada dasarnya proses yang terjadi pada septik tank adalah sedimentasi (pengendapan) dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan-bahan yang diendapkan dengan proses anaerobik. Pengendapan aliran akan optimal apabila aliran tenang dan tidak terganggu. Septik tank minimum terdiri dari dari 2 ruang (*chamber*). Pada ruang pertama berkisar dari 50-70 % dari total volume desain, karena sebagian dari lumpur atau sludge dan scum akan terjadi pada ruang ini. Didalam ruang pertama ini limbah yang masuk akan menjadi 3 bagian, yaitu :

- Lumpur atau *sludge* yang mengendap pada bagian bawah, untuk selanjutnya lumpur ini akan terurai lewat proses anaerobik.
- Supernatan adalah cairan yang telah berkurang unsur padatnya, untuk selanjutnya akan mengalir pada ruang kedua.
- *Scum* adalah bahan yang lebih ringan dari pada minyak, lemak, dan bahan ikutan lainnya.



(Sumber : DEWATS)

**Gambar 2.2 Bak Sedimentasi**



Limbah cair dari penunjang medis ini berasal dari kamar mandi, *wastafel*, *water closet*, tempat cuci peralatan masak, rendaman dan bilasan proses pencucian, pencucian *preport*, sisa *reagensia*, sisa *spesi* mencair.

- 1) Perkantoran dan fasilitas sosial
  - a) Perkantoran dan administrasi
  - b) Asrama

Limbah cair dari perkantoran dan fasilitas sosial ini berasal dari kamar mandi, *wastafel*, *water closet*, tempat cuci peralatan makan dan lain-lain, jelasnya pada Tabel 2.1.

### 2.3 Unit Pengolahan Limbah

Untuk semua jenis limbah cair yang dihasilkan langsung dialirkan menuju ke IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningasih untuk selanjutnya diolah dengan menggunakan sistem DEWATS. Aplikasinya berdasarkan empat sistem pengolahan sebagai berikut :

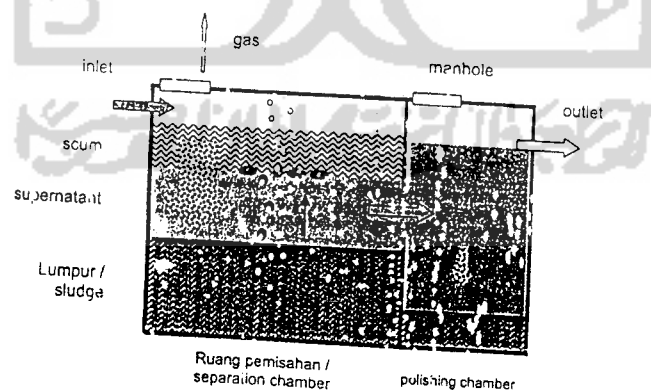
- a. Pengolahan primer dan sedimentasi dengan sistem *septik tank*.
- b. Pengolahan sekunder, anaerob dengan *fixed bed reaktor* atau *baffle reaktor*.
- c. Pengolahan tersier, aerob atau anaerob pada sistem filter kerikil horizontal.

Pengolahan tersier, aerob atau anaerob dengan sistem kolam.

### 2.3.1 Septik Tank/Sedimentasi

Septik Tank adalah sistem pengolahan limbah yang amat lazim digunakan didunia. Pada dasarnya proses yang terjadi pada septik tank adalah sedimentasi (pengendapan) dan dilanjutkan dengan stabilisasi dari bahan-bahan yang diendapkan dengan proses anaerobik. Pengendapan aliran akan optimal apabila aliran tenang dan tidak terganggu. Septik tank minimum terdiri dari dari 2 ruang (*chamber*). Pada ruang pertama berkisar dari 50-70 % dari total volume desain, karena sebagian dari lumpur atau sludge dan scum akan terjadi pada ruang ini. Didalam ruang pertama ini limbah yang masuk akan menjadi 3 bagian, yaitu :

- Lumpur atau *sludge* yang mengendap pada bagian bawah, untuk selanjutnya lumpur ini akan terurai lewat proses anaerobik.
- Supernatan adalah cairan yang telah berkurang unsur padatnya; untuk selanjutnya akan mengalir pada ruang kedua.
- *Scum* adalah bahan yang lebih ringan dari pada minyak, lemak, dan bahan ikutan lainnya.



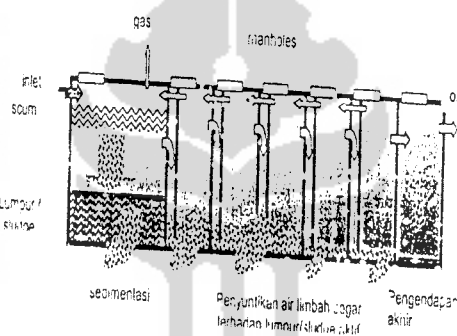
(Sumber : DEWATS)

**Gambar 2.2 Bak Sedimentasi**

Pada ruang kedua yang terjadi adalah pengendapan lumpur atau *sludge*, khususnya partikel yang tidak terendapkan pada ruang pertama. Gambaran reaktor seperti terlihat pada Gambar 2.2.

### 2.3.2 Baffle Reaktor

Proses yang terjadi adalah berbagai ragam kombinasi proses anaerobik hingga hasil akhirnya lebih baik. Pada ruang pertama yang terjadi adalah proses *settling*. Pada ruang berikutnya proses penguraian karena kontak antara limbah dengan akumulasi organisme, seperti pada Gambar 2.3



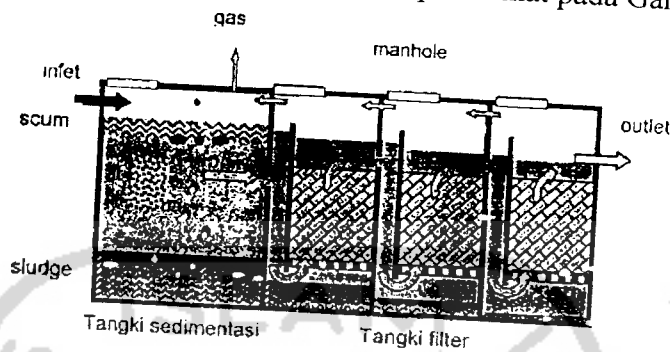
(Sumber : DEWATS)

**Gambar 2.3 Baffle Reaktor**

### 2.3.3 Anaerobic Filter

Filter anaerobik (*fixed bed* atau *fixed film reactor*) menggunakan prinsip yang berbeda dengan septik tank, karena sistem ini justru diharapkan untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut (*dissolved solid*) dengan cara mengkontakkan dengan surplus bakteri yang aktif. Bakteri tersebut bersama bakteri lapar akan menguraikan bahan organik terlarut (*dissolved organic*) dan bahan organik yang terdispersi (*dispersed organic*) yang ada dalam limbah. Sebagian besar bakteri tersebut tidak bergerak. Bakteri

cenderung diam dan menempel pada partikel padat seperti pada dinding reaktor atau tempat lain yang permukaannya bisa digunakan sebagai tempat tempelan (Pranoto, 2002). Gambaran mengenai bangunan dapat dilihat pada Gambar 2.4



Sumber : DEWATS

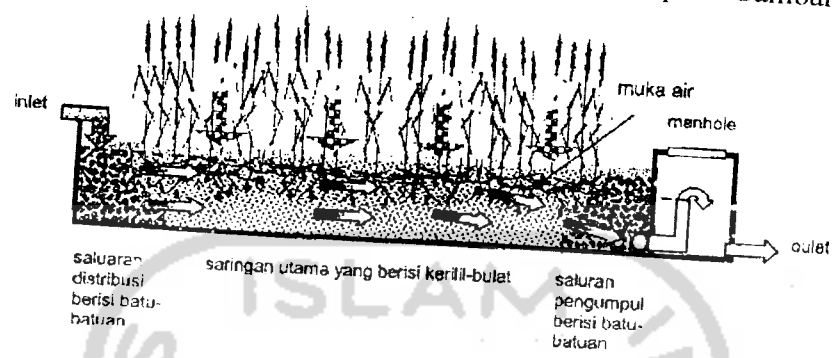
Gambar 2.4 Anaerobic Filter

### 2.3.3 Filter kerikil Horizontal

Filter kerikil Horizontal bawah permukaan tanah juga disebut sebagai *subsurface flow wetlands*, *contructed wetland* atau *root zone treatment planis*. Bahan dari filter menggunakan kerikil serupa dengan bentuk bulat berukuran 6-12 mm. Konduktivitas bisa jadi hanya bernilai setengahnya saja apabila menggunakan batu yang berujung patah dibandingkan dengan kerikil bundar.

Bak filter tidak lebih dalam dari kedalaman dari akar tanaman dapat tumbuh (30-60 cm) karena air cenderung lebih cepat dibawah bantalan akar yang lebat. Namun efisiensi pengolahan yang paling baik pada umumnya berada pada bagian 15 cm keatas karena dengan adanya difusi oksigen dari permukaan. Tanaman pada filter tersebut tidak dapat dipanen. *Phragmites australis* (glagah asu) dianggap sebagai tanaman yang paling baik karena akarnya membentuk rimpang atau rhizoma yang horizontal yang menjamin bak filter daerah akar yang

sempurna. Kemungkinan ada tanaman lain yang cocok dengan limbah, misalnya : *Typha angustifolia* (cattails) serta *Scirpus lacustris* (bull rush) telah diketahui dapat menurunkan kadar E. Coli air limbah (Pranoto, 2002), pada Gambar 2.5.

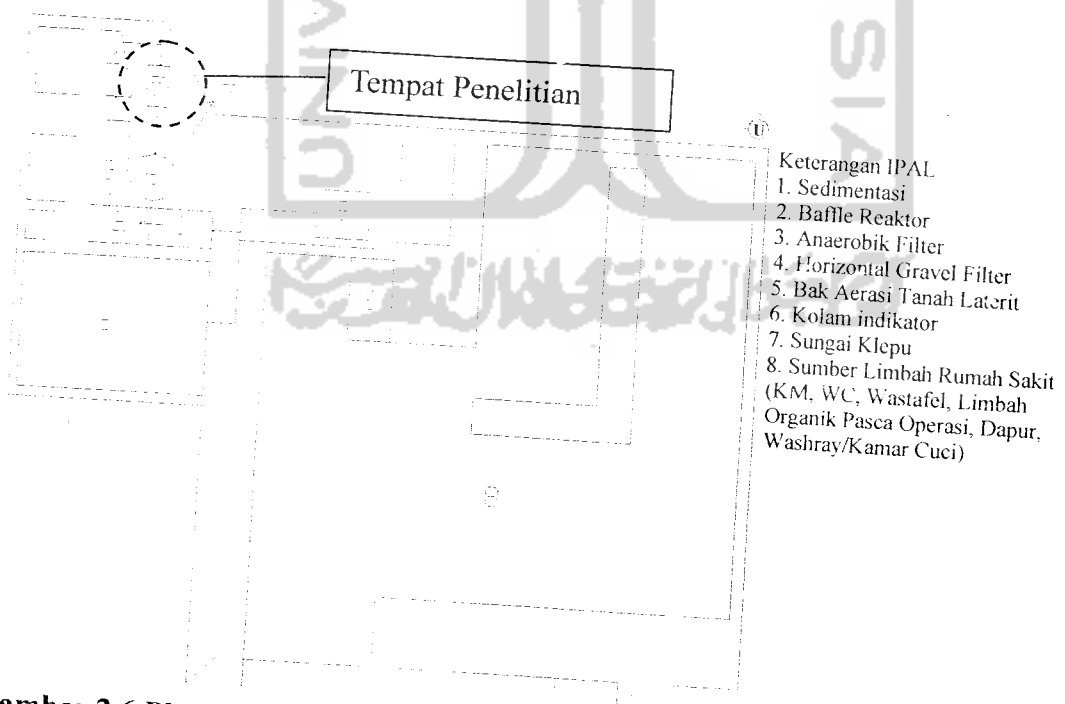


(Sumber : DEWATS)

Gambar 2.5 Filter Kerikil Horizontal

### 2.4 Alur Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Panti Baktiningsih

Pengolahan limbah cair di Rumah Sakit Panti Baktiningsih menggunakan sistem dari DEWATS. Alur pengolahan limbah cair pada Gambar 2.6 :



Gambar 2.6 Plant Lay Out IPAL Rumah Sakit Panti Baktiningsih.

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1 Aerasi

##### 3.1.1 Transfer gas

Transfer gas adalah sebuah fenomena fisik, dimana molekul-molekul gas bertukar diantara molekul-molekul gas bertukar diantara zat cair dan *gas interface* (bidang pemisah) gas dan cair. Pertukaran ini menghasilkan peningkatan konsentrasi gas dalam fase cair. Selama fase cair ini tidak jenuh oleh gas dibawah kondisi seperti tekanan, temperatur (absorpsi gas) dan mengurangi konsentrasi bilamana fase cair terlalu jenuh yaitu desorpsi, presipitasi, atau stripping gas. Transfer gas ini dihasilkan dengan membuat udara dan air memasuki kontak secara dekat, yaitu dengan aerasi atau pengudaraan (Salmin, 2000).

Perpindahan dari cairan dan gas merupakan daya tarik yang besar untuk suatu cakupan luas dari penelitian, dari cairan *dynamicists* ke *biogeochemists*. Bagaimanapun, gejala dari perpindahan gas, dan permasalahan yang kita hadapi di dalam pemahamannya, melibatkan *multiphase*. Kompleksitas seperti itu meningkat dengan kehadiran film dipermukaan dari kedua-duanya yang *anthropogenic* dan alami, yang dapat memodifikasi fisik dan sifat kimia dari kontak tersebut (Pescod, 1973).

Kontak air dan udara adalah juga suatu daerah dari gradien keras yang memaksakan batasan menarik dari perilaku produktivitas dari organisme yang mikroskopik. Penelitian air dan udara ini mempertimbangkan hal yang kecil

dibandingkan dengan secara normal menghubungkan proses satu persatu dari kontak air dan udara, dan memerlukan pendekatan teoritis dan bersifat percobaan baru. Ilmu multidisipliner menarik perhatian di topik perpindahan gas pada permukaan air telah mengacu kepada yang teknik bersifat percobaan baru penting seperti fluorescence yang terkait dengan induksi laser dengan aplikasi perubahan terus menerus. Di konteks yang berhubungan dengan geofisika, pole pancaran musiman dan harian merupakan suatu titik penting kearah stabilitas dari cairan dan ke perubahan yang biokimia yang disempurnakan oleh organisme (Mardiah, 2005).

### 3.1.2 Mekanisme transfer gas

Molekul gas yang memasuki perubahan aliran air setara dengan jumlah yang memasuki perubahan aliran gas. Kondisi keseimbangan melambangkan maksimum, saturasi, konsentrasi gas yang terlarut.

Daya larut gas bergantung pada:

- a) Suhu
- b) Jenis gas
- c) Tekanan udara parsial

Hukum Henry dapat dipergunakan untuk memperhitungkan gas yang terlarut,  $x_i$ , pada kondisi kesetimbangan:

$$x_i = \frac{P_i h}{H_i} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.1)}$$

Di mana  $P_i$  adalah tekanan udara parsial,  $i$ , pada ketinggian  $h$ , dan  $H_i$  adalah konstanta Hukum Henry untuk gas khusus,  $i$ , dan pada suhu berapa. Konstanta

Henry untuk beberapa gas seperti terdapat pada Tabel 3.1 berikut untuk beberapa gas dapat terlarut.

**Tabel 3.1. Konstanta hukum Henry untuk gas yang dapat terlarut.**

(dalam  $10^4$  atm/moi fraction)

T (°C)	Udara	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
0	4.32	0.073	3.52	5.79	0.0268	2.24	5.29	2.55
10	5.49	0.104	4.42	6.36	0.0367	2.97	6.68	3.27
20	6.64	0.142	5.36	6.83	0.0483	3.76	8.04	4.01
30	7.71	0.186	6.20	7.29	0.0609	4.49	9.24	4.75
40	8.70	0.233	6.96	7.51	0.0745	5.20	10.4	5.35
50	9.46	0.283	7.61	8.65	0.0884	5.77	11.3	5.88
60	10.1	0.341	8.21	7.65	0.1030	6.26	12.0	6.29

([http://www.ipt.ntnu.no/~jsg/undervisning/naturgas/GasCompositionExamples.pdf\(02.04.2007\)](http://www.ipt.ntnu.no/~jsg/undervisning/naturgas/GasCompositionExamples.pdf(02.04.2007))).

Tekanan parsial udara di permukaan laut rata-rata dengan tekanan 1 atm dan berada pada ketinggian 0 meter diatas permukaan laut maka dipergunakan Tabel 3.2 berikut :

**Tabel 3.2. Tekanan parsial gas di atmosfer**

(1 atm tekanan total dan dalam udara kering)

Gas	$P_i \cdot h$
N <sub>2</sub>	0.7809
O <sub>2</sub>	0.2095
Ar	0.0093
CO <sub>2</sub>	0.00032
CH <sub>4</sub>	0.0000015
CO	0.0000001

([http://www.ipt.ntnu.no/~jsg/undervisning/naturgas/GasCompositionExamples.pdf\(02.04.2007\)](http://www.ipt.ntnu.no/~jsg/undervisning/naturgas/GasCompositionExamples.pdf(02.04.2007)))



Tekanan udara akan berkurang sesuai dengan semakin tinggi suatu tempat. Oleh karena itu tekanan parsial gas pada Tabel 3.2 harus diperbaiki dengan menyesuaikan dengan ketinggian tempat. Dengan menggunakan faktor koreksi tekanan gas parsial berikut untuk memperhitungkan efek ketinggian.

$$P_i h = P_{i,0} e^{-0,121 \cdot h} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.2})$$

Dimana : h adalah ketinggian di atas permukaan laut di ribuan meteran.

Konsentrasi gas yang dilarutkan (mol/L) bisa diperhitungkan menggunakan mengikuti persamaan:

$$n_i = x_i n_{H_2O} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.3})$$

Di mana  $n_{H_2O}$  melambangkan konsentrasi molar air  $\left(\frac{1000 \text{ g/L}}{18 \text{ g/M}}\right) = 55,56 \frac{M}{L} \dots\dots\dots$

$$\dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.4})$$

Konsentrasi gas yang paling stabil dalam suatu cairan adalah konsentrasi jenuh gas pada kondisi kesetimbangan, yaitu jumlah gas masuk kedalam cairan sebanding dengan jumlah gas yang meninggalkan cairan. Menurut Henry, konsentrasi jenuh suatu gas didalam suatu cairan sebanding dengan konsentrasi atau tekanan gas parsial gas yang berkontak dengan cairan. Tekanan total dari suatu campuran gas merupakan suatu penjumlahan (Marsono, 2000). Berdasarkan hukum Henry, konsentrasi jenuh suatu gas dari campuran gas dengan koefisien absorpsi  $k_s$  dapat ditulis :

$$C_s = k_s p \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.5})$$

Dimana :  $C_s$  = konsentrasi jenuh gas.

$k_s$  = koefisien absorpsi.

$P_o$  = tekanan udara standart

$P_w$  = tekanan uap air (mmHg)

Gas-gas yang terlarut dalam bahan cair akan mencari kondisi equilibrium atau seimbang. Konsentrasi gas yang terlarut didalam bahan cair pada keadaan setimbang disebut nilai penjenahan ( $C_s$ ). Nilai penjenahan gas bergantung pada temperatur bahan cair. Nilai penjenahan secara langsung seimbang dengan tekanan sebagian dan dan secara terbalik seimbang dengan temperatur dan konsentrasi bahan-bahan padat terlarut.

Perbedaan antara nilai penjenahan dan konsentrasi aktual memberikan kekuatan dorong untuk pertukaran gas-gas dari sifat gas menjadi sifat terlarut dan demikian pula sebaliknya. Tingkat pertukaran secara langsung seimbang dengan perbedaan antara konsentrasi aktual dan nilai penjenahan.

Tingkat pemindahan gas untuk seluruh *interface* atau bidang pemisah zat cair-gas pada umumnya dinyatakan dalam persamaan integrasi yang tertulis dalam Masduki, 2002 adalah sebagai berikut:

$$\frac{dc}{dt} = K_L a(C_s - C) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.7})$$

$$(C_s - C) = (C_s - C_o)e^{-K_L a t} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.8})$$

dimana :

$\frac{dC}{dt}$  : tingkat perubahan pada konsentrasi (mg/L-s)

$K_L a$  : keseluruhan koefisien pemindahan massa (/s)

$C_s$  : konsentrasi penjenahan (mg/L.)

$C$  : konsentrasi pada setiap waktu t (mg/L)

$C_0$  : konsentrasi awal pada  $t = 0$  (mg/L)

Koefisien transfer gas ( $K_{La}$ ) adalah nilai variabel yang bergantung pada hubungan yang kompleks, termasuk temperatur, area melalui gas yang dipencar volume zat cair yang bersentuhan, dan koefisien pemencaran gas. Nilai  $K_{La}$  bergantung pada temperatur, yaitu nilai  $K_{La}$  akan meningkat jika suhu dinaikkan. Nilai  $K_{La}$  yang besar akan memberikan efisiensi yang lebih baik serta nilai oksigen terlarut pun besar. Selain itu nilai  $K_{La}$  dipengaruhi oleh kekeruhan air.

Dari persamaa (3.7) dan (3.8) pertimbangan penting dalam desain aerator yang dikembangkan sebagai berikut :

- a) Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan daerah ekspos per unit volume. Alat aerasi yang ideal akan memperbesar bidang ekpos.
- b) Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan waktu ekspos, karena itu alat aerasi seharusnya memperbesar waktu ekspos.
- c) Tingkat pemindahan gas secara langsung seimbang dengan perbedaan diantara nilai penjumlahan dan konsentrasi awal ( $C_s - C_0$ ). Nilai penjumlahan bergantung pada tekanan parsial gas, temperatur, bahan cair, dan konsentrasi bahan-bahan padat yang terlarut di dalam bahan cair, sehingga perubahan pada setiap parameter ini akan mempengaruhi tingkat pemindahan gas.
- d) Jika  $C_0$  lebih besar dibandingkan  $C_s$  (masalah khusus dengan air tanah yang super jenuh dengan  $CO_2$  atau  $H_2S$ ), sisi kanan dari persamaan (3.7) akan menghasilkan nilai negatif. Ini menggambarkan desorpsi

atau pelepasan.

Dalam Masduki (2002), Kapasitas oksigenasi (OC) yaitu sejumlah oksigen yang masuk kedalam suatu sistem aerasi. Kemungkinan adanya kenaikan  $O_2$  dalam volume air ( $m^3$ ) sehingga kapasitas oksigenasi (gr/detik) dalam suatu sistem aerasi diperoleh sebagai perkalian OC dengan volume air.

$$OC = K_{L,a} \times C_s \times \text{Volume air} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.9})$$

Besarnya nilai OC dipengaruhi oleh nilai  $K_{L,a}$ , semakin kecil nilai  $K_{L,a}$  yang diperoleh maka semakin kecil nilai OC yang didapat dan sebaliknya.

### 3.1.3 Prinsip aerasi

Aerasi merupakan suatu sistem oksidasi melalui penangkapan  $O_2$  dari udara pada air oiahan pada instalasi pengolahan air. Prinsip dasar aerasi yaitu pertukaran tempat suatu substansi dari air ke udara atau sebaliknya yang terjadi pada permukaan atau pertemuan antara air dan udara.

Aerasi adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas di udara dengan cairan pada *gas-liquid interface*. Pertukaran tersebut menyebabkan konsentrasi molekul gas di dalam cairan mencapai titik jenuh. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (*interface*), maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut atau dengan kata lain aerasi adalah proses pengolahan air dengan mengontakkannya dengan udara. Sasaran yang utama adalah memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara. Dengan maksud perpindahan efisien terbesar dari satu medium ke medium yang lain. Hal ini sangat penting

agar dalam proses ini cukup berlangsung pencampuran antara air dengan udara (Walker dalam Wulandari, 2006).

Yang membawa udara ke dalam berhubungan dengan air untuk kepentingan pertukaran komponen tertentu yang melewati dua tahap disebut aerasi (Mark, 1997). Oksigenasi adalah salah satu tujuan dari aerasi. Hal yang lain adalah perpindahan dari zat organik yang mudah menguap, hidrogen sulfida, amoniak, dan campuran yang organik mudah menguap. Suatu gas atau unsur yang masuk kedalam air kemudian bereaksi dengan air. Reaksi seperti itu disebut hidrasi. Unsur yang bersifat ion terpecah menjadi hidrasi, sebagai contoh:



Reaksi ini adalah dapat dibalik, dan aerasi dapat juga menyebabkan dehidrasi menghasilkan pelepasan gas dari air. Hukum Henry dapat digunakan untuk kesetimbangan sebagai pertimbangan.

### 3.1.3.1 Tujuan Aerasi

Aerasi bertujuan untuk (Jones, 1964) :

- a) Penambahan jumlah oksigen
- b) Penurunan jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
- c) Menghilangkan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), metan (CH<sub>4</sub>) dan berbagai senyawa organik yang bersifat *volatile* (mudah menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.
- d) Menurunkan konsentrasi materi-materi penyebab rasa dan bau.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan pengolahan air. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

### 3.1.3.2 Jenis dan Tipe-tipe Aerasi

#### A. Jenis-jenis aerasi :

##### 1. Memasukan udara ke dalam air

Aerasi adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam air melalui benda porous atau *nozzle*. Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontaknya gelembung udara tersebut dengan air, sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya *nozzle* adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan.

##### 2. Memaksakan air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Aerasi adalah cara mengontakkan air dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air. Akibat dari pemutaran ini, air akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43-123 m<sup>3</sup> udara diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila dalam pengolaha air limbah dengan menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7-0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam

lumpur aktif.

## B. Tipe-tipe aerator :

### 1. *Gravity aerator*:

*Gravity aerator* menggunakan bendungan (*weir*), air terjun (*waterfalls*), air terjun kecil (*cascade*), bidang miring dengan dengan piringan penderas (*inclined planes with riffle plates*), menara vertical dengan aliran udara yang naik (*vertical tower with updraft air*), menara piringan yang dilubangi (*perporated iray tower*), atau *packaged towers filled* dengan media kontak seperti coke atau batu (*stone*).

### 2. *Multiple tray aerator*

*Aerator* ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menemani ruang yang sangat sempit. Tipe *aerator* ini terdiri dari 4 sampai dengan 8 tray. Dengan lubang dibagian bawah dengan interval 30 sampai dengan 50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray di atasnya, dan aliran ke bawah rata-rata sekitar  $0.02 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray dapat dibuat dari berbagai bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah kayu yang disusun paralel.

### 3. *Cascade aerator*

*Cascade aerator* merupakan suatu proses perputaran dimana selapis tipis aliran air kebawah yang diusahakan sedemikian rupa sehingga saling bertemu. Sistem *cascade aerator* ini terdiri dari 4-6 tangga, ketinggian

masing-masing sekitar 30 cm dengan kapasitas sekitar  $0.01 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Untuk menghasilkan turbulensi dan meningkatkan efisiensi aerasi, rintangan-rintangan seringkali ditempatkan pada ujung-ujung tiap tangga. Dibandingkan dengan *tray aerator*, *cascade aerator* ini memerlukan ruang yang lebih luas namun memiliki *headloss* lebih rendah. Manfaat yang lain adalah tidak sulit dalam perawatannya.

Sistem *cascade aeration* dimodifikasi menggunakan pipa saluran dengan sebagian aliran gravitasi saluran terbuka untuk melucuti VOCs di dalam air limbah. Bagian aliran ini akan menimbulkan pergolakan di air, kontak air dengan udara sebelum dilanjutkan dengan instalasi selanjutnya. Bagian ini akan mengeluarkan kontaminan ke udara. Efisiensi dari sistem *cascade aeration* dalam menghilangkan kontaminan kurang dari 40 persen dari total air buangan. Namun apabila ada pengoiahan *pre-treatment* sebelum *cascade aeration* maka proses aerasi dirasa akan lebih baik. Pengoiahan *pre-treatment* dilakukan untuk menyingkirkan metal dan makanan padat anorganik, kemudian limbah dipaksakan masuk ke udara. Penghilangan kontaminan pada tahap cair sampai tahap gas dengan memberikan permukaan kontak yang lebih besar and kekosongan volume untuk pertahapan penghilangan kontaminan dan waktu tinggal yang mencukupi untuk perpindahan itu untuk terjadi. Udara dapat mengurangi pencemaran THF sebanyak sampai 40 persen dan menghilangkan VOCs dengan jumlah yang lebih luar biasa. Namun penggunaan *cascade aeration* kurang disukai karena laju perpindahannya rendah. Masduki, 2002 dalam bukunya



menuliskan rumus umum efisiensi aerasi untuk metoda jatuhan bertingkat seperti dibawah :

$$K = \frac{C_e - C_o}{C_s - C_o} \dots\dots\dots(Persamaan 3.10)$$

dimana K : koefisien efisiensi

Cs : konsentrasi jenuh oksigen terlarut pada suhu operasi, mg/lt.

Ce : konsentrasi oksigen setelah aerasi, mg/lt.

Co : konsentrasi oksigen pada saat awal, mg/lt.

Pengaruh faktor suhu dan tinggi jatuhan pada efisiensi aerasi untuk berbagai jenis air dapat dirumuskan secara empiris sebagai berikut yang tertulis dalam Masduki, 2002 :

- a). Air tanah yang tidak terpolusi  $K = 0,45 (1+0,026.T).H.$
- b). Air tercemar :  $K = 0,36 (1+0,046.T). H .$
- c). Air limbah domestik :  $K = 0,29 (1+0,045. T). H.$

Waktu kontak air dengan udara untuk aerasi jatuhan dalam Masduki, 2002 adalah:

Kemudian berdasarkan persamaan (Barret, 1960 dalam Metcalf dan Eddy, 2003) untuk rumus umum aerasi cascade adalah :

$$H = \frac{R - 1}{0,361 ab(1 + 0,046 \times T)} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.13})$$

dimana : R = defisit rasio  $\frac{C_s - C_0}{C_s - C}$

$C_s$  = DO saturasi pada dari air limbah pada T (mg/L)

$C_0$  = konsentrasi DO pada influent (mg/L)

C = DO akhir setelah aerasi (mg/L)

a = parameter kualitas air limbah untuk perencanaan air limbah, a = 0,8

b = geometri limpahan, untuk weir. b = 1,0 ; untuk berundak, b = 1,1; untuk weir berundak. b = 1,3.

T = temperatur air, (°C).

H = ketinggian terjunan, (m)

**Tabel 3.5 Informasi Desain Untuk Aerasi Tipe Aerasi Cascade**

Parameter	Unit biasa untuk US			Unit biasa untuk SI		
	Satuan	Cakupan	Typical	Unit	Cakupan	Typical
Hidrolik Loading Rate	gal/ft/ width-d	100.000- 500.000	240.000	m <sup>3</sup> /m/ width-d	1240- 6200	3000
Dimensi						
Tinggi	in	6-12	8	mm	150-300	200
Panjang	in	12-24	18	mm	300-600	450
Lebar cascade	ft	6-16		m	2-5	

(Metcalf, 2003)

#### 4. *Multiple platform aerator*

Aerator ini menggunakan prinsip yang sama dengan *cascade aerator*. Piringan berlapis (*platform*) untuk terjunan air dibuat terbuka tanpa penghalang sehingga air dapat kontak dengan udara.

#### 5. *Spray aerator*

*Spray aerator* merupakan aerasi yang dapat menghasilkan semprotan air, sehingga air yang jatuh keluar akan berupa butiran-butiran. Hal ini akan sangat menguntungkan apabila air yang dihasilkan semakin kecil, karena dengan butiran yang kecil permukaan air yang kontak langsung dengan udara semakin luas. *Nozzle spray aerator* merupakan tipe spray aerator yang lain yaitu menggunakan pipa yang dilubangi secara teratur dengan semprotan keatas. Untuk menghindari kemacetan, lubang *nozzle* (pipa) sebaiknya berukuran lebih dari 5 mm.

#### 6. *Diffused air aerator*

Tipe ini terdiri dari sebuah basin dengan pipa – pipa perlokasi, tabung-tabung porous yang digunakan untuk memompakan udara yang akan dilewatkan ke air, sehingga air tersebut dapat diaerasikan. Tingkat terjadinya gelembung itu banyak dipengaruhi oleh *spray aerator*, tetapi meskipun demikian udara harus ditekan diatas tekanan kedalaman dimana air difusi itu ditetapkan. Difuser ini biasanya ditempatkan didasar *basin* atau pada ketinggian tertentu dari dasar *basin*.

#### 7. *Mechanical aerator*

*Aerator* ini terdiri dari sebuah *propeler* seperti daun pengaduk terpasang

pada ujung sumbu vertikal yang dikendalikan oleh sebuah motor. Akibat putaran daun pengaduk yang cepat didalam air, maka terjadi pencampuran antara udara dan air. Tipe-tipe *aerator* mekanik pada umumnya yaitu aerator permukaan (tipe air kedalam udara), aerator rendam (tipe udara kedalam air), dan aerator kombinasi.

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan unit aerasi adalah :

- a) Kecepatan gas transfer berbanding langsung dengan luas kontak per unit volume. Peralatan aerasi yang ideal akan memaksimalkan luas kontak. Misalnya untuk *aerator cascade*, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk *spray aerator*, *nozle* yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
- b) Kecepatan transfer gas juga berbanding langsung dengan waktu kontak, sehingga unit aerator harus memperbesar waktu kontak.
- c) Kecepatan transfer gas terhadap perbedaan antara konsentrasi jenuh dan konsentrasi awal dari gas ( $C_s - C_o$ ). Konsentrasi jenuh tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

#### 3.1.4 Kelarutan gas pada cairan

Kelarutan gas pada cairan tergantung dari :

- a) Kondisi alamiah gas, umumnya dinyatakan dalam koefisien gas spesifik ; koefisien distribusi  $K_D$ .
- b) Temperature air.

- c) *Impurities* (kemurnian) yang terkandung dalam air.
- d) Konsentrasi gas tertentu pada fasa gas ( $\text{g/m}^3$ ) yang berkaitan dengan tekanan parsial gas tersebut pada fasa gas.

Jika terekpos oleh campuran gas, pertukaran yang terus menerus dari molekul-molekul gas yang berubah dari fasa cair ke gas dan sebaliknya. Selama konsentrasi kelarutan dalam fasa cair adalah mengalir melalui gas, keduanya akan sama besarnya seperti tidak ada perubahan secara keseluruhan dari konsentrasi gas dalam kedua fasa tersebut akan terjadi. Keseimbangan dinamis ini, biasanya berhubungan sebagai konsentrasi kelarutan atau konsentrasi jenuh dari gas dalam cairan. Konsentrasi gas tertinggi dalam fasa gas adalah akan lebih besar konsentrasi jenuh dalam fasa cair dengan jelas. Pada kenyataannya hubungan antara konsentrasi jenuh (*saturation concentration*)  $C_s$  ( $\text{g/m}^3$ ) dan konsentrasi gas dalam fasa gas ( $\text{g/m}^3$ ) menurut Eckender dan O'Connor dalam Benefield dan Randail dalam Masduki, 2002 adalah linier :

$$(C_s)_{760} = \frac{475 - 2.65S}{33.5 + T} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.14)}$$

Besarnya tergantung dari gas alami (cairan juga) kemudian akan terlihat dalam temperature air.  $k_D$  biasanya merupakan koefisien distribusi gas dalam air.

### 3.1.5 Aspek teoritis dari aerasi

Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tergantung pada :

- a) Sifat gas yang bersangkutan
- b) Konsentrasi gas pada fase gas, dimana tergantung pada tekanan relatif

'p' pada fase gas

c) Temperatur

d) *Impurities*

Dari persamaan 3.8 rumus aerasi dalam Masduki, 2002:

$$\ln (C_s - C_t) = \ln (C_s - C_i) (-K_L a \cdot t) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.15})$$

dimana :

$K_{La}$  = Koefisien *mass transfer*, L/s

$C_t$  = Konsentrasi jenuh, mg/L

$C_e$  = Konsentrasi pada saat t, mg/L

$C_i$  = Konsentrasi pada saat t = 0, mg/L

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan unit aerasi adalah :

- a) Kecepatan gas transfer berbanding langsung dengan luas kontak per unit volume. Peralatan aerasi yang ideal akan memaksimalkan luas kontak. Misal untuk *aerator cascade*, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk *spray aerator*, *nozle* yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
- b) Kecepatan transfer gas juga berbanding langsung dengan waktu kontak, sehingga unit aerator harus memperbesar waktu kontak.
- c) Kecepatan transfer gas terhadap perbedaan antara konsentrasi jenuh dan konsentrasi awal dari gas ( $C_s - C_0$ ). Konsentrasi jenuh tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

### 3.2 Oksigen Terlarut (DO)

Salah satu tujuan aerasi adalah memberikan oksigen ke dalam air yang akan terlarut menjadi DO. Air yang jenuh dengan oksigen mempunyai rasa yang lebih baik bila dibandingkan dengan air yang sedikit kandungan oksigennya.

Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Oksigen dapat dihasilkan dari atmosfer atau dari reaksi fotosintesa alga. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesa algae tidak efisien, karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh algae untuk proses metabolisme pada saat tidak ada cahaya. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfer. Berdasarkan data-data temperature dan tekanan, maka kelarutan oksigen jenuh dalam air pada 25° C dan tekanan 1 atmosfer adalah 8,32 mg/L (Warlina, 1985).

Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik lain membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar organisme. Keberadaan logam berat yang berlebihan di perairan akan mempengaruhi system respirasi organisme akuatik, sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah dan terdapat logam berat dengan konsentrasi tinggi, organisme akuatik menjadi lebih menderita (Tebbut, 1992 dalam Effendi, 2003).

Pada siang hari, ketika matahari bersinar terang, pelepasan oksigen oleh proses fotosintesa yang berlangsung intensif pada lapisan eufotik lebih besar daripada oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi. Kadar oksigen terlarut

dapat melebihi kadar oksigen jenuh, sehingga perairan mengalami supersaturasi. Sedangkan pada malam hari, tidak ada fotosintesa, tetapi respirasi terus berlangsung. Pola perubahan kadar oksigen ini mengakibatkan terjadinya fluktuasi harian oksigen pada lapisan eufotik perairan. Kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari dan minimum pada pagi hari.

Sejumlah oksigen yang tetap larut didalam air tergantung pada temperatur air, *impurities*, tekanan parsial dan yang lain-lain. Aerasi yang mengandung oksigen terlarut rendah dan CO<sub>2</sub> tinggi akan menghasilkan penambahan oksigen terlarut untuk oksidasi dan menaikkan pH dengan menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Keduanya akan memberikan akibat menurunnya kelarutan Fe. Kelarutan oksigen dalam air, dihasilkan air setelah kontak dengan udara jenuh pada tekanan 760 mmHg, seperti yang terlihat pada Tabel Lampiran 1.

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2000). Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa.

Air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut. (Odum, 1971) menyatakan bahwa kadar oksigen dalam air akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Pada lapisan



permukaan, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. Dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kadar oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Keperluan organisme terhadap oksigen relatif bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (*toksik*). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Swingle, 1968). Idealnya, kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70 % (Huet, 1970).

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan klan biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri

dan rumah tangga. Sebagaimana diketahui bahwa oksigen berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Disamping itu, oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernapasan. Organisme tertentu, seperti mikroorganisme, sangat berperan dalam menguraikan senyawa kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Karena peranannya yang penting ini, air buangan industri dan limbah sebelum dibuang ke lingkungan umum terlebih dahulu diperkaya kadar oksigennya.

### 3.2.1 Senyawa lain yang dipengaruhi aerasi

Seperti yang diterangkan diatas bahwa dengan melakukan aerasi terhadap air, untuk menghilangkan gas-gas penyebab masalah, mengoksidasikan zat-zat yang tidak diinginkan (*impurities*). Konstituen yang dipengaruhi oleh aerasi adalah :

#### 3.2.1.1 Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )

Karbon dioksida sangat larut dalam air, terutama bila dibandingkan dengan oksigen. Sebagai contoh,  $\text{CO}_2$  dapat larut dalam air sampai dengan 1700 mg/L pada  $20^\circ \text{C}$ , sedangkan oksigen hanya dapat larut sebanyak 9 mg/L pada temperatur yang sama. Berbagai tipe aerator dapat menghilangkan  $\text{CO}_2$  dengan aksi *scrubbing* dan *sweeping* secara fisik yang disebabkan turbulensi. Untuk temperatur air yang normal dan pada komposisi atmosfer, aerasi dapat menghilangkan kandungan  $\text{CO}_2$  dalam air sampai serendah 4.5 mg/L. Keseimbangan antara  $\text{CO}_2$  diudara dan diair, menghalangi penghilangan

selanjutnya. Untuk air dengan kandungan  $\text{CO}_2$  diatas 10 mg/L dengan alkalinitas kurang dari 100 mg/L, aerasi dapat digunakan untuk menghilangkan  $\text{CO}_2$  yang cukup tinggi, sehingga dapat mengurangi kebutuhan kapur yang diperlukan untuk menghilangkan  $\text{CO}_2$ . hal ini menghasilkan penghematan biaya didalam proses pengolahan dengan kapur.

#### 3.2.1.2 *Hydrogen Sulfide* ( $\text{H}_2\text{S}$ )

$\text{H}_2\text{S}$  adalah gas yang bersifat racun dan mendatangkan masalah yang berbahaya dalam pengolahan air, keberadaan  $\text{H}_2\text{S}$  menghasilkan bau telur busuk sehingga keberadaan didalam air tidak diinginkan karena dapat mengubah rasa kopi, teh, es balok atau minuman lainnya serta makanan. Gas sendiri terlarut dalam air, bersifat korosif terhadap bahan/meterial dari tangki, pipa, dan lain-lain. Karena  $\text{H}_2\text{S}$  sangat tidak stabil didalam air, turbulensi yang disebabkan oleh aerasi dapat melepaskannya ke udara. Walaupun demikian harus ada penyesuaian gerakan udara disekitar *aerator* untuk membawa keluar  $\text{H}_2\text{S}$  yang terlepas, atau sebaliknya dia mengumpul keatas air, menurunkan proses penghilangan dan menimbulkan korosifitas dan membahayakan lingkungan.

#### 3.2.1.3 *Metan* ( $\text{CH}_4$ )

Metan juga disebut *swamp gas* atau gas alam. Metan adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, mudah terbakar dan eksplosif. Bila bercampur dengan air, metan menyebabkan rasa air seperti bawang putih. Gas metan sedikit larut dalam air dan mudah dihilangkan dengan aerasi.

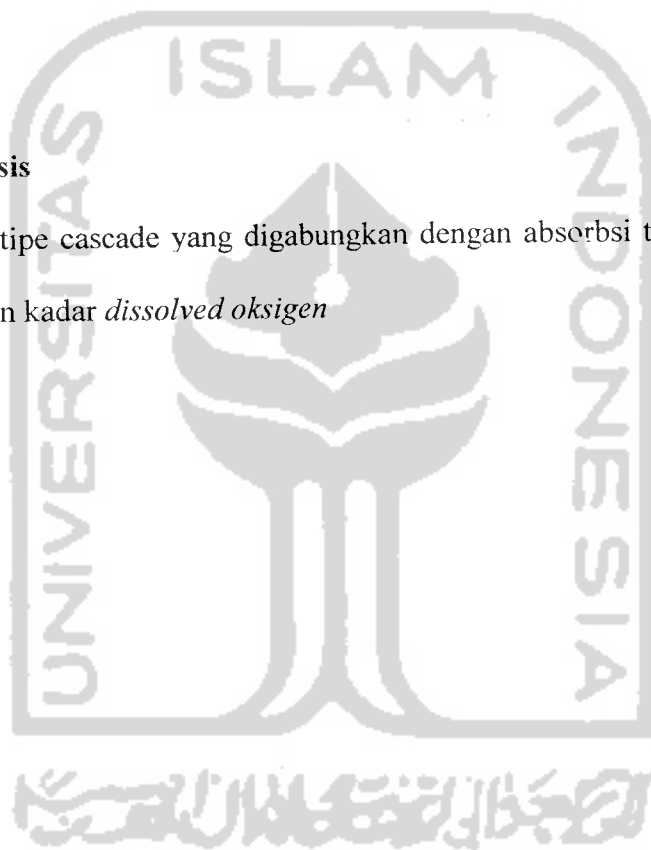
#### 3.2.1.4 Besi (Fe)

Besi dalam bentuk ferro atau  $\text{Fe}^{2+}$  dalam beberapa tidak disenangi. Ada

beberapa cara untuk menghilangkan besi, aerasi disertai dengan pengendapan atau penyaringan adalah salah satu cara yang biasa dilakukan. Aerasi memberikan oksigen yang terlarut (DO) yang dibutuhkan untuk merubah besi bentuk terlarut ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi bentuk *presipitat* ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Dibutuhkan  $\text{O}_2$  sebesar 0.14 mg/L untuk menghilangkan 1 mg/L besi dan  $\text{O}_2$  sebesar 0.27 mg/L untuk menghilangkan 1 mg/L mangan

### 3.3 Hipotesis

Aerasi tipe cascade yang digabungkan dengan absorpsi tanah laterit akan terjadi kenaikan kadar *dissolved oksigen*



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Lokasi Penelitian**

- a) Lokasi pengambilan air limbah dilaksanakan di Rumah Sakit Panti Baktiningsih, Dusun Klepu Kidul, Desa Sendangmulyo, Kecamatan Minggir, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- b) Lokasi analisis parameter *dissolved oksigen* (DO) dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian dan Konstruksi Lingkungan (BPKL), Jalan Ring road Utara Desa Maguwoharjo, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

#### **4.2 Jenis Penelitian**

Penelitian yang dilakukan ini termasuk penelitian penerapan skala lapangan.

#### **4.3 Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilaksanakan selama 6 bulan yang terdiri dari tahap persiapan penelitian, pengumpulan data sekunder, penelitian awal, pengambilan sampling pada tiga titik sampel pada reaktor, pemeriksaan sampel air dilaboratorium, analisa data dan penyusunan laporan.

#### 4.4 Metode Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan terlihat seperti pada diagram alir Gambar 4.1 :

#### 4.5 Tahapan Penelitian

##### 4.5.1 Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk mendasari dan menunjang penelitian yang dilakukan. Sumber literatur yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, *e-books*, laporan penelitian terkait, jurnal-jurnal, dan penelusuran di internet.

##### 4.5.2 Penelitian

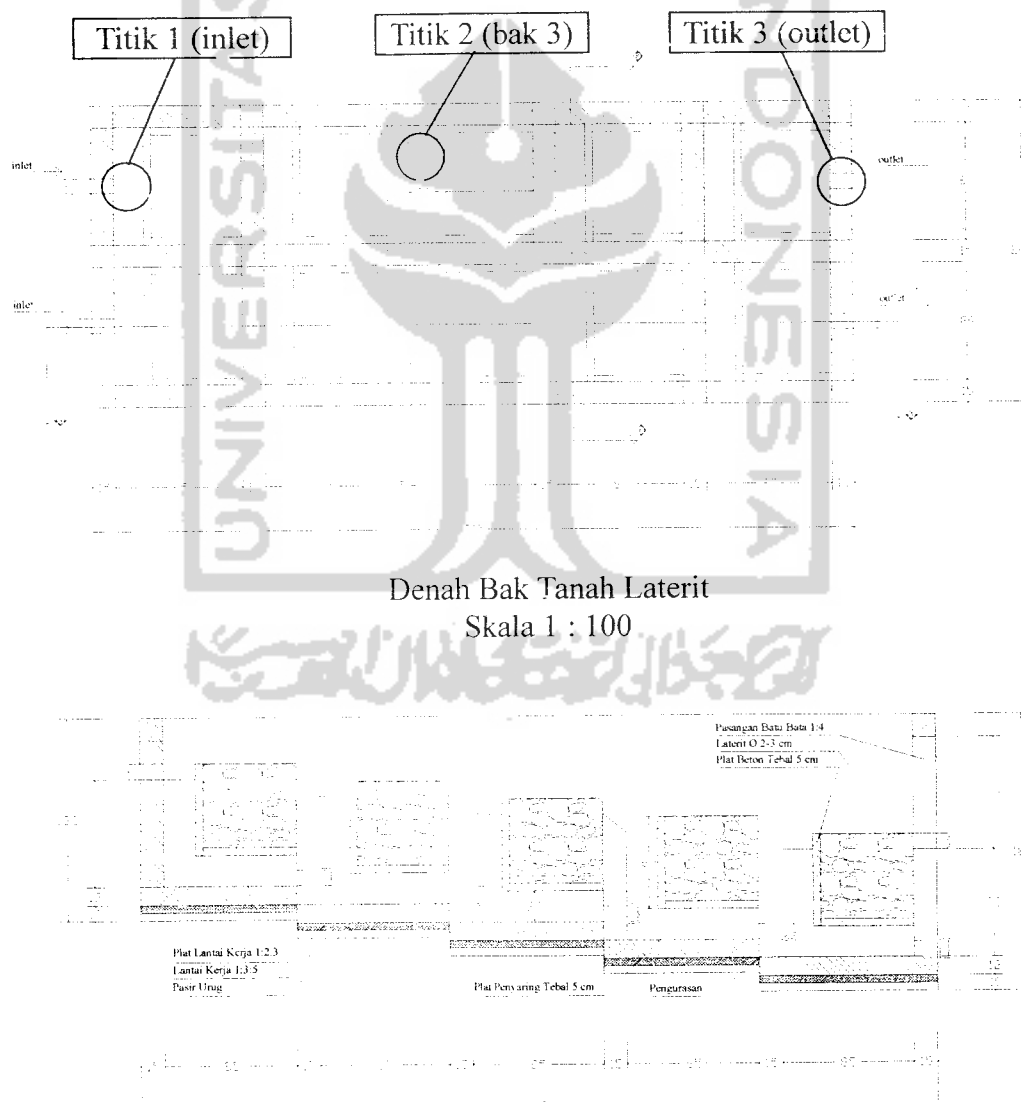
Sebelum penelitian, dilakukan penelitian awal dulu selama tiga hari untuk menentukan waktu (jam) pengambilan sampel yang berdasar pada debit maksimum dan debit minimum. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan kadar *dissolved oksigen* yang terdapat didalam limbah Rumah Sakit Panti Baktiningsih yang menggunakan pendekatan metode *cascade aeration*. Lama penelitian yang dilakukan selama 7 hari. Dengan waktu pengambilan sampel setiap hari pada jam 09.00 WIB dan pada jam 13.00 WIB. Untuk detail titik letak pengambilan sampel, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 (denah reaktor tanah laterit).



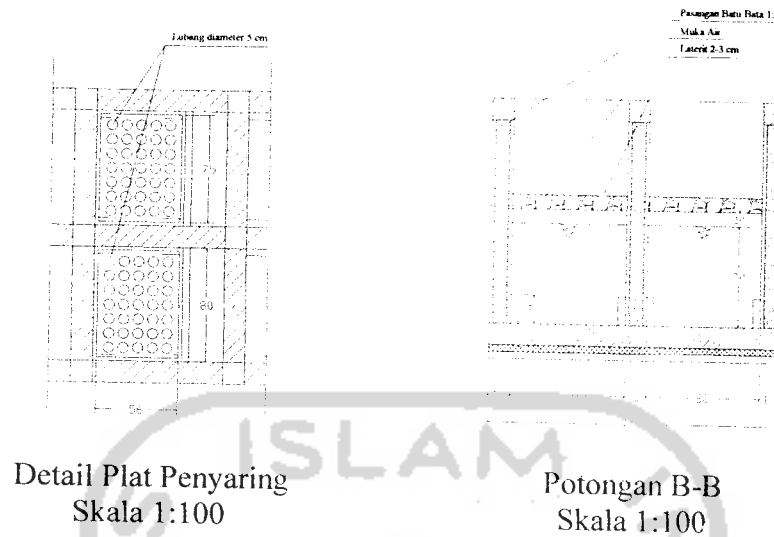
**Gambar 4.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian**

### 4.5.3 Persiapan Alat dan Bahan.

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Panti Baktiningsih pada reaktor absorpsi tanah laterit. Karena pengambilan sampel dilakukan pada musim penghujan maka dibuat penutup reaktor agar instalasi tidak keujanan yang mana akan mempengaruhi optimalisasi data yang didapat. Untuk desain dimensi instalasi terlihat pada Gambar 4.2.







**Gambar 4.2 Dimensi Reaktor Tanah Laterit**

#### 4.5.4 Pengamatan.

Pengamatan disini maksudnya adalah pengamatan secara visual terhadap instalasi yang meliputi terjunan yang terlewati oleh air, warna air di outlet instalasi, kejadian-kejadian ketika dilakukan penelitian, dan cuaca. Hasil pengamatan ini hanya dipergunakan sebagai data pendukung, sedangkan pengamatan sesungguhnya adalah pengamatan terhadap perubahan kadar *dissolved oksigen* pada air limbah rumah sakit dan dimensi reaktor di lapangan.

#### 4.5.5 Analisa Data.

Dilakukan untuk mengetahui tingkat perubahan kadar *dissolved oksigen*, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat perubahan kadar *dissolved oksigen*) maupun data pendukung (kondisi *visual* ketika dilakukan pengamatan). Untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka digunakan *software* statistik, Microsoft Excel.

#### 4.5.6 Parameter Penelitian.

Penelitian ini dilakukan analisa pengukuran dan pengujian parameter *dissolved* oksigen (oksigen terlarut/DO) pada limbah rumah sakit Panti Baktiningsih berdasarkan tingkat konsentrasi dan variasi waktu. Parameter DO diuji karena pada bangunan awal nilai DO juga rendah, kemudian reaktor aerasinya dimodifikasi namun ada penggabungan dengan reaktor tanah laterit.

#### 4.5.7 Metode Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel percobaan dilakukan di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Klepu Kidul. Sebelum ditentukan waktu pengambilan sampel terlebih dahulu perlu diadakan penelitian awal dahulu untuk mengetahui tren dari air limbah dimanakah waktu puncak untuk air limbah dan dimana terjadi penurunan hingga debit air menjadi stabil kembali. Pengukuran debit menggunakan alat pengukur debit model V-Thomson digunakan untuk mengukur debit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Klepu. Ini dilakukan sebagai penelitian awal dalam menentukan waktu pengambilan sampel. Alat pengukur debit ini bekerja secara manual. Alat pengukur debit ini sebagai pelengkap dalam instalasi pengolahan air limbah. Kemampuan pengukuran laju aliran air maksimum sebesar 15,123 l/dt. Akurasi dari alat pengukur debit ini lebih mengandalkan kemampuan kejelian mata manusia. Dari hasil pengukuran dengan penggaris kemudian didapat debit dengan melihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Tabel debit model V Thomson**

No	Satuan debit			No	Satuan debit		
	Inchi	l/dt	m <sup>3</sup> /jam		Inchi	l/dt	m <sup>3</sup> /jam
1	1/16	0.0003	0.0011	17	11/16	0.0920	0.3312
2	2/16	0.0009	0.0032	18	1 2/16	0.1050	0.3780
3	3/16	0.0022	0.0079	19	1 3/16	0.1260	0.4536
4	4/16	0.0039	0.0140	20	1 4/16	0.1550	0.5580
5	5/16	0.0074	0.0266	21	1 5/16	0.1830	0.6588
6	6/16	0.0089	0.0320	22	1 6/16	0.1990	0.7164
7	7/16	0.0121	0.0436	23	1 7/16	0.2190	0.7884
8	8/16	0.0158	0.0569	24	1 8/16	0.2420	0.8712
9	9/16	0.0278	0.1001	25	1 9/16	0.3050	1.0980
10	10/16	0.0344	0.1238	26	1 10/16	0.3200	1.1520
11	11/16	0.0416	0.1498	27	1 11/16	0.3360	1.2096
12	12/16	0.0433	0.1559	28	1 12/16	0.3540	1.2744
13	13/16	0.0581	0.2092	29	1 13/16	0.4470	1.092
14	14/16	0.0670	0.2412	30	1 14/16	0.1620	1.6632
15	15/16	0.0773	0.2783	31	1 15/16	0.4780	1.7208
16	1	0.0880	0.3168	32	2	0.4950	1.7820

(Hendro, BAPEDA/DA)

Perawatan dalam saluran akan membantu akurasi alat serta kekuatan dari adanya gesekan aliran air. Debit yang mengalir melalui alat pengukur V-Thomson pada penelitian awal yang dilakukan dapat dilihat dengan Tabel pada Lampiran 2. Dari data yang didapat debit maksimum adalah pukul 09.00 WIB dan untuk waktu stabil minimum adalah pukul 13.00 WIB.

#### 4.5.7.1 Desain Sampling

Penelitian ini dilakukan dengan pengaliran kontinu, dengan pengambilan sampel dalam sehari dua kali di bak inlet, bak ketiga, dan bak outlet pada jam 09.00 WIB dan 13.00 WIB selama tujuh hari.

#### 4.5.7.2 Pengambilan Sampling

Pengambilan sampling meliputi :

- a) Sampel diambil dari reaktor dengan menggunakan botol sampel.

- b) Pengambilan sampel tidak boleh ada gelembung udara yang masuk kedalam botol sampling sesuai dengan Metode pengambil contoh uji kualitas air limbah menggunakan SNI. 06-2412-1991.
- c) Kemudian ditambahkan  $MnSO_4$ , KI, dan  $H_2SO_4$  sebagai salah satu siasat untuk mengawetkan sampel beberapa saat sebelum sampel diteliti.
- d) Metode pengujian oksigen terlarut dalam air dengan titrimetrik dengan cara winkler sesuai dengan SNI 06-2424-1991.

#### 4.5.8 Metode Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat perubahan DO pada air limbah rumah sakit yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama maupun data pendukung. Analisa data dilakukan dengan pengujian statistik. Hipotesis statistik adalah suatu anggapan atau pernyataan yang mungkin benar atau tidak benar mengenai suatu populasi. Hipotesis nol (*null hypothesis*) ditulis  $H_0$ , merupakan suatu hipotesis yang akan diuji dan nantinya akan diterima atau ditolak tergantung pada hasil eksperimen atau sampelnya. Hipotesis alternatif (*alternative hypothesis*), dilambangkan dengan  $H_1$ , merupakan hipotesis tandingan atau alternatif. Hipotesis seringkali dipergunakan untuk membuat keputusan sehingga hipotesis harus diuji. Pengujian tersebut berdasarkan pada data empiris (yaitu data yang berasal dari hasil penelitian suatu sampel), data hasil dari observasi dan data hasil dari kejadian yang nyata.



Uji Statistik dilakukan dengan uji hipotesis. Apabila dengan pertimbangan bahwa sebuah hipotesis tertentu adalah benar dan ternyata kita peroleh bahwa hasil-hasil yang diamati dalam sebuah sampel random berbeda secara nyata dari hasil-hasil yang diharapkan dengan hipotesisnya atas dasar dengan memakai teori sampling, maka kita akan menyatakan bahwa perbedaan yang diamati adalah perbedaan yang nyata dan kita akan cenderung untuk menolak hipotesis tersebut.

Uji hipotesis adalah prosedur-prosedur yang memungkinkan kita untuk menentukan apakah menerima atau menolak hipotesis dan dapat juga untuk menentukan apakah sampel-sampel yang diamati berbeda secara nyata dari hasil-hasil yang diharapkan. Atas dasar nilai statistik sampel, keputusan diambil guna menentukan apakah  $H_0$  diterima atau ditolak. Apabila  $H_0$  diterima, maka  $H_1$  ditolak dan begitu sebaliknya.

- a. Kesalahan jenis I : Apabila kita menolak sebuah hipotesis, padahal seharusnya kita menerima hipotesis tersebut.
- b. Kesalahan jenis II : Apabila kita menerima sebuah hipotesis, padahal seharusnya kita menolak hipotesis tersebut.

Tingkat signifikansi : Peluang maksimum, dimana kita bersedia untuk menanggung resiko kesalahan jenis I. Sering dinyatakan dengan  $\alpha$  dan yang sering digunakan adalah 0,01 dan 0,05 Beberapa sifat yang menggambarkan kesalahan jenis I dan jenis II adalah :

- a. Kesalahan jenis I dan II saling berhubungan, menurunnya peluang yang satu akan menaikkan peluang yang lain.

- b. Peluang melakukan kesalahan jenis I selalu dapat diperkecil dengan mengubah nilai kritiknya.
- c. Peningkatan ukuran sampel akan memperkecil  $\alpha$  secara bersama-sama.

Apabila sampel yang dipergunakan kecil (katakanlah  $\leq 30$ ) maka dasar keputusan dalam prosedur pengujian hipotesis akan menggunakan statistik uji t (sebaran t).

$$t = \frac{\text{statistik sampel} - \text{parameter hipotesis}}{\text{deviasi standar sampel}} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 4.1})$$

Pada setiap pengujian hipotesis statistik, prosedur yang harus diikuti tergantung pada hipotesisnya sendiri dan sebaran populasinya. Prosedur yang umum dan harus diikuti dapat dibagi ke dalam beberapa langkah, antara lain :

- a. Menyatakan  $H_0$  serta hipotesis alternatifnya.
- b. Pilih tingkat signifikansi/ taraf nyata tertentu dan tentukan besarnya sampel.
- c. Pilih statistik uji yang sesuai sebagai dasar bagi prosedur pengujian dan hal ini bergantung pada asumsi tentang bentuk distribusi dan hipotesisnya.
- d. Tentukan daerah kritisnya (nilai kritis).
- e. Kumpulkan data sampel dan hitung statistik sampelnya yang kemudian diubah ke dalam variable standar t.
- f. Apabila statistik yang dihitung dengan cara seperti diatas terletak dalam daerah penolakan, maka kita harus menolak hipotesis nolnya.

Pada setiap uji hipotesis, kita selalu membandingkan nilai-nilai yang diobservasi dengan nilai teoritis yang dinyatakan oleh hipotesisnya. Pada umumnya kedua nilai tersebut berbeda dan penguji harus menentukan apakah beda itu sedemikian besarnya dan nyatanya sehingga penguji mempunyai alasan untuk menolak hipotesisnya (Damanhuri, 2001).

Apabila sampel random kecil, yaitu kurang dari atau sama dengan 30, dan deviasi standar populasi tidak diketahui maka statistik uji yang digunakan adalah uji t.

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

.....(Persamaan 4.2)

Derajat bebas yang digunakan untuk uji ini adalah :

$$df = v = n - 1$$

Ada dua bagian besar jenis pengujian ini, yaitu:

a. Pengujian satu sisi

i. Sisi Kiri

$$H_0 : \mu_0 - \mu_1 = d_0$$

$$H_1 : \mu_0 - \mu_1 < d_0$$

Nilai kritisnya adalah  $-t(\alpha, v)$

Ho ditolak bila t hitung  $< -t(\alpha, v)$



Gambar 4.3 Nilai t pada sisi sebelah kiri

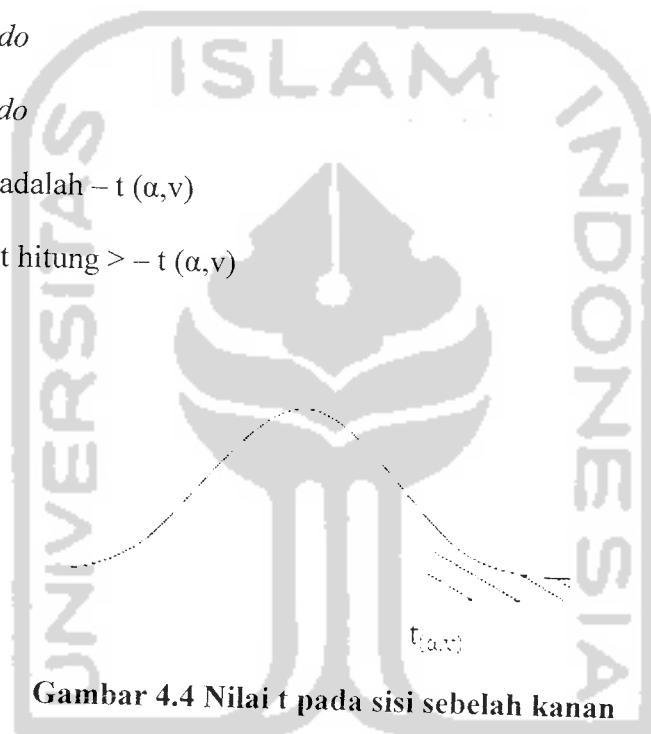
ii. Sisi Kanan

$$H_0 : \mu_0 - \mu_1 = d_0$$

$$H_1 : \mu_0 - \mu_1 > d_0$$

Nilai kritisnya adalah  $-t(\alpha, v)$

$H_0$  ditolak bila t hitung  $> -t(\alpha, v)$



Gambar 4.4 Nilai t pada sisi sebelah kanan

b. Pengujian dua sisi

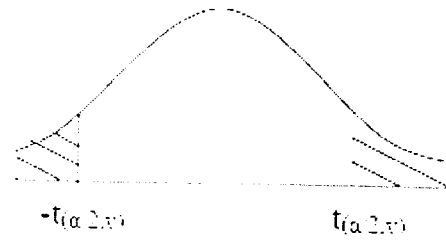
$$H_0 : \mu_0 - \mu_1 = d_0$$

$$H_1 : \mu_0 - \mu_1 \neq d_0$$

Nilai kritisnya adalah  $\pm t(\alpha/2, v)$

$H_0$  ditolak bila t hitung  $< -t(\alpha/2, v)$  atau t hitung  $> t(\alpha/2, v)$





Gambar 4.5 Nilai t pada dua sisi



## BAB V

### HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Pengamatan Debit Dalam Limbah Cair

Pada tiga hari pengamatan yang dilakukan untuk menentukan debit maksimum dan debit minimum didapat hasil pengamatan pada jam 09.00 WIB pada pengukur debit metode V-Thomson terukur dengan debit 0,4133 m<sup>3</sup>/jam. Kemudian pada jam 13.00 WIB dengan debit 0,0999 m<sup>3</sup>/jam. Hari ke-2 pada jam 09.00 WIB dengan debit 0,7424 m<sup>3</sup>/jam, dan pada jam 13.00 WIB terukur dengan debit 0,1339 m<sup>3</sup>/jam. Selanjutnya pada hari ketiga pada jam 09.00 WIB dengan debit 0,7424 m<sup>3</sup>/jam, kemudian pada jam 13.00 WIB dengan debit 0,1339 m<sup>3</sup>/jam. Debit rata-rata pada jam 09.00 WIB adalah 0,63227 m<sup>3</sup>/jam. Debit rata-rata pada jam 13.00 WIB adalah 0,1226 m<sup>3</sup>/jam.

Dari data debit yang di dapat maka didapat data awal pengambilan sampel yaitu pukul 09.00 dan pukul 13.00. Karena pada waktu tersebut dianggap sebagai debit maksimum dan minimum untuk pengolahan limbah pada instalasi ini. Selain hal tersebut pada pukul 09.00 merupakan waktu untuk aktivitas mencuci dari bagian *laundry* dan aktivitas ke kamar mandi oleh pasien maupun karyawan. Pada jam 13.00 aktivitas penggunaan air dari rumah sakit oleh karyawan maupun pasien mulai berkurang karenanya debit terukur adalah rata-rata.

Tabel Lampiran 2 merupakan hasil pengamatan awal ketika mengadakan penelitian di Rumah Sakit Panti Baktiningsih Klepu Kidul, Sendangmulyo, Minggir, Sleman. Pada saat penelitian merupakan musim penghujan sehingga data

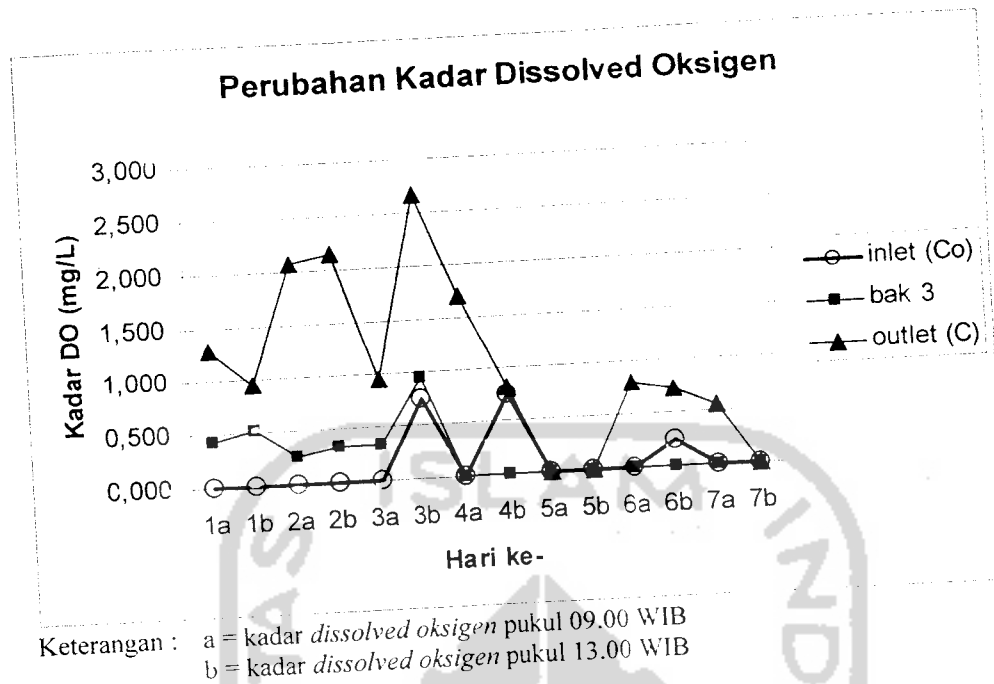
yang didapat kurang maksimal karena terpengaruh air hujan (hari ketiga).

## 5.2 Hasil Evaluasi Kadar *Dissolved Oksigen* Pada Limbah Cair.

Dari hasil pengujian awal parameter yang akan diamati yaitu *dissolved oksigen* dari sisa hasil aktivitas yang dilakukan di rumah sakit pada pukul 09.00 WIB dan pada pukul 13.00 WIB. Dimana konsentrasi awal dalam setiap limbah dianggap sama dengan 0 mg/L, sebagai titik awal penelitian. Penelitian ini dilakukan selama 7 hari dengan pengambilan sampel dan pengamatan dilakukan setiap hari pada tiga titik, dari sini kami berharap mendapatkan hasil yang *signifikan* terlepas dari faktor diluar sistem yang mempengaruhi. Pada waktu pengambilan sampling air dimasukkan kedalam botol sesuai dengan runtutan tata cara pengambilan sampling yang tertulis pada SNI. 06-2412-1991, kemudian ditambahkan  $MnSO_4$ ,  $KI$ , dan  $H_2SO_4$  sebagai salah satu siasat untuk mengawetkan sampel beberapa saat sebelum sampel diteliti. Baru kemudian sampel dibawa ke Laboratorium Balai Kontruksi dan Lingkungan guna di teliti lebih lanjut.

Lokasi pengambilan sampel terletak pada ketinggian 122 m diatas permukaan laut, dengan tekanan barometrik  $29,85 \text{ inHg} = 758,19 \text{ mmHg}$ . Dengan pH, suhu, sesuai dengan lampiran 4.

Kadar DO pukul 09.00 WIB terlihat mengalami grafik kenaikan namun secara umum kenaikan yang terjadi diawal lebih besar dibandingkan di akhir waktu penelitian (Gambar 5.1). Analisis data bahwa dari bangunan aerasi *cascade* yang dibangun dapat menyebabkan kenaikan *dissolved oksigen*.



**Gambar 5.1** Perubahan Kadar *Dissolved Oksigen*.

Kenaikan DO tertinggi pada hari ketiga yaitu sampai dengan 2.666 mg/L. Kadar dari *dissolved oksigen* pada reaktor tanah laterit dapat dibidang rendah. Nilai DO terendah berada pada hari ke-5 dan pada hari ke-7, pada nilai 0,000 mg/L. Terlihat juga nilai pada bak inlet, bak 3, menunjukkan nilai serupa, 0,000 mg/L. Pada hari ke-2 dan ke-3 kadar DO mencapai nilai maksimum. Dan selanjutnya nilainya mengalami penurunan.

Penampilan data kadar *dissolved oksigen* pada limbah rumah sakit terlihat seperti pada Gambar 5.1. Rata-rata kenaikan kadar DO sebesar 0,923229 mg/L. Terlihat nilai oksigen terlarut terbesar berada pada debit 0,0372 m<sup>3</sup>/jam, pada hari kedua dan ketiga (lampiran).

Pada saat pengambilan sampel sering kali air berwarna putih susu di outlet reaktor tanah laterit. Karena disyalir air limbah *laundry* mengandung ABS.

Bubuk pembersih ABS mempunyai konsentrasi fosfor tinggi. Sebagian besar fosfor dalam air limbah dihasilkan dari penggunaan bubuk ABS untuk pembersihan didapur, laboratorium, laundry dan lain-lain. Detergen membuat busa, khususnya ABS (*Alkinbenzenasulfonat*), Detergen tidak mudah dikomposisi oleh mikroorganisme karena busa pembersih mencegah perpindahan oksigen ke air. LAS (*Linear Alkinbenzenasulfonat*), AOS ( *$\alpha$  - olefin acid*) mempunyai akibat yang lebih besar bagi organisme dibanding *surfactant* lainnya (Anonymous, 2002).

Kemudian diharapkan kadar *dissolved oksigen* meningkat untuk *recovery* oksigen atau DO kembali meningkat dengan aerasi ini. Cara kerja reaktor tanah laterit adalah murni pengolahan fisik. Nilai oksigen terlarut yang kecil karena kurang tingginya terjunan. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh turbulensi yang rendah, karena kehilangan tekanan berbanding lurus dengan derajat turbulensi. Kenaikan tekanan terjadi pada saat *upflow* melewati *adsorben* laterit. Satu sisi aerasi menginginkan derajat turbulensi tinggi namun satu sisi derajat turbulensi yang rendah juga dibutuhkan dalam proses adsorpsi tanah laterit untuk *adsorben* fosfat dan *chemical oksigen demand* (COD) dan diharapkan limbah tertinggal di *adsorben*.

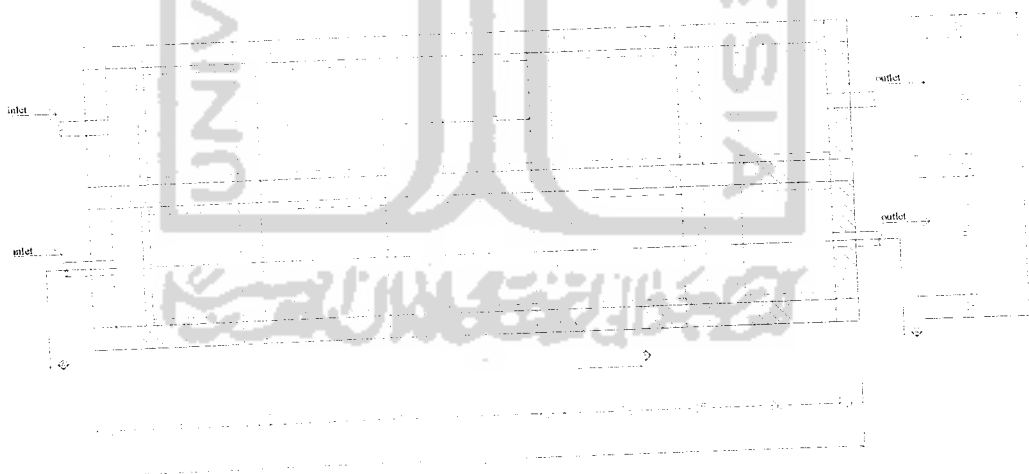
Dari hasil analisa statistik dengan metode *T-Test Two-Sample Assuming Equal Variances*. kenaikannya dari oksigen terlarut tidak signifikan dari hasil analisa statistik sampel (lampiran), karena dari perhitungan nilai kenaikan DO juga relatif kecil.

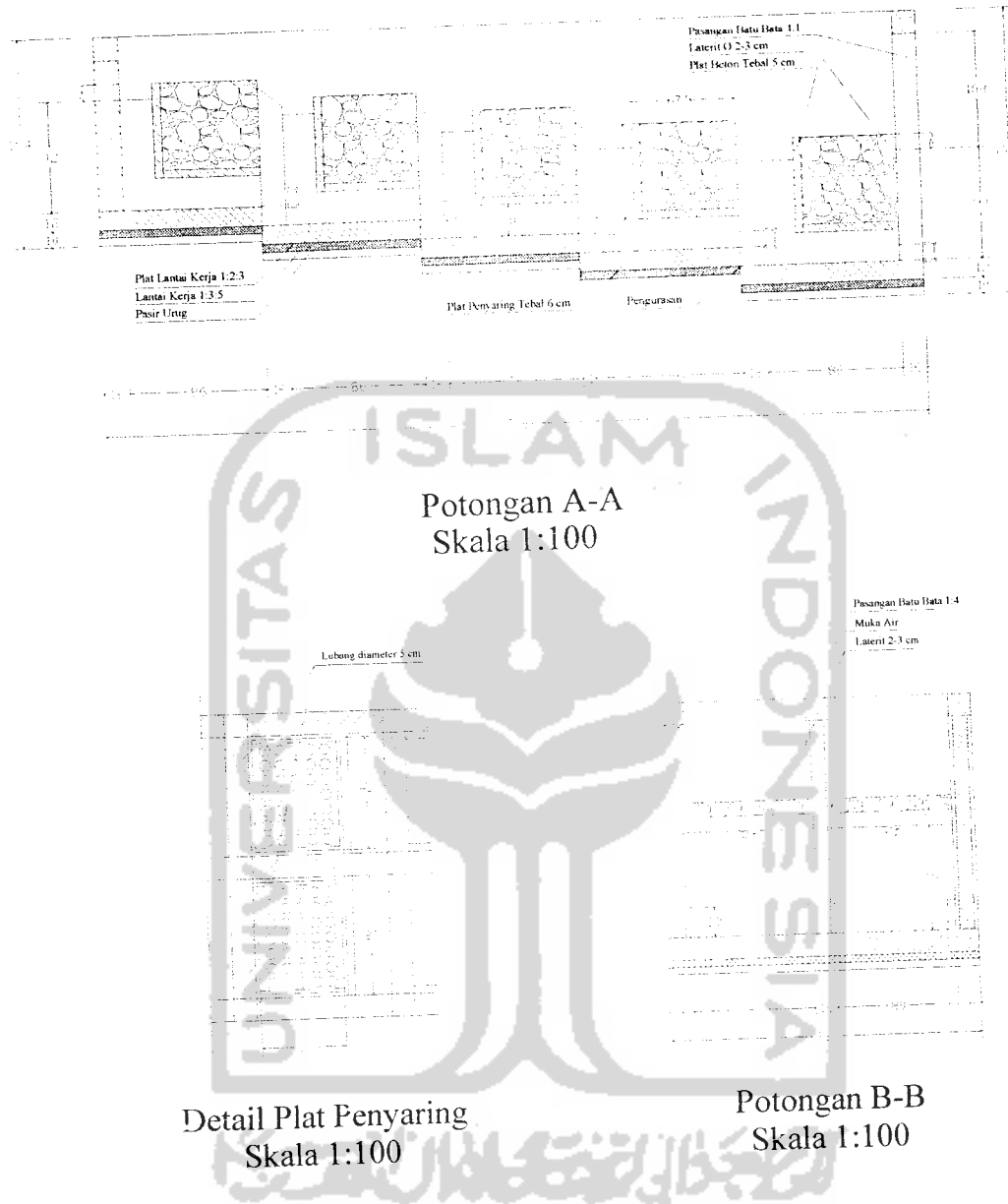
Dari desain yang telah diberikan untuk bangunan, kemudian dibandingkan dengan kondisi *riil* di lapangan sesuai terlihat pada gambar 5.2. Dari hasil

pengukuran dilapangan yang diperbandingkan dengan desain yang telah direncanakan ada beberapa perbedaan terutama pada ketinggian terjunan. Pada desain untuk terjunan *cascade aeration* menunjukkan nilai ketinggian total sebesar 0,48 meter sedangkan untuk total ketinggian terjunan *cascade aeration* pada bangunan dilapangan adalah 0.675 m (Tabel 5.1).

**Tabel 5.1 Tinggi Terjunan Pada Desain dan Lapangan**

Tinggi terjunan pada reaktor Laterit	Desain (m)	Lapangan (m)
bak 1	12	0,175
bak 2	0,12	0,17
bak 3	0,12	0,17
bak 4	0,12	0,16
Total	0.48	0.67





**Gambar 5.2 Dimensi Reaktor Tanah Laterit Eksisting**

Analisa statistik dengan metode *T-Test Two-Sample Assuming Equal Variances*. Perbedaan nilai  $r$  desain dengan nilai  $r$  lapangan tidak ada perbedaan yang signifikan dari hasil analisa statistik sampel (lampiran), artinya meskipun hasil aplikasi dilapangan tidak mutlak sesuai dengan desain perencanaan namun terlihat

dari hasil analisa nilai r lapangan relatif sama dengan nilai r desain perencanaan dan tidak banyak berpengaruh untuk kenaikan kadar DO. (gambar 5.3).

### 5.3 Perhitungan *Dissolved Oksigen* Teoritis.

Untuk mengetahui jumlah air limbah yang masuk kedalam instalasi reaktor tanah laterit perlu dilakukan pengukuran dengan perhitungan. Pengukuran berdasarkan hasil perhitungan dengan metode V-Thomson pada Lampiran 2, selama tiga hari. Debit yang masuk pada instalasi tanah laterit adalah :

Pada jam 09.00 hari 1 = 0,1148 l/det = 0,4133 m<sup>3</sup>/jam

hari 2 = 0,2062 lt/det = 0,7424 m<sup>3</sup>/jam

hari 3 = 0,2062 lt/det = 0,7424 m<sup>3</sup>/jam

Pada jam 13.00 hari 1 = 0,0274 l/det = 0,0999 m<sup>3</sup>/jam

hari 2 = 0,0372 lt/det = 0,1339 m<sup>3</sup>/jam

hari 3 = 0,0372 lt/det = 0,1339 m<sup>3</sup>/jam

Dari perhitungan debit selama tiga hari maka dicari nilai rata-rata debit yang masuk ke dalam instalasi reaktor tanah laterit. Didapat nilai debit pada pukul 09.00 WIB adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata debit air limbah jam 09.00} &= \frac{0,4133 + 0,7424 + 0,7424}{3} \\ &= 0,6237 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,00017325 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Kemudian untuk nilai debit pada pukul 13.00 WIB adalah :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata debit air limbah jam 13.00} &= \frac{0,0999 + 0,1339 + 0,1339}{3} \\ &= 0,12256 \text{ m}^3/\text{jam} = 3,404 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$



Dari nilai rata-rata limbah pada pukul 09.00 WIB dan pada pukul 13.00 WIB dapat dihitung nilai volume limbah perhari.

$$\text{Volume limbah perhari} = \frac{\sum Q \text{ hari 1} + \sum Q \text{ hari 2}}{2}$$

$$\text{Volume limbah perhari} = \frac{2.2396 + 3.1702}{2}$$

$$\text{Volume limbah perhari} = 2,7049 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dari lampiran 1 diketahui nilai konsentrasi jenuh oksigen pada suhu  $29^{\circ}\text{C}$  dengan nilai kloride 0 mg/liter adalah 7,77 mg/liter.

Mencari nilai pendekatan  $K_{La}$ , dari persamaan (3.7) dan persamaan (3.8), diturunkan menjadi persamaan (3.15).

$$\ln(C_s - C_t) = \ln(C_s - C_o) - K_{La} \cdot t$$

$$-K_{La} = \frac{\ln(C_s - C_t) - \ln(C_s - C_o)}{t}$$

$$= \frac{\ln(7,77 - 0,43) - \ln(7,77 - 0)}{29}$$

$$= 0,07921 / \text{jam} = 4,7524 / \text{menit} = 285,1448 / \text{detik}$$

Harga  $K_{La}$  akan bergantung pada harga temperatur, harga  $K_{La}$  akan meningkat jika suhu dinaikkan dan disertai *mixing* dan pengadukan. Harga  $K_{La}$ , merupakan fungsi dari ratio luas terhadap volume gelembung udara. Dari hasil perhitungan :

Absorpsi jika  $C_o < C_t < C_s$  (( $C_t - C_o$ ) dan ( $C_s - C_o$ ) positif)

Desorpsi jika  $C_s < C_t < C_o$  (( $C_t - C_o$ ) dan ( $C_s - C_o$ ) negatif)

Jadi, nilai  $K_{La}$  tersebut di ketahui proses yang terjadi adalah proses desorpsi.

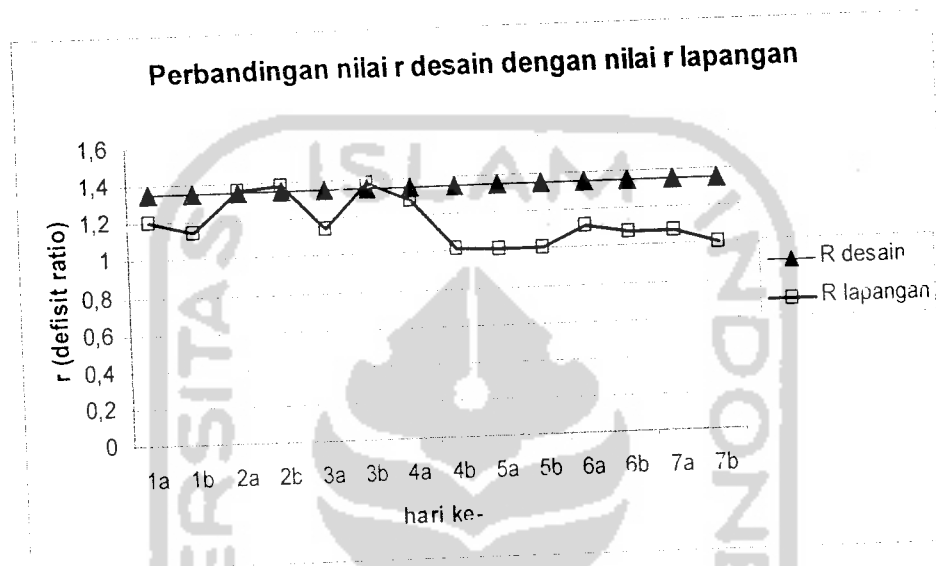
Berdasarkan pada Persamaan 3.13 perhitungan berdasarkan desain awal :

$$H = \frac{R - 1}{0,361 ab(1 + 0,046 \times T)}$$

$$R = (H \times 0,361 ab(1 + 0,046 \times T)) + 1$$

$$R = (0,48 \times 0,361 \times 0,8 \times 1,1(1 + 0,046 \times 29)) + 1$$

$$R = 1,3559$$



**Gambar 5.3 Perbandingan Nilai r Desain Dengan Nilai r Lapangan**

Terkait untuk nilai  $r$ , persamaan 3.13, dari perhitungan desain adalah 1,3559. Kemudian dari nilai rata-rata  $r$  pada kondisi riil dilapangan nilai yang didapat sebesar 1,263916, Nilai  $r$  ini adalah nilai rerata yang didapat perhitungan kadar *dissolved oksigen* terukur di inlet dan outlet dengan pembanding  $C_s$  (oksigen saturasi). Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa reaktor tanah laterit memang desain untuk menaikkan kadar DO dengan relatif kecil.

#### 5.4 Perhitungan Tinggi Reaktor dari Nilai *Dissolved* Oksigen

Sebagai perbandingan apakah perbedaan dimensi dari desain dengan aplikasi yang diterapkan dilapangan terdapat perbedaan yang krusial, sehingga

akan mempengaruhi efisiensi. Maka perlu dilakukan *cross check* antara nilai yang diharapkan dari desain dengan hasil yang tercatat pada hasil penelitian. Berikut merupakan perhitungan tinggi terjun berdasarkan nilai *dissolved oksigen* yang didapat dari penelitian :

$$R_1 = \frac{C_s - C_0}{C_s - C}$$

$$R_1 = \frac{7,77 - 0}{7,77 - 1,29}$$

$$R_1 = 1,1991$$

$$H = \frac{R_1 - 1}{0,361 ab(1 + 0,046 \times T)}$$

$$H = \frac{1,1991 - 1}{0,361 \times 0,8 \times 1,1 (1 + 0,046 \times 29)}$$

$$H = 0,2685 \text{ m}$$

Perhitungan *dissolved oksigen* berdasarkan hasil pengukuran tinggi, dimensi dari reaktor tanah laterit. Untuk dimensi lebih lengkapnya disajikan pada lampiran. Didapat dari hasil pengukuran maka didapat total tinggi tinggi bak 1 + tinggi bak 2 + tinggi bak 3 = 0.175 + 0.17 + 0.17 + 0.16 = 0,675 m.

$$H = \frac{R - 1}{0,361 ab(1 + 0,046 \times T)}$$

$$R = (H \times 0,361 ab (1 + 0,046 \times T)) + 1$$

$$R = (0,675 \times 0,361 \times 0,8 \times 1,1 (1 + 0,046 \times 29)) + 1$$

$$R = 1,5004$$

Nilai r adalah sebesar 1,5004. Dalam Metcalf, 2003 hasil yang didapat sesuai dengan spesifikasi bahwa sebuah bak aerasi mempunyai tinggi 150 – 300 mm/baknya. Jumlah ideal untuk bak aerasi adalah berjumlah 4 – 6 buah. (Qasim,

2000).

Aerasi yang digunakan dalam proses pengolahan limbah cair ini tidak mutlak penerapan aerasi tipe *cascade* namun merupakan pendekatan dalam aerasi *cascade*. Karena dalam reaktor ini merupakan penggabungan dari adsorpsi dengan menggunakan tanah laterit yang pengalirannya merupakan pengaliran *upflow*.



(sumber : Masduki, 2002)

**Gambar 5.4 Aerasi cascade**

**Gambar 5.5 Aerasi Reaktor Tanah Laterit**

Sketsa desain dalam referensi untuk aerasi cascade sesuai dengan gambar 5.4. Penerapan aerasi tipe *cascade* di lapangan (gambar 5.5). Dalam pengolahan air limbah rumah sakit yang menggunakan reaktor tanah laterit ini agak berbeda dengan aerasi umumnya, yaitu dengan adanya penambahan *adsorben* tanah laterit. Nilai *dissolved oksigen* relatif kecil karena dalam proses *adsorbnya* merupakan pengaliran keatas *upflow*, sehingga menyebabkan kehilangan tekanan pada air limbah. Karena dengan kehilangan tekanan tersebut akan mempengaruhi derajat turbulensinya. Dan apabila kehilangan tekanan relatif kecil maka derajat turbulensi juga akan kecil dan akan menurunkan derajat tahanan *liquid – film*, menurunkan laju perpindahan masa oksigen karena terjadi penurunan laju pergantian bidang kontak, yang berakibat pada *defisit* oksigen (*driving force*,  $\Delta C$ ), menurunkan nilai koefisien perpindahan oksigen ( $K_{La}$ ), dalam (Masduki, 2002).

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan pendekatan analisa aerasi *cascade* didapatkan nilai rata kenaikan kadar *dissolved oksigen* sebesar 0,923229 mg/L.
2. Kecilnya nilai kenaikan *dissolved oksigen* disebabkan karena kecilnya nilai derajat turbulensi, pengaliran *upflow* pada *adsorben* laterit.

#### 6.2 Saran

Saran untuk penelitian berikutnya adalah :

1. Perlunya penambahau *mchanical aerator* pada reaktor tanah laterit guna meningkatkan kadar *dissolved oksigen*.
2. Sebagai alternatif, perlun adanya penambahan tinggi untuk terjunan pada aerasi tipe *cascade*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, 2001, *Umar Fachmi, Peranan Air Dalam Peningkatan Kesehatan Masyarakat*, pada <http://www.bpkpenabur.or.id/kps-jkt/berita/200104/lap-perananair.pdf>., dikunjungi 5/3/2004.
- Alaerts. G, et. al, S.S., 1987. *Metodologi Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonimous, 2002, *Hospital Waste Water Treatment Plant*, Samneung, Korea.
- Anonimous, 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. No. 5 1 Tahun 2004. Tentang : Baku Mutu Air Laut*. 2004. hal. 11.
- Anonimous, 2005, *Buku Pedoman Tugas Akhir dan Praktik Kerja*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Anonimous, 1985, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Oksigen Terlarut Dalam Air Dengan Titrimetrik*  
<http://www.pu.go.id/balitbang/sni/pdf/SNI%2006-2424-1991.pdf>  
 (02.04.2007)
- Anonimous, 1985, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengambilan Sampel Air*.  
<http://www.pu.go.id/balitbang/sni/pdf/SNI%2006-2412-1991.pdf>  
 (02.04.2007).
- Azwar A, 1995, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Mutiara Sumber Widya, Jakarta.
- Damanhuri E, 2001, *Statistika Teknik Lingkungan*, Departemen Teknik Lingkungan ITB, Bandung.

- Effendi, H, 2003, *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, 153-160.
- Faust, S.D. and. Aly O.M, 1998, *Chemistry of Water Treatment*, 2nd Ed. (TD433 F38 1998)
- Huet, H.B.N. 1970. *Water Quality Criteria for Fish Life Biological Problems in Water Pollution*. PHS. Publ. No. 999-WP-25. 160-167 pp.
- Jones, H.R.E. 1964. *Fish and River Pollution*. Buther Worth. London : 203 pp.
- Lestari, D. E 2005, *Evaluasi Kerja Tray Aerasi Dilihat Dari Parameter  $Fe^{2+}$ , Do, Ph, Alkalinitas Dan Kekeruhan Di Wilayah Kerja Pdam Yogyakarta*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Luke, I, Prase, 2005, *Perurunan Kontaminan dalam Air dengan Pengolahan Secara Fisika*, <http://www.pustakaf:sikaui-gd!-sl-2005-lukeiprase-3-skripsi-->.
- Mardiah, 2005, *Evaluasi Efisiensi Tray Aerator Terhadap penurunan Konsentrasi Fe Di Wilayah Kerja Pdam Kabupaten Sleman*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Mark A. Donelan, et. al, 2002, *Gas Transfer At Water Surfaces*.
- Marsono. B. D, 2000, *Unit Operasi*, Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan (MINAT) ITS, Surabaya.
- Masduki et. al, 2002, *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

- Metcalf and Eddy, 1993, *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal And Resuse*, Mc Graw Hill Comp.
- Metcalf and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Fourth Edition, International Edition*, Mc Graw Hill Companies, Inc, Amerika.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. W.B. Saunder Com. Philadelphia 125 pp.
- Pescod, M. D. 1973. *Investigation of Rational Effluen and Stream Standards for Tropical Countries*. A.I.T. Bangkok, 59 pp
- Pranoto. I S, 2002, *Proses Biokimia Dewats*, Decentralized Waste Water Treatment Systems-LPTP-BORDA, Yogyakarta.
- Saidi, A, 2006, *Peta Topograf dan Peta Kontur untuk Latihan Navigasi Darat*, Mapala UNISI, Yogyakarta.
- Salmia. 2000. *Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. Dalam : Foraminifera Sebagai Bioindikator Pencemaran, Hasil Studi di Perairan Estuarin Sungai Dadap, Tangerang* (Djoko P. Praseno, Ricky Rositasari dan S. Hadi Riyono, eds.) P30 - LIPI hal 42 - 46
- Sawyer, et. al, 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. 3rd ed. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd.: 405 - 486 pp.
- Sunarto, 2003, *Peranan Dekomposisi Dalam Proses Produksi pada Ekosistem Laut*. C661030011/IKL, E-mail: sunartounpad@yahoo.com
- Swingle, H.S. 1968. Standardization of Chemical Analysis for Water and Pond Muds. F.A.O. Fish, Rep. 44, 4 , 379 - 406 pp.



- Warlina.L, 1985, *Pengaruh Waktu Inkubasi Bod Pada Berbagai Limbah*, FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Warlina. L, 2003, *Pencemaran Air : Sumber, Dampak Dan Penanggulangannya*, e-mail : [warlina@mail.ut.ac.id](mailto:warlina@mail.ut.ac.id).
- Wardoyo, S.T.H. 1978. *Kriteria Kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan. Dalam : Prosiding Seminar Pengendalian Pencemaran Air. (eds Dirjen Pengairan Dep. PU.)*, hal 293-300.
- Wirosarjono, S. 1974. *Masalah-masalah yang dihadapi dalam penyusunan criteria kualitas air guna berbagai peruntukan*. PPMKL-DKI Jaya, *Seminar Pengelolaan Sumber Daya Air. , eds. Lembaga Ekologi UNPAD. Bandung, 27 - 29 Maret 1974*, hal 9 – 15
- Wulandari.R, 2006, *Penurunan Kadar Phospat dan Amoriak pada Bak Limbah Domestik dengan Menggunakan Tanah Laterit*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Yogyakarta.
- Yulianti, B. P, 2006, *Penurunan Kadar Chemical Oksigen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) pada Bak Limbah Domestik (Outlet Septic Tank) dengan Menggunakan Tanah Laterit*, Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Yogyakarta.

Lampiran :

Lampiran 1

Tabel Kelarutan oksigen terlarut dalam air

Temperatur	Kosentrasi klorida dalam air (mg/L)					perbedaan per 1000 mg/L klorida
	0	5000	10000	15000	20000	
	Oksigen terlarut (DO) mg/L					
0.0	14.7	13.8	13.0	12.1	11.3	0.165
1.0	14.3	13.5	12.7	11.9	11.1	0.160
2.0	13.9	13.1	12.3	11.6	10.8	0.154
3.0	13.5	12.8	12.0	11.3	10.5	0.149
4.0	13.1	12.4	11.7	11.0	10.3	0.144
5.0	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0	0.140
6.0	12.5	11.8	11.0	10.4	9.8	0.135
7.0	12.1	11.5	10.8	10.2	9.6	0.130
8.0	11.8	11.2	10.6	10.0	9.4	0.125
9.0	11.6	11.0	10.4	9.7	9.1	0.121
10.0	11.3	10.7	10.1	9.5	8.9	0.118
11.0	11.0	10.4	9.9	9.3	8.7	0.114
12.0	10.8	10.2	9.7	9.1	8.6	0.110
13.0	10.5	10.0	9.4	8.9	8.4	0.107
14.0	10.3	9.7	9.2	8.7	8.2	0.104
15.0	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	0.100
16.0	9.8	9.3	8.8	8.4	7.9	0.098
17.0	9.6	9.1	8.7	8.2	7.7	0.095
18.0	9.4	9.0	8.5	8.0	7.6	0.092
19.0	9.2	8.8	8.3	7.9	7.4	0.089
20.0	9.0	8.6	8.1	7.7	7.3	0.088
21.0	8.8	8.4	8.0	7.6	7.1	0.086
22.0	8.7	8.3	7.8	7.4	7.0	0.084
23.0	8.5	8.1	7.7	7.3	6.8	0.083
24.0	8.3	7.9	7.5	7.1	6.7	0.083
25.0	8.2	7.8	7.4	7.0	6.5	0.082
26.0	8.0	7.6	7.2	6.8	6.4	0.080
27.0	7.9	7.5	7.1	6.7	6.3	0.079
28.0	7.8	7.3	6.9	6.6	6.2	0.078
29.0	7.7	7.2	6.8	6.5	6.1	0.076
30.0	7.5	7.1	6.7	6.3	6.0	0.075

Sumber : Fair G M; Geyer J.C dan Okun D. A. 1986 "Waste Water Engineering, Water Purification and Waste Water Treatment and Disposal " volume 2, John Wiley and Sons, New York.

## Lampiran 2

Tabel Penelitian awal debit dengan metode V-Thomson

Jam	Hari ke-1			Hari ke-2			Hari ke-3		
	Inchi	l/det	m <sup>3</sup> /jam	Inchi	l/det	m <sup>3</sup> /jam	Inchi	l/det	m <sup>3</sup> /jam
6:00				5/16	0,0086	0,0309			
7:00	8/16	0,0274	0,0999	8/16	0,0274	0,0999			
8:00	10/16	0,0484	0,1741	14/16	0,1103	0,3971	3*)	2,3202	8,3529
9:00	1	0,1148	0,4133	1 2/16	0,2062	0,7424	1 2/16*)	0,2062	0,7424
10:00	1	0,1148	0,4133	1 1/16	0,1773	0,6381	1 1/16*)	0,1773	0,6381
11:00	14/16	0,1103	0,3971	1	0,1148	0,4133	13/16*)	0,0921	0,3316
12:00	10/16	0,0484	0,1741	8/16	0,0274	0,0999	8/16	0,0274	0,0999
13:00	8/16	0,0274	0,0999	9/16	0,0372	0,1339	9/16	0,0372	0,1339
14:00	8/16	0,0274	0,0999	8/16	0,0274	0,0999	10/16	0,0484	0,1741
15:00	8/16	0,0274	0,0999	7/16	0,0199	0,0717	10/16	0,0484	0,1741
16:00	6/16	0,0136	0,0491	7/16	0,0199	0,0717	2 11/16	1,7706	6,3742
17:00	7/16	0,0199	0,0717	7/16	0,0199	0,0717	1 8/16	0,4188	1,5076
18:00	5/16	0,0136	0,0491	8/16	0,0274	0,0999	1 2/16	0,2062	0,7424
19:00	6/16	0,0136	0,0491	8/16	0,0274	0,0999	15/16	0,1310	0,4716
20:00	6/16	0,0136	0,0491	8/16	0,0274	0,0999	9/16	0,0372	0,1339
Σ		0,6206	2,2396		0,6785	3,1702		5,521	19,8767
<b>Rata2</b>		<b>0,0443</b>	<b>0,1600</b>		<b>0,0586</b>	<b>0,2113</b>		<b>0,4247</b>	<b>1,5290</b>

(sumber : data primer)

Keterangan \*) = hujan

## Lampiran 3

Tabel Penelitian awal debit rata-rata dengan metode V-Thomson

Jam	Debit rata2 (l/det)	Debit rata2 (m <sup>3</sup> /jam)
6:00		
7:00		
8:00		
9:00	0,1757	0,6327
10:00		
11:00		
12:00		
13:00	0,0339	0,1226
14:00		
15:00		
16:00		
17:00		
18:00		
19:00		
20:00		

(sumber : data primer)

## Lampiran 4

Tabel Hasil Pengamatan Pada Saat Penelitian

No	Hari ke	Cuaca	Jam	Bak	Suhu	PH	Permukaan yang tidak terlewat air	
1	1	Mendung	09.00	1	29 °C	7.50	16.5 cm	
				2	29 °C	7.56	-	
				3	29 °C	7.55	21 cm	
		Gerimis	13.00	1	29 °C	7.53	-	
				2	29 °C	7.54	-	
				3	29 °C	7.54	-	
2	2	Cerah	09.00	1	29 °C	7.40	7 cm	
				2	29 °C	7.33	-	
				3	29 °C	7.29	-	
		Cerah	13.00	1	29 °C	7.22	10.5 cm	
				2	29 °C	7.22	-	
				3	29 °C	7.25	-	
3	3	Gerimis	09.00	1	29 °C	7.36	16.5 cm	
				2	29 °C	7.41	-	
				3	29 °C	7.40	-	
		Mendung	13.00	1	29 °C	7.30	21 cm	
				2	29 °C	7.44	-	
				3	29 °C	7.52	-	
4	4	Cerah	09.00	1	29 °C	7.40	7 cm	
				2	29 °C	7.30	-	
				3	29 °C	7.23	10.5 cm	
		Cerah	13.00	1	29 °C	7.19	-	
				2	29 °C	7.28	-	
				3	29 °C	7.26	-	
5	5	Cerah	09.00	1	29 °C	7.34	7 cm	
				2	29 °C	7.36	-	
				3	29 °C	7.32	10.5 cm	
		Cerah	13.00	1	29 °C	7.30	-	
				2	29 °C	7.45	-	
				3	29 °C	7.34	-	
6	6	Cerah	09.00	1	29 °C	7.25	13.5 cm	
				2	29 °C	7.21	-	
				3	29 °C	7.18	10.5 cm	
				13.00	1	29 °C	7.25	-
					2	29 °C	7.21	-
					3	29 °C	7.23	-
7	7	Cerah	09.00	1	29 °C	7.24	5.5 cm	
				2	29 °C	7.27	-	
				3	29 °C	7.27	7.5 cm	
		Gerimis	13.00	1	29 °C	7.21	16.5 cm	
				2	29 °C	7.21	-	
				3	29 °C	7.21	21 cm	

(sumber : data primer)

## Lampiran 5.

### Metode Pelaksanaan Penelitian.

#### a. Persiapan Penelitian

Alat-alat penelitian

- a. Penggaris.
- b. Botol sampel
- c. Termos
- d. Termometer

#### b. Pelaksanaan Penelitian

Cara Kerja

1. Pengukuran debit tiap jam dengan metode Thomson dari jam 06.00 sampai dengan jam 20.00.
2. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu pada inlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 09.00.
3. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) pada inlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.
4. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu di bak ketiga pada bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 09.00.
5. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) di bak ketiga pada bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.
6. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu pada outlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 09.00.

7. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) pada outlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.
8. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu pada inlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 13.00.
9. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) pada inlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.
10. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu di bak ketiga pada bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 13.00.
11. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) di bak ketiga pada bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.
12. Pengambilan sampel air, pengukuran debit, dan pengukuran suhu pada outlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih jam 13.00.
13. Pengukuran kandungan DO (*dissolved oksigen*) ketiga pada outlet bak tanah laterit di Rumah Sakit Panti Baktiningsih dengan metode titrimetri.

#### Lampiran 6.

##### Metode Pengujian Dissolve Oksigen

Adanya oksigen terlarut dalam air adalah sangat penting untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya. Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung kepada cukup tidaknya kadar oksigen terlarut. Oksigen terlarut dalam air berasal dari udara dan dari proses fotosintesis tumbuh-tumbuhan air. Terlarutnya oksigen didalam air tergantung pada temperature, tekanan barometric udara dan kadar mineral dalam air.

### **Gangguan**

Adanya zat pereduksi dan pengoksidasi dapat mengganggu pereaksi dalam analisa. Zat mengoksidasi iodide (misal feri  $\text{Fe}^{3+}$ , nitrit  $\text{NO}_2^-$ , hipoklorit,  $\text{OCl}_2^-$ ) dapat mengganggu reaksi. Zat yang mereduksi iodine (misal sulfide  $\text{S}^{2-}$ , Sulfa:  $\text{SO}_4^{2-}$ , fero  $\text{Fe}^{2+}$ ) Dapat menggaunggu reaksi.

### **Ketelitian**

Penyimpangan baku sampai  $20 \mu\text{g O}_2/\text{L}$  pada sample air bersih, dan 60 sampai  $100 \mu\text{g O}_2/\text{L}$  pada sample air buangan masih diperkenankan untuk analisa yang dilakukan dengan baik.

### **Pengambilan dan pengawetan sampel**

Pengambilan sample secara baik dan representative harus diperhatikan. Sampel air untuk keperluan analisa oksigen terlarut dituangkan dengan hati-hati (mencegah masuknya udara) kedalam botol khusus, biasanya disebut botol winkler. Botol tersebut mempunyai volume 250-300 ml, memiliki leher sempit dengan tutup dari bahan gelas. Botol tersebut terisi penuh dengan sample air, dan tidak boleh ada gelembung udara yang terperangkap didalamnya. Analisa oksigen terlarut harus dikerjakan setelah pengambilan sampel. Dan apabila terpaksa ditangguhkan, maka sebagian dari prosedur analisa harus dikerjakan terlebih dahulu. Yaitu penambahan  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{KI}$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sedangkan langkah selanjutnya dapat ditangguhkan beberapa jam.

### Perhitungan

$$OT = \frac{a \times N \times 8000}{V - 4}$$

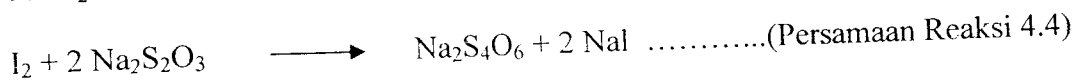
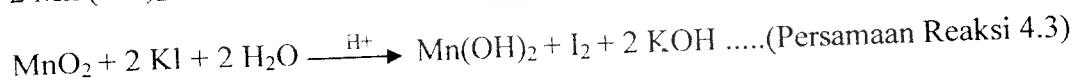
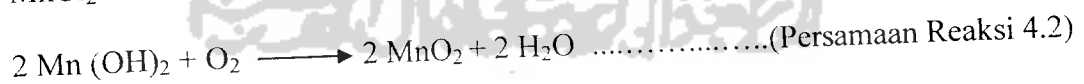
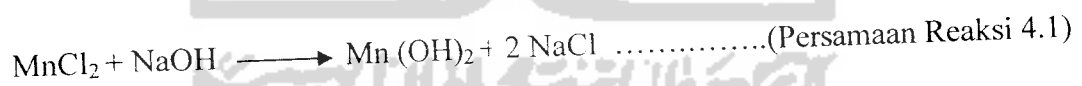
dimana OT = oksigen terlarut (mg/L).

a = volume titran.

N = normality larutan Natrium tio sulfat.

V = volume botol winkler.

Prinsipnya dengan menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan  $MnCl_2$  dan  $NaOH + KI$ , sehingga akan terjadi endapan  $MnO_2$ . Dengan menambahkan  $H_2SO_4$  atau  $HCl$  maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium ( $I_2$ ) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ( $Na_2S_2O_3$ ) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Reaksi kimia yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut :



Perhitungan kadar DO nya :

$$DO, ml/L = B/B - 2 \times 5,6 \times 10 \times N \times V \dots\dots\dots(Persamaan 4.1)$$

Dimana :



$B$  = volume botol sampel BOD = 250 ml

$B - 2$  = volume air dalam botol sampel setelah ditambah 1 ml larutan  $MnCl_2$  dan 1 ml  $NaOH - KI$ .

5,6 = konstanta yang sama dengan ml oksigen ~ 1 mgrek tiosulfat

10 = volume  $K_2Cr_2O_7$  0,01 N yang ditambahkan

$N$  = normalitas tiosulfat

$V$  = volume tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi.

Berikut ini adalah tabel nilai DO dan BOD untuk tingkat pencemaran perairan.

**Tabel Tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai DO dan BOD.**

Tingkat pencemaran	Parameter	
	DO (ppm)	BOD
Rendah	> 5	0 - 10
Sedang	0 - 5	10 - 20
Tinggi	0	25

Sumber : WIKOSARJONO (1974)

### Lampiran 7.

**Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air dengan Titrimetri (SNI 06-2424-1991)**

#### Ruang Lingkup:

Metode pengujian ini mencakup cara pengujian kadar OT yang terdapat dalam air yang tidak berwarna; penggunaan metode Winkler dengan alat buret atau alat titrasi lain.

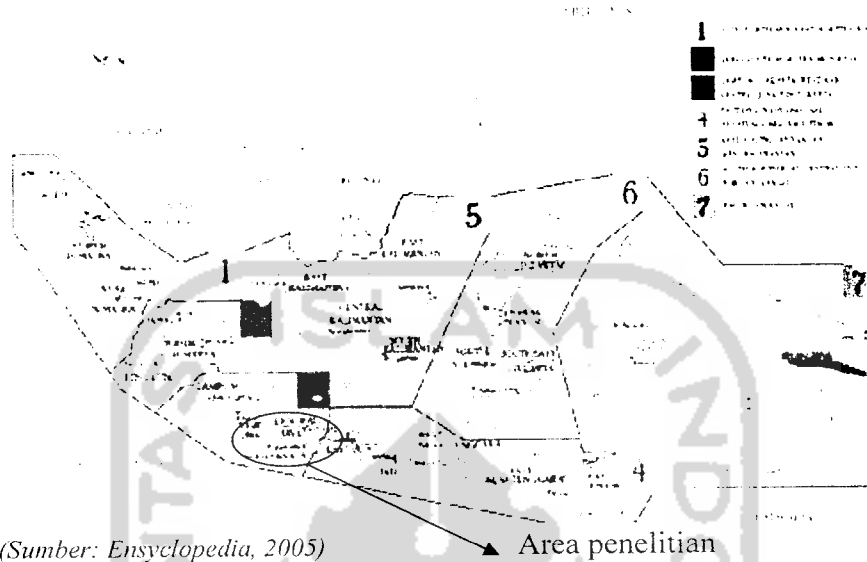
#### Ringkasan :

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar oksigen ( $O_2$ ) dalam air untuk memperoleh kadar oksigen terlarut

(OT) dalam air. Persiapan pengujian meliputi pembuatan larutan induk Natrium Tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), pembuatan larutan baku natrium tiosulfat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (0,025 N), penetapan kenormalan larutan baku natrium trisulfat  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  Peralatan yang digunakan antara lain botol KOB, buret, labu ukur, gelas ukur, pipet ukur dan labu Erlenmeyer. Bahan penunjang uji berupa bahan kimia yang berkualitas dan bahan lain seperti larutan mangan sulfat, larutan alkali, iodida azida, asam sulfat pekat, larutan indikator kanji, kristal natrium tio-sulfat, larutan kalium dikromat dan air suling atau air mineral. Persiapan benda uji antara lain penyediaan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan metode pengambilan contoh uji kualitas air, isi botol KOB dengan contoh uji secara duplo sampai penuh. hindarkan terjadinya turbulensi dan gelembung udara selama pengisian, kemudian botol ditutup, maka benda uji siap diuji. Cara pengujian meliputi antara lain tambahkan 1 mL larutan mangan sulfat dan 1 mL larutan alkali dioda azida berturut-turut ke dalam botol KOB yang berisi benda uji, lalu botol dikocok. sehingga endapan terbentuk kira-kira setengahnya. Apabila perbedaan pemakaian natrium tiosulfat secara duplo lebih dari 0,10 mL ulangi pengujian, apabila kurang atau sama ratakan hasilnya.

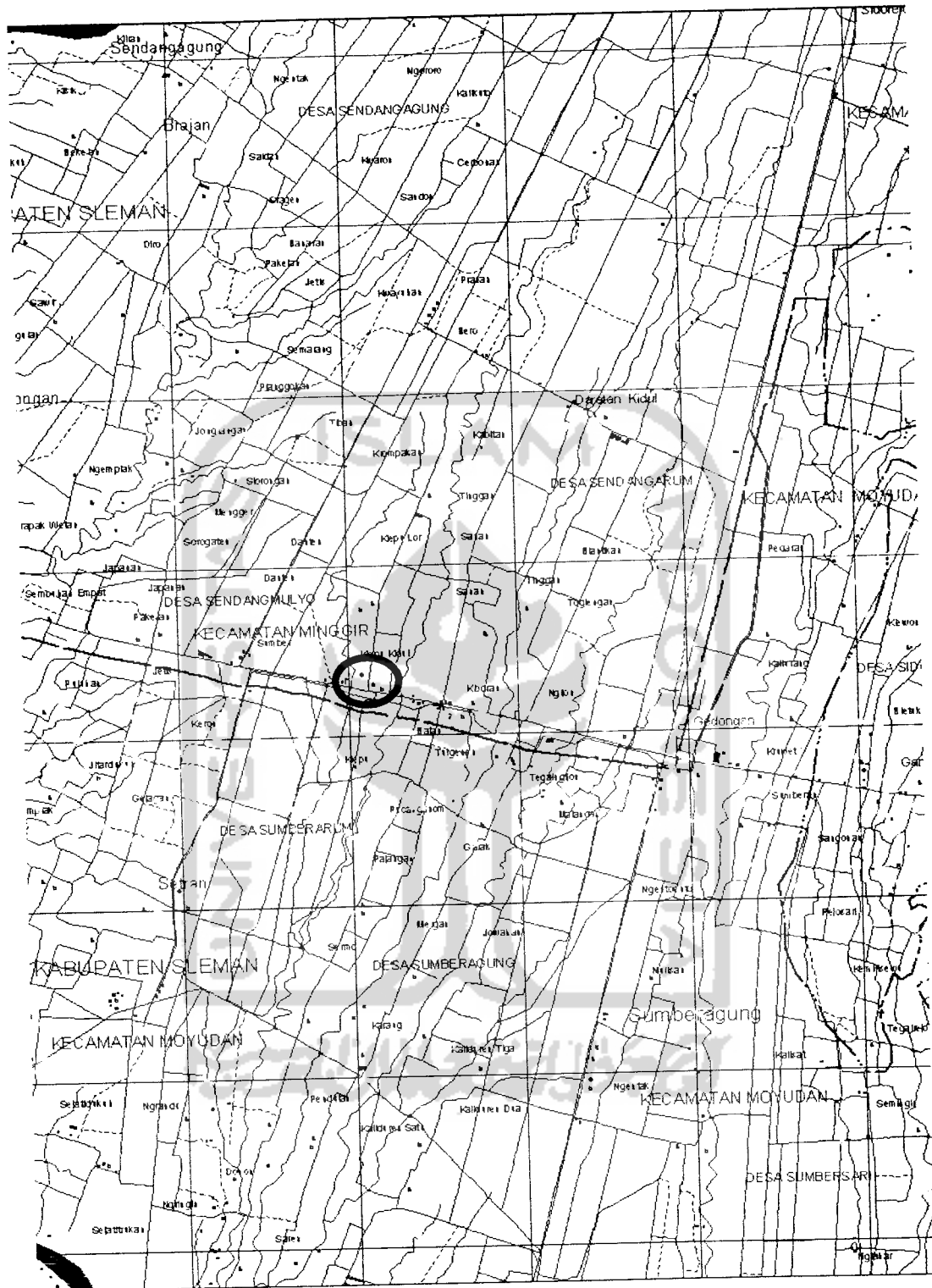
Lampiran 8.

Peta Daerah Penelitian.



(Sumber: Enyclopedia, 2005)

Gambar Peta Indonesia



Keterangan : ○ = Letak Tempat penelitian

Gambar Peta Kiepu Kidul (Sumber: Saidi, 2006)

### Lampiran 9. Letak Geografis

- a. Ketinggian tanah dari permukaan laut : 122 m (dpa)
- b. Banyaknya curah hujan : 1500 - 2500 mm/tahun
- c. Topografi (dataran rendah, tinggi, pantai) : Dataran rendah
- d. Suhu udara rata-rata : 23 - 32 °C

#### Batas Wilayah :

- a. Sebelah barat : Dusun Danten, Dusun Sumber
- b. Sebelah timur : Dusun Klodran, Dusun Balan
- c. Sebelah utara : Dusun Klepu Lor, Dusun Danten, Dusun Sanan
- d. Sebelah selatan : Dusun Klepu.

#### Iklm dan Curah Hujan

Kondisi iklim kecamatan jetis menunjukkan rata-rata curah hujan : 1500mm – 2500 mm pertahun, dengan suhu maksimal 32°C dan suhu minimum 23 °C.

#### Kondisi sosial ekonomi dan budaya

Kondisi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat jetis pada umumnya berbudaya dan beraneka ragam. Itu dikarenakan banyaknya pendatang yang menempati daerah tersebut baik yang kerja maupun kuliah, sekolah. Aktifitas perekonomian berbasiskan pertokoan, perdagangan, industri dan perkantoran.

#### Tata guna lahan

Pada peta tata guna lahan dan pengamatan dilapangan dapat diketahui bahwa penggunaan lahan kecamatan jetis adalah sebagai berikut :

- a) Perumahan
- b) Perdagangan dan jasa

- c) Industri
- d) Perkantoran
- e) Fasilitas umum dan fasilitas sosial (Tempat ibadah, Rumah sakit, Pasar)

### Lampiran 10. Perhitungan Porositas dan Debit

Untuk mengetahui porositas dari laterit, maka dilakukan penimbangan terhadap laterit. Untuk keakuratan data ditimbang 3 buah pecahan laterit.

Penimbangan pertama : 250,5 gram

Penimbangan kedua : 250,5 gram

Penimbangan ketiga : 250,5 gram

$$\begin{aligned} \text{Pada hasil penimbangan laterit didapat hasil} &= \frac{250,5 + 250,5 + 250,5}{3} \\ &= 250,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui porositas dari laterit maka digunakan aquades. Guna mengetahui jumlah aquades maka dituangkan aquades ke dalam gelas beker.

Volume aquades yang ditambahkan kedalam gelas beker = 556 ml

Dengan rumus Lampiran 3 dihitung porositas.

$$\text{Porositas} = \frac{\text{volume aquades}}{\text{volume laterit}} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3)}$$

$$\text{Porositas} = \frac{556 \text{ ml}}{205,5 \text{ gr}} = 2,705 \times 10^{-3} / \text{kg}$$

Dari Gambar 4.2 dan gambar desain pada lampiran dapat di ketahui volume laterit:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak tanah laterit total} &= p \times l \times t \\ &= 85 \times 80 \times 70 \end{aligned}$$

$$= 476000 \text{ cm}^3 = 476 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tempat tanah laterit} = p \times l \times t$$

$$= 56 \times 75 \times 60$$

$$= 252000 \text{ cm}^3 = 252 \text{ m}^3$$

Dapat dihitung juga waktu tinggal limbah pada bak tanah laterit.

$$\text{HRT} = \frac{(\text{vol bak total} - \text{vol tempat laterit}) + (\text{porositas} \times \text{vol tempat laterit})}{\text{volume limbah}}$$

$$= \frac{(476 \text{ m}^3 - 252 \text{ m}^3) + (2,705 \text{ gr} \times 252 \text{ m}^3)}{2,7049 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$2,7049 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 334,821 \text{ jam}$$

#### Lampiran 11. Uji Statistik

##### 1. T-test DO inlet dan outlet pukul 09.00 WIB

Tabel T test Two-Sample Assuming Equal Variances DO inlet dan outlet pukul 09.00 WIB

	inlet	outlet
Mean	0	1,051
Variance	0	0,484398333
Observations	7	7
Pooled Variance	0,242199167	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	-3,99530939	
P(T<=t) one-tail	0,000888315	
t Critical one-tail	1,782286745	
P(T<=t) two-tail	0,00177663	
t Critical two-tail	2,178812792	

#### Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet.

**Langkah 2 : Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  model statistik**

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $\bar{X}$ ): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

**Tabel rata-rata ( $\bar{X}$ ), standar deviasi (s), varians (S) dan kerelasi.**

JAM	INLET DO	OUTLET DO	X1*X2	X1^2	X2^2
1	0,000	1,290	0	0	1,6641
2	0,000	2,064	0	0	4,260096
3	0,000	0,946	0	0	0,894916
4	0,000	1,690	0	0	2,8561
5	0,000	0,000	0	0	0
6	0,000	0,804	0	0	0,646416
7	0,000	0,563	0	0	0,316969
$\Sigma$	0	7,357	0	0	16,5386
$\bar{X}$	0	1,051			
Standar Deviasi (s)	0	0,695987308			
Varians (S)	0	0,484398333			
Korelasi (r)	#DIV/0!				

**Langkah 4 : Mencari t hitung**

#DIV/0!

**Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

- Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.025$ )
- $dk = n_1 + n_2 - 2 = 7 + 7 - 2 = 12$ , sehingga diperoleh t tabel = 2.179
- Kriteria pengujian dua pihak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak



- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} > + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima

**Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $-2.179 < t_{\text{hitung}} < 2.179$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

**Langkah 7 : Hipotesis**

$H_a$  : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet ditolak.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet diterima

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

**Langkah 8 : Kesimpulan**

Berdasarkan perbedaan t hitung dengan t tabel :

- jika  $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak
- jika  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima

oleh karena  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$  maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara inlet dan outlet

Berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas  $< 0.05$  maka  $H_0$  diterima
- jika probabilitas  $> 0.05$  maka  $H_0$  ditolak

terlihat bahwa t hitung adalah  $t_{\text{hitung}}$ , dengan probabilitas 0.001776. oleh karena probabilitas  $<$  dari 0,05 maka  $H_0$  diterima atau konsentrasi inlet dan outlet relatif sama.

## 2. T-test DO inlet dan outlet pukul 13.00 WIB

**Tabel T test Two-Sample Assuming Equal Variances DO inlet dan outlet  
pukul 13.00 WIB**

Mean	0,247	1,042457143
Variance	0,123015	1,03336253
Observations	7	7
Pooled Variance	0,578188765	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	-1,957113371	
P(T<=t) one-tail	0,037002102	
t Critical one-tail	1,782286745	
P(T<=t) two-tail	0,074004204	
t Critical two-tail	2,178812792	

### **Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat**

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet.

### **Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik**

Ha :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho :  $\mu_1 = \mu_2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $\bar{X}$ ): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

Ha : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet ditolak.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada inlet dan outlet diterima.

### **Langkah 8 : Kesimpulan**

Berdasarkan perbedaan t hitung dengan t tabel :

- jika t hitung  $>$  t tabel, maka Ho ditolak
- jika t hitung  $<$  t tabel, maka Ho diterima

oleh karena t hitung  $<$  t tabel maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara inlet dan outlet

Berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas  $>$  0.05 maka Ho diterima
- jika probabilitas  $<$  0.05 maka Ho ditolak

terlihat bahwa t hitung adalah -1,2051, dengan probabilitas 0,0740. Oleh karena probabilitas  $>$  dari 0,05 maka Ho diterima atau konsentrasi inlet dan outlet relatif sama.

### 3. T-test kadar DO pada pukul 09.00 WIB dan kadar DO pada pukul 13.00

WIB

Tabel T-test Two-Sample Assuming Equal Variances kadar DO pada pukul

09.00 WIB dan kadar DO pada pukul 13.00 WIB

Mean	1,051	0,795457143
Variance	0,484398333	0,836673396
Observations	7	7
Pooled Variance	0,660535865	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	0,588233246	
P(T<=t) one-tail	0,283641062	
t Critical one-tail	1,782286745	
P(T<=t) two-tail	0,567282123	
t Critical two-tail	2,178812792	

**Langkah 1: Membuat  $H_a$  dan  $H_e$  dalam bentuk kalimat**

$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada jam 09.00 dan jam 13.00.

$H_o$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada jam 09.00 dan jam 13.00..

**Langkah 2 : Membuat  $H_a$  dan  $H_o$  model statistik**

$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$

$H_o : \mu_1 = \mu_2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $\bar{X}_r$ ): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

**Tabel rata-rata ( $\bar{X}_r$ ), standar deviasi (s), varians (S) dan korelasi.**

JAM	DO jam 09.00	DO jam 13.00	$X_1 \cdot X_2$	$X_1^2$	$X_2^2$
1	1,290	0,946	1,22034	1,6641	0,894916
2	2,064	2,150	4,4376	4,260096	4,6225
3	0,946	1,922	1,818212	0,894916	3,694084
4	1,690	0,067	0,113568	2,8561	0,004516
5	0,000	0,000	0	0	0
6	0,804	0,483	0,388332	0,646416	0,233289
7	0,563	0,000	0	0,316969	0
$\Sigma$	7,357	5,5682	7,978052	10,6386	9,449305
$\bar{X}_r$	1,051	0,795457143			
Standar Deviasi (s)	0,695987308	0,914698527			
Varians (S)	0,484398333	0,836673396			
Korelasi (r)	0,043966726				

**Langkah 4 : Mencari t hitung**

0,396994

**Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

- Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.025$ )
- $dk = n_1 + n_2 - 2 = 7 + 7 - 2 = 12$ , sehingga diperoleh t tabel = 2.179
- Kriteria pengujian dua pihak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} > + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima

**Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $-2.179 < 0,396994 < 2.179$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak

**Langkah 7 : Hipotesis**

Ha : Terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi DO pada jam 09.00 dan jam 13.00. ditolak.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi DO pada jam 09.00 dan jam 13.00. diterima.

**Langkah 8 : Kesimpulan**

Berdasarkan perbedaan t hitung dengan t tabel :

- jika  $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak
- jika  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima

oleh karena  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$  maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara DO pada jam 09.00 dan jam 13.00.

Berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas  $> 0.05$  maka  $H_0$  diterima
- jika probabilitas  $< 0.05$  maka  $H_0$  ditolak

terlihat bahwa t hitung adalah 0,396994, dengan probabilitas 0.567282. Oleh karena probabilitas  $>$  dari 0,05 maka  $H_0$  diterima atau konsentrasi DO pada jam 09.00 dan jam 13.00 relatif sama dengan kata lain tidak ada perbedaan antara kadar DO pada jam 09.00 dan jam 13.00

#### 4. T-test nilai r pada pukul 09.00 WIB.

**Tabel T-test Two-Sample Assuming Equal Variances nilai r desain dan r di lapangan pada pukul 09.00 WIB**

Mean	1,355903258	1,277665298
Variance	8,88178E-16	0,047337605
Observations	7	7
Pooled Variance	0,023668802	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	0,95140055	
P(T<=t) one-tail	0,180085625	
t Critical one-tail	1,782286745	
P(T<=t) two-tail	0,360171251	
t Critical two-tail	2,178812792	

#### **Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat**

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan pada pukul 09.00 WIB.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan pada pukul 09.00 WIB

#### **Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik**

Ha :  $\mu 1 \neq \mu 2$

Ho :  $\mu 1 = \mu 2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata (Xr): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

**Tabel rata-rata ( $\bar{X}_r$ ), standar deviasi (s), varians (S) dan korelasi.**

JAM	R DESAIN	R LAPANGAN	X1*X2	X1^2	X2^2
1	1,355903258	1,321856287	1,792309	1,838474	1,747304
2	1,355903258	1,638218924	2,221266	1,838474	2,683761
3	1,355903258	1,217	1,650638	1,838474	1,481993
4	1,355903258	1,468403548	1,991013	1,838474	2,156209
5	1,355903258	1	1,355903	1,838474	1
6	1,355903258	1,178905207	1,598481	1,838474	1,389817
7	1,355903258	1,118901795	1,517123	1,838474	1,251941
$\Sigma$	<b>9,491322803</b>	<b>8,943657085</b>	<b>12,12673</b>	<b>12,86932</b>	<b>11,71103</b>
$\bar{X}_r$	<b>1,355903258</b>	<b>1,277665298</b>			
Standar Deviasi (s)	<b>2,98023E-08</b>	<b>0,217572067</b>			
Varians (S)	<b>8,88178E-16</b>	<b>0,047337605</b>			
Korelasi (r)	<b>0,030839169</b>				

**Langkah 4 : Mencari t hitung**

0,295914959

**Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

- Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.025$ )
- $dk = n_1 + n_2 - 2 = 7 + 7 - 2 = 12$ , sehingga diperoleh t tabel = 2.179
- Kriteria pengujian dua pihak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} > + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima

**Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $-2.179 < 0.29591 < 2.179$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

**Langkah 7 : Hipotesis**



$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan ditolak.

$H_o$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara antara r desain dan r di lapangan diterima.

### **Langkah 8 : Kesimpulan**

Berdasarkan perbedaan t hitung dengan t tabel :

- jika t hitung  $>$  t tabel, maka  $H_o$  ditolak
- jika t hitung  $<$  t tabel, maka  $H_o$  diterima

oleh karena t hitung  $<$  t tabel maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara antara r desain dan r di lapangan.

Berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas  $>$  0.05 maka  $H_o$  diterima
- jika probabilitas  $<$  0.05 maka  $H_o$  ditolak

terlihat bahwa t hitung adalah 0.29591, dengan probabilitas 0.36017. Oleh karena probabilitas  $>$  dari 0,05 maka  $H_o$  diterima atau konsentrasi kadar DO pada desain dan pada kontruksi di lapangan relatif sama.

### 5. T-test nilai r pada pukul 13.00 WIB.

**Tabel T-test Two-Sample Assuming Equal Variances nilai r desain dan r di lapangan pada pukul 13.00 WIB**

Mean	1,355903258	1,250165988
Variance	8,88178E-16	0,103375296
Observations	7	7
Pooled Variance	0,051687648	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	0,870099113	
P(T<=t) one-tail	0,200658249	
t Critical one-tail	1,782286745	
P(T<=t) two-tail	0,401316498	
t Critical two-tail	2,178812792	

**Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat**

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan.

**Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik**

Ha :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho :  $\mu_1 = \mu_2$

**Langkah 3 : Mencari rata-rata ( $\bar{X}_r$ ): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi.**

**Tabel rata-rata ( $\bar{X}_r$ ), standar deviasi (s), varians (S) dan korelasi**

JAM	R desain	R lapangan	X1*X2	X1^2	X2^2
1	1,355903258	1,217371324	1,650638	1,838474	1,481993
2	1,355903258	1,682973316	2,281949	1,838474	2,832399
3	1,355903258	1,730	2,346042	1,838474	2,993741
4	1,355903258	1,014977267	1,376211	1,838474	1,030179
5	1,355903258	1	1,355903	1,838474	1
6	1,355903258	1,105596852	1,499082	1,838474	1,222344
7	1,355903258	1	1,355903	1,838474	1
$\Sigma$	<b>9,491322803</b>	<b>8,751161919</b>	<b>11,86573</b>	<b>12,86932</b>	<b>11,56066</b>
<b>Xr</b>	<b>1,355903258</b>	<b>1,250165988</b>			
<b>Standar Deviasi (s)</b>	<b>2,98023E-08</b>	<b>0,321520289</b>			
<b>Varians (S)</b>	<b>8,88178E-16</b>	<b>0,103375296</b>			
<b>Korelasi (r)</b>	<b>0,030552929</b>				

**Langkah 4 : Mencari t hitung**

0,324250185

**Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian**

- Taraf signifikansinya ( $\alpha = 0.025$ )
- $dk = n_1 + n_2 - 2 = 7 + 7 - 2 = 12$ , sehingga diperoleh t tabel = 2.179
- Kriteria pengujian dua pihak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak
- jika :  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} > + t \text{ tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima

**Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung**

Ternyata  $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$

atau  $-2.179 < 0,32425 < 2.179$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

**Langkah 7 : Hipotesis**

$H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara r desain dan r di lapangan ditolak.

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara antara r desain dan r di lapangan diterima

### **Langkah 8 : Kesimpulan**

Berdasarkan perbedaan t hitung dengan t tabel :

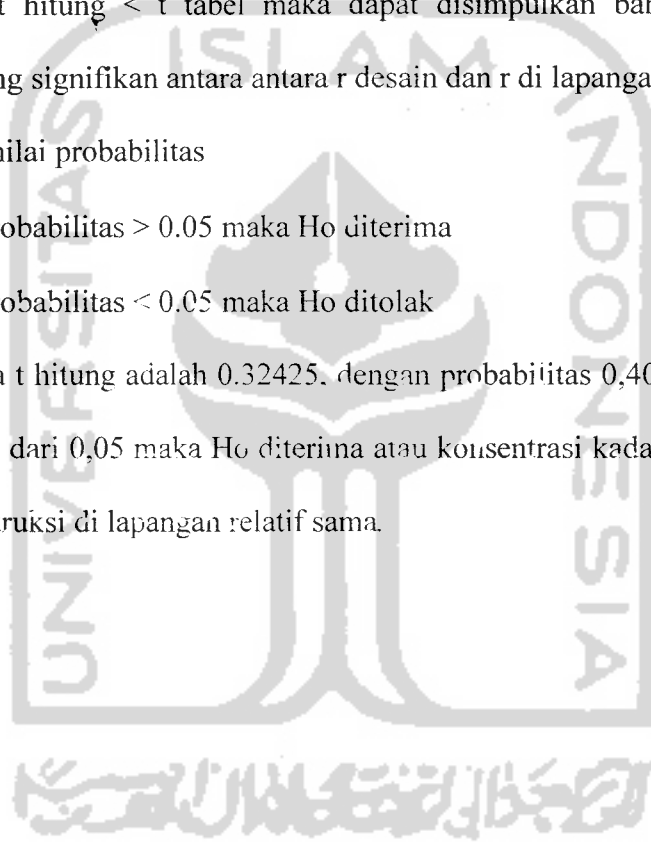
- jika t hitung  $>$  t tabel, maka  $H_0$  ditolak
- jika t hitung  $<$  t tabel, maka  $H_0$  diterima

oleh karena t hitung  $<$  t tabel maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara antara r desain dan r di lapangan.

Berdasarkan nilai probabilitas

- jika probabilitas  $>$  0.05 maka  $H_0$  diterima
- jika probabilitas  $<$  0.05 maka  $H_0$  ditolak

terlihat bahwa t hitung adalah 0.32425, dengan probabilitas 0,40131. Oleh karena probabilitas  $>$  dari 0,05 maka  $H_0$  diterima atau konsentrasi kadar DO pada desain dan pada konstruksi di lapangan relatif sama.



No.	Debit L/dt	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Suhu °C	Cs mg/L	a	b	h desain	h lapangan	O <sub>2</sub> (mg/L)			selisih	(H*0,361*a*b*(1+0,046*T))+1 R desain	Cs-Co/Cs-C R lapangan
									inlet (C <sub>o</sub> )	bak 3	outlet (C)			
1a	0,1148	0,41328	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,430	1,290	1,290	1,355903258	1,19907407
1b	0,0274	0,09864	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,516	0,946	0,946	1,355903258	1,13862837
2a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,258	2,064	2,064	1,355903258	1,3617245
2b	0,0372	0,13392	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,344	2,150	2,150	1,355903258	1,38256228
3a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,344	0,946	0,946	1,355903258	1,13862837
3b	0,0372	0,13392	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,744	0,946	2,666	1,922	1,355903258	1,3765674
4a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	1,670	1,690	1,355903258	1,27796053
4b	0,0372	0,13392	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,744	0,000	0,811	0,067	1,355903258	1,00965684
5a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	0,000	0,000	1,355903258	1
5b	0,0372	0,13392	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	0,000	0,000	1,355903258	1
6a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	0,804	0,804	1,355903258	1,11541774
6b	0,0372	0,13392	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,241	0,000	0,724	0,483	1,355903258	1,06854953
7a	0,2062	0,74232	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	0,563	0,563	1,355903258	1,0781185
7b	0,0274	0,09864	29	7,77	0,8	1,1	0,48	0,675	0,000	0,000	0,000	0,000	1,355903258	1
Σ	1,5928	5,73408										12,925	18,98264561	16,1468881
rata2	0,1138	0,40958										0,923	1,355903258	1,15334915

a = kadar DO pukul 9.00 WIB

b = kadar DO pukul 13.00 WIB



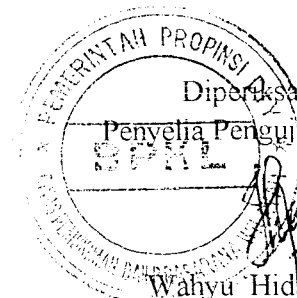
PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

### HASIL ANALISIS AIR

Pengirim : Slamet tri usadha  
Sample : Limbah Rumah Sakit

No	Tanggal	Sample	Parameter	
			mg/l O <sub>2</sub>	pH
1	6-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0	7,50
2	6-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0,43	7,56
3	6-12-2006	Bak 3- jam 09.00	1,29	7,55
4	6-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0	7,53
5	6-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0,516	7,54
6	6-12-2006	Bak 3- jam 13.00	0,946	7,54
7	7-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0,0	7,40
8	7-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0,258	7,33
9	7-12-2006	Bak 3- jam 09.00	2,064	7,29
10	7-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0,0	7,22
11	7-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0,344	7,22
12	7-12-2006	Bak 3- jam 13.00	2,15	7,25
13	8-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0,0	7,36
14	8-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0,344	7,41
15	8-12-2006	Bak 3- jam 09.00	0,946	7,40
16	8-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0,774	7,30
17	8-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0,946	7,44
18	8-12-2006	Bak 3- jam 13.00	2,666	7,32
19	9-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0,0	7,40
20	9-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0,0	7,30
21	9-12-2006	Bak 3- jam 09.00	1,69	7,23
22	9-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0,744	7,19
23	9-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0,0	7,28
24	9-12-2006	Bak 3- jam 13.00	0,8112	7,26



Diperiksa oleh :  
Penyelja Pengujian Mutu Air

Wahyu Hidayat, BSc  
NIP. 110021897



PEMERINTAH PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH  
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN

JL. RING ROAD UTARA MAGUWO HARJO DEPOK SLEMAN YOGYAKARTA, Telp. (0274) 489622

### HASIL ANALISIS AIR

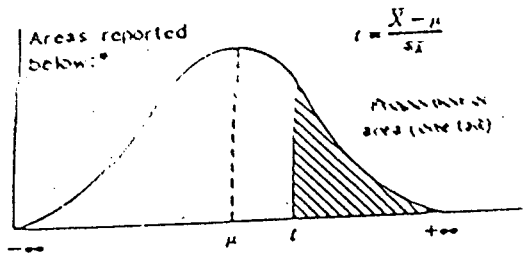
Pengirim : Slamet tri usadha

Sample : Limbah Rumah Sakit

No	Tanggal	Sample	Parameter	
			mg/l O <sub>2</sub>	pH
25	10-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0.0	7.34
26	10-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0.0	7.36
27	10-12-2006	Bak 3- jam 09.00	0.0	7.32
28	10-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0.0	7.30
29	10-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0.0	7.45
30	10-12-2006	Bak 3- jam 13.00	0.0	7.34
31	11-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0.0	7.25
32	11-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0.0	7.21
33	11-12-2006	Bak 3- jam 09.00	0.804	7.18
34	11-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0.241	7.25
35	11-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0.0	7.21
36	11-12-2006	Bak 3- jam 13.00	0.724	7.23
37	12-12-2006	Bak 1- jam 09.00	0.0	7.24
38	12-12-2006	Bak 2- jam 09.00	0.0	7.27
39	12-12-2006	Bak 3- jam 09.00	0.563	7.27
40	12-12-2006	Bak 1- jam 13.00	0.0	7.21
41	12-12-2006	Bak 2- jam 13.00	0.0	7.31
42	12-12-2006	Bak 3- jam 13.00	0.0	7.34

Diperiksa oleh :  
Penyelia Pengujian Mutu Air  
Wahyu Hidayat, BSc  
NIP. 110021897

# LAMPIRAN : LUAS AREA UNTUK DISTRIBUSI-t



df	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

\*Example: For the shaded area to represent 0.05 of the total area of 1.0, the value of t with 10 degrees of freedom is 1.812.  
 Source: Reprinted by Hotner Press, a division of Macmillan Publishing Company, from *Statistical Methods for Research Workers*, 14th ed., abridged Table IV, by R. A. Fisher. Copyright © 1970 by University of Adelaide.