

# SKRIPSI

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK RUMAH SUSUN (RUSUN)  
DENGAN SISTEM RAWA BUATAN (*CONSTRUCTED WETLAND*)  
DALAM MENURUNKAN COD DAN TSS  
(Studi Kasus Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya)**

Oleh :  
**DIAN ZUSTIANINGTYAS**  
05.26.052/P



**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

16411128

(MILK) MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ  
(MILK) MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ

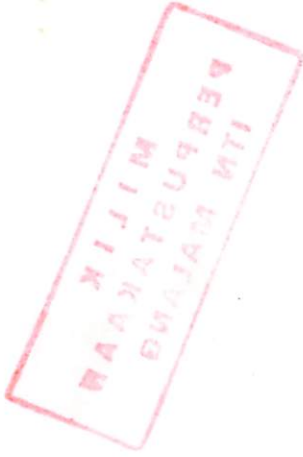
287 KAR 280 KAWANJ KAWANJ KAWANJ

(MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ)

1 1810

287 KAR 280 KAWANJ KAWANJ KAWANJ

1 1810



MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ  
MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ

MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ  
MUDA BANGSA BERTANAI KAWANJ KAWANJ KAWANJ

1 1810

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK RUMAH SUSUN (RUSUN)  
DENGAN SISTEM RAWA BUATAN (*CONSTRUCTED WETLAND*)  
DALAM MENURUNKAN COD DAN TSS  
(Studi Kasus Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya)**

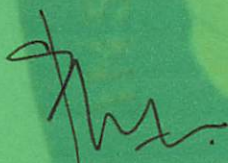
*Oleh :*

**DIAN ZUSTIANINGTYAS**

**05.26.052/P**

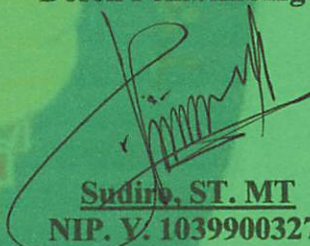
**Menyetujui  
Tim Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**



**Evy Hendriarianti, ST. MMT**  
**NIP. P. 1030300382**

**Dosen Pembimbing II**



**Sudiro, ST. MT**  
**NIP. Y. 1039900327**

**Mengetahui**

**Malang, Oktober 2009**

**Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



**Candra Dwiratna, ST. MT**  
**NIP. Y. 103.000.0349**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK RUMAH SUSUN (RUSUN)  
DENGAN SISTEM RAWA BUATAN (*CONSTRUCTED WETLAND*)  
DALAM MENURUNKAN COD DAN TSS  
(Studi Kasus Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya)**

*Oleh :*

**DIAN ZUSTIANINGTYAS**

**05.26.052/P**

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1) dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 5 Oktober 2009

**Mengetahui**

**Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**

**Ketua**



**Ir. A. Agus Santoso, MT**  
**NIP.P.101.870.0155**

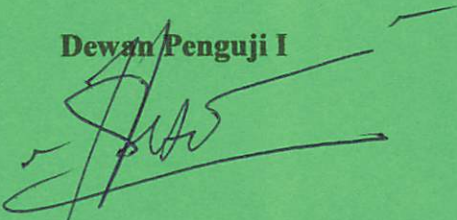
**Sekretaris**



**Candra Dwiratna, ST. MT**  
**NIP.Y.103.000.0349**

**Dewan Penguji**

**Dewan Penguji I**



**Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc**  
**NIP. 131965844**

**Dewan Penguji II**



**Candra Dwiratna, ST. MT**  
**NIP. Y. 1030000349**

### ABSTRAKSI

Keterbatasan biaya dan tenaga khusus, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan di Indonesia khususnya kawasan rumah susun. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya. Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya. Salah satu teknologi tepat guna yang mampu mengolah limbah domestik adalah sistem rawa buatan (*Constructed Wetland for Wastewater Treatment*) dengan memanfaatkan tanaman air. Sistem rawa buatan (*constructed wetland*) memanfaatkan sinar matahari dan tanaman *Cyperus papyrus* yang berfungsi memfilter bahan pencemar dengan bantuan mikroorganisme yang tumbuh diperakaran tanpa menambahkan bahan-bahan kimia dan prosesnya berjalan alami. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas media pasir dan gerabah yang digunakan pada sistem rawa buatan (*constructed wetland*) dengan variasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman dalam menurunkan TSS (*Total Suspended Solid*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah domestik rumah susun serta mengetahui pengaruh variasi perlakuan tiap perlakuan dan kepadatan optimal tanaman *Cyperus papyrus*.

Sampel penelitian berasal dari limbah domestik rumah susun kota Surabaya yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*). Adapun variasi perlakuan dalam penelitian meliputi variasi media, variasi waktu pengambilan sampel (waktu detensi) dan variasi kepadatan tanaman. Variasi media yang dipilih adalah pasir dan gerabah. Variasi waktu pengambilan sampel (waktu detensi) yang dipilih 36 jam, 72 jam dan 108 jam. Sedangkan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* adalah 2, 4, dan 6 tanaman per reaktor. Pengoperasian reaktor *constructed wetland* dengan mengalirkan air limbah ke reaktor dengan debit 10 ml/menit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor *Constructed Wetland* dengan menggunakan media pasir dan gerabah mampu menurunkan konsentrasi COD dan TSS. Pada reaktor yang menggunakan media pasir, nilai konsentrasi akhir COD yang paling rendah sebesar 20,07 mg/l, TSS sebesar 3,22 mg/l dengan perlakuan waktu detensi 108 jam (4,5 hari) dengan kepadatan 6 tanaman. Sedangkan pada reaktor yang menggunakan media gerabah, nilai konsentrasi akhir COD yang paling rendah sebesar 51,15 mg/l, dan TSS sebesar 20,01 mg/l dengan perlakuan waktu detensi 108 jam (4,5 hari) dengan kepadatan 6 tanaman.

---

**Kata Kunci :** *COD, Constructed Wetland, Cyperus papyrus, Limbah domestik rumah susun, TSS.*

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul ***“Pengolahan Limbah Domestik Rumah Susun (Rusun) Dengan Sistem Rawa Buatan (Constructed Wetland) Dalam Menurunkan COD dan TSS (Studi Kasus Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya)”*** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan Dosen Pembahas II.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT., selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Sudiro, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc selaku Dosen Penguji I.
5. Bapak Hardianto ST, MT., selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan izin untuk meminjam peralatan Laboratorium.
6. Bapak dan Ibu dosen Institut Teknologi Nasional Malang khususnya Jurusan Teknik Lingkungan atas bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan.
7. Bapak Ketua RT III di Kawasan Rumah Susun Urip Sumoharjo, Surabaya yang telah memberikan izin mengambil limbah rumah susun untuk penelitian.
8. Keluarga tercinta Ayahanda, Ibunda dan saudara-saudara yang telah memberikan perhatian, kasih sayang, serta doa restu dan motivasi serta dorongan baik berupa materiil maupun non materiil sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

9. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan '06, '05, '04, '03, '02, dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Oktober 2009

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Air Limbah Domestik.....	5
2.2. Sistem Rawa Buatan ( <i>Constructed wetland</i> )	
2.2.1. Definisi <i>Constructed wetland</i> .....	6
2.2.2. Tipe-Tipe Rawa Buatan ( <i>Constructed wetland</i> ).....	7
2.2.3. Keuntungan dan Kerugian Dalam Penggunaan Sistem <i>Constructed wetland</i> .....	11
2.3. Proses-Proses Pengolahan Dalam Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	12
2.4. Faktor Desain <i>Constructed Wetland</i> .....	14
2.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	16
2.6. Proses Penyerapan Unsur Hara Oleh Tanaman.....	20
2.7. Fotosintesis.....	22



2.8.	Mekanisme Penyisihan Polutan dalam <i>Constructed Wetland</i>	
2.8.1.	Mekanisme Penyisihan COD .....	23
2.8.2.	Mekanisme Penyisihan TSS.....	25
2.9.	Metode Pengolahan Data	
2.9.1.	Statistik Deskriptif.....	26
2.9.2.	Statistik Inferensi.....	29
2.9.3.	Analisis Data Statistik dalam Minitab.....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1.	Umum.....	33
3.2.	Jenis Penelitian.....	35
3.3.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	35
3.4.	Variabel Penelitian	
3.4.1.	Variabel Terikat.....	35
3.4.2.	Variabel Bebas .....	35
3.5.	Spesifikasi Alat dan Bahan Yang Digunakan	
3.5.1.	Alat.....	35
3.5.2.	Bahan.....	36
3.6.	Prosedur Penelitian	
3.6.1.	Pengambilan Sampel dan Penanganan Sampel.....	36
3.6.2.	Analisa Pendahuluan .....	37
3.6.3.	Persiapan Alat dan Bahan .....	37
3.6.4.	Pengoperasian Model Reaktor <i>Constructed Wetland</i> .....	43
3.7.	Analisa Data dan Pembahasan .....	44
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1.	Karakteristik Limbah Cair Rumah Susun (Rusun) Urip Sumoharjo Surabaya .....	45
4.2.	Nilai Konsentrasi akhir COD dan TSS .....	46
4.3.	Pengolahan Data	
4.3.1.	Persentase Penurunan COD dan TSS.....	49
4.3.2.	Analisa Deskriptif .....	52

4.3.3. Analisa ANOVA .....	54
4.3.4. Analisa Korelasi .....	63
4.3.5. Regresi.....	67
4.4. Pembahasan	
4.4.1. Penurunan Konsentrasi COD .....	79
4.4.2. Penurunan Konsentrasi TSS.....	82
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran.....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Proses-Proses Yang Terjadi Dalam Sistem Constructed Wetland .....	14
Tabel 2.2. Peranan Makrofit Dalam Sistem Pengolahan <i>Constructed Wetland</i> .....	17
Tabel 2.3. Tipikal Karakteristik Media Untuk <i>SSF</i> Menurut USEPA .....	19
Tabel 2.4. Koefisien Korelasi <i>Guilford</i> .....	30
Tabel 3.1. Susunan Reaktor.....	39
Tabel 4.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Rusun Urip Sumoharjo Surabaya.....	45
Tabel 4.2. Nilai Konsentrasi Akhir COD Pada Reaktor Uji <i>Constructed Wetland</i> .....	46
Tabel 4.3. Nilai Akhir Konsentrasi Akhir TSS Pada Reaktor Uji <i>Constructed Wetland</i> .....	47
Tabel 4.4. Nilai Akhir Konsentrasi COD dan TSS pada Reaktor Kontrol <i>Constructed Wetland</i> .....	48
Tabel 4.5. Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Uji .....	49
Tabel 4.6. Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Kontrol .....	50
Tabel 4.7. Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Uji .....	51
Tabel 4.8. Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Kontrol .....	51
Tabel 4.9. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan COD Media Pasir Pada Reaktor Uji .....	55
Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan COD Media Gerabah Pada Reaktor Uji.....	55
Tabel 4.11. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunn COD Pada Reaktor Uji Media Pasir .....	56
Tabel 4.12. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunn COD Pada Reaktor Uji Media Gerabah.....	57

<b>Tabel 4.13. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS</b>	
<b>Pada Media Pasir .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabel 4.14. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS</b>	
<b>Pada Media Gerabah .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabel 4.15. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunn TSS</b>	
<b>Pada Reaktor Uji Media Pasir .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabel 4.16. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunn TSS</b>	
<b>Pada Reaktor Uji Media Gerabah.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabel 4.17. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan COD</b>	
<b>Pada Media Pasir .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabel 4.18. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan COD</b>	
<b>Pada Media Gerabah .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabel 4.19. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan TSS</b>	
<b>Pada Media Pasir .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabel 4.20. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan TSS</b>	
<b>Pada Media Gerabah .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabel 4.21. Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD</b>	
<b>Pada Media Pasir .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabel 4.22. Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi</b>	
<b>Persentase Penurunan COD Pada Media Pasir .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabel 4.23 Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD</b>	
<b>Pada Media Gerabah .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabel 4.24. Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi</b>	
<b>Persentase Penurunan COD Pada Media Gerabah.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabel 4.25 Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS</b>	
<b>Pada Media Pasir .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabel 4.26 Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi</b>	
<b>Persentase Penurunan TSS Pada Media Pasir .....</b>	<b>74</b>

<b>Tabel 4.27</b>	<b>Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS</b>	
	<b>Pada Media Gerabah .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabel 4.28</b>	<b>Hasil Uji Kelinearan Analisa Regresi</b>	
	<b>Persentase Penurunan TSS Pada Media Gerabah .....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sistem Aliran <i>Free Water Surface</i> .....	8
Gambar 2.2.	Aliran <i>Sub-surface Flow System</i> .....	8
Gambar 2.3.	Rawa Buatan Airnya Mengalir Diatas Permukaan Media .....	9
Gambar 2.4.	Rawa Buatan Yang Airnya Melewati Substrat .....	10
Gambar 2.5.	Aliran Atas dan Bawah Tanah .....	10
Gambar 2.6.	Hidroponik Aliran Tipis.....	10
Gambar 2.7.	Aliran Vertikal Menurun.....	11
Gambar 2.8.	Aliran Vertikal Menanjak.....	11
Gambar 2.9.	<i>Cyperus papyrus</i> .....	18
Gambar 2.10	Diagram Kontrol <i>Shewhart</i> .....	28
Gambar 3.1.	Kerangka Penelitian .....	34
Gambar 3.2.	Model Reaktor <i>Constructed Wetland</i> .....	41
Gambar 3.3.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 2 tanaman/reaktor Tampak Samping.....	41
Gambar 3.4.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 2 tanaman/reaktor Tampak Depan .....	41
Gambar 3.5.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 4 tanaman/reaktor Tampak Samping.....	41
Gambar 3.6.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 4 tanaman/reaktor Tampak Depan .....	41
Gambar 3.7.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 6 tanaman/reaktor Tampak Samping.....	42
Gambar 3.8.	Reaktor <i>Constructed Wetland</i> Kepadatan 6 tanaman/reaktor Tampak Depan .....	42
Gambar 4.1.	Grafik Persentase Penurunan COD .....	52
Gambar 4.2.	Grafik Persentase Penurunan TSS .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 2 Data Analisa Statistik
- Lampiran 3 Metode Analisa Sampel
- Lampiran 4 Desain Reaktor *Constructed Wetland*
- Lampiran 5 Gambar Desain Reaktor *Constructed Wetland*
- Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari pembuangan daerah domestik, biasanya berupa tinja atau kemih (*Black Water*), air buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*). Karakteristik limbah di Indonesia menurut Djajadiningrat (1992) dalam Dhokkikah (2006) adalah TS (*Total Solids*) 350–1200 mg/l, TDS (*Total Dissolved Solid*) 200–850 mg/l, TSS 100–350 mg/l, BOD (*Biological Oxygen Demand*) 40 – 400 mg/l, COD 250 -1000 mg/l, N total 20–85 mg/l, P total 4–15 mg/l, dan lemak 50–150 mg/l.

Efek yang dapat ditimbulkan akibat membuang limbah domestik secara langsung ke saluran drainase dan badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu diantaranya : gangguan terhadap kesehatan, gangguan terhadap biota perairan dan gangguan estetika.

Di negara berkembang seperti Indonesia khususnya pada kawasan rumah susun (rusun) keterbatasan biaya dalam pembangunan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) domestik menjadi masalah tersendiri. Selain keterbatasan biaya, adanya keterbatasan tenaga khusus, serta diperlukan lahan yang luas untuk pembangunan IPAL domestik menyebabkan teknologi tersebut sukar untuk diwujudkan. Belum lagi biaya perawatan dan operasionalnya. Sehingga diperlukan suatu teknologi baru yang sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya.

Salah satu teknologi tepat guna yang mampu mengolah limbah domestik adalah sistem rawa buatan (*Constructed Wetland for Waste Water Treatment*) dengan memanfaatkan tanaman air. Sistem ini telah banyak digunakan di banyak negara, seperti : Amerika, Kanada, Australia, Jerman, Belanda, Inggris, Cina, India dan beberapa negara Asia. Namun di Indonesia, belum begitu populer perkembangannya, karena kajian-kajian dan publikasi mengenai kemampuan tumbuhan air tersebut masih kurang.



Sistem rawa buatan (*Constructed Wetland*) memanfaatkan sinar matahari dan tanaman yang berfungsi memfilter bahan pencemar dengan bantuan mikroorganisme yang tumbuh di perakaran tanpa menambahkan bahan-bahan kimia dan prosesnya berjalan alami. Menurut beberapa penelitian tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 50%-93% (Voijant, 2000 dalam Mukhlis 2003). Dan tanaman Kana (*Canna sp*) mampu menurunkan COD dan BOD sebesar 90 %, TSS sebesar 90% (Mayangriani, 2005). Sedangkan tanaman Papyrus (*Cyperus papyrus*) mempunyai efisiensi penurunan N sebesar 91,24 %, dan efisiensi penurunan sebesar TS sebesar 64,56 % (Tangahu, 2005).

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah adalah Ciperus papyrus (*Cyperus papyrus*). *Cyperus papyrus* mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, batang, akar dan rhizomanya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran (*rhizosphere*). Hal ini memungkinkan karena tumbuhan air mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran (Fitriarini 2002).

Dalam penelitian ini menggunakan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* dalam reaktor, dengan pasir dan gerabah sebagai substrat (media tanam). Parameter yang akan diturunkan adalah COD dan TSS. Karena berdasarkan analisa awal, kandungan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun adalah : COD sebesar 213,15 mg/l dan TSS sebesar 147,85 mg/l.

## 1.2. Perumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Seberapa efektif media pasir dan gerabah yang digunakan pada sistem rawa buatan (*Constructed Wetland*) dengan variasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).

2. Seberapa besar pengaruh variasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* pada variasi media tanam dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).
3. Berapa kepadatan optimum tanaman *Cyperus papyrus* pada sistem rawa buatan (*Constructed Wetland*) pada media pasir dan gerabah dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).

### 1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektifitas media pasir dan gerabah yang digunakan pada sistem rawa buatan (*Constructed Wetland*) dengan variasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu pengambilan sampel dan variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* pada variasi media tanam dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).
3. Mengetahui kepadatan optimum tanaman *Cyperus papyrus* pada sistem rawa buatan (*Constructed Wetland*) pada media pasir dan gerabah dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).

### 1.4. Ruang Lingkup

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah domestik rumah susun kota Surabaya yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*).
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
3. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi COD dan TSS
4. Jenis tanaman yang digunakan adalah *Cyperus papyrus*
5. Waktu tinggal 1,5 hari (36 jam) dengan waktu operasional selama 108 jam.

6. Jumlah reaktor 8 buah (pemakaian reaktor dilakukan bergantian, yang pertama dilakukan adalah dengan perlakuan menggunakan media pasir, setelah selesai penelitian dengan menggunakan media pasir diganti dengan perlakuan media gerabah), yaitu:
  - a. Reaktor uji dengan :
    - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 2 unit tanaman/reaktor : 2 buah
    - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 4 unit tanaman/reaktor : 2 buah
    - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 6 unit tanaman/reaktor : 2 buah
  - b. Reaktor kontrol
    - Reaktor kontrol dengan media tanam pasir/gerabah : 2 buah
7. Variasi perlakuan adalah :
  - a. Variasi kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* : 2,4,6 unit tanaman/reaktor
  - b. Variasi media tanam : pasir dan gerabah
  - c. Variasi pengambilan sampel/operasional : jam ke 36, 72 dan 108

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air buangan manusia yang berasal dari perumahan, daerah komersial, institusi dan fasilitas sejenis (Metcalf dan Eddy, 1991). Menurut Mara D. dalam Mukhlis, 2003 limbah domestik didefinisikan sebagai air buangan tubuh manusia yang berupa tinja atau kemih (*black water*) serta buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*). Air limbah yang masih baru berupa cairan keruh berwarna abu-abu dan berbau tanah, tetapi tidak terlalu merangsang. Bahan ini mengandung padatan berukuran besar yang terapung atau tersuspensi (misal tinja, jerami dan lain-lain), padatan tersuspensi yang lebih kecil (misal irisan sayuran), serta polutan dalam bentuk larutan sejati. Bahan ini tidak sedap dipandang dan sangat berbahaya, terutama karena jumlah mikroorganisme pathogen yang dikandungnya (Mukhlis, 2003).

Air limbah domestik terdiri dari komponen-komponen fisik, kimia dan biologi. Beberapa kontaminan penting yang terdapat dalam air limbah yaitu (Metcalf dan Eddy, 1991) :

1. Padatan tersuspensi

Padatan tersuspensi dapat menstimulasi pembentukan deposit lumpur dan kondisi anaerobik pada badan air.

2. Bahan organik *biodegradable* meliputi senyawa protein, karbohidrat dan lemak. Bahan organik yang tinggi dalam air dapat menurunkan kandungan oksigen didalamnya.

3. Nutrien

Keberadaan nutrien menyebabkan terjadinya eutrofikasi dalam badan air dan dapat menyebabkan polusi air tanah.

4. Bahan organik yang sulit terurai adalah bahan yang terutama disintesis secara buatan dan bertahan lama di alam karena sulit didegradasi, meliputi surfaktan, phenol dan pestisida.

5. Mikroorganisme pathogen.
6. Bahan inorganik terlarut, misalnya kalsium, natrium dan sulfat.
7. *Priority pollutant*, yaitu senyawa organik dan inorganik yang bersifat karsinogenik, mutagenik dan teragenik serta toksik akut.

## 2.2 Sistem Rawa Buatan (*Constructed Wetland*)

### 2.2.1. Definisi *Constructed Wetland*

Definisi *wetland* sangat beragam tapi pada dasarnya *wetland* adalah area yang setidaknya tergenangi air secara intermiten (Campbell and Ogden, 1999 dalam Rizka, 2005). Sedangkan menurut Metcalf dan Eddy, *wetland* adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent*, misalnya *Cattail*, *Bulrush*, *Reeds* dan *Sedges* (*Carex*, *sp*).

*Wetland* dibedakan menjadi dua yaitu *natural wetland* dan *constructed wetland*. *Natural wetland* adalah area yang sudah ada secara alami dengan debit dan struktur yang tidak direncanakan, misalnya rawa-rawa pesisir pantai atau *mangroove wetland*. *Natural wetland* banyak ditumbuhi oleh vegetasi *emergent*, misalnya *Cattail* (*Thypha sp*), *Reed* (*Phragmites sp*), *Sedges* (*Carex sp*), *Bulrushes* (*Scirpus sp*), *rushes* (*Juncus sp*) dan spesies tanaman rumput-rumputan yang lain. Vegetasi dalam *Natural Wetland* merupakan fungsi dari tipe dan lokasi *Wetland*.

*Constructed Wetland* adalah *wetland* buatan yang dikelola dan dikontrol oleh manusia untuk keperluan filtrasi air buangan dengan penggunaan tanaman, aktivitas mikroba dan proses lainnya (Hesket dan Bartholomew dalam Pancawardhani, 2004). Menurut Hammer (1998) *Constructed Wetland* adalah pengolahan limbah secara alami yang terdiri dari tiga faktor utama, yaitu :

- Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya *aquatic plant* jenis *Hydrophita*
- Media tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air.
- Media jenuh air.

Sistem *constructed wetland* dikonstruksikan sedemikian rupa seperti aslinya dimana didalamnya diisi dengan batuan, tanah dan zat organik untuk mendukung tanaman-tanaman *emergent*. Variabel dalam *constructed wetland* yang strukturnya direncanakan adalah (Yuanita, 2003) :

- a. Debit yang mengalir
- b. Bahan organik tertentu
- c. Kedalaman media tanah
- d. Pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan

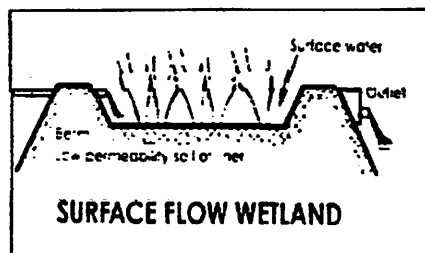
### 2.2.2. Tipe-Tipe Rawa Buatan (*Constructed Wetland*)

Menurut Novotny dan Olem, 1994 yang dikutip oleh Widyastuti, 2005, rawa buatan (*constructed wetland*) dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu :

#### 1. Rawa buatan dengan aliran diatas permukaan tanah (*Free Water Surface System*)

*Free Water Surface (FWS) System* biasanya berupa kolam atau saluran-saluran yang dilapisi lapisan *impermeable* di bawah saluran atau kolam yang berfungsi untuk mencegah merembesnya air keluar kolam atau saluran. Kemudian kolam tersebut terisi tanah sebagai tempat hidup tanaman yang hidup pada air tergenang. Pada tanah ini, air mengalir perlahan melewati permukaan tanah. Selanjutnya pengolahan air limbah terjadi ketika air limbah melalui akar tanaman dan kemudian diserap oleh bakteri dan tanaman.

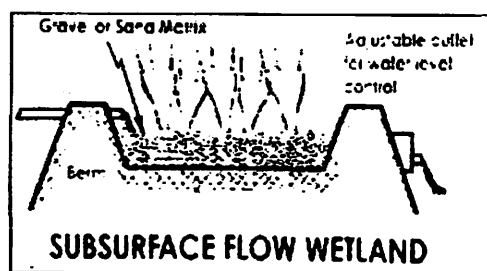
Sedangkan mekanisme lainnya adalah secara fisik dan kimiawi (Wikipedia, 2007). Proses pembersihan air limbah akan mulai efektif ketika bakteri dalam saringan biologis dan perakaran tanaman dalam substrat mulai banyak (Khatuddin, 2003). Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat sistem *Free Water Surface (FWS)* ini pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Sistem Aliran *Free Water Surface*  
(Wan Farah, 2005 )

## 2. Rawa buatan dengan aliran dibawah permukaan tanah (*Sub-surface Flow System*)

Pada *Sub-surface Flow (SSF) system*, pengolahan limbah terjadi ketika air mengalir secara perlahan melalui tanaman yang ditanam pada media berpori, misalnya gravel, kerikil dan tanah. Dalam sistem ini tanaman melalui akar rhizoma yang mentransfer oksigen kedalam media *subsurface* dan menciptakan kondisi aerobik (Robert, et all). Proses pengolahan air limbah terjadi melalui proses filtrasi, absorpsi oleh mikroorganisme dan adsorpsi polutan oleh tanah. Removel bahan organik pada sistem SSF dibatasi oleh dua faktor yaitu waktu tinggal dan transfer  $O_2$  (Crites, 1998 dalam Yuanita, 2000).



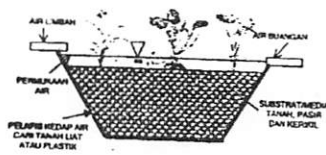
Gambar 2.2 *Sub-surface Flow System*  
(Wan Farah, 2005 )

Kedua sistem diatas merupakan reaktor biologis *attached growth* dan berfungsi sebagaimana *trickling filter* dan *biological contractors*. Kemampuan sistem sangat dipengaruhi oleh waktu detensi air limbah dalam reaktor serta beban limbah yang masuk, kondisi biota dan keterbatasan oksigen dalam sistem.


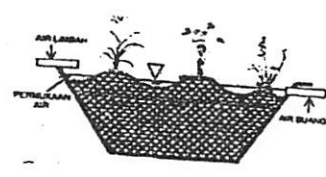
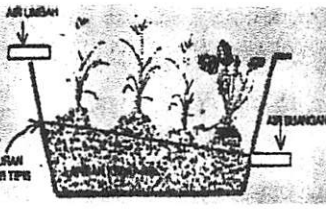
Anonim, 2006 *Sub-surface Flow (SSF)* mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan *Free Water Surface (FWS)* karena sistem SFS ditutup dengan pasir atau tanah, sehingga tidak ada resiko langsung terhadap potensi timbulnya nyamuk itu karena air limbah mengalir dibawah permukaan media serta sistem ini mampu memberikan transfer oksigen yang lebih banyak daripada sistem FWS. Pengaliran air limbah dibawah media juga memberikan proteksi thermal yang lebih baik pada suhu dingin. Dengan input yang sama lahan yang dibutuhkan untuk sistem SSF lebih kecil daripada FWS.

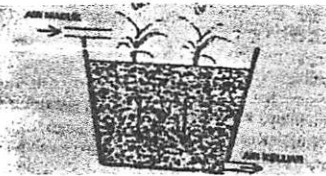

Untuk mengatasi kemungkinan *clogging* pada SSF dapat dilakukan dengan mengatur media pada bagian inlet digunakan dengan diameter besar. Media dengan diameter besar mempunyai konduktivitas hidraulik besar dan mampu mengurangi terjadinya *clogging* di bagian awal reaktor. Setelah zona inlet yang berdiameter besar digunakan media dengan diameter kecil. Media dengan diameter kecil memberi manfaat berupa tersedianya area permukaan yang lebih banyak yang dapat digunakan untuk membantu pengolahan. Rongga udara yang lebih kecil lebih kompatibel bagi vegetasi akar dan rhizoma. Selain itu dengan diameter yang lebih kecil konduktivitas hidrauliknya lebih rendah dan kondisi aliran lebih mendekati linier.

Berdasarkan tipe pengalirannya rawa buatan (*constructed wetland*) dibedakan menjadi dua, yaitu :

No.	Tipe Pengaliran <i>Constructed Wetland</i>	Gambar
1	<p><u>Aliran Horizontal</u></p> <p>Dalam sistem aliran horizontal air memasuki rawa dari satu titik kemudian mengalir keluar dari titik di ujung rawa. Rawa buatan aliran horizontal dapat digolongkan menjadi empat bentuk yaitu (Khiatuddin, 2003) :</p>	
	<p>a. Rawa buatan yang airnya mengalir di atas permukaan media (<i>Free Water Surface System</i>). Rawa ini mirip dengan rawa alami dimana air limbah mengalir disela-sela tumbuhan air diatas permukaan tanah yang tergenang. Jenis rawa ini dapat dilihat pada gambar 2.3.</p>	 <p>Gambar 2.3. (Khiatuddin, 2003)</p>



<p>b. Rawa buatan yang airnya melewati substrat tempat tumbuh tanaman (<i>Sub-surface Flow System</i>).</p> <p>Air limbah mengalir secara horizontal sehingga pada kondisi ideal tidak terdapat air pada permukaan media. Tipe ini memerlukan slope di bagian dasar kolam (1-5%). Jenis rawa ini dapat dilihat pada gambar 2.4.</p>	 <p>Gambar 2.4. (Khiatuddin, 2003 )</p>
<p>c. Kombinasi bentuk rawa pertama dan kedua. Jenis rawa ini dapat dilihat pada gambar 2.5.</p>	 <p>Gambar 2.5. (Khiatuddin, 2003 )</p>
<p>d. Rawa buatan hidroponik aliran tipis yang tidak menggunakan substrat tanah atau pasir. Air limbah dialirkan secara tipis dan permanen diatas permukaan yang agak miring, keras dan kedap air. Massa akar tanaman akuatik tumbuh dan berkembang diatas permukaan alas yang basah tanpa menembusnya dalam rangka mendukung tegaknya batang.</p> <p>Metode ini juga dinamakan “Teknik Lapisan Tipis Unsur Hara” (<i>Nutrient Film Technique</i>), meminimalkan timbulnya kondisi anaerobik akibat tidak adanya oksigen yang cukup. Kedaan akar yang teraerasi dengan baik akan memungkinkan bakteri hidup dengan mudah di akar dan mampu menguraikan secara aerobik bahan pencemar dalam air limbah yang merembes di sela-sela akar. Jenis rawa ini dapat dilihat pada gambar 2.6.</p>	 <p>Gambar 2.6. Hidroponik Aliran Tipis (Khiatuddin, 2003 )</p>

<p>2.</p>	<p><u>Aliran Vertikal</u></p> <p>Pada tipe ini air limbah mengalir secara vertikal melewati media. Dengan aliran vertikal maka air limbah akan tersaring oleh medium. Sistem penyaluran air limbah (outlet) berada di bagian bawah kolam. Sistem ini dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu :</p>	
<p>a. Aliran vertikal menurun (<i>downflow</i>)</p> <p>Pada sistem ini air limbah dialirkan di permukaan sistem kemudian merembes melalui substrat yang dipenuhi oleh akar tanaman hingga mencapai dasar rawa buatan untuk keluar dari sistem.</p>	 <p>Gambar 2.7. (Khatuddin 2003 )</p>	
<p>b. Aliran vertikal ke atas (<i>upflow</i>)</p> <p>Dimana air limbah disalurkan melalui pipa di dasar sistem dan naik perlahan melauai substrat lalu keluar melalui pipa outlet di bagian atas reaktor.</p>	 <p>Gambar 2.8. (Khatuddin, 2003 )</p>	

**2.2.3. Keuntungan dan Kerugian Dalam Penggunaan Sistem *Constructed Wetland***

Penerapan teknologi *constructed wetland* dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah, baik domestik maupun industri.

Beberapa keuntungan dari penerapan sistem *constructed wetland* ini antara lain :

1. Biaya pengolahan dan perawatan lebih murah. Menurut Mangkoediharjo dalam Kurniawan (2005), sistem pengolahan biologis dengan tumbuhan dapat menghemat biaya operasional hingga 50% proses mekanis. Hal ini dikarenakan tumbuhan dapat tetap berkembang tanpa biaya.

2. Tidak memerlukan tenaga ahli untuk operasional dan pemeliharaannya karena teknologinya sederhana dan sangat sesuai untuk area yang natural.
3. Mampu mengolah air limbah domestik dan industri dengan baik ditunjukkan dengan efisiensi pengolahan yang tinggi yaitu lebih dari 80% (Tangahu, 2001 dalam Rizka, 2005).
4. Sistem manajemen kontrol mudah.
5. Merupakan teknologi ramah lingkungan.
6. Biaya konstruksi murah (Anonim, 2006 <http://www.techno-preneur.net>)
7. Dapat memberikan manfaat ganda karena dapat berfungsi sebagai media hidup hewan dan makhluk hidup lain.
8. Cocok dikembangkan di pemukiman kecil, dimana harga tanah lebih murah dan air limbah berasal dari rumah tangga

Sedangkan kelemahan yang dimiliki sistem rawa buatan (*constructed wetland*) antara lain :

1. Sistem ini membutuhkan lahan yang luas untuk menghasilkan air yang relatif bersih.
2. Pengoperasian sistem ini tergantung pada kondisi lingkungan termasuk iklim dan suhu. Pengolahan kurang optimal untuk daerah dengan suhu rendah.
3. Berpotensi menimbulkan bau seperti hasil dari proses dekomposisi tanaman.
4. Dapat terjadi sarang nyamuk jika terjadi genangan air.
5. Kemungkinan berpindahnya bahan pencemar ke biomassa yang dikonsumsi manusia.
6. Kriteria desain dan operasi masih belum jelas untuk saat ini.
7. Kompleksitas biologis dan hidrolis, serta masih kurangnya kemampuan untuk memahami proses yang terjadi dalam pengolahan.

### **2.3. Proses-Proses Pengolahan Dalam Sistem *Constructed Wetland***

Proses pengolahan air limbah domestik pada sistem *constructed wetland* berlangsung melalui proses fisika, kimia dan biologi yang disebabkan oleh adanya interaksi antara mikroorganisme, tanaman dan substrat (Haberl et. Al, 1996 dalam Mukhlis, 2005). Proses ini terjadi selama air limbah domestik mengalir melalui

substrat, dimana bahan organik diuraikan secara biologis baik secara aerobik maupun anaerobik.

Prinsip dasar sistem *constructed wetlands* untuk pengolahan air limbah domestik adalah pada proses respirasi tumbuhan air. Tumbuhan air ini mampu menghisap oksigen dari udara melalui daun, batang, akar dan rhizomanya yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran (*rhizosphere*). Hal ini dimungkinkan karena jenis tumbuhan air ini mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran. Kelebihan lain dari tumbuhan air adalah dapat bertahan hidup pada kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Daerah *rhizosphere* yang bersifat aerob memungkinkan aktivitas berbagai bakteri pengurai bahan organik pencemar (nitrogen dan fosfor) meningkat. Proses penguraian amonia menjadi nitrat (nitrifikasi) juga meningkat. Proses ini terjadi terus-menerus tanpa berhenti.

Adapun proses-proses yang terjadi dalam sistem pengolahan air limbah dengan memanfaatkan tanaman air dengan sistem rawa buatan (*constructed wetland*) menurut Novonty dan Olem, 1994 dikutip oleh Fitriarini, 2002 antara lain adalah :

1. Proses-proses fisik yang terdiri dari sedimentasi dan filtrasi
2. Proses-proses fisik dan kimiawi, yang meliputi Adsorpsi bahan polutan oleh tanaman air, tanah dan substrat organik
3. Proses-proses biokimiawi, yang meliputi :
  - Penurunan bahan organik secara biokimiawi aerobik oleh bakteri dalam air, yang melekat pada tanaman.
  - Proses nitrifikasi oleh bakteri yang dilakukan di bagian paling atas dari sedimen pada daerah akar dan rhizoma dari tanaman.
  - Proses denitrifikasi oleh bakteri anaerobik pada air dan sedimen.
  - Dekomposisi anaerobik terhadap bahan organik di sedimen dan di air pada kondisi anaerobik.
  - Penyerapan nutrien dan beberapa jenis polutan oleh tanaman yang kemudian akan membentuk biomassa tanaman yang baru.

**Tabel 2.1.**  
**Proses-Proses Yang Terjadi Dalam Sistem Constructed Wetland**

Proses	Mekanisme Removal
Fisika	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sedimentasi</li> <li>• Filtrasi</li> </ul>
Fisika dan Kimia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adsorpsi</li> <li>• Presipitasi fosfor dan logam berat</li> </ul>
Biokimiawi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan bahan organik</li> <li>• Nitrifikasi</li> <li>• Denitrifikasi</li> <li>• Dekomposisi anaerobik</li> <li>• Penyerapan tumbuhan air</li> </ul>

(Fitriarini, 2002)

**2.4. Faktor Desain Constructed Wetland**

Menurut Crites & Tchobanoglous (1998) dalam Dhokhikah, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan dalam desain reaktor *Constructed Wetland* :

**1. Waktu Detensi Penyisihan Bahan Pencemar**

Waktu yang dihitung dengan persamaan :

$$t = \frac{\ln C}{\ln C_0} \cdot \frac{1}{K_T} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- C : konsentrasi effluent yang diharapkan (mg/l)
- C<sub>0</sub> : Konsentrasi influent (mg/l)
- K<sub>T</sub> : Koefisien pengaruh temperatur, dihitung dengan :

$$K_T = K_{20} 1,06^{(T-20)}$$

$$K_T = 1,1 [1,06^{(T-20)}] \dots\dots\dots (2)$$

**2. Organic Loading Rate**

Organic Loading rate, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{Org} = \frac{(C)(dw)\eta}{t} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- C = Konsentrasi Influent (mg/L)
- η = Porositas

- dw = Kedalaman aliran (m)
- t = Waktu Detensi (d)

**3. Luas Permukaan Yang dibutuhkan**

Ketika waktu detensi diketahui, maka luas permukaan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$As = \frac{(Q_{ave})(t)}{(\eta)(dw)} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- $Q_{ave}$  = debit rata-rata influent (m<sup>3</sup>/detik)
- dw = kedalaman aliran (m)
- $\eta$  = porositas
- t = waktu detensi (d)

**4. Aspek Ratio dan Desain Hidrolik**

Dimensi luas permukaan *Constructed Wetland* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \left( \frac{A}{RA} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- W = lebar reaktor *wetland* (m)
- A = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- RA = Aspek ratio, panjang/lebar

Ratio panjang dan lebar direncanakan P : L = 1 ½ : 1, menurut Vyzamal, 1998 dalam Widyastuti, 2005, sebagian besar area vegetasi dibuat dengan aspek ratio panjang dan lebar <2 dan sebagian lagi dengan aspek ratio <1. Aspek ratio harus dihubungkan dengan Hukum Darcy, dengan persamaan berikut :

$$Across = dw.W = \frac{Q}{Ks.S} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- Across = luas antara lebar x tinggi (m<sup>2</sup>)
- dw = kedalaman air limbah dalam reaktor (m)

- w = lebar reaktor (m)
- Q = debit aliran ke sistem ( $m^3/detik$ )
- K = *hydraulic conductivity*, di dapatkan dari tabel tipikal karakteristik media atau hasil analisa ( $m/detik$ )
- S = slope (kemiringan), dengan angka decimal (headloss).

## 2.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sistem *Constructed Wetland*

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengolahan air limbah dengan sistem *wetland* menurut Wood, 1990 dalam Kurniawan, 2005, yakni :

### 1. Tanaman

Tanaman dalam sistem *Constructed Wetland* mengambil peranan penting karena memiliki beberapa fungsi sebagai berikut (Wood, 1990 dalam Prasetyaningtyas, 2003) :

- Menyediakan kebutuhan oksigen bagi akar dan daerah perakaran dengan proses fotosintesa, yang digunakan untuk pertanaman biologis bagi mikroorganisme yang berada di zona akar. Dalam hal ini, tanaman memiliki kemampuan memompa udara melalui sistem akar.
- Menjadi komponen penting dalam proses transformasi nutrien yang berlangsung secara fisik dan kimia mendukung proses pengendapan terhadap partikel tersuspensi.
- Proses kematian pada akar disertai pelepasan bahan organik yang mendukung proses denitrifikasi.
- Sebagai media tumbuh mikroorganisme.
- Mendukung proses filtrasi bahan solid.

Dalam sistem pengolahan air limbah skala kecil, misalnya rumah tangga, makrophyta dapat memberikan peran lebih.

Peranan makrofita dalam sistem pengolahan *constructed wetland* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Peranan Makrofita Dalam Sistem Pengolahan *Constructed Wetland*

Bagian Makrofita	Peranan di Dalam Pengolahan
Jaringan tumbuhan aerial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mengurangi kecepatan angin sehingga dapat menurunkan resuspensi</li> <li>▪ Penyimpanan nutrisi</li> </ul>
Jaringan tumbuhan dalam air	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efek filtrasi</li> <li>▪ Mengurangi kecepatan arus air dan meningkatkan proses sedimentasi</li> <li>▪ Menyediakan area untuk <i>attached biofilm</i></li> <li>▪ Pengambilan nutrisi</li> </ul>
Akar dan rizhoma	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menciptakan permukaan sedimentasi</li> <li>▪ Mencegah terjadinya <i>clogging</i></li> <li>▪ Pengambilan nutrisi</li> <li>▪ Pelepasan oksigen</li> </ul>

(Fitriarini, 2002)

Beberapa tanaman yang banyak digunakan untuk *wetland* adalah *Cattail (Thypha sp)*, *Reed (Phragmites sp)* dan tanaman rumput-rumputan lain. Sedangkan tanaman yang dapat digunakan untuk *wetland* yang berfungsi sebagai *wastewater garden* diantaranya Kana, Papyrus, Heliconia dan beberapa tanaman lain yang mampu hidup pada lahan jenuh. Berdasarkan pola hidupnya tumbuhan air dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu :

a. *Emergent Type*

Tanaman air ini hidup pada bagian tepi suatu perairan. Hidup di bagian perairan yang dangkal sampai tidak tergenang air. Yang termasuk kelompok ini adalah *Thypha latifolia*, *Canna flaccida*, *Scirpus validus* dan *Iris pseudacorus*.

**Tanaman *Cyperus Papyrus***

*Cyperus Papyrus* berasal dari daerah Mesir (dimulai pada abad 2400 SM). Tanaman ini digunakan untuk makanan, obat-obatan dan serat (NAS, 1976 dalam Kurniawan, 2005). Tanaman ini dapat mencapai ketinggian 4 m. Tanaman ini dapat diperkirakan tumbuh pada iklim subtropik sampai tropik dengan suhu 20-30<sup>0</sup>C dengan pH 6-8,5.



Batang tanaman ini terdiri atas serat panjang yang membentuk batang, dimana apabila dalam keadaan terbuka akan mempunyai bentuk seperti payung atau *canopy* dan bila dalam keadaan tertutup berbentuk piala panjang.



Gambar 2.9 *Cyperus papyrus*  
(Clare Archer, 2004)

Dimana bentuknya menyerupai lingkaran atau bentuk atas yang rata (*umbels*) dengan beberapa jumlah. Batangnya berisi inti berwarna putih dan tanaman ini berupa monokotil dengan tidak memiliki inti bagian dalam, namun memiliki lapisan luar dengan ikatan vaskular yang ada disekitarnya.

b. *Floating type*

Tanaman yang mempunyai pola hidup terapung dipermukaan perairan dengan posisi akar melayang/menggantung, contohnya adalah eceng gondok, Azolla, duckweed dan kayu apu.

c. *Submerged Type*

Tumbuhan yang hidup di dalam perairan dengan seluruh tubuh terendam air dengan akar menyentuh dasar perairan dan sebagian lainnya melayang.

d. *Deep Aquatic Type*

Tanaman ini hidup didasar dengan akar tanaman kuat pada bagian dasar perairan tersebut. Batang tanaman ini tegak menyangga bunga dan daun muncul di permukaan perairan.

2. Media Tumbuh (Substrat)

Media pada *wetland* berfungsi sebagai tempat tumbuh tanaman dan sebagai tempat hidup mikroorganisme pengurai, serta sebagai tempat berlangsungnya proses sedimentasi dan filtrasi bahan polutan (Prasetyaningtyas, 2003).

Media tumbuh dalam sistem SSF dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu (Metcalf and Edy, 1991) :

- *Medium sand*, media dengan struktur halus karena komposisi butiran lebih sedikit dari pasir, berdiameter antara 0,04-0,11 mm dan lolos ayakan 2-20.
- *Coarse sand*, media dengan struktur komposisi tanah berupa butiran besar dengan kandungan kerikil kurang dari 15% dan pasir lebih dari 85%. Struktur media ini antara *medium sand* dan *gravel* dan lolos ayakan 2-20.
- *Gravelly sand*, media ini merupakan kombinasi antara pasir-kerikil dengan prosentase pasir 85% dan kerikil 15%. Tanah mengandung lebih dari 70% pasir, porositas kurang dari 40%.

Karakteristik tipikal media pada *sub-surface flow constructed wetland* dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Tipikal Karakteristik Media Untuk SSF Menurut USEPA**

Tipe Media	Max. 10% Grain Size (mm)	Porositas (%)	Konduktifitas Hidraulik ( $m^3/m^2/dt$ )
Coarse sand	2	32	1.000
Gravelly sand	8	35	5.000
Fine gravel	16	38	7500
Medium gravel	32	40	10.000
Coarse rock	128	45	100.000

(Sumber : USEPA, 1993)

### 3. Mikroorganisme

Jenis mikroorganisme yang diharapkan berkembang adalah *heterotropik aerobic*. Hal ini dikarenakan penguraian bahan organik dalam tanah rawa buatan berlangsung secara aerobik dan anaerobik (Vyzamal, 1999 dalam Dhokhikah, 2006). Aktifitas mikroorganisme dalam *wetland* dapat disamakan dengan aktifitas mikroorganisme dalam pengolahan konvensional (lumpur aktif) dan *Trickling filter*. Tumbuhan menyediakan media penyangga bagi bakteri pengurai zat organik yang tumbuh melekat. Tumbuhan juga berfungsi menyediakan komponen lingkungan perairan yang dapat meningkatkan efisiensi pengolahan (Yohanna, 2007).

#### 4. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor yang turut menentukan kualitas effluent pada sistem ini. Temperatur berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dalam mengolah air limbah. Menurut Wood, 1990 dalam Kurniawan, 2005 temperatur yang sesuai untuk *constructed wetland* adalah 20<sup>0</sup>C-30<sup>0</sup>C.

### 2.6. Proses Penyerapan Unsur Hara Oleh Tanaman

Zat hara adalah zat-zat yang diserap oleh tanaman dan diperlukan oleh segala aktivitas tanaman. Unsur hara sangat diperlukan oleh tanaman disebut unsur hara esensial, yaitu unsur hara yang tanpa keberadaannya tumbuhan tidak dapat melengkapi daur hidupnya atau unsur yang merupakan penyusun molekul atau bagian tanaman yang esensial bagi kelangsungan hidupnya.

Tanaman menyerap unsur hara melalui akar atau melalui daun. Unsur C dan O diserap tanaman melalui daun dalam proses fotosintesis. Proses penyerapan unsur hara terjadi dalam bentuk anion dan kation terlarut dalam air. Proses penyerapan unsur terjadi jika unsur-unsur tersebut telah berkontak langsung dengan permukaan akar. Sistem perakaran dan percabangan tanaman yang besar meningkatkan kemampuan tanaman untuk mengabsorpsi unsur hara dari tanah (Fouth dalam Pancawardani, 2004). Dalam rawa akar tanaman mampu menembus tanah hingga 30-76 cm (Gresberg et al dalam Khiatuddin, 2003). Semakin dalam jaringan akar menembus tanah maka semakin luas zona rizhosphere tercipta, sehingga mendukung kemampuan mikroorganisme dan purifikasi rawa meningkat (Pancawardani, 2004).

Penyerapan unsur hara oleh tanaman melibatkan beberapa proses antara lain (Salisbury dan Ross dalam Kurniawan 2005) :

#### 1. Pergerakan ion ke permukaan akar

Adanya perbedaan konsentrasi antara media tumbuh dengan keadaan didalam akar mengakibatkan terjadinya pergerakan ion. Pengangkutan ion ke permukaan akar terjadi melalui tiga mekanisme yaitu : (a) difusi melalui

larutan tanah, (b) dibawa air secara pasif dalam aliran massa menuju akar serta (c) gerakan akar yang tumbuh mendekati unsur tersebut.

## 2. Penimbunan ion dalam akar

Penimbunan sel dalam akar merupakan tahap pertama proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Ion yang menempel pada permukaan akar berdifusi masuk ke dalam akar melalui dinding sel epidermis menuju membran sel. Proses penyerapan terjadi pada membran sel ini.

## 3. Pergerakan ion dari permukaan akar ke dalam pembuluh kayu

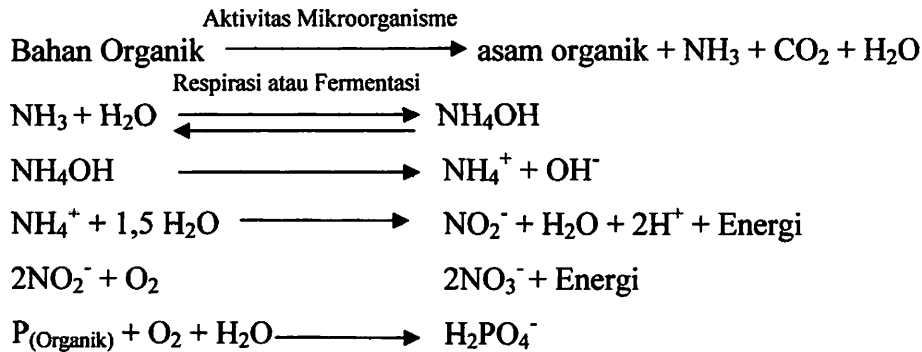
Ion yang telah diserap secara aktif dalam sel epidermis dan korteks bagian luar diangkut ke dalam melintasi endodermis. Sel endodermis merupakan bagian yang sangat penting bagi tanaman dalam pergerakan air dan ion. Dinding sel endodermis disisi radial dan melintangnya memiliki penebalan yang disebut pita kapsari serta dapat mencegah air dan ion mengalir kembali keluar. Pergerakan ion dari permukaan akar ke pembuluh kayu tumbuhan melalui tiga jalan yaitu :

- Pergerakan ion antar vakuola sel yang berfungsi sebagai tempat penampung ion.
- Pergerakan ion dalam sitoplasma
- Pergerakan melalui ruang bebas dari dinding sel dan kombinasi ketiganya.

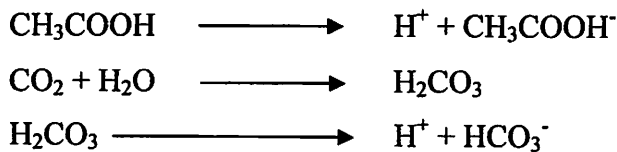
## 4. Pengangkutan ion dari akar menuju batang dan daun

Pengangkutan ion-ion dalam cairan tumbuhan pada batang terjadi melalui xylem dan floem. Air yang mengandung ion akan naik dari xylem pada akar, xylem batang kemudian tulang-tulang-tulang daun. Proses pergerakan ini adalah pergerakan pasif melalui membran sehingga diperlukan daya dorong untuk mencapai keseimbangan pada kedua sisi membran.

Karena tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk ion maka bahan organik dan nutrien dalam *wetland* harus mengalami penguraian sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Penguraian organik dan nutrient dalam ekosistem *wetland* adalah sebagai berikut (USEPA, 1993) :



Hasil dari reaksi-reaksi diatas adalah ion-ion seperti  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tumbuhan air. Proses penguraian bahan organik menghasilkan asam-asam organik dan  $\text{CO}_2$ , kemudian terjadi proses absorpsi oleh tumbuhan air melalui akar setelah terbentuk ion, contohnya adalah ion asam asetat dan ion karbonat adalah sebagai berikut :



Terdapat hubungan saling ketergantungan antara mikroorganisme pengurai dengan tanaman pada *wetland*. Kelarutan unsur hara yang diserap tanaman sangat tergantung pada kegiatan mikroba disekitar akar (*rizhosphere*). Akar yang berlubang-lubang mengeluarkan sejumlah zat organik yang merupakan makanan bagi mikroorganisme dan menyebabkan aktivitas biologi kuat. Dengan adanya peningkatan aktifitas biologis berarti penguraian bahan organik dan nutrient menjadi ion yang diserap tanaman juga meningkat.

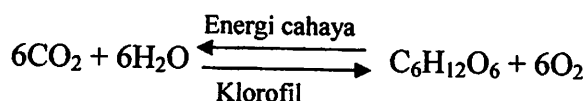
## 2.7. Fotosintesis

Pada hakekatnya, semua kehidupan diatas bumi ini tergantung langsung dari adanya proses asimilasi  $\text{CO}_2$  menjadi senyawa kimia organik dengan energi yang didapat dari sinar matahari. Dalam proses ini energi sinar matahari (energi foton) ditangkap dan diubah menjadi energi kimia dengan proses yang disebut *fotosintesis*. Energi matahari yang ditangkap oleh proses fotosintesis merupakan lebih dari 90% sumber energi yang dipakai oleh manusia untuk pemanasan, cahaya dan tenaga (Kusumah, 2005)

Fotosintesis merupakan suatu sifat fisiologi yang dimiliki oleh tumbuhan. Fotosintesis adalah penggunaan energi matahari oleh klorofil dari tumbuhan hijau untuk menggabungkan karbondioksida, air, dan senyawa anorganik lainnya untuk menjadi sel baru. Proses ini sering disebut asimilasi zat karbon. Pada waktu proses fotosintesis berlangsung, molekul-molekul air diambil dari media tumbuhnya. Molekul-molekul air, karbondioksida diambil dari udara atau dari dalam air dalam bentuk karbondioksida terlarut. Oleh kloroplas tumbuhan, atom C, H dan O dari zat-zat tersebut diubah menjadi senyawa hidrat arang (gula atau pati).

Sebagai hasil tambahan dari proses fotosintesis, tumbuhan mengeluarkan kelebihan oksigen ke udara dan perairan sehingga dapat dimanfaatkan oleh organisme air. Sedangkan gula yang dihasilkan dari fotosintesis merupakan bahan bakar dalam proses fotosintesis ini, diperlukan adanya cahaya matahari. Besarnya energi yang diberikan oleh cahaya tergantung dari intensitas cahaya (banyaknya sinar per  $\text{cm}^2$  per detik) dan waktu penyinaran. Proses fotosintesis ini tidak dapat berjalan pada suhu kurang dari  $5^{\circ}\text{C}$ .

Reaksi yang terjadi selama proses fotosintesis adalah sebagai berikut :



Laju fotosintesis akan tinggi bila intensitas cahaya tinggi dan akan menurun bila intensitas cahaya berkurang. Oleh karena itu cahaya berperan sebagai faktor pembatas utama dalam fotosintesis atau produktivitas primer (Sudjadi, 2005 dalam Yohanna, 2007).

## 2.8. Mekanisme Penyisihan Polutan dalam *Constructed Wetland*

### 2.8.1. Mekanisme Penyisihan COD

Menurut Campbell & Ogden, 1999 dalam Kurniawan, 2005 pada dasarnya kandungan organik tidak hilang pada sistem rawa buatan ini, melainkan mengalami peristiwa berikut :

- Dikonversikan ke plant material
- Dikembalikan ke atmosfer

- Terendapkan ke dasar *wetland*
- Dikeluarkan ke aliran air *downstream*

Removal fisik dari COD dipercaya terjadi melalui proses pengendapan dan penangkapan material partikulat di ruang hampa pada gravel atau media batuan. COD terlarut di-removel oleh pertamanan mikroba pada permukaan media dan menempel pada akar tanaman dan penetrasi *rhizome* pada bed (EPA, 1993). Kira-kira sebesar 80% total COD dihilangkan melalui pengendapan pertama dan 60%-65% COD yang dihilangkan tersebut adalah dalam bentuk solid (Benefield & Randall, 1980 dalam Kurniawan, 2005).

COD yang berhubungan dengan zat yang terendapkan (*settleable solids*) di dalam air buangan dihilangkan oleh proses sedimentasi. COD terlarut dan dalam bentuk koloid yang masih tersisa dalam larutan dapat dihilangkan sebagai hasil dari proses aktifitas metabolisme dan interaksi kimia fisik didalam zona perakaran/matrik substrat (Wood, 1990 dalam Fitriarini, 2002). Media ini berfungsi sebagai penunjang struktur bakteri seperti halnya mengganti sistem aerator mekanik dalam mentransfer oksigen didalam sistem pengolahan air buangan. Proses penurunan kandungan COD pada sistem rawa buatan akan semakin baik bila digunakan media dengan ukuran partikel yang lebih kecil (Schulz, 2003 dalam Fitriarini, 2002).

Senyawa organik dapat dipecah untuk dikonsumsi bagi mikroorganisme dalam sistem *wetland*. Biodegradasi ini menghilangkan senyawa organik dari air seperti menyediakan energi untuk mikroorganisme (Lorion, 2001 dalam Fitriarini, 2002). Tingkat kemampuan biodegradasi dari berbagai macam substansi organik tergantung dari kemampuan degradasi relatif dari material, temperatur, konsentrasi oksigen, pH, pengadaan nutrisi, konsentrasi substrat dan adanya senyawa toksin yang potensial (Cooper, 1990 dalam Fitriarini, 2002).

Sistem *constructed wetland* ini relatif toleran terhadap berbagai tingkat konsentrasi bahan pencemar yang masuk kedalam sistem (Khiatuddin, 2003). Perakaran tanaman yang tumbuh menyebar kesemua arah pada permukaan tanah (Fitriarini, 2002) dapat memberikan lebih banyak tempat hidup bagi bakteri.

Zona aerob terjadi sekitar akar dari rizhoma yang mengurangi oksigen menjadi substrat. Oksigen yang dibutuhkan untuk degradasi disuplai langsung dari atmosfer dengan difusi atau pengurangan oksigen dari akar makrofit dan rizhoma pada rhizophere. Senyawa organik didegradasi secara aerob seperti halnya secara anaerob oleh bakteri yang menempel pada bagian bawah tanaman (akar dan rizhoma) dan permukaan media (Vyzamal, 2003 dalam Fitriarini, 2002). Pertumbuhan optimum tanaman terjadi pada tanah yang subur, aerasi dan drainasinya baik atau tidak cukup menggenang, banyak mengandung bahan organik serta cukup tersedia unsur hara (Fitriarini, 2002).

### 2.8.2. Mekanisme Penyisihan TSS

Penurunan *Total Suspended Solid* dalam *constructed wetland* terjadi melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi. Proses sedimentasi terjadi dikarenakan air limbah harus melewati jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap. Dengan waktu detensi yang lebih panjang maka padatan mempunyai kesempatan lebih besar mengendap. Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media. Struktur akar tanaman, misalnya *Phragmites* juga menyediakan jalur infiltrasi melalui lapisan atas media sehingga memastikan bahwa permukaan media filter tidak mengalami *clogging* (Wood, 1990, dalam Widyastuti, 2005).

Untuk padatan koloidal dan tidak dapat mengendap removal terjadi melalui beberapa mekanisme. Padatan koloidal menjadi *foci* bagi pertumbuhan bakteri selama waktu tinggal padatan tersebut akan mengendap dan sebagian yang lain diuraikan oleh mikroba. Removal padatan koloidal yang terjadi sebagai hasil penggabungan (gerak inersia dan brown) yang menghasilkan adsorpsi dengan padatan lain misalnya pada tanaman, dasar kolam dan padatan tersuspensi (Polsprasert, 1989 dalam Widyastuti, 2005). Kekeruhan disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi dan padatan koloidal dalam air limbah, oleh karena itu removal kekeruhan terjadi melalui mekanisme yang sama dengan removal padatan tersuspensi dan padatan koloid.



## 2.9. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (Soleh, 2005).

### 2.9.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan–dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi. Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif.

#### a. Mean / Rataan Sampel ( $\bar{x}$ )

Nilai-nilai data kuantitatif akan dinyatakan dengan  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , apabila dalam kumpulan data itu terdapat  $n$  buah nilai. Simbol  $n$  juga akan dipakai untuk menyatakan ukuran sampel, yakni banyak data atau obyek yang diteliti dalam sampel. Sedangkan fungsi dari rata-rata sampel untuk menghitung rata-rata dari sebuah sampel yang diteliti. Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Dimana:

$\bar{x}$  = rata – rata hitung dari sampel

$\sum x$  = total jumlah sampel

$n$  = banyaknya sampel

**b. Simpangan Baku (s)**

Untuk mengukur data kuantitatif yang berpencar bisa menggunakan ukuran simpangan/ukuran dispersi. Ukuran ini kadang-kadang dinamakan pula ukuran variasi. Untuk menggambarkan bagaimana berpencarnya data kuantitatif. Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana:

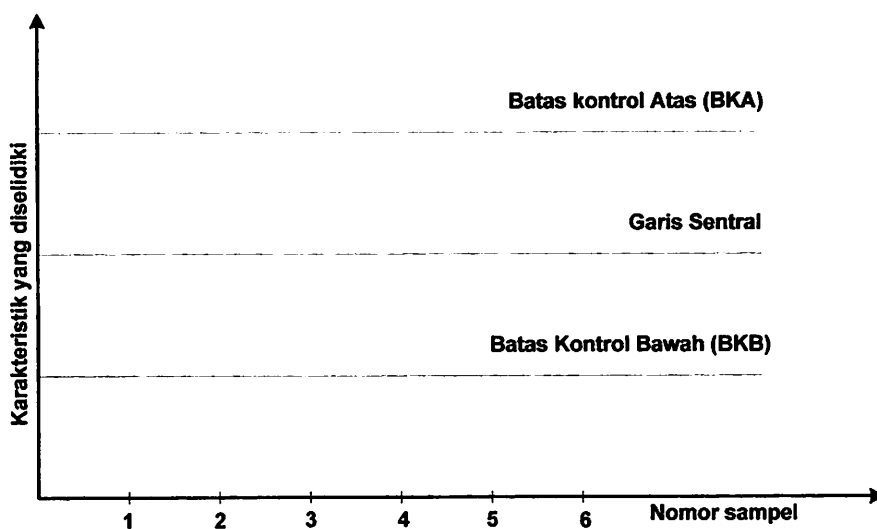
$s$  = standart deviasi yang dicari

$\sum x$  = jumlah semua harga sampel

$n$  = banyaknya sampel

**c. Keseragaman Data**

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya. Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut:

Gambar 2.10 Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil–hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

Dimana:

$\bar{x}$  = rata – rata harga sampel

$K$  = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai  $K = 2$

$\bar{s}$  = standart deviasi rata – rata

(Sudjana, 2002)

### 2.9.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

#### a. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan terutama untuk data kuantitatif, dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arrah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup  $(-1, 1)$ . Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni:

- Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar, dan sebaliknya.
- Lihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini:

Tabel 2.4. Koefisien Korelasi *Guilford*

Nilai Hubungan Statistika dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat dan positif
- 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat dan negatif

(Sumber: Soleh, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan "1" memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan "0" menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Soleh, 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran  $n$  dapat digunakan rumus:

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Dimana:

$r$  = koefisien korelasi

$x_i$  = variabel bebas

$y_i$  = variabel terikat

$n$  = jumlah data

(Sudjana, 2002)

## b. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti didalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksikan kondisi masa yang akan datang. Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing-masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_n$$

Dimana:

$Y$  = variabel terikat

$a$  = konstanta

$b$  = koefisien regresi

$X_1$  = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu:

- a. Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.
- b. Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

## c. Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata-rata

jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

Dimana:

$S_B^2$  = varians antar kelompok

$S_W^2$  = varians dalam kelompok

### 2.9.3. Analisis Data Statistik dalam Minitab

Minitab merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik. Minitab menyediakan program-program untuk mengolah data statistik secara lengkap. Anda dapat mencari software-nya dalam website [www.minitab.com](http://www.minitab.com). Seperti yang telah dijelaskan, komputer berperan sebagai alat bantu untuk melakukan analisa data, sedangkan manusia berperan besar dalam mendesain dan menafsirkan output yang dihasilkan Minitab (Iriawan dan Astuti, 2006).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Umum

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kepadatan tanaman *Cyperus papyrus* pada sistem rawa buatan (*constructed wetland*) dengan media tanam pasir dan gerabah dalam menurunkan TSS dan COD pada limbah domestik rumah susun (rusun).

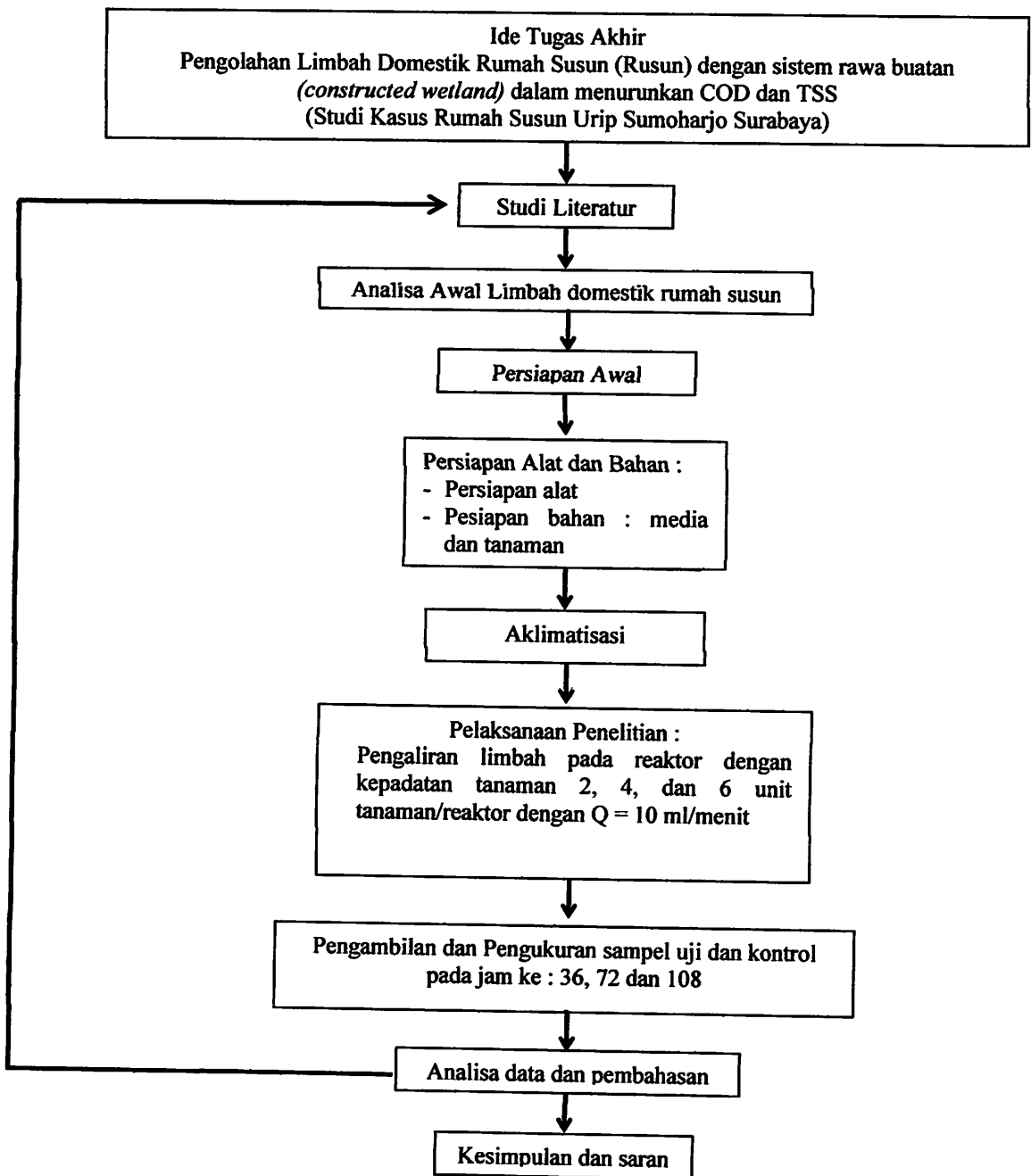
Metodologi penelitian dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini diperlukan untuk memberikan gambaran umum mengenai metode-metode dan langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian sehingga sesuai dengan tujuan.

Adapun tujuan dari metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mempermudah dan memperlancar pelaksanaan penelitian.
- Mendapatkan gambaran mengenai tahapan penelitian yang sistematis untuk pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan akhir.
- Mengurangi atau memperkecil kesalahan-kesalahan selama dilakukan penelitian.

Gambar kerangka penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1.  
Kerangka Penelitian

### 3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan skala laboratorium.

### 3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Jl. Simo Pomahan Baru Barat Surabaya, yang dimulai pada bulan Oktober 2008 sampai dengan bulan Desember 2008. Sedangkan untuk uji sampel dilakukan di Laboratorium Kesehatan Surabaya.

### 3.4. Variabel Penelitian

#### 3.4.1. Variabel Terikat

- a. *TSS (Total Suspended Solid)*
- b. *Chemical Oxygen Demand (COD)*
- c. Waktu detensi : 36 jam (1,5 hari)
- a. Jenis tanaman : *Cyperus papyrus*

#### 3.4.2. Variabel Bebas

- a. Variasi kepadatan tanaman : 2, 4, dan 6 unit tanaman/reaktor. Dimana 1 unit tanaman terdiri atas 10-14 batang. Variasi kepadatan tanaman disesuaikan dengan ukuran reaktor dan juga ukuran tanaman uji setelah melakukan uji pendahuluan.
- b. Variasi media
  - Pasir
  - Gerabah
- c. Variasi waktu pengambilan sampel  
Pengambilan sampel dilakukan pada jam ke 36, 72 dan 108

### 3.5. Spesifikasi Alat dan Bahan Yang Digunakan

#### 3.5.1. Alat

- \* Rumah plastik
- \* Bak /Jurigen penampung limbah domestik rumah susun (rusun)
- \* Bak pengatur debit

- \* Reaktor rawa buatan (*constructed wetland*)
- \* Botol sampel
- \* Ayakan pasir

### 3.5.2. Bahan

- \* Limbah domestik rumah susun
- \* Pasir dan gerabah sebagai media tanam
- \* Tanaman *Cyperus papyrus*

## 3.6. Prosedur Penelitian

### 3.6.1. Pengambilan Sampel dan Penanganan Sampel

Sampel diambil dari limbah yang berasal dari kamar mandi dan dapur (*grey water*) rumah susun (Rusun) Urip Sumoharjo Surabaya. Pengambilan sampel dilakukan pada 05.30-08.00, karena pada waktu tersebut penghuni rumah susun melakukan banyak aktivitas dalam hal pemakaian air bersih, sehingga air limbah yang dibuang banyak (Alaerts, G, 1984).

#### 1. Persiapan pengambilan sampel

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel adalah tempat/jurigen untuk mengambil sampel. Tempat/jurigen yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur harus dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Tempat /jurigen pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquades.

#### 2. Pengambilan sampel

Sampel air buangan diambil dari saluran akhir pembuangan yaitu berupa saluran limbah/selokan yang kedalamannya  $\pm 0,5$  m. Dimana sampel diambil kira-kira pada  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{2}{3}$  tingkat penampang basah dari bawah permukaan air.

#### 3. Pengawetan sampel

Karena jarak antara lokasi pengambilan dan tempat penelitian serta analisa jauh ( $\pm 3$  jam) maka dilakukan pengawetan sampel dengan pendinginan dan

penyimpanan sampel ditempat gelap dengan cara pembungkusan tempat/jurigen sampel dengan plastik/kain warna gelap.

#### 4. Analisa sampel

Parameter yang akan diturunkan dan dianalisa adalah TSS dan COD.

### 3.6.2. Analisa Pendahuluan

Analisa pendahuluan berfungsi untuk mendapatkan gambaran awal mengenai sampel sebelum dilaksanakan penelitian.

### 3.6.3. Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.6.3.1. Persiapan Alat

##### 1. Rumah Plastik

Pelaksanaan penelitian memakai rumah plastik yang berfungsi untuk melindungi tanaman uji dari gangguan binatang (belalang, kupu-kupu dan serangga lainnya), hama dan hujan. Rumah plastik berukuran 2,5 m x 2,5 m, memiliki atap dan dinding bagian atas terbuat dari plastik, sedangkan dinding bagian bawah terbuat dari kasa untuk sirkulasi udara.

##### 2. Alat Penampung Limbah Domestik

Limbah cair ditampung sementara di jerigen penampung sebelum masuk ke bak penampung debit. Jerigen berjumlah 4 buah berkapasitas 30 liter.

##### 3. Bak Pengatur Debit

Bak pengatur debit digunakan untuk mengatur debit, dengan debit untuk setiap reaktor adalah 10 ml/menit. Bak pengatur debit terdapat 8 bak yang terdiri dari :

##### a. Reaktor uji dengan :

- Media tanam pasir/gerabah dengan variasi kepadatan tanaman 2 unit tanaman/reaktor : 2 buah
- Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 4 unit tanaman/reaktor : 2 buah

- Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 6 unit tanaman/reaktor : 2 buah
  - b. Reaktor kontrol
    - Reaktor kontrol dengan media tanam pasir/gerabah : 2 buah
4. Reaktor rawa buatan (*constructed wetland*)

Reaktor adalah tempat, ruang atau volume ruang tertentu dimana didalamnya terjadi reaksi (baik reaksi kimiawi, fisik-kimiawi, biologis maupun kombinasi diantaranya) antar reaktan untuk membentuk suatu produk yang diinginkan (Slamet dan Masduki, 2000).

Reaktor dalam penelitian ini digunakan sebagai tempat terjadinya proses *constructed wetland* untuk menurunkan kandungan TSS dan COD. Reaktor yang digunakan berupa bak yang terbuat dari kaca yang diberi lubang pada sudut atas reaktor yang berfungsi sebagai effluent untuk pengambilan sampel. Lubang ini dilapisi kawat kasa yang berfungsi untuk mencegah terbawanya media tanam oleh air.

Dimensi reaktor dapat ditentukan setelah diketahui kadar COD pada air limbah rumah susun dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses dalam *constructed wetland*.

Dari hasil analisa pendahuluan terhadap air limbah rumah susun didapatkan bahwa kandungan COD-nya sebesar 213,15 mg/l dan suhunya 25,85 °C. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan data dari analisa awal, maka diperoleh dimensi reaktor sebagai berikut :

- Panjang tiap bak : 0,5 m
- Lebar tiap bak : 0,33 m
- Tinggi tiap bak : 0,35 m
- Tinggi media tanam : 0,3 m

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 8 buah, yaitu :

- a. Reaktor uji dengan :
  - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 2 unit tanaman/reaktor : 2 buah
  - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 4 unit tanaman/reaktor : 2 buah
  - Media tanam pasir/gerabah, dengan variasi kepadatan tanaman 6 unit tanaman/reaktor : 2 buah





b. Reaktor kontrol

- Reaktor kontrol dengan media tanam pasir/gerabah : 2 buah

Reaktor uji berfungsi sebagai tempat terjadinya proses dengan tanaman, sedangkan reaktor kontrol berfungsi sebagai blangko tanpa tanaman, sehingga akan diketahui apakah penyisihan TSS dan COD dilakukan oleh tanaman atau media.

Adapun susunan reaktor penelitian aliran kontinyu adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Susunan Reaktor

Jenis Perlakuan	Jumlah Reaktor
2	
4	
6	
Reaktor kontrol	

5. Bak Penampung Outlet

Berfungsi untuk menampung air hasil akhir dari proses pengolahan pada wetland.

6. Ayakan pasir

Ayakan pasir berfungsi untuk menyaring media tanam yang akan digunakan.

Ayakan yang digunakan adalah ayakan pasir no 10 dengan diameter 2 mm untuk menyaring media tanam pasir.

### 3.6.3.2. Persiapan Bahan

#### 1. Limbah domestik rumah susun

Air limbah yang digunakan berasal dari effluen rumah susun yang berasal dari buangan kamar mandi dan dapur (*grey water*). Analisa awal terhadap limbah dilakukan pada tanggal 25 April 2008 adalah sebagai berikut :

- Temperatur	: 25,85 °C
- pH	: 6,8
- COD	: 213,15 mg/l
- TSS	: 147,85 mg/l

#### 2. Media tanam

##### - Media Pasir

Pasir yang digunakan untuk media ini merupakan jenis pasir yang biasa digunakan untuk bahan bangunan. Sebelum digunakan disaring/diayak terlebih dahulu, kemudian pasir tersebut dicuci untuk menghilangkan kadar TSS, bahan organik atau endapan lainnya yang dapat mengakibatkan penyumbatan (*clogging*) pada reaktor penelitian. Selanjutnya pasir tersebut dijemur.

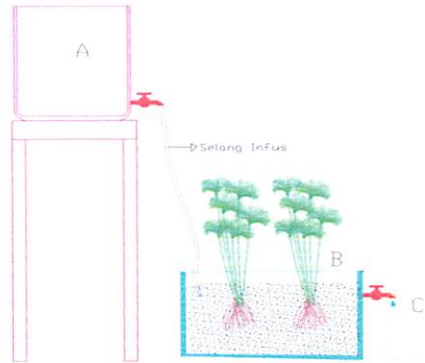
##### - Media Gerabah

Gerabah yang digunakan untuk media ini terbuat dari pot, genting atau kerajinan gerabah lainnya. Gerabah terbuat dari campuran tanah liat, pasir halus, air dengan perbandingan tertentu sehingga menghasilkan kerajinan yang berkualitas. Sebelum digunakan gerabah di tumbuk terlebih dahulu dengan diameter 8 mm. Sebelum digunakan, gerabah tersebut dicuci terlebih dahulu, kemudian dijemur.

#### 3. Tanaman

Jenis tanaman yang digunakan adalah jenis tanaman yang dapat digunakan dalam *wastewater garden* yaitu papyrus (*Cyperus papyrus*). Papyrus yang digunakan rata-rata memiliki ketinggian 0,3–1 m pada awal penanaman. Dalam 1 unit tanaman terdiri dari 10-14 batang.

Tumbuhan ini diambil dari toko bunga dengan kriteria yang sama, karena tidak mengetahui umur tumbuhan secara pasti.



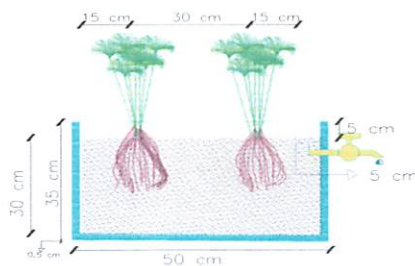
Gambar 3.2.  
Model Reaktor *Constructed Wetland*

Keterangan :

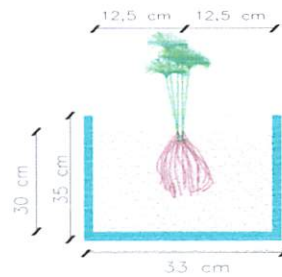
- A : Bak Pengatur Debit
- B : Bak Reaktor *Constructed Wetland*
- C : Bak Penampung Outlet

Ukuran Kepadatan Tanaman Dalam Reaktor

a. Kepadatan 2 tanaman/reaktor

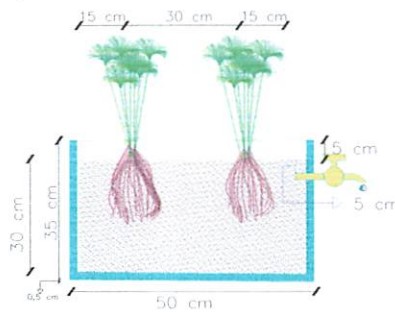


Gambar 3.3.  
Tampak Samping

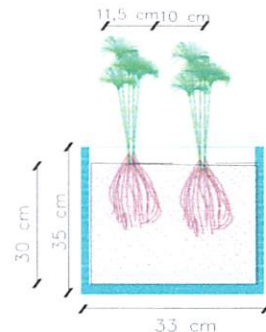


Gambar 3.4.  
Tampak Depan

b. Kepadatan 4 tanaman/reaktor



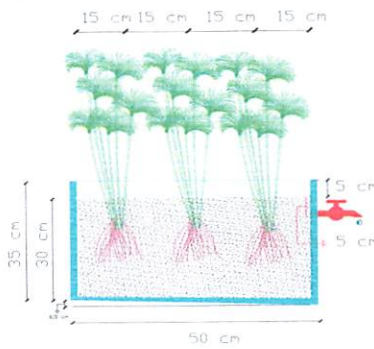
Gambar 3.5.  
Tampak Samping



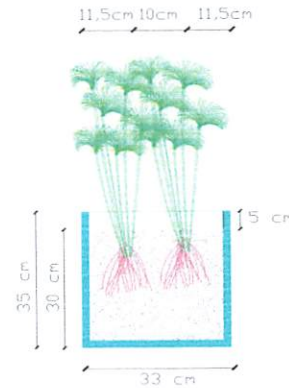
Gambar 3.6.  
Tampak Depan



## c. Kepadatan 6 tanaman/reaktor



Gambar 3.7.  
Tampak Samping



Gambar 3.8  
Tampak Depan

### 3.6.3.3. Aklimatisasi

Sebelum diperlakukan, tumbuhan diaklimatisasi, tujuan aklimatisasi adalah agar tanaman dapat beradaptasi dengan media tumbuhnya yang baru. Aklimatisasi tanaman dilakukan langsung menggunakan media tanaman yang akan digunakan untuk penelitian, dengan tujuan agar media tanam pada reaktor dalam kondisi siap saat digunakan. Proses aklimatisasi tanaman sebagai berikut (Yohanna, 2007):

1. Menyiapkan tanaman papyrus (*Cyperus papyrus*) yang akan digunakan dalam penelitian dan kemudian menanam tanaman Papyrus pada media pasir yang ada dalam wadah.
2. Aklimatisasi diawali dengan penyiraman tanaman dengan menggunakan aquades selama 1 minggu pada masing-masing reaktor sebanyak 1 liter/hari.
3. Pada minggu berikutnya air aquades yang digunakan untuk menyiram tanaman berangsur-angsur diganti dengan air limbah. Penggantian air aquades dengan air limbah yaitu dengan cara menambah volume air limbah dan mengurangi volume air aquades sampai air limbah mencapai 100% dengan keterangan sebagai berikut :

- Pada hari ke 1 dan 2, air aquades yang digunakan sebanyak 75% (0,75 liter) dan air limbah sebanyak 25% (0,25 liter).
- Pada hari ke 3 dan 4, air aquades yang digunakan sebanyak 50% (10,5 liter) dan air limbah sebanyak 50% (0,5 liter).
- Pada hari ke 5 dan 6, air aquades yang digunakan sebanyak 25% (0,25 liter) dan air limbah sebanyak 75% (0,75 liter).
- Pada hari ke 7, 8, 9 dan seterusnya air aquades yang digunakan sebanyak 0% (0 liter) dan air limbah sebanyak 100% (1 liter).

#### 3.6.4. Pengoperasian Model Reaktor *Constructed Wetland*

Setelah semua persiapan selesai dan aklimatisasi, maka dilanjutkan dengan percobaan sesuai dengan waktu detensi, variasi kepadatan tanaman dan variasi jenis media serta waktu pengambilan sampel.

1. Media yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam reaktor. Percobaan pertama media tanam yang dipakai adalah media tanam pasir, setelah selesai percobaan pasir, kemudian dilanjutkan percobaan dengan media tanam gerabah.
2. Menanam tanaman *Cyperus papyrus* kedalam reaktor uji dengan jarak sesuai dengan variasi kepadatan tanaman.
3. Memulai pengoperasian reaktor, yaitu :
  - Mengatur debit aliran dari bak pengatur debit ke reaktor. Debit yang digunakan pada reaktor uji dan kontrol adalah 10 ml/menit.
  - Pengambilan sampel pada effluent reaktor uji dan kontrol dilakukan pada jam ke 36, 72 dan 108. Kemudian dianalisa kandungan TSS dan COD. Setelah itu dianggap percobaan dianggap telah selesai.

Percobaan *Constructed Wetland* dioperasikan selama  $\pm 2$  bulan, untuk melihat kemampuan media mengalirkan air dan perkiraan terjadinya penyumbatan pada media. Waktu 1 bulan akan dibagi untuk kegiatan sebagai berikut :

- Aklimatisasi :  $\pm 2$  minggu
- Penelitian : 1 minggu

### 3.7. Analisa Data dan Pembahasan

Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode (Sholeh, 2005):

- Analisa deskriptif bertujuan untuk menganalisa data dengan cara mendiskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul.
- Analisa ANOVA bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak (secara statistik) antara berbagai variasi percobaan.
- Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui bukti empiris hubungan antara variabel yang diamati, yaitu variabel terikat (TSS, COD dan tanaman *Cyperus papyrus*) dan variabel bebas (variasi kepadatan, media tanam dan waktu pengambilan sampel).
- Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel terikat.

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Limbah Cair Rumah Susun (Rusun) Urip Sumoharjo Surabaya

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen *wetland*. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah domestik rumah susun (rusun) Urip Sumoharjo Surabaya yang terdapat pada tabel 4.1 :

**Tabel 4.1.**  
**Karakteristik Air Limbah Domestik Rusun Urip Sumoharjo Surabaya**

No.	Parameter	Hasil*)	Baku Mutu**)	Satuan
1.	COD	197,5	100	mg/L
2.	TSS	156,7	100	mg/L

Sumber : \*) Analisa BBLK Surabaya, 2008

\*\*\*) Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik kadar maksimum yang diperbolehkan adalah untuk COD 100 mg/l dan untuk TSS 100 mg/l. Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa kadar COD dan TSS yang ada pada sampel limbah rumah susun Urip Sumoharjo Surabaya melampaui baku mutu jika dibandingkan dengan Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tersebut. Sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air.

**4.2. Nilai Konsentrasi Akhir COD dan TSS**

Penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor *Constructed Wetland* yang terbuat dari bahan kaca berbentuk persegi panjang dengan aliran kontinu seperti pada gambar 3.2. Variasi yang digunakan adalah media tanam, waktu pengambilan sampel dan kepadatan tanaman. Variasi media tanamnya meliputi pasir dan gerabah. Dan variasi pengambilan sampel yang dilakukan adalah jam ke 36, 72 dan 108. Sedangkan variasi kepadatan tanamannya adalah 2, 4, dan 6 unit tanaman /reaktor.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui nilai konsentrasi akhir masing-masing parameter pada reaktor uji dapat dilihat pada tabel 4.2 untuk COD, dan tabel 4.3 untuk TSS. Sedangkan nilai akhir konsentrasi akhir COD dan TSS pada reaktor kontrol dapat dilihat pada tabel 4.4.

**Tabel 4.2.**

**Nilai Konsentrasi Akhir COD Pada Reaktor Uji *Constructed Wetland***

Jumlah Tanaman Per Reaktor	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)		Konsentrasi Akhir COD (mg/L) Pada Media					
			Pasir			Gerabah		
			Nilai Akhir	Rata-rata		Nilai Akhir	Rata-rata	
2	36	A	49,12	53,38	52,49	76,52	78,67	77,77
			57,64			80,82		
		B	52,66	51,60		75,23	76,87	
			50,54			78,51		
	72	A	43,66	45,20	45,98	74,54	74,35	73,98
			46,74			74,16		
		B	47,32	46,76		72,45	73,61	
			46,20			74,77		
	108	A	45,28	44,77	42,75	67,49	69,36	69,11
			44,26			70,23		
		B	38,20	40,73		69,54	68,86	
			43,26			68,18		
4	36	A	44,72	43,14	44,05	69,74	70,21	69,56
			41,56			70,68		
		B	45,30	44,96		67,39	68,91	
			44,62			70,43		
	72	A	36,55	37,38	37,76	67,42	66,24	65,53
			38,21			65,06		
		B	37,18	38,14		66,34	64,82	
			39,10			63,30		
	108	A	33,42	34,74	34,97	57,42	58,34	58,72
			36,06			59,26		
		B	34,67	35,19		55,34	59,10	
			35,71			62,86		

6	36	A	25,48	29,6	30,48	55,28	56,43	57,42
			33,72			57,58		
		B	32,28	31,36		58,63	58,41	
			30,44			58,19		
	72	A	24,13	26,50	25,46	53,26	54,90	54,28
			28,87			56,54		
		B	23,14	24,42		50,26	53,66	
			25,70			57,06		
	108	A	18,36	20,87	20,07	50,16	51,52	51,15
			23,38			52,88		
		B	18,67	19,27		48,24	49,78	
			19,87			51,32		

Sumber : Hasil Penelitian (Analisa BBLK Surabaya, 2008)

Dari tabel 4.2. diketahui bahwa nilai konsentrasi akhir COD pada reaktor uji dengan media pasir berada diantara 20,07 mg/l – 52,49 mg/l. Sedangkan pada media gerabah, nilai konsentrasi akhir COD berada diantara 51,15 mg/l – 77,77 mg/l.

Tabel 4.3.

Nilai Konsentrasi Akhir TSS Pada Reaktor Uji *Constructed Wetland*

Jumlah Tanaman Per Reaktor	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)						
		Pasir		Gerabah		Pada Media		
		Nilai Akhir	Rata-rata	Nilai Akhir	Rata-rata	Nilai Akhir	Rata-rata	
2	36	A	25,82	25,18	26,05	48,53	47,62	48,27
			24,54			46,71		
		B	26,12	26,92		47,20	48,92	
			27,72			50,64		
	72	A	18,42	19,46	19,75	44,92	45,28	44,74
			20,50			45,64		
		B	23,36	20,04		44,28	44,20	
			16,72			44,12		
	108	A	11,25	11,30	12,33	42,55	43,63	43,02
			11,35			44,71		
		B	12,45	13,36		40,24	42,41	
			14,27			44,58		
4	36	A	26,78	25,42	24,63	31,66	30,57	31,04
			24,06			29,48		
		B	23,28	23,84		30,27	31,51	
			24,40			32,75		
	72	A	8,72	7,10	9,13	29,35	28,19	28,36
			5,48			27,03		
		B	10,43	11,16		30,37	28,53	
			11,89			26,69		
	108	A	5,46	6,44	5,61	25,31	24,96	23,87
			7,42			24,61		
		B	3,72	4,78		23,66	22,78	
			5,84			21,90		

6	36	A	16,35	18,41	18,93	27,44	26,58	24,86
			20,47			25,72		
		B	20,63	19,45		21,70	23,14	
			18,27			24,58		
	72	A	5,60	4,12	4,29	22,42	21,64	21,87
			2,64			20,86		
		B	3,42	4,46		21,34	22,10	
			5,50			22,86		
	108	A	4,28	3,57	3,22	19,62	20,88	20,01
			2,86			22,14		
		B	3,52	2,87		18,53	19,14	
			2,22			19,75		

Sumber : Hasil Penelitian (Analisa BBLK Surabaya, 2008)

Berdasarkan tabel 4.3. diketahui bahwa nilai konsentrasi akhir TSS pada reaktor uji dengan media pasir berada diantara 3,22 mg/l – 26,05 mg/l. Sedangkan pada media gerabah, nilai konsentrasi akhir TSS berada diantara 20,01 mg/l – 48,27 mg/l.

**Tabel 4.4. Nilai Konsentrasi Akhir COD dan TSS Pada Reaktor Kontrol *Constructed Wetland***

Jenis Media	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Konsentrasi Akhir						
		COD (mg/L)			TSS (mg/L)			
		Nilai Akhir	Rata-rata		Nilai Akhir	Rata-rata		
Pasir	36	A	123,48	127,52	125,95	92,39	90,24	88,61
			131,56			88,09		
		B	125,53	124,38		85,26	86,98	
			123,23			88,70		
	72	A	120,53	119,25	120,41	86,32	85,38	84,77
			117,97			84,44		
		B	119,03	121,57		83,17	84,16	
			124,10			85,15		
	108	A	124,38	118,87	117,88	78,51	80,24	81,27
			113,36			81,97		
		B	120,76	116,89		83,12	82,30	
			113,02			81,48		
Gerabah	36	A	145,52	145,40	146,43	111,14	110,16	109,24
			145,28			109,18		
		B	148,57	147,46		108,36	108,32	
			146,35			108,28		
	72	A	139,52	140,67	142,46	104,22	106,34	107,11
			141,82			108,46		
		B	143,21	144,25		106,30	107,88	
			145,29			109,46		
	108	A	123,48	136,71	137,97	103,24	102,82	102,19
			131,56			102,40		
		B	125,53	139,23		100,53	101,56	
			123,23			102,59		

Sumber : Hasil Penelitian (Analisa BBLK Surabaya, 2008)

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai tertinggi konsentrasi akhir COD dan TSS pada media pasir terdapat pada waktu pengambilan jam ke 36 dengan nilai COD akhir sebesar 125,95 mg/l, dan TSS sebesar 94,94 mg/l. Sedangkan pada media gerabah, juga terdapat pada waktu pengambilan sampel jam ke 36 dengan nilai 144,35 mg/l untuk COD dan 109,24 mg/l untuk TSS.

### 4.3. Pengolahan Data

#### 4.3.1. Persentase Penurunan COD dan TSS

Dari hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa pengolahan limbah domestik rumah susun Urip Sumoharjo dengan menggunakan *constructed wetland* baik reaktor uji maupun reaktor kontrol dengan beberapa variasi perlakuan mempunyai kemampuan menurunkan COD dan TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisa persentase penurunan COD dan TSS pada setiap variasinya digunakan rumus :

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir})}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Besarnya penurunan konsentrasi COD dengan beberapa variasi yang telah ditetapkan pada reaktor uji *constructed wetland* dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5.**  
**Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Uji**

Jumlah Tanaman (unit)	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Media Tanam			
		Pasir		Gerabah	
		Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase Penurunan (%)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
2	36	52,49	73,42	77,77	60,62
	72	45,98	76,72	73,98	62,54
	108	42,75	78,35	69,11	65,01
4	36	44,05	77,69	69,56	64,78
	72	37,76	80,88	65,53	66,82
	108	34,97	82,30	58,72	70,27



6	36	30,48	84,57	57,42	70,92
	72	25,46	87,11	54,28	72,51
	108	20,07	89,84	51,15	74,10

Sumber : Hasil Perhitungan, 2009

Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan persentase penurunan COD pada reaktor uji media pasir dengan menggunakan tanaman berada diantara 73,42 % - 89,84 %. Dan pada media gerabah persentase penurunan COD berada diantara 60,62 % - 74,10 %.

Pada reaktor kontrol besarnya penurunan konsentrasi COD dengan variasi media dan waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 4.6. Pada reaktor kontrol tidak terdapat variasi tanaman, hanya variasi media dan waktu pengambilan sampel.

**Tabel 4.6.**  
**Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Kontrol**

Jenis Media	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
Pasir	36	125.95	36.23
	72	120.41	39.03
	108	117.88	40.31
Gerabah	36	146.43	25.86
	72	142.46	27.87
	108	137.97	30.14

Sumber : Hasil Perhitungan, 2009

Berdasarkan tabel 4.6 didapatkan persentase penurunan COD pada reaktor kontrol media pasir berkisar antara 36,23%– 40,31%. Dan pada media gerabah, berada diantara 25,85%–30,14%.

Sedangkan besarnya penurunan konsentrasi TSS dengan beberapa variasi yang telah ditetapkan dapat diketahui pada tabel 4.7.

Tabel 4.7.

## Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Uji

Jumlah Tanaman (unit)	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Media Tanam			
		Pasir		Gerabah	
		Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase Penurunan (%)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
2	36	26,05	83,38	48,27	69,20
	72	19,75	87,40	44,74	71,45
	108	12,33	92,17	43,02	72,55
4	36	24,63	84,28	31,04	80,19
	72	9,13	94,17	28,36	81,90
	108	5,61	96,42	23,87	84,77
6	36	18,93	87,92	24,86	84,13
	72	4,29	97,26	21,87	86,04
	108	3,22	97,94	20,01	86,60

Sumber : Hasil Perhitungan, 2009

Pada tabel 4.7 didapatkan persentase penurunan TSS pada reaktor uji media pasir dengan menggunakan tanaman berada diantara 83,38 % - 97,94 %. Dan pada media gerabah persentase penurunan TSS berada diantara 69,20 % - 86,60 %.

Pada reaktor kontrol besarnya penurunan konsentrasi TSS dengan variasi media dan waktu pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8.

## Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Kontrol

Jenis Media	Waktu Pengambilan Sampel (Jam ke-)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
Pasir	36	88,61	43,45
	72	84,77	45,90
	108	81,27	48,13
Gerabah	36	109,24	30,29
	72	107,11	31,44
	108	102,19	34,79

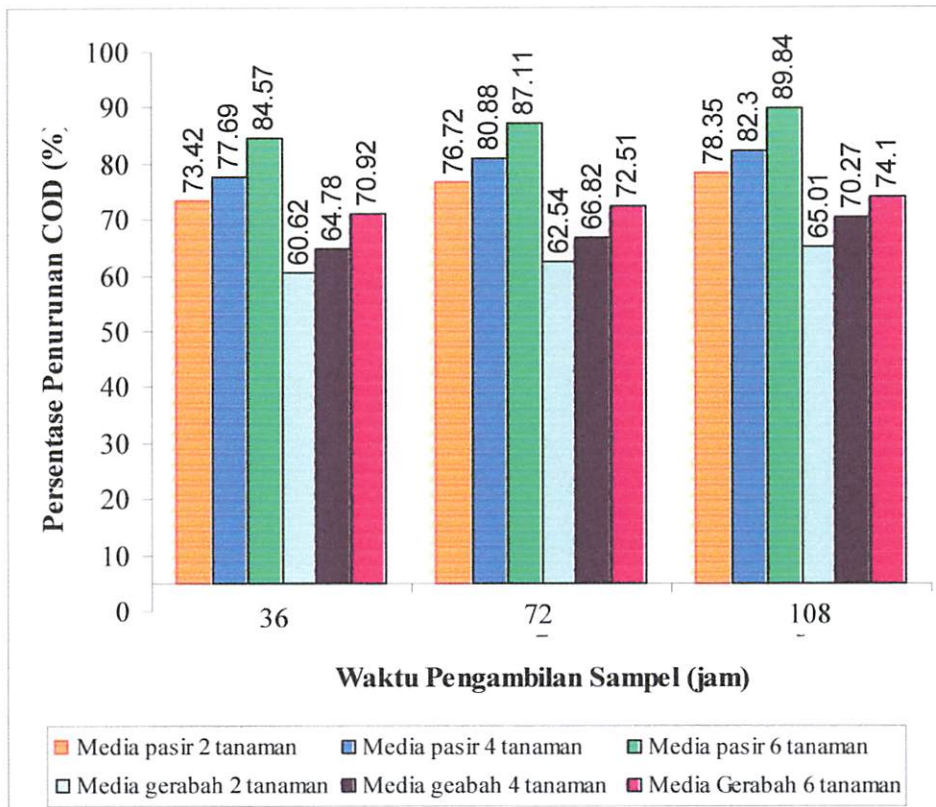
Sumber : Hasil Perhitungan, 2009

Berdasarkan tabel 4.8 didapatkan persentase penurunan TSS pada reaktor kontrol media pasir berkisar antara 43,45%–48,13% dan pada media gerabah, berkisar antara 30,29%–34,79%.

#### 4.3.2. Analisa Deskriptif

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah domestik rumah susun Urip Sumoharjo Surabaya dengan menggunakan *constructed wetland* dengan perlakuan yang meliputi variasi media tanam pasir dan gerabah, variasi jumlah tanaman per reaktor 2, 4, dan 6 unit tanaman serta variasi pengambilan sampel mempunyai kemampuan menurunkan COD dan TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

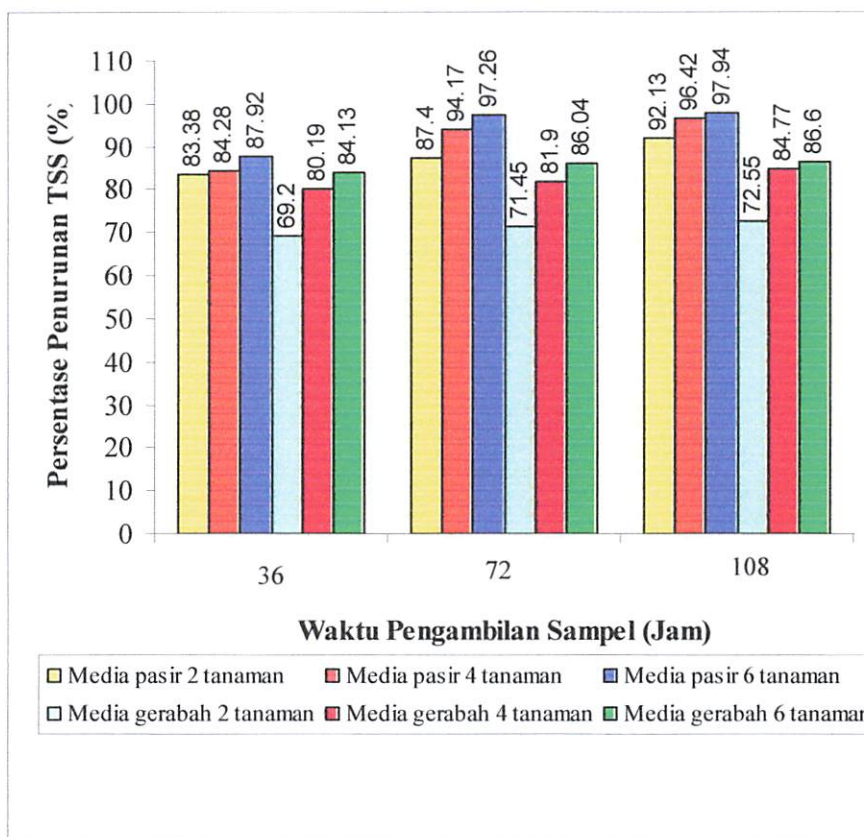
Berdasarkan data persentase penurunan COD pada reaktor uji media pasir dan gerabah pada tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan COD pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Persentase Penurunan COD

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa persentase penurunan COD baik pada media pasir dan gerabah pada reaktor uji setelah melalui reaktor *wetland* cenderung semakin naik seiring dengan semakin banyaknya jumlah tanaman dalam reaktor dan lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan COD tertinggi sebesar 89,64% pada perlakuan media tanam pasir dengan jumlah tanaman 6 pada waktu pengambilan sampel jam ke 108. Sedangkan persentase penurunan COD terendah sebesar 60,62% pada perlakuan media tanam gerabah dengan jumlah tanaman 2 pada waktu pengambilan sampel jam ke 36.

Data persentase penurunan TSS pada reaktor uji media pasir dan gerabah pada tabel 4.7 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan TSS pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penurunan TSS

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa persentase penurunan TSS baik pada media pasir dan gerabah pada reaktor uji setelah melalui reaktor *wetland* cenderung semakin naik seiring dengan semakin banyaknya jumlah tanaman dalam reaktor dan lamanya waktu pengambilan sampel. Persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 97,94% pada perlakuan media tanam pasir dengan jumlah tanaman 6 pada waktu pengambilan sampel jam ke 108. Sedangkan persentase penurunan TSS terendah sebesar 69,20% pada perlakuan media tanam gerabah dengan jumlah tanaman 2 pada waktu pengambilan sampel jam ke 36.

#### 4.3.3. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi media tanam, jumlah tanaman per reaktor, dan waktu pengambilan sampel dalam persentase penurunan COD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA satu faktor.

1. Hipotesis yang diberikan adalah :

- $H_0$  = Variasi waktu detensi adalah tidak berbeda nyata/identik.
- $H_1$  = Variasi waktu detensi adalah berbeda nyata/tidak identik.

2. Pengambilan keputusan berdasarkan :

- a. Nilai probabilitas, yaitu :
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
  - Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak.
- b. Nilai F Hitung
  - F hitung output  $>$  F tabel,  $H_0$  diterima
  - F hitung output  $<$  F tabel,  $H_1$  ditolak

#### 4.3.3.1. Analisa ANOVA COD

Hasil uji Anova persentase Penurunan COD media pasir pada reaktor uji dapat dilihat pada tabel 4.9, dan untuk media gerabah pada tabel 4.10.

**Tabel 4.9. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan COD Media Pasir Pada Reaktor Uji**

One-way ANOVA: % Penurunan COD, Waktu Pengambilan Sampel(Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	32010	16005	47.88	0.000
Error	24	8023	334		
Total	26	40033			

S = 18.28    R-Sq = 79.96%    R-Sq(adj) = 78.29%

**Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan COD Media Gerabah Pada Reaktor Uji**

One-way ANOVA: % Penurunan COD, Waktu Pengambilan Sampel(Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	26036	13018	39.18	0.000
Error	24	7974	332		
Total	26	34010			

S = 18.23    R-Sq = 76.55%    R-Sq(adj) = 74.60%

Keputusan yang dapat diambil berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10 adalah sebagai berikut :

##### 1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.9 dan 4.10 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor adalah 0,000. Karena nilai probabilitas pada media pasir dan gerabah  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Artinya rata-rata persentase penurunan konsentrasi COD pada media pasir dan gerabah memang tidak identik.

##### 2. Nilai F.

- Berdasarkan tabel 4.9 nilai F hitung output dari variasi waktu pengambilan dan jumlah tanaman per reaktor pada media pasir adalah sebesar 47,88. Sedangkan pada media gerabah (tabel 4.10) nilai F hitung output dari beberapa variasi perlakuan tersebut adalah sebesar 39,18. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,47. Karena nilai F hitung output  $>$

F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Artinya persentase penurunan COD pada media pasir dan gerabah untuk setiap variasi waktu pengambilan sampel dan variasi jumlah tanaman per reaktor adalah berbeda nyata.

**Tabel 4.11. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Uji Media Pasir**

2.4  
Duncan

Uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RUP.2.1	3	73.42								
RUP.2.2	3		76.72							
RUP.4.1	3			77.69						
RUP.2.3	3				78.35					
RUP.4.2	3					80.88				
RUP.4.3	3						82.30			
RUP.6.1	3							84.57		
RUP.6.2	3								87.11	
RUP.6.3	3									89.84
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = .334.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan :

- RUP 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 72
- RUP 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 108
- RUP 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 72

- RUP 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 108
- RUP 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 72
- RUP 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108

Hasil uji Duncan pada tabel 4.11. menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada persentase penurunan COD. Untuk persentase penurunan COD terendah pada reaktor yang menggunakan media pasir terlihat pada perlakuan RUP 2.1 (Reaktor uji dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36) sebesar 73,42 %, sedangkan untuk persentase penurunan COD tertinggi terlihat pada perlakuan RUP 6.3 (Reaktor uji dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108) sebesar 89,84 %.

**Tabel 4.12. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Uji Media Gerabah**

a.b  
Duncan

Uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RUG.2.1	3	60.62								
RUG.2.2	3		62.54							
RUG.2.3	3			64.78						
RUG.4.1	3				65.01					
RUG.4.2	3					66.82				
RUG.4.3	3						70.27			
RUG.6.1	3							70.92		
RUG.6.2	3								72.51	
RUG.6.3	3									74.10
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
 Based on Type III Sum of Squares  
 The error term is mean Square (Error) = .332.  
 a.Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.  
 b.Alpha = .05.



Keterangan :

- RUG 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 108
- RUG 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 108
- RUG 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108

Hasil uji Duncan pada tabel 4.11. menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada persentase penurunan COD. Untuk persentase penurunan COD terendah pada reaktor yang menggunakan media gerabah terlihat pada perlakuan RUG 2.1 (Reaktor uji dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36) sebesar 60,62 %, sedangkan untuk persentase penurunan COD tertinggi terlihat pada perlakuan RUG 6.3 (Reaktor uji dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108) sebesar 74,10 %.

### 4.3.3.2. Analisa ANOVA TSS

Hasil uji Anova persentase Penurunan TSS media pasir pada reaktor uji dapat dilihat pada tabel 4.11, dan untuk media gerabah pada tabel 4.12.

**Tabel 4.13. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS Pada Media Pasir**

One-way ANOVA: % Penurunan TSS, Waktu Pengambilan Sampel(Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	37797	18898	56.32	0.000
Error	24	8053	336		
Total	26	45850			

S = 18.32    R-Sq = 82.44%    R-Sq(adj) = 80.97%

**Tabel 4.14. Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS Pada Media Gerabah**

One-way ANOVA: % Penurunan TSS, Waktu Pengambilan Sampel(Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	31215	15608	45.86	0.000
Error	24	8168	340		
Total	26	39383			

S = 18.45    R-Sq = 79.26%    R-Sq(adj) = 77.53%

Keputusan yang dapat diambil berdasarkan tabel 4.11 dan 4.12 adalah sebagai berikut:

#### 1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.11 dan 4.12 nilai probabilitas (P) dari variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor adalah 0,000. Karena nilai probabilitas pada media pasir dan gerabah  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak Artinya rata-rata persentase penurunan konsentrasi TSS pada media pasir dan gerabah memang tidak identik.

#### 2. Nilai F.

Berdasarkan tabel 4.11 nilai F hitung output dari variasi waktu pengambilan dan jumlah tanaman per reaktor pada media pasir sebesar 56,32. Sedangkan pada media gerabah (tabel 4.12) nilai F hitung output dari beberapa variasi perlakuan tersebut adalah sebesar 45,86. Jika dilihat pada tabel distribusi F,

nilai F tabel adalah 3,47. Karena nilai F hitung output > F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Artinya persentase penurunan TSS pada media pasir dan gerabah untuk setiap variasi waktu pengambilan sampel dan variasi jumlah tanaman per reaktor adalah berbeda nyata.

**Tabel 4.15. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Uji Media Pasir**

a.b  
Duncan

Uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RUP.2.1	3	83.38								
RUP.4.1	3		84.28							
RUP.2.2	3			87.40						
RUP.6.1	3				87.92					
RUP.2.3	3					92.17				
RUP.4.2	3						94.17			
RUP.4.3	3							96.42		
RUP.6.2	3								97.26	
RUP.6.3	3									97.94
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = .336.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan :

- RUP 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 72
- RUP 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 108
- RUP 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 72

- RUP 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 108
- RUP 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 36
- RUP 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 72
- RUP 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108

Hasil uji Duncan pada tabel 4.15. menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada persentase penurunan TSS. Untuk persentase penurunan TSS terendah pada reaktor yang menggunakan media pasir terlihat pada perlakuan RUP 2.1 (Reaktor uji dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36) sebesar 69,20 %, sedangkan untuk persentase penurunan TSS tertinggi terlihat pada perlakuan RUP 6.3 (Reaktor uji dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108) sebesar 97,94 %.

**Tabel 4.16. Hasil Uji Duncan Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Uji Media Gerabah**

a.b  
Duncan

Uji	N	Subset								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RUG.2.1	3	69.20								
RUG.2.2	3		71.45							
RUG.2.3	3			72.55						
RUG.4.1	3				80.19					
RUG.4.2	3					81.90				
RUG.6.1	3						84.13			
RUG.4.3	3							84.77		
RUG.6.2	3								86.04	
RUG.6.3	3									86.60
Sig		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is mean Square (Error) = .340.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan :

- RUG 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 108
- RUG 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 4 unit tanaman pada jam ke 108
- RUG 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 36
- RUG 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 72
- RUG 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Gerabah dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108

Hasil uji Duncan pada tabel 4.16. menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada persentase penurunan COD. Untuk persentase penurunan COD terendah pada reaktor yang menggunakan media gerabah terlihat pada perlakuan RUG 2.1 (Reaktor uji dengan kepadatan 2 unit tanaman pada jam ke 36) sebesar 83,38 %, sedangkan untuk persentase penurunan COD tertinggi terlihat pada perlakuan RUG 6.3 (Reaktor uji dengan kepadatan 6 unit tanaman pada jam ke 108) sebesar 86,60 %.

#### 4.3.4. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, dapat digunakan analisa korelasi.

1. Hipotesis ada tidaknya korelasi antar variabel
  - $H_0$  : Tidak ada korelasi antara dua variabel
  - $H_1$  : Ada korelasi antara dua variabel
2. Dasar pengambilan keputusan
  - a. Berdasarkan probabilitas :
    - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ , maka  $H_0$  diterima
    - Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak
  - b. Besar dan arah korelasi berdasarkan nilai koefisien korelasi ( $r$ ), jika  $r$  :
    - $< 0,2$  : tidak terdapat hubungan antara dua variabel
    - $0,2 - 0,4$  : hubungan antara dua variabel lemah
    - $0,4 - 0,7$  : hubungan antara dua variabel sedang
    - $0,7 - 0,9$  : hubungan antara dua variabel kuat
    - $0,9 - 1$  : hubungan antara dua variabel sangat kuat

(Achmad Zanbar Sholeh, 2005)

##### 4.3.4.1. Analisa Korelasi COD

Hasil uji Korelasi Persentase Penurunan COD pada media pasir dapat dilihat pada tabel 4.17 dan untuk media gerabah pada tabel 4.18.

**Tabel 4.17. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan COD Pada Media Pasir**

Correlations: % Penurunan COD, Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor		
	% Penurunan	Waktu Pengambilan Sampel (Jam)
Waktu Pengam (Jam)	0.405	
	0.280	
Jumlah Tanam	0.902	0.000
	0.001	1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Valu		

**Tabel 4.18. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan COD Pada Media Gerabah**

Correlations: % Penurunan COD, Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor		
	% Penurunan	Waktu Pengambilan sampel (jam)
Waktu Pengam (jam)	0.401 0.285	
Jumlah Tanam	0.910 0.001	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Dari analisa korelasi persentase penurunan COD pada tabel 4.17 dan 4.18, dapat diketahui nilai signifikan persentase penurunan COD dan besar serta arah korelasi adalah sebagai berikut :

a. Pada media pasir

- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan COD dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,405. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada pada angka 0,4-0,6 (Soleh, 2005). Dan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sedangkan tingkat signifikan persentase penurunan COD dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0,280 \geq 0,05$ .
- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan COD dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,902. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada pada interval 0,9-1 (Soleh, 2005). Sedangkan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin banyak jumlah tanaman maka persentase penurunan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dan tingkat signifikan persentase penurunan COD dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai  $0,001 < 0,05$ .

b. Pada media gerabah

- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan COD dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,401. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada pada angka 0,4-0,6 (Soleh, 2005). Sedangkan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dan tingkat signifikan persentase penurunan COD dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0,285 \geq 0,05$ , artinya tidak ada korelasi antara dua variabel.
- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan COD dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,910. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada pada interval 0,9-1 (Soleh, 2005). Dan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin banyak jumlah tanaman maka persentase penurunan COD yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sedangkan tingkat signifikan persentase penurunan COD dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai  $0,001 < 0,05$ .

4.3.4.2. Analisa Korelasi TSS

Hasil uji Korelasi Persentase Penurunan TSS pada media pasir dapat dilihat pada tabel 4.19 dan untuk media gerabah pada tabel 4.20.

Tabel 4.19. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan TSS Pada Media Pasir

Correlations: % Penurunan TSS, Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor		
	% Penurunan	Waktu Pengambilan Sampel (jam)
Waktu Pengam (jam)	0.793 0.011	
Jumlah Tanam	0.518 0.153	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		



Tabel 4.20. Hasil Uji Korelasi Persentase Penurunan TSS Pada Media Gerabah

Correlations: % TSS, Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanaman Per		
	% Penurunan	Waktu Pengambilan Sampel (jam)
Waktu Pengam (jam)	0.221 0.567	
Jumlah Tanam	0.928 0.000	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Dari analisa korelasi persentase penurunan COD pada tabel 4.19 dan 4.20, dapat diketahui nilai signifikan persentase penurunan COD dan besar serta arah korelasi adalah sebagai berikut :

a. Pada media pasir

- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,793. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada pada angka 0,7-0,9 (Soleh, 2005). Dan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sedangkan tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0,011 < 0,05$ .
- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan TSS dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,518. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada pada interval 0,4-6 (Soleh, 2005). Sedangkan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin banyak jumlah tanaman maka persentase penurunan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dan tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai  $0,153 \geq 0,05$ .

**b. Pada media gerabah**

- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan TSS dengan variasi waktu pengambilan sampel adalah 0,221. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena berada pada angka 0,2-0,4 (Soleh, 2005). Sedangkan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin lama waktu detensi maka persentase penurunan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan variasi waktu detensi, ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0,567 \geq 0,05$ .
- Nilai koefisien korelasi persentase penurunan TSS dengan variasi jumlah tanaman adalah 0,928. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada pada interval 0,9-1 (Soleh, 2005). Dan hubungan kedua variabel ini searah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti semakin banyak jumlah tanaman maka persentase penurunan TSS yang dihasilkan akan semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan jumlah tanaman yang ditunjukkan dengan nilai  $0,000 < 0,05$ .

**4.3.5. Analisa Regresi**

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan data atau signifikansi prediksi dari hubungan/ korelasi data.

**1. Uji signifikan koefesien regresi****a. Hipotesis :**

- $H_0$  : koefisien regresi tidak signifikan
- $H_1$  : koefisien regresi signifikan

**b. Dasar Pengambilan Keputusan**

- Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel
  - Jika statistik hitung (angka *F output*) > statistik tabel (F tabel),  
maka  
 $H_0$  ditolak.
  - Jika statistik hitung (angka *F output*) < statistik tabel (F tabel),  
maka  
 $H_0$  diterima.
- Untuk Nilai Probabilitas
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ , maka  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas < 0,05, maka  $H_0$  ditolak

**2. Uji kelinieran****a. Hipotesis :**

- $H_0$  : Y tidak memiliki hubungan linier dengan X
  - $H_1$  : Y memiliki hubungan linier dengan X
- Dimana :     Y adalah variabel terikat  
              X adalah variabel bebas

**b. Dasar Pengambilan Keputusan**

- Nilai F
  - Jika F hitung > F tabel, maka  $H_1$  diterima.  
Jika F hitung > F tabel, maka  $H_0$  diterima.
- Untuk Nilai Probabilitas
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ , maka  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas < 0,05, maka  $H_0$  ditolak

(Achmad Zanbar Sholeh, 2005)

### 4.3.5.1. Analisa Regresi COD

#### 1. Analisa Regresi COD Pada Media Pasir

Hasil analisa koefisien persamaan regresi persentase penurunan COD pada media pasir dapat diketahui pada tabel 4.21 dan hasil uji kelinieran analisa regresi dapat dilihat pada tabel 4.22.

**Tabel 4.21. Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD Pada Media Pasir**

Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanam Per Reaktor					
The regression equation is					
% Penurunan COD = 65.3 + 0.0686 Waktu (Jam) + 2.75 Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	65.262	1.086	60.08	0.000	
Waktu (Jam)	0.06856	0.01025	6.69	0.001	
Jumlah Tanaman Per Reaktor	2.7525	0.1845	14.92	0.000	
S = 0.903836    R-Sq = 97.8%    R-Sq(adj) = 97.1%					

**Tabel 4.22. Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan COD Pada Media Pasir**

Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	2	218.39	109.19	133.66	0.000	
Residual Error	6	4.90	0.82			
Total	8	223.29				

Dari tabel 4.21 dan 4.22 dapat kita ketahui :

- a. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 65,3 + 0,0686X_1 + 2,75X_2$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan COD

X<sub>1</sub> = waktu pengambilan sampel

X<sub>2</sub> = Jumlah tanaman per reaktor

Berdasarkan tabel 4.21 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 65,3 menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor konstan, maka persentase penurunan COD sebesar sebesar 65,3%.
- Koefisien regresi untuk variabel waktu pengambilan sampel ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 36 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 0,0686%.
- Koefisien regresi untuk variabel jumlah tanaman per reaktor ( $X_2$ ) sebesar 2,75 menyatakan bahwa setiap penambahan variasi jumlah tanaman akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 2,75%.

b. Uji signifikan koefisien regresi

- Berdasarkan nilai t

Berdasarkan tabel 4.21 statistik t hitung output untuk variasi waktu pengambilan sampel 6,69 ; jumlah tanaman per reaktor 14,92, sedangkan t tabel 1,711. Untuk variasi waktu pengambilan sampel statistik t hitung output > statistik t tabel, maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk variasi jumlah tanaman per reaktor statistik t hitung output > t tabel maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pengambilan sampel 0,000 dan nilai probabilitasnya pada jumlah tanaman 0,001; atau probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan COD.

## c. Koefesien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefesien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 97,1 %. Hal ini berarti persentase penurunan COD dipengaruhi oleh variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor, sedangkan sisanya 2,9% penurunan COD dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak masuk ke dalam model.

## d. Uji kelinieran

## – Berdasarkan nilai F

Dari uji kelinieran tabel 4.22 untuk analisa regresi atau F test, didapatkan nilai F hitung sebesar 133,66, dari tabel distribusi F didapatkan 3,47. Karena F hitung > F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan COD (variabel terikat/Y) dengan waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor (variabel bebas/X) adalah linier.

## – Berdasarkan nilai probabilitas

Pada tabel 4.22 nilai probabilitas (P) 0.000, jauh lebih kecil dari 0.05, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan COD.

## 2. Analisa Regresi COD Pada Media Gerabah

Hasil analisa koefesien persamaan regresi persentase penurunan COD pada media gerabah dapat diketahui pada tabel 4.23 dan hasil uji kelinieran analisa regresi dapat dilihat pada tabel 4.24.

**Tabel 4.23. Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD Pada Media Gerabah**

<b>Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanam Per Reaktor</b>				
The regression equation is				
% Penurunan COD = 53.4 + 0.0600 Waktu Pengambilan Sampel (Jam) + 2.45 Jumlah Tanaman Per Reaktor				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	53.3922	0.6889	77.50	0.000
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	0.060000	0.006500	9.23	0.000
Jumlah Tanaman Per Reaktor	2.4517	0.1170	20.95	0.000
S = 0.573211    R-Sq = 98.9%    R-Sq(adj) = 98.5%				

**Tabel 4.24. Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi  
Persentase Penurunan COD Pada Media Gerabah**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	172.250	86.125	262.12	0.000
Residual Error	6	1.971	0.329		
Total	8	174.221			

Pada tabel 4.23 dan 4.24 dapat kita ketahui :

- a. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 53,4 + 0,0600X_1 + 2,45X_2$$

Dimana :

- Y = Persentase penurunan COD
- $X_1$  = waktu pengambilan sampel
- $X_2$  = Jumlah tanaman per reaktor

Berdasarkan tabel 4.23 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 53,4% menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor konstan, maka persentase penurunan COD sebesar sebesar 0,534.
- Koefisien regresi untuk variabel waktu pengambilan sampel ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 36 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 0,0600%.
- Koefisien regresi untuk variabel jumlah tanaman per reaktor ( $X_2$ ) sebesar 2,45 menyatakan bahwa setiap penambahan variasi jumlah tanaman akan meningkatkan persen penurunan COD sebesar 2,45%.

- b. Uji signifikan koefisien regresi

- Berdasarkan nilai t

Berdasarkan tabel 4.23 statistik t hitung output untuk variasi waktu pengambilan sampel 9,23; jumlah tanaman per reaktor 20,95, sedangkan nilai t tabel sebesar 1,711. Untuk variasi waktu pengambilan sampel statistik t hitung output > statistik t tabel, maka

$H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk variasi jumlah tanaman per reaktor statistik t hitung  $output > t$  tabel maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman nilai probabilitasnya 0,000; atau probabilitasnya  $< 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan. Jadi variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penurunan COD.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 98,5 %. Hal ini berarti persentase penurunan COD dipengaruhi oleh variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor, sedangkan sisanya 1,5% penurunan COD dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Uji kelinieran

- Berdasarkan nilai F

Dari uji kelinieran tabel 4.24 untuk analisa regresi atau F test, didapatkan nilai F hitung sebesar 262,12, dari tabel distribusi F didapatkan 3,47. Karena F hitung  $> F$  tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan COD dengan waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor adalah linier.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Pada tabel 4.24 nilai probabilitas (P) 0.000, jauh lebih kecil dari 0.05, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan COD.



4.3.5.1. Analisa Regresi TSS

1. Analisa Regresi TSS Pada Media Pasir

Hasil analisa koefisien persamaan regresi persentase penurunan TSS pada media pasir dapat diketahui pada tabel 4.25 dan hasil uji kelinieran analisa regresi dapat dilihat pada tabel 4.26.

**Tabel 4.25. Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS Pada Media Pasir**

<b>Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanam Per Reaktor</b>					
The regression equation is					
% Penurunan TSS = 74.2 + 0.143 Waktu Pengambilan Sampel (Jam)					
+ 1.68 Jumlah Tanaman Per Reaktor					
<b>Predictor</b>	<b>Coef</b>	<b>SE Coef</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	
Constant	74.171	2.502	29.64	0.000	
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	0.14310	0.02361	6.06	0.001	
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1.6842	0.4250	3.96	0.007	
S = 2.08204 R-Sq = 89.7% R-Sq(adj) = 86.3%					

**Tabel 4.26. Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan TSS Pada Media Pasir**

<b>Analysis of Variance</b>					
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Regression	2	227.31	113.66	26.22	0.001
Residual Error	6	26.01	4.33		
Total	8	253.32			

Pada tabel 4.25 dan 4.26 dapat kita ketahui :

- a. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 74,2 + 0,143X_1 + 1,68X_2$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan TSS

X<sub>1</sub> = waktu pengambilan sampel

X<sub>2</sub> = Jumlah tanaman per reaktor

Berdasarkan tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 74,2 % menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor konstan, maka persentase penurunan TSS sebesar sebesar 0,742.
- Koefisien regresi untuk variabel waktu pengambilan sampel ( $X_1$ ) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 36 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 0,143%.
- Koefisien regresi untuk variabel jumlah tanaman per reaktor ( $X_2$ ) sebesar 1,68 menyatakan bahwa setiap penambahan variasi jumlah tanaman akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 1,68%.

b. Uji signifikan koefesien regresi

- Berdasarkan nilai t

Berdasarkan tabel 4.21 statistik t hitung output untuk variasi waktu pengambilan sampel 6,06; jumlah tanaman 3,96, sedangkan nilai t tabel sebesar 1,711. Untuk variasi waktu pengambilan sampel statistik t hitung output > statistik t tabel, maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak yang berarti koefesien regresi signifikan. Sedangkan untuk variasi jumlah tanaman per reaktor statistik t hitung output > t tabel maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak berarti koefesien regresi signifikan.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pengambilan sampel 0,001 dan jumlah tanaman 0,007. maka dapat diambil keputusan nilai probabilitas variasi waktu pengambilan sampel < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefesien regresi signifikan. Sedangkan nilai probabilitas jumlah tanaman > 0,005, sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefesien regresi tidak signifikan.

## c. Koefesien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefesien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 86,3 %. Hal ini berarti penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor, sedangkan sisanya 13,7% penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak masuk ke dalam model.

## d. Uji kelinieran

- Berdasarkan nilai F

Dari uji kelinieran tabel 4.26 untuk analisa regresi atau F test, didapatkan nilai F hitung sebesar 113,66, dari tabel distribusi F didapatkan 3,47. Karena F hitung > F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan TSS dengan waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor adalah linier.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Pada tabel 4.26 nilai probabilitas (P) 0.001, jauh lebih kecil dari 0.05, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan TSS.

## 2. Analisa Regresi TSS Pada Media Gerabah

Hasil analisa koefesien persamaan regresi persentase penurunan TSS pada media gerabah dapat diketahui pada tabel 4.27 dan hasil uji kelinieran analisa regresi dapat dilihat pada tabel 4.28.

**Tabel 4.27.**  
**Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS Pada Media Gerabah**

<b>Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengambilan Sampel (Jam), Jumlah Tanam Per Reaktor</b>					
The regression equation is					
% Penurunan TSS = 61.7 + 0.0481 Waktu Pengambilan Jam Ke- + 3.63 Jumlah Tanaman Per Reaktor					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	61.658	2.827	21.81	0.000	
Waktu Pengambilan Jam Ke-	0.04815	0.02668	1.80	0.121	
Jumlah Tanaman Per Reaktor	3.6308	0.4802	7.56	0.000	
S = 2.35260    R-Sq = 91.0%    R-Sq(adj) = 88.0%					

**Tabel 4.28.**  
**Hasil Uji Kelinieran Analisa Regresi**  
**Persentase Penurunan TSS Pada Media Gerabah**

Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	334.42	167.21	30.21	0.001
Residual Error	6	33.21	5.53		
Total	8	367.63			

Pada tabel 4.27 dan 4.28 dapat kita ketahui :

- a. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 61,7 + 0,0481X_1 + 3,63X_2$$

Dimana :

Y = Persentase penurunan TSS

X<sub>1</sub> = waktu pengambilan sampel

X<sub>2</sub> = Jumlah tanaman per reaktor

Berdasarkan tabel 4.27 dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 61,7 % menyatakan bahwa jika variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor konstan, maka persentase penurunan TSS sebesar sebesar 0,617.
- Koefisien regresi untuk variabel waktu pengambilan sampel (X<sub>1</sub>) menyatakan bahwa setiap penambahan waktu sebesar 36 jam dalam pengambilan sampel akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 0,0481%.
- Koefisien regresi untuk variabel jumlah tanaman per reaktor (X<sub>2</sub>) sebesar 3,63 menyatakan bahwa setiap penambahan variasi jumlah tanaman akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 3,63%.

- b. Uji signifikan koefisien regresi

- Berdasarkan nilai t

Berdasarkan tabel 4.27 statistik t hitung output untuk variasi waktu pengambilan sampel 6,06; jumlah tanaman 3,96, sedangkan t tabel

sebesar 1,711. Untuk variasi waktu pengambilan sampel statistik  $t$  hitung output  $>$  statistik  $t$  tabel, maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk variasi jumlah tanaman per reaktor statistik  $t$  hitung output  $>$   $t$  tabel maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak berarti koefisien regresi signifikan.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi waktu pengambilan sampel 0,121 dan jumlah tanaman 0,000. maka dapat diambil keputusan nilai probabilitas variasi waktu pengambilan sampel  $\geq 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan. Sedangkan nilai probabilitas jumlah tanaman  $< 0,005$ , sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima atau koefisien regresi signifikan.

c. Koefisien determinasi

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 88 %. Hal ini berarti penyisihan TSS dipengaruhi oleh variasi waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor, sedangkan sisanya 12% penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak masuk ke dalam model.

d. Uji kelinieran

- Berdasarkan nilai F

Dari uji kelinieran tabel 4.28 untuk analisa regresi atau F test, didapatkan nilai F hitung sebesar 167,21, dari tabel distribusi F didapatkan 3,47. Karena F hitung  $>$  F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan TSS dengan waktu pengambilan sampel dan jumlah tanaman per reaktor adalah linier.

- Berdasarkan nilai probabilitas

Pada tabel 4.28 nilai probabilitas (P) 0.001, jauh lebih kecil dari 0.05, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan TSS.

#### 4.4. Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah domestik rumah susun Urip Sumoharjo dengan menggunakan reaktor *constructed wetland* maupun reaktor kontrol dengan variasi media tanam pasir dan gerabah, variasi waktu pengambilan sampel serta variasi jumlah tanaman per reaktor uji mampu menurunkan konsentrasi COD dan TSS. Selanjutnya dibawah ini dijelaskan tentang penurunan konsentrasi COD dan TSS.

##### 4.4.1 Penurunan Konsentrasi COD

Pada tabel 4.5 dapat diketahui bahwa konsentrasi akhir COD pada media pasir reaktor uji *constructed wetland* berkisar antara 20,07 mg/l–52,49 mg/l. Sedangkan persentase penurunan COD tertinggi sebesar 89,84% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 unit tanaman. Dan untuk persentase terendah sebesar 73,42%, dengan perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 unit tanaman.

Pada reaktor yang menggunakan media gerabah konsentrasi akhir COD pada reaktor uji *constructed wetland* (tabel 4.5) berkisar antara 51,15 mg/l–77,77 mg/l. Sedangkan persentase penurunan COD tertinggi sebesar 74,10% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 unit tanaman. Dan untuk persentase terendah sebesar 60,62%, dengan perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 unit tanaman.

Pada reaktor kontrol yang menggunakan media pasir, berdasarkan tabel 4.6 diketahui bahwa konsentrasi akhir COD berkisar antara 117,88 mg/l–125,95 mg/l, dan persentasenya 36,23%–40,31%. Sedangkan pada reaktor kontrol yang menggunakan media gerabah konsentrasi akhir COD berkisar antara 137,97 mg/l–146,43 mg/l, dan persentasenya 25,86%–30,14%.

Hubungan korelasi antara variasi kepadatan tanaman dengan persentase penurunan COD baik pada reaktor yang menggunakan media pasir (tabel 4.13) maupun media gerabah (4.14) adalah sangat kuat. Karena tanaman air dalam

reaktor *constructed wetland* sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD, karena tanaman air memiliki ruang antar sel atau lubang saluran udara (*aerenchyma*) yang berfungsi sebagai alat transportasi oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran (*rhizosphere*). Tanpa hadirnya tanaman, proses tersebut tidak berjalan sempurna, karena pernafasan sel-sel akar diperkirakan menyediakan tenaga untuk adsorpsi unsur hara yang terlarut. Oksigen yang dibawa perakaran pada daerah perakaran merupakan hasil proses fotosintesis (Cooper, 1990 dalam Rizka, 2005).

Dalam satu unit tanaman *Cyperus papyrus* terdapat 10-15 batang dan tanaman *Cyperus papyrus* dengan ketinggian yang lebih tinggi, mempunyai ruang antar sel/lubang saluran udara yang banyak. Tanaman ini juga memiliki batang yang kokoh, terdiri dari serat untuk menjaga struktur tanaman. Serat ini memiliki banyak rongga. Semakin banyak tanaman dalam reaktor, maka rongga/lubang saluran udara yang banyak, sehingga memudahkan transfer oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran dan membantu proses degradasi material organik lebih baik seperti terjadinya penurunan COD (Mukhlis, 2003).

Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 hubungan antara persentase penurunan COD dan lama waktu pengambilan sampel baik yang terjadi pada reaktor yang menggunakan media pasir dan gerabah adalah sedang. Bahwasannya proses penurunan bahan organik pada *constructed wetland* ini terjadi melalui proses secara fisik dan biologis (Crites dan Tchobanoglous, 1998). Proses mekanisme penurunan COD pada *constructed wetland* melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi, sedangkan proses biologisnya meliputi proses aktifitas metabolisme mikroorganisme dan interaksi kimia fisik di dalam zona perakaran. (Findlater, 1990 dalam Kurniawan, 2005). Proses sedimentasi terjadi karena air limbah melewati media dan jaringan akar tanaman yang cukup panjang sehingga partikel-partikel yang melewati media dan zona akar dapat mengendap (Wood, 1990 dalam Widyastuti, 2005). Pada kondisi waktu tinggal yang lebih panjang, padatan berkesempatan lebih besar untuk mengendap (Dhokkikah, 2003). Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media. Akar tanaman yang

menyediakan  $O_2$  bagi bakteri aerobik untuk menguraikan bahan organik (Polprasert, 1989 dalam Dhokkikah, 2006), selanjutnya bahan organik yang diuraikan menjadi bentuk sederhana dipakai oleh tanaman untuk membentuk biomassa.

Hubungan variasi waktu detensi (pengambilan sampel) dengan jumlah tanaman terhadap persentase penurunan COD ini searah baik pada reaktor yang menggunakan media pasir maupun gerabah, hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi dan analisa regresi yang menunjukkan linier, yang berarti semakin lama waktu detensi dan semakin banyak jumlah tanaman dalam reaktor, maka persentase penurunan COD akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Variasi waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan tumbuhan uji untuk menyerap bahan organik dalam air limbah yang digunakan sebagai nutrisi pertumbuhan tanaman. Dan semakin banyak tanaman dalam reaktor *constructed wetland*, maka makin besar kemampuan untuk transfer oksigen dari atmosfer ke bagian perakaran dan proses degradasi material organik lebih besar.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan COD baik pada reaktor yang menggunakan media pasir maupun gerabah. Dimana pada reaktor yang menggunakan media pasir 97,1% data persentase penurunan COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman. Semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan COD. Sedangkan sisanya 2,9 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian. Dan pada reaktor yang menggunakan media gerabah 98%. data persentase penurunan COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman. Semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan COD. Sedangkan sisanya 2,2 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain.



Waktu tinggal optimum dan kepadatan optimum tanaman yang menghasilkan persentase penurunan COD yang besar baik media pasir dan gerabah berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.1 adalah jam ke 108 (4,5 hari) dengan jumlah tanaman dalam reaktor adalah 6 tanaman.

#### 4.4.2 Penurunan Konsentrasi TSS

Pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir TSS pada reaktor yang menggunakan media pasir reaktor uji *constructed wetland* berkisar antara 3,22 mg/l–26,05 mg/l. Sedangkan persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 97,94% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 tanaman. Dan untuk persentase terendah sebesar 83,38%, dengan perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 tanaman.

Pada reaktor *constructed wetland* yang menggunakan media gerabah konsentrasi akhir TSS (tabel 4.7) berkisar antara 20,01 mg/l–48,27 mg/l. Sedangkan persentase penurunan TSS tertinggi sebesar 86,60% pada perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 tanaman. Dan untuk persentase terendah sebesar 69,20%, dengan perlakuan waktu pengambilan sampel jam ke 108 dengan jumlah tanaman per reaktornya 6 tanaman.

Pada reaktor kontrol yang menggunakan media pasir, berdasarkan tabel 4.8 diketahui bahwa konsentrasi akhir TSS berkisar antara 81,27 mg/l–88,61 mg/l, dan persentasenya 43,45%–48,13%. Sedangkan pada reaktor kontrol yang menggunakan media gerabah konsentrasi akhir TSS berkisar antara 102,19 mg/l–109,24 mg/l, dan persentasenya 30,29%–34,79%.

Hubungan korelasi antara variasi kepadatan tanaman dengan persentase penurunan TSS pada reaktor yang menggunakan media pasir (tabel 4.15) adalah sedang karena dalam proses penurunan TSS pada media pasir yang lebih dominan adalah media, sedangkan jaringan akar tanaman sebagai pendukung untuk proses filtrasi dan sedimentasi. Sedangkan pada reaktor yang menggunakan media gerabah (tabel 4.16) adalah kuat, karena proses penurunan TSS pada media

gerabah disebabkan oleh adanya sistem jaringan akar serabut tanaman *Cyperus papyrus* yang menyebar merata pada media membantu adanya proses sedimentasi dan filtrasi yang dapat menurunkan kandungan TSS. Dalam proses penurunan TSS ini yang lebih dominan membantu penurunan TSS adalah tanaman dibandingkan dengan media tanamnya.

Berdasarkan tabel 4.15 dan 4.16 hubungan antara persentase penurunan TSS dan lama waktu pengambilan sampel yang terjadi pada media pasir adalah kuat sedangkan pada media gerabah adalah lemah. Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam *constructed wetland* terjadi melalui proses fisik yaitu sedimentasi dan filtrasi. Proses sedimentasi yang terjadi dalam *constructed wetland* seperti yang di jelaskan pada penurunan konsentrasi COD pada halaman sebelumnya. Penghilangan padatan dengan filtrasi terjadi karena air limbah melewati media yang berpori sehingga padatan tertahan dalam pori-pori media tersebut. Proses yang terjadi adalah adsorpsi padatan pada pori-pori media. Struktur akar tanaman, misalnya *cyperus papyrus* juga menyediakan jalur infiltrasi melalui lapisan atas media. (Alexander dalam Wood, 1990).

Kuatnya hubungan korelasi antara persentase penurunan TSS dengan lama waktu pengambilan sampel, karena didukung oleh media tanam. Dimana media pasir yang digunakan diameternya kecil dengan konduktivitasnya hidrolisnya yang rendah, sehingga daya menahan airnya tinggi dan daya pelolosan air kecil. Dan juga didukung oleh waktu tinggal yang ditentukan sudah cukup untuk mengendapkan.

Lemahnya hubungan korelasi antara persentase penurunan TSS dengan lama waktu pengambilan sampel, karena gerabah mempunyai diameter besar dibandingkan dengan pasir. Sedangkan pada reaktor yang menggunakan media gerabah, daya menahan air rendah dan karena ruang-ruang di antara butir-butir besar, sehingga daya pelolosan air juga besar. (Widyawati, 2005). Dan juga disebabkan waktu tinggal pada media gerabah kurang lama.

Hubungan variasi waktu detensi (pengambilan sampel) dengan jumlah tanaman terhadap persentase penurunan TSS ini searah baik pada reaktor yang menggunakan media pasir maupun gerabah, hal ini ditunjukkan dengan adanya

nilai positif pada nilai koefisien korelasi dan analisa regresi yang menunjukkan linier, yang berarti semakin lama waktu detensi dan semakin banyak jumlah tanaman dalam reaktor, maka persentase penurunan TSS akan semakin meningkat, begitu pula sebaliknya. Variasi waktu detensi pada pengoperasian reaktor mengakibatkan terjadinya perbedaan lamanya air limbah di dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi, maka semakin banyak pula kesempatan padatan tersuspensi itu mengendap, dan semakin banyak tumbuhan dalam reaktor, maka semakin banyak sistem perakaran yang membantu proses fisik untuk mengendapkan padatan tersuspensi.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman dengan persentase penurunan TSS baik pada reaktor yang menggunakan media pasir maupun gerabah. Dimana pada reaktor yang menggunakan media pasir 86,3% data persentase penurunan COD dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman. Semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan TSS. Sedangkan sisanya 13,7 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain yang tidak diukur dalam penelitian. Dan pada reaktor yang menggunakan media gerabah 88%. data persentase penurunan TSS dipengaruhi oleh variasi waktu detensi dan variasi jumlah tanaman. Semakin lama waktu detensi dan semakin besar jumlah tanaman dalam reaktor semakin besar pula persentase penurunan TSS. Sedangkan sisanya 12 % dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain.

Waktu tinggal optimum dan kepadatan optimum tanaman yang menghasilkan persentase penurunan TSS yang besar baik media pasir dan gerabah berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.2 adalah jam ke 108 (4,5 hari) dengan jumlah tanaman dalam reaktor adalah 6 unit tanaman.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Efisiensi penurunan yang menghasilkan konsentrasi akhir yang rendah baik COD maupun TSS baik pada media yang menggunakan pasir dan gerabah semua terjadi pada perlakuan pengambilan sampel jam ke 108 (4,5 hari) dengan 6 unit tanaman dalam reaktor. Adapun efektifitas penurunan konsentrasi akhir COD dan TSS adalah sebagai berikut :
  - a. Efisiensi penurunan konsentrasi akhir COD pada reaktor *constructed wetland* baik pada media yang menggunakan pasir dan gerabah masing-masing adalah 20,07 mg/l dan 51,15 mg/l.
  - b. Efisiensi penurunan konsentrasi akhir TSS pada reaktor *constructed wetland* baik pada media yang menggunakan pasir dan gerabah masing-masing adalah 3,22 mg/l dan 20,01 mg/l
2. Kepadatan optimum tanaman pada *constructed wetland* yang menghasilkan persentase penurunan COD dan TSS yang tinggi baik pada reaktor yang menggunakan media pasir dan gerabah adalah 6 unit tanaman dalam satu reaktor dengan waktu detensi 108 jam (4,5 hari).

### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan *cyperus papyrus* yang dikombinasikan dengan tumbuhan rawa lain secara bersama-sama.
2. Perlu dilakukan pengambilan range variasi jumlah tanaman yang lebih panjang, sehingga hasil analisa yang didapatkan lebih signifikan.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah interval waktu detensi sehingga dapat diketahui secara pasti pada waktu detensi berapa jam/hari, untuk menghasilkan persentase penurunan yang lebih optimal.
4. Hasil Penelitian ini bisa diteruskan dengan membuat perencanaan bangunan *Constructed Wetland* dengan mengambil studi kasus rumah susun Urip Sumoharjo Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S, 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim, 2006. *Constructed Wetlands*. <http://www.technopreneur.net/information-desk/sciencetech-magazine/2006/june06/ConstructedWetlands.pdf>. [ Diakses 4 Februari 2009; 12.00 WIB].
- Clare, A., 2004. *Cyperus Papyrus*. <http://www.PlanZAtsea.com> [Diakses tanggal 1 April 2008; 16.00 WIB]
- Dhokhikah, Y., 2006. *Pengolahan Air Bekas Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland Aliran Sub-Surface Untuk Menurunkan COD, TS dan Deterjen*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Edy Harsono, 2005. Suara Merdeka. <http://www.AgriTekno.com> [Diakses tanggal 1 April 200; 15.45 WIB ]
- Fitriarini, L. 2002. *Studi Literatur Pemanfaatan Tumbuhan Air Untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Hammer DA (ed.). 1998. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. Lewis Publishers, Chelsea, MI
- Irawan, Nur, Ph.D dan Septin Puji Astuti, S.Si, MT, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi, Yogyakarta.
- Kurniawan, Hatta., 2005. *Uji Kemampuan Tumbuhan Heliconia Rostrata dan Cyperus Papyrus dalam Menurunkan COD dan TSS Pada Air Limbah KM/WC, Kantin ITS dan Laboratorium Lingkungan Dengan Sistem Rawa Buatan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh.
- Khiatuddin, M, 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air Dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gajahmada University Press. Yogyakarta.
- Mayangriani, T, 2005. *Studi Penurunan Total Suspended Solid (TSS), Kekeruhan Dan MBAS Air Limbah Domestik Dalam Sub-Surface Flow Constructed Wetland Dengan Tanaman Kana (Canna Sp) (Studi Kasus Di Kampus Teknik Lingkungan ITS)* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Metcalf and Eddy, 1981. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse, Revised* by Geo Tchobanoglous, Tata Mc Graw-Hil Publising Company LTD, New Delhi

- Mukhlis, 2003. *Studi Kemampuan Tumbuhan Air Red (Phragmites Australis) dan Cattail (Typha Angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland Untuk Menurunkan COD dan TSS Air Limbah*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Pancawardhani, Fitri, 2004. *Uji Tumbuhan Heliconia Rostrata Dan Cyperus Papyrus Dalam Mereduksi COD Dan TSS Pada Air Limbah KM/WC Dan Kantin Pusat ITS Surabaya* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Prasetyaningtyas, Dyan., 2003. *Evaluasi Kinerja Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland Pada IPAL Domestik Tlogo Mas Malang* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh
- Reynolds, T.D., 1982., *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering Brook/Cole Engr. Div., Monterey*
- Rizka, K., 2005. *Studi Penurunan Kandungan COD dan BOD Air Limbah Domestik dengan Menggunakan Tanaman Kana (Canna sp. Dalam Sistem Sub-surface Constructed Wetland (Studi Kasus Gedung Teknik Lingkungan ITS-Surabaya)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Robert, B, etc. 1993. *A Handbook of Constructed Wetland Vol. 2*. Hal. 3 – 29. . [Diakses tanggal 8 Pebruari 2009; 13.55 WIB]
- Sholeh, Ahmad Zanbar, 2005. *Ilmu Statistika; Pendekatan Teoritis dan Aplikasi Disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Rekayasa Teknik Bandung.
- Slamet Agus dan masduqi Ali, 2000. *Modul Ajar Satuan Proses*. Surabaya: : Institut Teknologi Sepuluh
- Tangahu, Bieby Voijant.,2005. *Studi Aliran Dalam Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Cyperus Papyrus Dalam Mengolah Lindi*, [http://www.enviro-its.org/file/Purifikasi\\_Volume\\_7\\_No\\_2.pdf](http://www.enviro-its.org/file/Purifikasi_Volume_7_No_2.pdf) [Diakses tanggal 31 Maret 2008; 15.30 ]
- U.S. EPA (2000) *Design Manual Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment*, US EPA CERL,Cincinnati, Ohio (in press.) [Diakses tanggal 8 Pebruari 2009; 14.15 WIB].
- US. EPA (1993) *Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment A Technology Assessment*, EPA 832-R-93-008, US EPA OWM, Washington, DC. [Diakses tanggal 8 Pebruari 2009; 14.30 WIB].
- Wan Farah, 2005. *Olahan Air Larut Lesap Tapak Pelupusan Sampah Menggunakan Eichhornia Crassipes*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia

- Wikipedia, 2008. *Water&Sanitation Constructed Wetland*.  
<http://www.wikipedia.com>, [Diakses tanggal 27 Juli 2008 pada jam 06.30 Am.]
- Yohanna, C., 2007. *Pemanfaatan Tanaman Canna sp pada Sistem Sub-surfaceFlow Constructed Wetland dalam Menurunkan Kadar Minyak, COD dan TSS Pada Limbah Cair Domestik Dengan Pre-treatmen Perangkat Lemak*. Malang: Institut Teknologi Nasional
- Yuanita, Cindy., 2003. *Pengaruh Variasi Media Tanam Terhadap Penurunan Kandungan Organik (PV) Dan TSS Pada Pengolahan Efluen IPLT Keputih, Sukolilo Surabaya Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Thypha Latifolia) Menggunakan Sistem Constructed Wetlands*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh.



LAMPBRAN

# LAMPIRAN 1 DATA HASIL PENELITIAN

1. *Data Hasil Analisa Pendahuluan*
2. *Data Hasil Analisa Laboratorium*
3. *Data Hasil Perhitungan Persentase Penurunan*

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

1100 CHEMISTRY BUILDING

5708 SOUTH CAMPUS DRIVE

CHICAGO, ILLINOIS 60637

# LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976  
Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134  
E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id

**YKAN**  
Laboratorium Penguji  
LP - 227 - IDN

Nomor : 140 S/LKA MLG /V/08

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 163/PC/IV/2008/234  
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang  
Place of Analysis

Tanggal Analisa : 25 April - 05 Mei 2008  
Testing Date(s)

## HASIL ANALISA Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Standar Baku Mutu *)	Keterangan
Air Limbah Domestik Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya						
1	Temperatur	°C	25,8	QI/LKA/12 (Termometri)	± 3 °C	-
2	pH	-	6,8	QI/LKA/08 (Elektrometri)	6 - 9	-
3	BOD	mg/L	160,4	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	100	-
4	COD	mg/L	213,15	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-	-
5	TSS	mg/L	147,85	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	100	-
6	Deterjen	mg/l	3,464	QI/LKA/28 (Elektrometri)	-	-
7	Minyak & Lemak	mg/L	8,8	APHA. Ed. 20. 5520 B, 1998	10	-

\*) Standar Baku Mutu sesuai dengan : Kepmen Negara LH No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik  
Threshold Value fully adopted from

Kesimpulan : -  
Conclusion



laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari  
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1  
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1  
tificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from  
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation  
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta 1 Public Corporation

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jalan Karangmenjangan No. 18 Surabaya 60286

Telp. Tata Usaha : 031-5021451, Kabag. TU / Fax. : 031-5021452 pes. 104, 031-5020388

e-mail : [blksub@idola.net.id](mailto:blksub@idola.net.id)



## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133205 / 75-79 / 051 / AB / XI / 2008  
Jenis bahan : 4 (delapan) Contoh Air Limbah Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya  
Dikirim oleh : Dian Zustianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 10 – 13 Nopember 2008

TANGGAL PENERIMAAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>10 Nopember 2008</b>		
1.	198,75	158,27
2.	200,26	155,63
<b>11 Nopember 2008</b>		
1.	190,67	160,45
2.	194,43	162,12
<b>12 Nopember 2008</b>		
1.	196,32	152,78
2.	193,84	150,23
<b>13 Nopember 2008</b>		
1.	203,26	155,62
2.	201,67	155,14

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya  
Manajemen Teknik



Dwi Endang Puspitawati, S.Si, Apt  
NIP. 1403049803

DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jalan Karangmenjangan No. 18 Surabaya 60286  
Telp. Tata Usaha : 031-5021451, Kabag. TU / Fax. : 031-5021452 pes. 104, 031-5020388  
e-mail : [blksub@idola.net.id](mailto:blksub@idola.net.id)



## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133418 / 134-137 / 051 / AB / XI / 2008  
Jenis bahan : 4 (delapan) Contoh Air Limbah Rumah Susun Urip Sumoharjo Surabaya  
Dikirim oleh : Dian Zustianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 02 - 05 Desember 2008

TANGGAL PENERIMAAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>02 Desember 2008</b>		
1.	194,20	160,57
2.	196,62	159,33
<b>03 Desember 2008</b>		
1.	198,64	154,21
2.	201,35	155,42
<b>04 Desember 2008</b>		
1.	196,52	158,16
2.	195,43	156,82
<b>05 Desember 2008</b>		
1.	199,42	157,45
2.	198,63	155,02

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya

Manajer Teknik



Dwi Endah Rospitasari, S.Si, Apt

NIP. 140 243 803



## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133303 / 83-88 / 051 / AB / XI / 2008  
Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
Dikirim oleh : Dian Zustianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 10 Nopember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKP 1.A</b>		
1.	123,48	92,39
2.	131,56	88,09
<b>RKP 1.B</b>		
1.	125,53	85,26
2.	123,23	88,70
<b>RUP 2.1.A</b>		
1.	49,12	25,82
2.	57,64	24,54
<b>RUP 2.1.B</b>		
1.	52,66	26,12
2.	50,54	27,72
<b>RUP 4.1.A</b>		
1.	44,72	26,78
2.	41,56	24,06
<b>RUP 4.1.B</b>		
1.	45,30	23,28
2.	44,62	24,40
<b>RUP 6.1.A</b>		
1.	25,48	18,35
2.	33,72	20,47
<b>RUP 6.1.B</b>		
1.	32,28	20,63
2.	30,44	18,27

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya  
Manajer Teknik



Dwi Endah Puspitasari, S.Si, Apt  
NIP. 148.049.803



## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133324 / 87-90 / 051 / AB / XI / 2008  
Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
Dikirim oleh : Dian Zulfianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 11 Nopember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKP 2.A</b>		
1.	120,49	86,32
2.	117,97	84,44
<b>RKP 2.B</b>		
1.	119,08	83,17
2.	124,10	85,15
<b>RUP 2.2.A</b>		
1.	43,66	18,42
2.	46,74	20,50
<b>RUP 2.2.B</b>		
1.	47,32	23,36
2.	46,20	16,72
<b>RUP 4.2.A</b>		
1.	36,55	8,72
2.	33,21	5,48
<b>RUP 4.2.B</b>		
1.	37,18	10,43
2.	39,10	11,89
<b>RUP 6.2.A</b>		
1.	24,13	5,80
2.	28,87	2,64
<b>RUP 6.2.B</b>		
1.	23,14	3,42
2.	25,7	5,50

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya



Dwi Endah Kuspiasari, S.Si, Apt  
NIP. 140.349.803





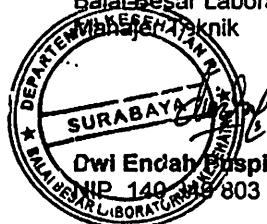
## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133447 / 92 / 051 / AB / XI / 2008  
Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
Dikirim oleh : Dian Zustainingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 13 Nopember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKP 3.A</b>		
1.	124,38	78,51
2.	113,36	81,97
<b>RKP 3.D</b>		
1.	120,76	83,12
2.	113,02	81,48
<b>RUP 2.3.A</b>		
1.	45,28	11,25
2.	44,26	11,35
<b>RUP 2.3.B</b>		
1.	38,20	12,45
2.	43,26	14,27
<b>RUP 4.3.A</b>		
1.	33,42	5,46
2.	36,06	7,42
<b>RUP 4.3.B</b>		
1.	34,67	3,72
2.	35,71	5,84
<b>RUP 6.3.A</b>		
1.	18,36	4,28
2.	23,38	2,86
<b>RUP 6.3.B</b>		
1.	18,67	3,52
2.	13,87	2,22

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya  
Surabaya, 16 Desember 2008



Dwi Endah Puspitawati, S.Si, Apt  
NIP. 140 803 803



**DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA**  
**BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA**

Jalan Karangmenjangan No. 18 Surabaya 60286  
 Telp. Tata Usaha : 031-5021451, Kabag. TU / Fax. : 031-5021452 pes. 104, 031-5020383  
 e-mail : [blksub@idola.net.id](mailto:blksub@idola.net.id)



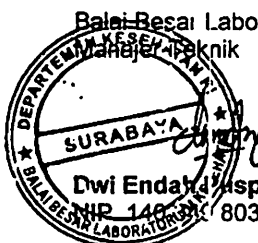
## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 133448 / 145-147 / 051 / AB / XII / 2008  
 Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
 Dikirim oleh : Dian Zustianingtyas  
 Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
 Diambil oleh : Yang bersangkutan  
 Diterima di BBLK tgl : 02 Desember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKG 1.A</b>		
1.	145,52	111,14
2.	145,28	109,13
<b>RKG 1.B</b>		
1.	148,57	108,36
2.	146,35	108,28
<b>RUG 2.1.A</b>		
1.	76,52	48,53
2.	80,82	46,71
<b>RUG 2.1.B</b>		
1.	75,23	47,20
2.	78,51	50,64
<b>RUG 4.1.A</b>		
1.	69,74	31,66
2.	70,68	29,48
<b>RUG 4.1.B</b>		
1.	67,39	30,27
2.	70,43	32,75
<b>RUG 6.1.A</b>		
1.	55,28	27,44
2.	57,58	25,72
<b>RUG 6.1.B</b>		
1.	58,63	21,70
2.	58,19	24,58

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya  
 Manajer Teknik



Dwi Endah Hastitisari, S.Si, Apt  
 HP 140-341-803



## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 134549 / 148 / 051 / AB / XII / 2008  
Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
Dikirim oleh : Dian Zustianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 03 Desember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKG 2.A</b>		
1.	139,52	104,22
2.	141,82	108,46
<b>RKG 2.B</b>		
1.	143,21	106,30
2.	145,29	109,46
<b>RUG 2.2.A</b>		
1.	74,54	44,92
2.	74,16	45,64
<b>RUG 2.2.B</b>		
1.	72,45	44,28
2.	74,77	44,12
<b>RUG 4.2.A</b>		
1.	67,42	29,35
2.	65,06	27,03
<b>RUG 4.2.B</b>		
1.	66,34	30,37
2.	63,30	26,69
<b>RUG 6.2.A</b>		
1.	53,26	22,42
2.	56,54	20,86
<b>RUG 6.2.B</b>		
1.	50,26	21,34
2.	57,06	22,86

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya *h*  
MABBEK Teknik



Dwi Endang Puspitasari, S.Si, Apt  
NIP. 140.399.803



DEPARTEMEN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
BALAI BESAR LABORATORIUM KESEHATAN SURABAYA

Jalan Karangmenjangan No. 18 Surabaya 60286  
Telp. Tata Usaha : 031-5021451, Kabag. TU / Fax. : 031-5021452 pgs. 104, 031-5020388  
e-mail : [blksrb@idola.net.id](mailto:blksrb@idola.net.id)



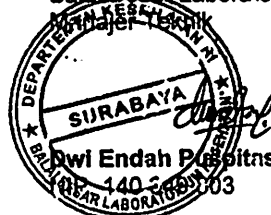
## HASIL ANALISA KIMIA

Nomor Lab. : L 134594 / 149-152 / 051 / AB / XII / 2008  
Jenis bahan : 8 (delapan) Contoh Air Limbah  
Dikirim Oleh : Diani Zulfianingtyas  
Alamat : Jl. Simo Pomahan Baru Barat, Surabaya.  
Diambil oleh : Yang bersangkutan  
Diterima di BBLK tgl : 05 Desember 2008

KODE BAHAN	COD mg/L	TSS mg/L
<b>RKG 3.A</b>		
1.	123,48	103,24
2.	131,56	102,40
<b>RKG 3.B</b>		
1.	125,53	100,53
2.	123,23	102,59
<b>RUG 2.3.A</b>		
1.	67,49	42,55
2.	70,23	44,71
<b>RUG 2.3.B</b>		
1.	69,54	40,24
2.	68,18	44,58
<b>RUG 4.3.A</b>		
1.	57,42	25,31
2.	59,26	24,61
<b>RUG 4.3.B</b>		
1.	55,34	23,66
2.	62,86	21,90
<b>RUG 6.3.A</b>		
1.	50,16	19,62
2.	52,88	22,14
<b>RUG 6.3.B</b>		
1.	48,24	18,53
2.	51,32	19,75

16 Desember 2008

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya



Dwi Endah Puritasari, S.Si, Apt

Telp. 140 348 703

### Hasil Analisa Air Limbah Rumah Susun Selama Reaktor *Constructed Wetland* Beroperasi

Tanggal Penerimaan	Konsentrasi COD (mg/L)		Konsentrasi TSS (mg/L)	
	Nilai	Rata-Rata	Nilai	Rata-Rata
<b>10 Nopember 2008</b>		199,51		156,95
1	198,75		158,27	
2	200,26		155,63	
<b>11 Nopember 2008</b>		192,55		161,29
1	190,67		160,45	
2	194,43		162,12	
<b>12 Nopember 2008</b>		195,08		151,51
1	196,32		152,78	
2	193,84		150,23	
<b>13 Nopember 2008</b>		202,46		155,38
1	203,26		155,62	
2	201,67		155,14	
<b>02 Desember 2008</b>		195,41		159,95
1	194,20		160,57	
2	196,62		159,33	
<b>03 Desember 2008</b>		200,00		154,82
1	198,64		154,21	
2	201,35		155,42	
<b>04 Desember 2008</b>		195,98		157,49
1	196,52		158,16	
2	195,43		156,82	
<b>05 Desember 2008</b>		199,03		156,24
1	199,42		157,45	
2	198,63		155,02	

**1. Penurunan COD Pada Reaktor Uji *Constructed Wetland* Pada Media Pasir dan Gerabah**

Jumlah Tanaman Per Reaktor	Waktu Pengambilan Sampel Jam Ke-		Konsentrasi COD (mg/L) Pada Media							
			Pasir			Gerabah				
			Nilai Akhir	Rata-Rata	% Removel	Nilai Akhir	Rata-Rata	% Removel		
2	36	A	49,12	53,38	52,49	73,42	76,52	78,67	77,77	60,62
			57,64				80,82			
		B	52,66	51,60			75,23			
			50,54				78,51			
	72	A	43,66	45,20	45,98	76,72	74,54	74,35	73,98	62,54
			46,74				74,16			
		B	47,32	46,76			72,45	73,61		
			46,20				74,77			
	108	A	45,28	44,77	42,75	78,35	67,49	69,36	69,11	65,01
			44,26				70,23			
		B	38,20	40,73			69,54			
			43,26				68,18			
4	36	A	44,72	43,14	44,05	77,69	69,74	70,21	69,56	64,78
			41,56				70,68			
		B	45,30	44,96			67,39	68,91		
			44,62				70,43			
	72	A	36,55	37,38	37,76	80,88	67,42	66,24	65,53	66,82
			38,21				65,06			
		B	37,18	38,14			66,34	64,82		
			39,10				63,30			
	108	A	33,42	34,74	34,97	82,30	57,42	58,34	58,72	70,27
			36,06				59,26			
		B	34,67	35,19			55,34			
			35,71				62,86			

6	36	A	25,48	29,6	30,48	84,57	55,28	56,43	57,42	70,92
			33,72				57,58			
		B	32,28	31,36			58,63	58,41		
			30,44				58,19			
	72	A	24,13	26,50	25,46	87,11	53,26	54,90	54,28	72,51
			28,87				56,54			
		B	23,14	24,42			50,26	53,66		
			25,70				57,06			
	108	A	18,36	20,87	20,07	89,84	50,16	51,52	51,15	74,10
			23,38				52,88			
		B	18,67	19,27			48,24	49,78		
			19,87				51,32			

## 2. Penurunan TSS Pada Reaktor Uji *Constructed Wetland* Pada Media Pasir dan Gerabah

Jumlah Tanaman Per Reaktor	Waktu Pengambilan Sampel Jam Ke-		Konsentrasi COD (mg/L) Pada Media							
			Pasir			Gerabah				
			Nilai Akhir	Rata-Rata	% Removel	Nilai Akhir	Rata-Rata	% Removel		
2	36	A	25,82	25,18	26,05	83,38	48,53	47,62	48,27	69,20
			24,54				46,71			
		B	26,12	26,92			47,20			
			27,72				50,64			
	72	A	18,42	19,46	19,75	87,40	44,92	45,28	44,74	71,45
			20,50				45,64			
		B	23,36	20,04			44,28			
			16,72				44,12			
	108	A	11,25	11,30	12,33	92,17	42,55	43,63	43,02	72,55
			11,35				44,71			
		B	12,45	13,36			40,24			
			14,27				44,58			
4	36	A	26,78	25,42	24,63	84,28	31,66	30,57	31,04	80,19
			24,06				29,48			
		B	23,28	23,84			30,27			
			24,40				32,75			
	72	A	8,72	7,10	9,13	94,17	29,35	28,19	28,36	81,90
			5,48				27,03			
		B	10,43	11,16			30,37			
			11,89				26,69			
	108	A	5,46	6,44	5,61	96,42	25,31	24,96	23,87	84,77
			7,42				24,61			
		B	3,72	4,78			23,66			
			5,84				21,90			



6	36	A	16,35	18,41	18,93	87,92	27,44	26,58	24,86	84,13
			20,47				25,72			
		B	20,63	19,45			21,70	23,14		
			18,27				24,58			
	72	A	5,60	4,12	4,29	97,26	22,42	21,64	21,87	86,04
			2,64				20,86			
		B	3,42	4,46			21,34	22,10		
			5,50				22,86			
	108	A	4,28	3,57	3,22	97,94	19,62	20,88	20,01	86,60
			2,86				22,14			
		B	3,52	2,87			18,53	19,14		
			2,22				19,75			

### 3. Penurunan COD dan TSS Pada Reaktor Kontrol *Constructed Wetland* Pada Media Pasir dan Gerabah

Jenis Per Reaktor	Waktu Pengambilan Sampel Jam Ke-		Konsentrasi Akhir							
			COD			TSS				
			Nilai Akhir	Rata-Rata	%Removel	Nilai Akhir	Rata-Rata	%Removel		
Pasir	36	A	123,48	127,52	125,95	36.23	92,39	90,24	88,61	43,45
			131,56				88,09			
		B	125,53	124,38			85,26	86,98		
			123,23				88,70			
	72	A	120,53	119,25	120,41	39.03	86,32	85,38	84,77	45,90
			117,97				84,44			
		B	119,03	121,57			83,17	84,16		
			124,10				85,15			
	108	A	124,38	118,87	117,88	40.31	78,51	80,24	81,27	48,13
			113,36				81,97			
		B	120,76	116,89			83,12	82,30		
			113,02				81,48			
Gerabah	36	A	145,52	145,40	146,43	25.86	111,14	110,16	109,24	30,29
			145,28				109,18			
		B	148,57	147,46			108,36	108,32		
			146,35				108,28			
	72	A	139,52	140,67	142,46	27.87	104,22	106,34	107,11	31,44
			141,82				108,46			
		B	143,21	144,25			106,30	107,88		
			145,29				109,46			
	108	A	137,48	136,71	137,97	30.14	103,24	102,82	102,19	34,79
			135,94				102,40			
		B	140,30	139,23			100,53	101,56		
			138,16				102,59			

**Keterangan :**

**a. Reaktor dengan media tanam pasir**

- RKP 1. : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 36
- RKP 2. : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 72
- RKP 3. : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 108
- RUP 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 36
- RUP 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 36
- RUP 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 36
- RUP 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 72
- RUP 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 72
- RUP 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 72
- RUP 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 108
- RUP 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 108
- RUP 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 108

**b. Reaktor dengan media tanam Gerabah**

- RKG 1. : Reaktor Kontrol Media Gerabah pada jam ke 36
- RKG 2. : Reaktor Kontrol Media Gerabah pada jam ke 72
- RKG 3. : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 108
- RUG 2.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 36
- RUG 4.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 36
- RUG 6.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 36
- RUG 2.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 72
- RUG 4.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 72
- RUG 6.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 72
- RUG 2.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 108
- RUG 4.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 108
- RUG 6.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 108

**Keterangan :**

- a. Reaktor dengan media tanam pasir
  - RKP 1 : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 30
  - RKP 2 : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 72
  - RKP 3 : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 108
  - RUP 2.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 30
  - RUP 4.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 30
  - RUP 6.1 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 30
  - RUP 2.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 72
  - RUP 4.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 72
  - RUP 6.2 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 72
  - RUP 2.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 108
  - RUP 4.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 108
  - RUP 6.3 : Reaktor Uji dengan Media Pasir dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 108
- b. Reaktor dengan media tanam Gerabah
  - RKG 1 : Reaktor Kontrol Media Gerabah pada jam ke 30
  - RKG 2 : Reaktor Kontrol Media Gerabah pada jam ke 72
  - RKG 3 : Reaktor Kontrol Media Pasir pada jam ke 108
  - RUG 2.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 30
  - RUG 4.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 30
  - RUG 6.1 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 30
  - RUG 2.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 72
  - RUG 4.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 72
  - RUG 6.2 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 72
  - RUG 2.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 2 tanaman pada jam ke 108
  - RUG 4.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 4 tanaman pada jam ke 108
  - RUG 6.3 : Reaktor Uji dengan media Gerabah dengan kepadatan 6 tanaman pada jam ke 108

# LAMPIRAN 2

## DATA ANALISA STATISTIK

1. *Data Analisa Statistik COD*
2. *Data Analisa Statistik TSS*
3. *Tabel F*
4. *Tabel t*

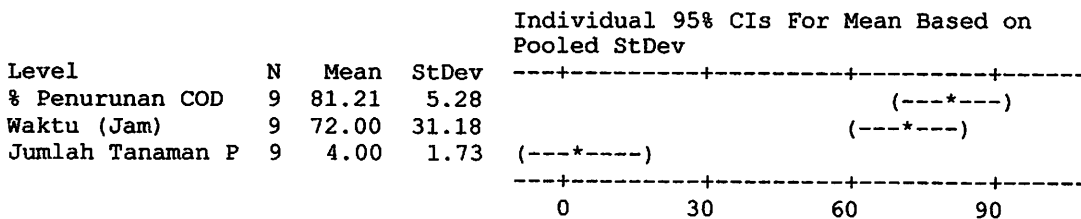
### 1. DATA ANALISA STATISTIK COD

#### a. Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Yang Menggunakan Media Pasir

##### One-way ANOVA: % Penurunan COD, Waktu (Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	32010	16005	47.88	0.000
Error	24	8023	334		
Total	26	40033			

S = 18.28    R-Sq = 79.96%    R-Sq(adj) = 78.29%



Pooled StDev = 18.28

##### Correlations: % Penurunan COD, Waktu (Jam), Jumlah Tanaman Per Reaktor

	% Penurunan	Waktu (Jam)
Waktu (Jam)	0.405	
	0.280	
Jumlah Tanam	0.902	0.000
	0.001	1.000

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

##### Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu (Jam), Jumlah Tanam

The regression equation is

$$\% \text{ Penurunan COD} = 65.3 + 0.0686 \text{ Waktu (Jam)} + 2.75 \text{ Jumlah Tanaman Per Reaktor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	65.262	1.086	60.08	0.000
Waktu (Jam)	0.06856	0.01025	6.69	0.001
Jumlah Tanaman Per Reaktor	2.7525	0.1845	14.92	0.000

S = 0.903836    R-Sq = 97.8%    R-Sq(adj) = 97.1%

### 1. DATA ANALISA STATISTIK CO2

a. Perantara Parameter (H0) pada Respon yang Menggunakan Metode Pasir  
One-way ANOVA: Perambatan CO2, Waktu (Jam), Jumlah Tanaman Per Respon

Source	DF	SS	MS	F	P
Total	24	400.000	16.667		
Error	24	384.000	16.000		

Statistical software output showing ANOVA results.

Interpretation of the ANOVA results for the response variable.

Source	DF	SS	MS	F	P
Perambatan CO2	2	16.000	8.000	0.500	0.617
Waktu (Jam)	2	16.000	8.000	0.500	0.617
Jumlah Tanaman Per Respon	2	16.000	8.000	0.500	0.617
Error	21	384.000	18.286		

Statistical software output showing ANOVA results.

Correlations: Perambatan CO2, Waktu (Jam), Jumlah Tanaman Per Respon

Variable 1	Variable 2	Correlation
Perambatan CO2	Waktu (Jam)	0.000
Perambatan CO2	Jumlah Tanaman Per Respon	0.000
Waktu (Jam)	Jumlah Tanaman Per Respon	0.000

Statistical software output showing correlation matrix.

Regression Analysis: Perambatan versus Waktu (Jam), Jumlah Tanaman

The regression equation is Perambatan = 0.000 + 0.000 \* Waktu (Jam) + 0.000 \* Jumlah Tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
Total	24	400.000	16.667		
Error	24	384.000	16.000		

Statistical software output showing regression analysis results.

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	218.39	109.19	133.66	0.000
Residual Error	6	4.90	0.82		
Total	8	223.29			

Source	DF	Seq SS
Waktu (Jam)	1	36.56
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1	181.83

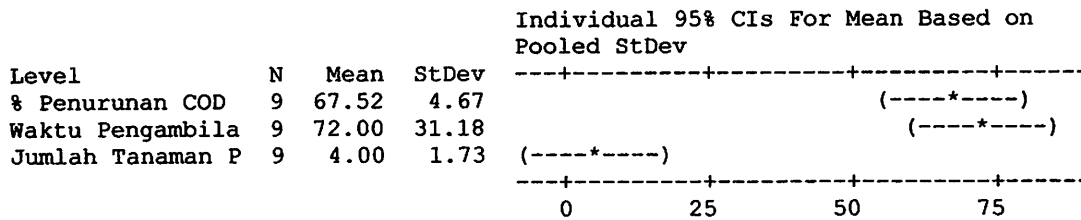
09/03/2009 20:12:40

**b. Persentase Penurunan COD Pada Reaktor Yang Menggunakan Media gerabah**

**One-way ANOVA: % Penurunan COD, Waktu Pengambila, Jumlah Tanaman**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	26036	13018	39.18	0.000
Error	24	7974	332		
Total	26	34010			

S = 18.23    R-Sq = 76.55%    R-Sq(adj) = 74.60%



Pooled StDev = 18.23

**Correlations: % Penurunan COD, Waktu Pengambila, Jumlah Tanaman P**

	% Penurunan	Waktu Pengam
Waktu Pengam	0.401	
	0.285	
Jumlah Tanam	0.910	0.000
	0.001	1.000

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value



Uji t	1.000	1.000	1.000
Uji z	1.000	1.000	1.000
Uji F	1.000	1.000	1.000
Uji Chi-Square	1.000	1.000	1.000
Uji Rank-Sum	1.000	1.000	1.000
Uji Sign	1.000	1.000	1.000
Uji McNemar	1.000	1.000	1.000
Uji Fisher	1.000	1.000	1.000
Uji Likelihood Ratio	1.000	1.000	1.000
Uji Wald	1.000	1.000	1.000
Uji Cochran	1.000	1.000	1.000
Uji Exact	1.000	1.000	1.000
Uji Linear-by-Linear Association	1.000	1.000	1.000
Uji Logistic	1.000	1.000	1.000
Uji Poisson	1.000	1.000	1.000
Uji Negative Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Geometric	1.000	1.000	1.000
Uji Hypergeometric	1.000	1.000	1.000
Uji Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Bernoulli	1.000	1.000	1.000
Uji Poisson	1.000	1.000	1.000
Uji Negative Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Geometric	1.000	1.000	1.000
Uji Hypergeometric	1.000	1.000	1.000
Uji Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Bernoulli	1.000	1.000	1.000

DAFTAR ISI

1. Pendahuluan (1) Pada Bagian Yang Berhubungan Dengan Uji Hipotesis

One-way ANOVA: Uji Parametrik, Uji Non-Parametrik, Uji Perbandingan

Uji t	1.000	1.000	1.000
Uji z	1.000	1.000	1.000
Uji F	1.000	1.000	1.000
Uji Chi-Square	1.000	1.000	1.000
Uji Rank-Sum	1.000	1.000	1.000
Uji Sign	1.000	1.000	1.000
Uji McNemar	1.000	1.000	1.000
Uji Fisher	1.000	1.000	1.000
Uji Likelihood Ratio	1.000	1.000	1.000
Uji Wald	1.000	1.000	1.000
Uji Cochran	1.000	1.000	1.000
Uji Exact	1.000	1.000	1.000
Uji Linear-by-Linear Association	1.000	1.000	1.000
Uji Logistic	1.000	1.000	1.000
Uji Poisson	1.000	1.000	1.000
Uji Negative Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Geometric	1.000	1.000	1.000
Uji Hypergeometric	1.000	1.000	1.000
Uji Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Bernoulli	1.000	1.000	1.000

Uji t, Uji z, Uji F, Uji Chi-Square, Uji Rank-Sum, Uji Sign, Uji McNemar, Uji Fisher, Uji Likelihood Ratio, Uji Wald, Uji Cochran, Uji Exact, Uji Linear-by-Linear Association, Uji Logistic, Uji Poisson, Uji Negative Binomial, Uji Geometric, Uji Hypergeometric, Uji Binomial, Uji Bernoulli

Uji t, Uji z, Uji F, Uji Chi-Square, Uji Rank-Sum, Uji Sign, Uji McNemar, Uji Fisher, Uji Likelihood Ratio, Uji Wald, Uji Cochran, Uji Exact, Uji Linear-by-Linear Association, Uji Logistic, Uji Poisson, Uji Negative Binomial, Uji Geometric, Uji Hypergeometric, Uji Binomial, Uji Bernoulli

Uji t	1.000	1.000	1.000
Uji z	1.000	1.000	1.000
Uji F	1.000	1.000	1.000
Uji Chi-Square	1.000	1.000	1.000
Uji Rank-Sum	1.000	1.000	1.000
Uji Sign	1.000	1.000	1.000
Uji McNemar	1.000	1.000	1.000
Uji Fisher	1.000	1.000	1.000
Uji Likelihood Ratio	1.000	1.000	1.000
Uji Wald	1.000	1.000	1.000
Uji Cochran	1.000	1.000	1.000
Uji Exact	1.000	1.000	1.000
Uji Linear-by-Linear Association	1.000	1.000	1.000
Uji Logistic	1.000	1.000	1.000
Uji Poisson	1.000	1.000	1.000
Uji Negative Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Geometric	1.000	1.000	1.000
Uji Hypergeometric	1.000	1.000	1.000
Uji Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Bernoulli	1.000	1.000	1.000

Uji t, Uji z, Uji F, Uji Chi-Square, Uji Rank-Sum, Uji Sign, Uji McNemar, Uji Fisher, Uji Likelihood Ratio, Uji Wald, Uji Cochran, Uji Exact, Uji Linear-by-Linear Association, Uji Logistic, Uji Poisson, Uji Negative Binomial, Uji Geometric, Uji Hypergeometric, Uji Binomial, Uji Bernoulli

Correlation: Uji Parametrik, Uji Non-Parametrik, Uji Perbandingan

Uji t	1.000	1.000	1.000
Uji z	1.000	1.000	1.000
Uji F	1.000	1.000	1.000
Uji Chi-Square	1.000	1.000	1.000
Uji Rank-Sum	1.000	1.000	1.000
Uji Sign	1.000	1.000	1.000
Uji McNemar	1.000	1.000	1.000
Uji Fisher	1.000	1.000	1.000
Uji Likelihood Ratio	1.000	1.000	1.000
Uji Wald	1.000	1.000	1.000
Uji Cochran	1.000	1.000	1.000
Uji Exact	1.000	1.000	1.000
Uji Linear-by-Linear Association	1.000	1.000	1.000
Uji Logistic	1.000	1.000	1.000
Uji Poisson	1.000	1.000	1.000
Uji Negative Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Geometric	1.000	1.000	1.000
Uji Hypergeometric	1.000	1.000	1.000
Uji Binomial	1.000	1.000	1.000
Uji Bernoulli	1.000	1.000	1.000

Uji t, Uji z, Uji F, Uji Chi-Square, Uji Rank-Sum, Uji Sign, Uji McNemar, Uji Fisher, Uji Likelihood Ratio, Uji Wald, Uji Cochran, Uji Exact, Uji Linear-by-Linear Association, Uji Logistic, Uji Poisson, Uji Negative Binomial, Uji Geometric, Uji Hypergeometric, Uji Binomial, Uji Bernoulli

**Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengam, Jumlah Tanam**

The regression equation is

$$\% \text{ Penurunan COD} = 53.4 + 0.0600 \text{ Waktu Pengambilan Sampel (Jam)} + 2.45 \text{ Jumlah Tanaman Per Reaktor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	53.3922	0.6889	77.50	0.000
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	0.060000	0.006500	9.23	0.000
Jumlah Tanaman Per Reaktor	2.4517	0.1170	20.95	0.000

S = 0.573211    R-Sq = 98.9%    R-Sq(adj) = 98.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	172.250	86.125	262.12	0.000
Residual Error	6	1.971	0.329		
Total	8	174.221			

Source	DF	Seq SS
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	1	27.994
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1	144.256

09/03/2009 20:16:22

### Regression Analysis of Perunman versus Waktu Pengantar Jurnalis Ternan

The regression equation is  $\hat{Y} = a + bX$  where  $\hat{Y}$  is the predicted value of the dependent variable,  $a$  is the constant,  $b$  is the slope, and  $X$  is the independent variable.

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Waktu Pengantar	1.500	0.500	1.000	2.000
Perunman	1.500	0.500	1.000	2.000

$$R^2 = 0.8333 \quad F = 10.000 \quad p < 0.05$$

#### Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Regression	1.500	1	1.500	10.000	0.010
Residual Error	0.500	2	0.250		
Total	2.000	3			

Adjusted R Square: 0.750  
 Standard Error of the Estimate: 0.500  
 Total Sum of Squares: 2.000  
 Regression Sum of Squares: 1.500

021015008 20:18:55

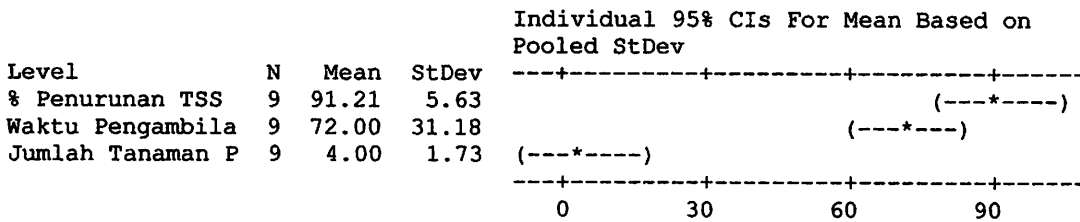
## 2. DATA ANALISA STATISTIK TSS

### a. Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Yang Menggunakan Media Pasir

#### One-way ANOVA: % Penurunan TSS, Waktu Pengambilan, Jumlah Tanaman

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	37797	18898	56.32	0.000
Error	24	8053	336		
Total	26	45850			

S = 18.32    R-Sq = 82.44%    R-Sq(adj) = 80.97%



Pooled StDev = 18.32

#### Correlations: % Penurunan TSS, Waktu Pengambila, Jumlah Tanaman

	% Penurunan	Waktu Pengam
Waktu Pengam	0.793	0.011
Jumlah Tanam	0.518	0.000
	0.153	1.000

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

#### Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengam, Jumlah Tanam

The regression equation is

$$\% \text{ Penurunan TSS} = 74.2 + 0.143 \text{ Waktu Pengambilan Sampel (Jam)} + 1.68 \text{ Jumlah Tanaman Per Reaktor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	74.171	2.502	29.64	0.000
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	0.14310	0.02361	6.06	0.001
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1.6842	0.4250	3.96	0.007

S = 2.08204    R-Sq = 89.7%    R-Sq(adj) = 86.3%

### 1. DATA ANALYSIS

1.1. Percentage of ...

One-way ANOVA ...

...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

...

...

...

...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

...

Correlation: ...

...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

...

Regression Analysis: ...

The regression equation is ...

...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

...

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	227.31	113.66	26.22	0.001
Residual Error	6	26.01	4.33		
Total	8	253.32			

Source	DF	Seq SS
Waktu Pengambilan Sampel (Jam)	1	159.24
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1	68.07

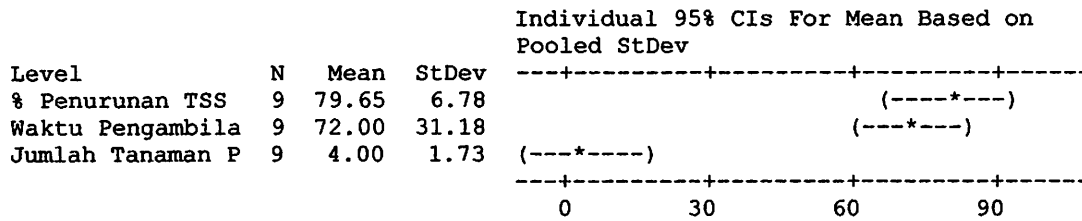
09/03/2009 20:17:30

**b. Persentase Penurunan TSS Pada Reaktor Yang Menggunakan Media Gerabah**

**One-way ANOVA: % Penurunan TSS, Waktu Pengambila, Jumlah Tanaman P**

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	2	31215	15608	45.86	0.000
Error	24	8168	340		
Total	26	39383			

S = 18.45 R-Sq = 79.26% R-Sq(adj) = 77.53%



Pooled StDev = 18.45

**Correlations: % Penurunan TSS, Waktu Pengambila, Jumlah Tanaman P**

	% Penurunan	Waktu Pengam
Waktu Pengam	0.221	
	0.567	
Jumlah Tanam	0.928	0.000
	0.000	1.000

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	p
Total	15	11.22			
Between	3	10.00	3.33	11.11	<.01
Within	12	1.22	0.10		
Error	12	1.22	0.10		

0.01 < p < 0.10

in previous treatment the factor of treatment is significant

(One-way ANOVA) & treatment TSS, within treatment TSS, error TSS

Source	df	SS	MS	F	p
Total	15	11.22			
Between	3	10.00	3.33	11.11	<.01
Within	12	1.22	0.10		
Error	12	1.22	0.10		

0.01 < p < 0.10

Factorial ANOVA for two factors

Source	df	SS	MS	F	p
Total	15	11.22			
Between	3	10.00	3.33	11.11	<.01
Within	12	1.22	0.10		
Error	12	1.22	0.10		

0.01 < p < 0.10

Correlation: & treatment TSS, within treatment TSS, error TSS

Source	df	SS	MS	F	p
Total	15	11.22			
Between	3	10.00	3.33	11.11	<.01
Within	12	1.22	0.10		
Error	12	1.22	0.10		

0.01 < p < 0.10

**Regression Analysis: % Penurunan versus Waktu Pengam, Jumlah Tanam**

The regression equation is

$$\% \text{ PENURUNAN TOC} = 61.7 + 0.0481 \text{ Waktu Pengambilan Jam Ke-} + 3.63 \text{ Jumlah Tanaman Per Reaktor}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	61.658	2.827	21.81	0.000
Waktu Pengambilan Jam Ke-	0.04815	0.02668	1.80	0.121
Jumlah Tanaman Per Reaktor	3.6308	0.4802	7.56	0.000

S = 2.35260 R-Sq = 91.0% R-Sq(adj) = 88.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	334.42	167.21	30.21	0.001
Residual Error	6	33.21	5.53		
Total	8	367.63			

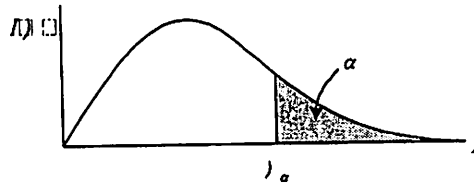
Source	DF	Seq SS
Waktu Pengambilan Jam Ke-	1	18.03
Jumlah Tanaman Per Reaktor	1	316.39

09/03/2009 20:18:22



## LAMPIRAN A5

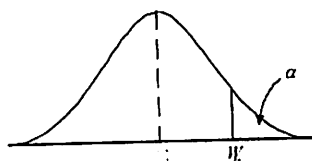
### Tabel Distribusi F ( $\alpha = 0,05$ )



$\nu_2$	$\nu_1$	Derajat bebas (df) pembilang ( $\nu_1$ )								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5	
2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	
9	2,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,93	2,77	2,71	
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	
$\infty$	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	

## LAMPIRAN A2

# Tabel Distribusi t



df	$\alpha$					
	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,816	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,669	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,679	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
$\infty$	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

# LAMPIRAN 3

## METODE ANALISA SAMPEL

- a. Analisa COD (Chemical Oxygen Demand)
- b. Analisa TSS (Total Suspended Solid)

## ( Chemical Oxygen Demand)

### Metode

Closed Reflux Tirtimetric

### Prinsip

Senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150 °C selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero ammonium sulfat (FAS) memakai ekivalensi oksigen.

### Pereaksi

#### 3.1. Larutan standar kalium dikromat 0,0167 M

Tambahkan 4,193 gr  $K_2Cr_2O_7$ , yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 103°C selama 2 jam, pada 500 ml air destilasi. Lalu tambahkan 167 ml  $H_2SO_4$  pekat dan 3,33 gram  $HgSO_4$ . Larutkan dan dinginkan sampai temperatur kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.

#### 3.2. Pereaksi asam sulfat

Tambahkan  $Ag_2SO_4$  (bentuk kristal atau bubuk). Pada  $H_2SO_4$  pekat dengan perbandingan 5,5 gr  $Ag_2SO_4$  per kg  $H_2SO_4$ . Biarkan selama 1 atau 2 hari hingga seluruh  $Ag_2SO_4$  larut.

#### 3.3. Larutan indikator feroin

Larutkan 1,485 gr 1,10-Phenantrolin monohidrat dan 695 mg  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dalam air destilasi dan encerkan hingga volumenya 100 ml, lalu larutan indikator feroin diencerkan dengan perbandingan 1 : 4 (1 ml larutan indikator feroin dan 4 ml air destilasi) sebelum digunakan.

#### 3.4. Larutan feroin ammonium sulfat (FAS)

Larutkan 39,2 gr  $Fe(NH_4)_2 SO_4 \cdot 6H_2O$  dalam air destilasi. Lalu tambahkan 20 ml  $H_2SO_4$  pekat dan encerkan hingga volume 1000 ml. Larutkan ini harus distandarisasi dengan cara sebagai berikut :

Masukkan 2,5 ml air destilasi, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Dinginkan pada temperature kamar, kemudian tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS

( Chemical Oxygen Demand )

Metode

Closed Reflux Titrimetric

Prinsip

Senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150 °C selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) titrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) menstaki ekuivalensi oksidan.

Peralatan

- 3.1. Larutan standar kalium dikromat 0,0167 M  
Timbarkan 4,98 gr  $K_2Cr_2O_7$  yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam pada 500 ml air destilasi. Lalu tambahkan 107 ml  $H_2SO_4$  pekat dan 0,35 gram  $HgSO_4$ . Larutkan dan dinginkan sampai temperatur kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.
- 3.2. Peralaki asam sulfat  
Timbarkan  $Ag_2SO_4$  (bentuk kristal atau bubuk). Pada  $H_2SO_4$  pekat dengan perbandingan 5 gr  $Ag_2SO_4$  per kg  $H_2SO_4$ . Biarkan selama 1 atau 2 hari hingga seluruh  $Ag_2SO_4$  larut.
- 3.3. Larutan indikator feroin  
Larutkan 1,485 gr 1,10-Phenanthrolin monohidrat dan 695 mg  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dalam air destilasi dan encerkan hingga volumenya 100 ml lalu larutan indikator feroin diencerkan dengan perbandingan 1 : 4 (1 ml larutan indikator feroin dan 4 ml air destilasi) sebelum digunakan.
- 3.4. Larutan ferro ammonium sulfat (FAS)  
Larutkan 39,2 gr  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  dalam air destilasi. Lalu tambahkan 50 ml  $H_2SO_4$  pekat dan encerkan hingga volume 1000 ml. Larutan ini harus distandarisasi dengan cara sebagai berikut :  
Masukkan 2,5 ml air destilasi, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml peralaki asam sulfat ke dalam tabung COD. Dinginkan pada temperatur kamar kemudian tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS

sampai berwarna awal merah kecoklatan. Molaritas FAS yang dipakai dengan rumus :

$$\text{Molaritas FAS} = (\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0,1) / \text{ml FAS}$$

### Cara kerja

- Cuci tabung COD dan rendam dalam 20 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk penggunaan pertama.
- Masukkan 2,5 ml sampel, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Tutup tabung rapat-rapat dan kocok agar tercampur sempurna.
- Masukkan pada pemanas COD mikro lalu panaskan pada suhu 150°C selama 2 jam.
- Dinginkan pada suhu kamar. Kemudian tuangkan isinya ke dalam wadah lebih besar. Tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS titik akhir titrasi adalah terjadi perubahan warna dari biru kehijauan sampai berwarna merah kecoklatan. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi.
- Buat blanko dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu langkah-langkah pengerjaan diatas diulangi kembali. Catat ml FAS yang dipakai untuk blanko tersebut.

### Perhitungan

$$\text{COD (mgO}^2\text{/l)} = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{volumesampel(ml)}} \times p$$

Dengan :

a = ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko

b = ml FAS yang dipakai untuk titrasi sampel

N = molaritas FAS

p = penenceran

sampai berwarna awal merah kecoklatan. Molalitas FAS yang dipakai

dengan rumus :

$$\text{Molalitas FAS} = (\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0.1) / \text{ml FAS}$$

Cara kerja

- a. Cuci labung COD dan random dalam 20% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk penggunaan pertama.
- b. Masukkan 2,5 ml sampel, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfur ke dalam labung COD. Tutup labung rapat-rapat dan kocok agar tercampur sempurna.
- c. Masukkan pada pemanas COD mikro lalu panaskan pada suhu 150°C selama 2 jam.
- d. Dinginkan pada suhu kamar. Kemudian tuangkan isinya ke dalam wadah lebih besar. Tambahkan 1 sampel 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS titik titasi adalah terjadi perubahan warna dari kehijauan sampai berwarna merah kecoklatan. Catat ml FAS yang dipakai untuk titasi.
- e. Buat blanko dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu lanjutkan untuk blanko tersebut.

Perhitungan

$$\text{COD (mgO}_2\text{)} = \frac{(a - b) \times 8000}{V}$$

Dengan :

a = ml FAS yang dipakai untuk titasi blanko

b = ml FAS yang dipakai untuk titasi sampel

N = molalitas FAS

v = penetrasian

## **ANALISA TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS) METODE GRAVIMETRI**

### **❖ Prinsip Analisa**

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$ . Maka berat residu sesudah pengeringan adalah Zat Padat Tersuspensi.

### **❖ Alat-alat**

- a) Cawan penguapan, diameter 90 mm, kapasitas 100 ml, terbuat dari porselin atau platina.
- b) Oven untuk pemanasan  $105^{\circ}\text{C}$ .
- c) Desikator.
- d) Timbangan analitis.
- e) Filter kertas biasa atau filter fiber glass.
- f) Bejana isap (suction flask), kapasitas 500 ml atau 1000 ml, serta alat pompa vakum (diperlukan jika perkiraan jumlah TSS sangat banyak).

### **❖ Pengawetan Sampel**

Jika harus dilakukan pengawetan, maka volume sampel yang harus disediakan adalah 200 ml dengan cara didinginkan pada suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ . Waktu pengawetan maksimum yang dianjurkan adalah 7 hari dengan batasan maksimal 14 hari.

### **❖ Cara Kerja**

1. Cuci cawan dengan air keran kemudian bilas dengan air suling.
2. Panaskan filter kertas+cawan di dalam oven pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat.
3. Pemanasan biasanya cukup 1 jam. Namun pemanasan perlu diulang sampai didapatkan berat yang konstan atau kehilangan berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
4. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet ke dalam alat penyaringan yang sudah ada filter kertasnya.



## ANALISA TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)

### METODE GRAVIMETRI

#### Prinsip Analisa

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$ . Maka berat residu sesuai dengan kandungan adalah Zat Padat Tersuspensi.

#### Alat-alat

- a) Cawan penguapan, diameter 90 mm, kapasitas 100 ml, terbuat dari porselin atau pialina.
- b) Oven untuk pemanasan  $105^{\circ}\text{C}$ .
- c) Desikator.
- d) Timbangan analitis.
- e) Filter kertas atau filter fiber glass.
- f) Bejana isap (suction flask), kapasitas 500 ml atau 1000 ml, serta alat pompa vakum (diperlukan jika diperlukan jumlah TSS sangat banyak).

#### Pengawetan Sampel

Jika harus dilakukan pengawetan, maka volume sampel yang harus disediakan adalah 200 ml dengan cara didinginkan pada suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ . Waktu pengawetan maksimum yang dianjurkan adalah 7 hari dengan keadaan maksimal 14 hari.

#### Cara Kerja

1. Cuci cawan dengan air kran kemudian dias dengan air suling.
2. Pasatkan filter kertas/cawan di dalam oven pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat.
3. Pemanasan biasanya cukup 1 jam. Namun pemanasan perlu dituang sampel dibedakan berat yang konstan atau ketetapan berat sesuai pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg.
4. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dituangkan dengan menggunakan pipet ke dalam alat penyaringan yang sudah ada filter kertasnya.

5. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati-hati dan kemudian ditempatkan pada yang digunakan. Masukkan filter kertas+cawan tersebut kedalam oven untuk dipanaskan pada suhu 105°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator hingga suhu ruang dan kemudian timbang dengan cepat.
6. Ulangi pemanasan dan penimbangan sampai beratnya konstan atau berkurangnya berat sesudah pemanasan ulang kurang dari 0,5 mg. Biasanya pemanasan 1 sampai 2 jam sudah cukup.
7. Agar supaya hasil lebih teliti, harap dibuat duplikat.
8. Formula perhitungan yang digunakan:

$$\text{mg/l Zat Tersuspensi} = \frac{(a - b) \times 1000}{c}$$

Dimana :

a = berat filter+cawan+residu sesudah pemanasan 105°C (mg)

b = berat filter+cawan (sudah dipanaskan 105°C) (mg)

c = ml sampel.

(Sumber: Alaerts dan Santika, 1987)

5. Filter kertas diambil dan siap penyaring dengan hati-hati dan kemudian dilemparkan pada yang digunakan. Masukkan filter kertas-cawan tersebut kedalam oven untuk dipanaskan pada suhu 102°C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator hingga suhu ruang dan kemudian urai dengan cepat.
6. Uraikan pemsasan dan penimbangan sampel besarnya konstan atau berkurangya berat sudah pemsasan ulang kurang dari 0,5 mg. Biasanya pemsasan 1 sampai 2 jam sudah cukup.
7. Agar supaya hasil lebih teliti, harap dibuat duplikat.
8. Formula perhitungan yang digunakan:

$$\text{mg/l Zat Tersebut} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

Dimana :

- a = berat filter+cawan+sediaan sudah pemsasan 102°C (mg)
- b = berat filter+cawan (sudah dipanaskan 102°C) (mg)
- c = ml sampel

(Sumber: Alaria dan Satrika, 1987)

# LAMPIRAN 4

## DESAIN REAKTOR CONSTRUCTED WETLAND

- a. Perhitungan Dimensi Reaktor Constructed Wetland Media Tanam Pasir
- b. Perhitungan Dimensi Reaktor Constructed Wetland Media Tanam Gerabah

## A. Perhitungan Dimensi Reaktor *Constructed Wetland* Media Tanam Pasir

### 1. Waktu Detensi Penyisihan COD

Waktu yang dihitung dengan persamaan :

$$t = \frac{-\ln C}{\frac{\ln C_0}{K_T}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- C : konsentrasi effluent yang diharapkan (mg/l)
- C<sub>0</sub> : Konsentrasi influent (mg/l)
- K<sub>T</sub> : Koefesien pengaruh temperatur, dihitung dengan :

$$K_T = K_{20} 1,06^{(T-20)}$$

$$K_T = 1,1 [1,06^{(T-20)}] \dots\dots\dots (2)$$

Pada analisa pendahuluan didapatkan data sebagai berikut :

- Konsentrasi COD : 213,15 mg/l
- Temperatur : 25,85<sup>0</sup>C

Sehingga dapat dihitung waktu detensinya :

$$K_T = 1,1 [1,06^{(T-20)}]$$

$$= 1,1 [1,06^{(25,85-20)}]$$

$$= 1,55$$

Dari persamaan 1 :

$$t = \frac{-\ln(20/213,15)}{1,55}$$

$$= 1,5 \text{ hari}$$

### 2. Organic Loading Rate

Organic Loading rate, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{Org} = \frac{(C)(dw)\eta}{t} \dots\dots\dots (3)$$

Diketahui : C = 213,15 mg/L

$$\eta = 0,39 \text{ m}$$

$$dw = 0,35 \text{ m}$$

$$t = 1,5 \text{ hari}$$

A. Perhitungan (hitung) ...

1. Waktu ...

Waktu yang dibutuhkan dengan persamaan :

(1) ...

Diketahui :

C : konsentrasi ...

C0 : konsentrasi ...

K1 : konstanta ...

K1 = ...

(2) ...

Pada analisis ...

Konsentrasi COD : 213,12 mg/l

Temperatur : 22,8°C

Sehingga dapat dihitung waktu detensi :

K1 = ...

... = ...

= 1,22

Jadi persamaan :

...

= 1,2 hari

1. Organic Loading Rate

Organic Loading Rate dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

(3) ...

Diketahui : C = 213,12 mg/l

p = 0,39 m

ds = 0,35 m

hari = 1,2 hari

Sehingga organic Loadingnya adalah :

$$\begin{aligned}
 C &= 213,15 \text{ mg/L} \approx 213,15 \text{ mg/dm}^3 \times 1 \text{ dm}^3/1000 \text{ m}^3 \\
 &= 213,15 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3 \\
 L_{\text{Org}} &= \frac{(213,15 \cdot 10^{-3} \text{ mg / m}^3)(0,35\text{m})(0,39\text{m})}{1,5\text{hari}} \\
 &= 0,019 \text{ mg COD/m}^2 \text{ /hr}
 \end{aligned}$$

### 3. Luas Permukaan Yang dibutuhkan

Ketika waktu detensi diketahui, maka luas permukaan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{(Q_{ave})(t)}{(\eta)(dw)} \dots\dots\dots (3) \\
 &= \frac{(0,0144\text{m}^3 \text{ / hr})(1,5\text{hr})}{(0,39)(0,35\text{m})} \\
 &= 0,16 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

### 4. Aspek Ratio dan Desain Hidrolik

Dimensi luas permukaan *Constructed Wetland* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \left( \frac{A}{RA} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

Ratio panjang dan lebar direncanakan P : L = 1 ½ : 1, menurut Vyzamal, 1998 dalam widyastuti, 2005, sebagian besar area vegetasi dibuat dengan aspek ratio panjang dan lebar <2 dan sebagian lagi dengan aspek ratio <1. Alasan utama untuk aspek ratio yang rendah adalah untuk mendistribusikan limbah sebesar-besarnya dengan tujuan menghindari penyumbatan (*clogging*) pada zona inlet.

Dengan ratio P : L = 1 ½ : 1, maka ;

$$W = \left( \frac{0,158}{1,5} \right)^{1/2}$$

Sebagaimana tertera di atas, maka:

$$C = 21.12 \text{ m}^2 = 21.12 \text{ m}^2 \times 1 \text{ dan } 1000 \text{ m}^2 = 21.12 \times 10^3 \text{ m}^2$$

$$w = \frac{(21.12 \times 10^3 \text{ m}^2 \times 0.25 \text{ m})}{1.2 \text{ m}^2}$$

$$= 4.36 \times 10^3 \text{ m}^2$$

2. Untuk menentukan luas ditanam:

ketika akan ditanam maka luas perkebunan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

persamaan berikut:

$$(3) \dots \dots \dots \left( \frac{0.25 \text{ m}}{1.2 \text{ m}^2} \right) = w$$

$$\left( \frac{0.25 \text{ m}}{1.2 \text{ m}^2} \right) = w$$

$$= 0.21 \text{ m}^2$$

4. Untuk menentukan luas ditanam:

ketika akan ditanam maka luas perkebunan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

persamaan berikut:

$$(4) \dots \dots \dots \left( \frac{1}{2.5} \right) = w$$

Rasio panjang dan lebar ditanam adalah 5 : 1 = 1 : 0.2, maka:

luas ditanam adalah 2000 m<sup>2</sup>, sehingga luas perkebunan dapat dihitung dengan

persamaan berikut:  $2000 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ dan } 1000 \text{ m}^2 = 2000 \times 10^3 \text{ m}^2$

Alasan untuk memilih aspek yang telah disebutkan adalah untuk

menentukan luas ditanam dengan menggunakan rumus luas perkebunan

persamaan berikut:  $2000 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ dan } 1000 \text{ m}^2 = 2000 \times 10^3 \text{ m}^2$

persamaan berikut:  $2000 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ dan } 1000 \text{ m}^2 = 2000 \times 10^3 \text{ m}^2$

$$\left( \frac{0.25 \text{ m}}{1.2 \text{ m}^2} \right) = w$$



$$= 0,33 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= 1,5 \times W \\ &= 1,5 \times 0,33 \text{ m} = 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi dimensi reaktor *Constructed Wetland* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &: 0,5\text{m} \\ \text{Lebar} &: 0,33 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &: 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Aspek ratio harus dihubungkan dengan Hukum Darcy, dengan persamaan berikut :

$$\text{Across} = dw.W = \frac{Q}{K_s.S} \dots\dots\dots (5)$$

$$K_s \text{ untuk media pasir (coarse sand)} = 1575 \text{ ft}^3/\text{ft}^2 \cdot \text{day} = 480,18 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

$$\text{Direncanakan slope} = 1\% = 0,01$$

Maka :

$$\text{Across} = \frac{0,0144}{(480,18)(0,01)} = 2,99888 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= 0,01 \times L \\ &= 0,01 \times 0,5 \text{ m} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= 0,01 \times L \\ &= 0,01 \times 0,5 \\ &= 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times \frac{100\text{cm}}{1\text{m}} \\ &= 0,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### a. Hidrolika Filtrasi Pada Reaktor

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media kehilangan energi disebabkan karena bentuk dan gaya gesek pada permukaan media untuk selanjutnya kehilangan energi terjadi karena ekspansi dari fluida yang melewati ruang pori di antara butiran media. Aliran yang melewati batuan pori adalah fungsi dari beberapa parameter dan memperkirakan digunakan pipa piezometrik (Reynold, 1981).

$$= 0.22 \text{ m}$$

$$L = 1.2 \times W$$

$$= 1.2 \times 0.22 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

Jadi dimensi struktur Concrete Retaining Wall adalah :

Panjang	: 0.2 m
Lebar	: 0.22 m
Tinggi	: 0.22 m

Aspek ratio harus dibandingkan dengan struktur lain. dengan persamaan berikut :

$$\frac{Q}{A_{net}} = \sigma \cdot W = \dots \dots \dots (3)$$

Kes untuk nilai  $Q$  pada  $Q_{max} = 12.33 \text{ kN/m}^2$  dan  $Q_{min} = 480.18 \text{ kN/m}^2$

Ditentukan slope = 1% = 0.01

Maka :

$$\text{Arens} = \frac{0.0144}{(480.18)(0.01)} = 2.9982 \times 10^5$$

$$\text{Slope} = 0.01 \times 1$$

$$= 0.01 \times 0.2 \text{ m} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Slope} = 0.01 \times 2$$

$$= 0.01 \times 0.2$$

$$= 2 \times 10^{-3} \text{ m} \times \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$= 0.2 \text{ cm}$$

**a. Mekanisme Titik Pada Retektor**

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada badan media kelebihan energi disebarkan karena bentuk dan arah gesek pada permukaan media untuk selanjutnya kelebihan energi terjadi karena ekspansi dari fluida yang melewati ruang pori di antara badan media. Aliran yang melewati badan pori adalah fungsi dari beberapa parameter dan mempengaruhi digunakan pipa piezometrik (Resyofli, 1981).

Headloss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori di antara butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan Carmant-Kozeny dan persamaan Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy Weisbach, yaitu (Reynold, 1981)

$$H_L = f \frac{LV^2}{2gD}$$

Dimana :

f = faktor gesekan

V = Kecepatan rata-rata (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

D = diameter saluran (m)

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida melewati media filter batu dan pasir :

$$N_R = \frac{\phi d V_s}{\nu}$$

$N_R$  = Reynold Number

$\phi$  = 1 untuk lapisan; 0,82 untuk pasir dibulatkan; 0,75 untuk rata-rata pasir; 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)

$V_s$  = Kecepatan filtrasi (m/detik)

$\nu$  = Kinematik viskositas (m<sup>2</sup>/detik)

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter batu

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34$$

Dimana :  $C_D$  = koefisien drag

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose

$$H = \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{V_s^2}{g}$$

Hasilnya yang terdapat pada tabel tersebut yang dapat dilihat pada bagian media dapat dilihat dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach dan persamaan Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy

Weisbach, yaitu (Rozendal, 1981)

$$H_f = \left( \frac{L V^5}{2gD^5} \right) f$$

Dimana :

- f = faktor gesekan
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- D = diameter saluran (m)
- g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida mengalir media filter pada dan pasir :

$$N_R = \frac{V d_p \rho}{\mu}$$

$N_R$  = Reynold Number

$d_p$  = 1 untuk pasir; 0,82 untuk pasir dibulatkan; 0,75 untuk pasir-batu; 0,73 untuk pasir yang dibulatkan dan pasir berair

$\rho$  = Kecepatan filterasi (m/detik)

$\mu$  = Kinetik viskositas (m<sup>2</sup>/detik)

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter pasir

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{N_R^2} + 0,34$$

Dimana :  $C_D$  = koefisien drag

Hasilnya yang terdapat pada tabel tersebut yang dapat dilihat pada bagian media dapat dilihat dengan persamaan Rose

$$H = \frac{1,067}{g} \left( \frac{L V^5}{2gD^5} \right) \left( \frac{1}{N_R} + \frac{1}{N_R^2} + 0,34 \right)$$

Dimana :

$\phi$  = faktor bentuk partikel (untuk 1 lapisan; 0,82 untuk pasir dibulatkan; 0,75 untuk rata-rata pasir; 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)

$\alpha$  = porositas

L = ketebalan media filter (m)

$V_s$  = kecepatan filtrasi (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

d = diameter saluran (m)

#### b. Perhitungan Kehilangan Tekanan Pada Reaktor *Cyperus Papyrus*

Direncanakan :

Panjang reaktor = 0,50 m

Lebar reaktor = 0,33 m

Tinggi reaktor = 0,35 m

Tinggi media = 0,30 m

Porositas pasir = 0,39 m

Suhu operasi =  $\pm 25,85^{\circ}\text{C}$ ;  $\nu = 0,9186 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$

Luas permukaan (A) = tinggi reaktor x lebar reaktor

$$= 0,35 \text{ m} \times 0,33 \text{ m}$$

$$= 0,12 \text{ m}^2$$

Debit (Q) =  $0,0144 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$

$$= 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Kecepatan aliran (V) =  $\frac{Q}{A}$

$$= \frac{1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,12 \text{ m}^2}$$

$$= 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/detik}$$

Diketahui :

- $h =$  tinggi bentuk parabol (dalam meter)  $0,82$  untuk bagian
- diatas dan  $0,72$  untuk bagian bawah (dalam meter)
- $n =$  perbandingan
- $L =$  keluasan pada hinggi (m)
- $V =$  kelurahan hinggi (m<sup>3</sup>)
- $g =$  kerapatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)
- $h =$  diameter saluran (m)

2. Perhitungan Keluasan Saluran Pada Reaktor Cibeura Irbawa

Diketahui :

- panjang saluran  $= 0,20$  m
- lebar reaktor  $= 0,75$  m
- tinggi reaktor  $= 0,35$  m
- tinggi media  $= 0,30$  m
- lebar bagian dasar  $= 0,30$  m
- lebar operasi  $= 2,28 \times 10^{-2} = 0,0228$  m
- luas permukaan (A) = tinggi reaktor x lebar reaktor
- $= 0,35 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}$
- $= 0,26 \text{ m}^2$
- Dasar (Q)  $= \frac{1,67 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,014 \text{ m}^2/\text{detik}} \times \frac{1 \text{ liter}}{1000 \text{ liter}} \times \frac{1 \text{ liter}}{0,001 \text{ detik}}$
- $= 1,21 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}$
- $\frac{Q}{A} = (V) \text{ m/detik}$
- $= \frac{1,21 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,26 \text{ m}^2}$
- $= 4,65 \times 10^{-2} \text{ m/detik}$

Tebal media (panjang reaktor) = 0,5 m

Volume filter = volume total media dan rongga

$$\begin{aligned}\text{Volume media} &= \text{luas permukaan} \times \text{tebal media} \\ &= 0,12 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,06 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume rongga untuk porositas media = 0,39

$$\begin{aligned}\text{Volume rongga} &= \text{volume air dalam filter} \\ &= \text{volume alat} \times \text{porositas} \\ &= 0,06 \text{ m}^3 \times 0,39 \\ &= 0,0234 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### 1. Perhitungan kehilangan tekanan pada reaktor *Cyperus Papyrus* dengan media pasir

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida melewati media filter batu atau pasir :

$$\begin{aligned}N_R &= \frac{\phi d V_s}{\nu} \\ &= \frac{(0,820) \times (0,003) \times (1,4 \cdot 10^{-6})}{0,9186 \cdot 10^{-6}} \\ &= 3,74918354 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter batu

$$\begin{aligned}C_D &= \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34 \\ &= \frac{24}{3,74918354 \cdot 10^{-3}} + \frac{3}{\sqrt{3,74918354 \cdot 10^{-3}}} + 0,34 \\ &= 640,393729 + 1549,362013 + 0,34 \\ &= 7951,095742\end{aligned}$$

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose, yaitu :

$$H = \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{V_s^2}{g}$$

$$H = \frac{q}{100\Delta} C^2 \frac{M_1 \cdot \mu \cdot \lambda}{I \cdot V \cdot Z^2}$$

иногда удобнее считать величину  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде:

иногда удобнее считать величину  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде:

$$= 2021700247$$

$$= 0107092224 + 1218383012 + 0734$$

$$= \frac{21101832410 \cdot (0.11461822410)}{28} + \frac{(0.11461822410)}{2} + 0734$$

$$C^2 = \frac{V \cdot Z^2}{I} + \frac{V \cdot \mu}{I} + 0734$$

иногда удобнее считать величину  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде:

$$= 21101832410$$

$$= \frac{0.11461822410}{(0.850)(0.001)(1.110)}$$

$$Z^2 = \frac{I}{C^2}$$

иногда удобнее считать:

иногда удобнее считать величину  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде:

1.  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде  $\frac{q}{100\Delta}$  в виде  $\frac{q}{100\Delta}$

$$= 0734 \text{ м}$$

$$= 0107 \text{ м}, \times 0734$$

$$= \text{иногда в виде } \times \text{ иногда}$$

$$\text{иногда в виде} = \text{иногда в виде}$$

$$\text{иногда в виде} = 0734$$

$$= 000 \text{ м}$$

$$= 017 \text{ м}, \times 0734$$

$$\text{иногда в виде} = \text{иногда в виде}$$

$$\text{иногда в виде} = \text{иногда в виде}$$

$$\text{иногда в виде} = 0734 \text{ м}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,067}{0,82} \times 7951,095742 \times \frac{1}{0,39^4} \times \frac{0,5}{0,003} \times \frac{(1,4 \cdot 10^{-6})^2}{9,81} \\
 &= 10346,12092 \times 43,22565391 \times 166,6666667 \times \\
 &\quad 1,997961264 \cdot 10^{-13} \\
 &= 1,409206542 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

## 2. Headloss (kehilangan tekanan) dalam pipa effluent

\* hf untuk pipa effluent

$$\begin{aligned}
 hf &= \left[ \frac{Q}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 &= \left[ \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,2875 \times 140 \times 0,04^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,01 = 2,01 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

\* hf (kehilangan tekanan pada belokan)

$$hb = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 60^\circ = 0,36 \text{ (triatmodjo, 1993)}$$

$$V \text{ dalam pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,04)^2} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{aligned}
 hb &= 0,36 \times \frac{(1,33 \cdot 10^{-2} \text{ m / detik})^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 3,2457 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

Headloss total yang terjadi pada pipa effluent = hf + hb

$$\begin{aligned}
 &= 2,091 \cdot 10^{-10} + 3,2457 \cdot 10^{-10} \\
 &= 5,3367 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

➤ Syarat agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke pipa effluent adalah :

(headloss yang terjadi pada reaktor) lebih kecil (<) daripada beda tinggi muka air antara reaktor dan pipa effluent yaitu 0,07 m.

$$= 1,409206542 \cdot 10^{-10} \text{ m} < 0,07 \text{ m (sesuai).}$$

$$= \frac{1000 \times 0,07}{0,25 \times 0,314 \times 0,075} = 10349,1502 \times 10^3 \times 1000000 \times 10^3$$

$$= 1,03491502 \times 10^{10}$$

$$= 1,03491502 \times 10^{10}$$

2. Hitunglah kehilangan tekanan dalam pipa effluent

\*) hitung pipa effluent

$$h_f = \left[ \frac{Q}{0,287274 \times 0,075} \right]^2 \times 10,01$$

$$= \left[ \frac{0,07}{0,287274 \times 0,075} \right]^2 \times 10,01 = 2,01 \times 10^{-10}$$

\*) kehilangan tekanan pada belokan

$$h_p = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 90^\circ = 0,75 \text{ (tabel pipa, 1997)}$$

$$V \text{ dalam pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{0,07}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,075)^2} = 1,7710^{-1}$$

$$h_p = 0,75 \times \frac{(1,7710^{-1})^2}{2 \times 9,81} = 2,2427 \times 10^{-10}$$

$$= 2,2427 \times 10^{-10}$$

\*) Kehilangan total yang terjadi pada pipa effluent =  $h_f + h_p$

$$= 2,01 \times 10^{-10} + 2,2427 \times 10^{-10}$$

$$= 2,2527 \times 10^{-10}$$

\*) Sistem akan lancar bila kehilangan dari reservoir ke pipa effluent

adalah:

(Kehilangan yang terjadi pada belokan lebih kecil <) daripada beda

tinggi maka air akan mengalir dari reservoir ke pipa effluent

$$1,4026622 \times 10^{-10} < 0,07 \text{ m (reservoar)}$$

- Syarat agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke bak effluent adalah :

(headloss total yang terjadi pada reaktor + pipa effluent) lebih kecil (<) daripada beda tinggi muka air antara reaktor dan bak effluent yaitu 0,1 m.

$$= (1,409206542 \cdot 10^{-5} \text{ m} + 5,3367 \cdot 10^{-10} \text{ m})$$

$$= 1,40926 \cdot 10^{-5} \text{ m} < 0,1 \text{ (sesuai)}$$

### 3. Kehilangan tekanan pada bak pengatur debit

Direncanakan :  $y = 0,35 \text{ m}$  dan  $B = 0,28 \text{ m}$

Luas penampang basah (tampang aliran)

$$A = B + y = 0,35 \text{ m} + 0,28 = 0,098 \text{ m}^2$$

Keliling basah

$$P = B + 2y = 0,28 + (2 \times 0,35) = 0,98 \text{ m}$$

Jari – jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,098}{0,98} = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan aliran} = Q/A = \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,098} = 1,70 \cdot 10^{-6}$$

Tekanan pada bak pengatur debit :

$$\gamma = 1,1 \text{ N/m}^3$$

$$P = \gamma \times h_0 = 0,01 \text{ N/m}^3 \times 0,35 \text{ m} = 0,385 \text{ N/m}^3$$

Kehilangan tekanan pada bak pengatur debit :

$$hf = (n \cdot V/R^{2/3}) \times L$$

$$= \left( \frac{0,010 \times 1,7 \cdot 10^{-6}}{0,1^{2/3}} \right) \times 0,5$$

$$= 3,945 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$



- hf untuk pipa pehubung bak pengatur debit dan reaktor

$$\begin{aligned}
 hf &= \left( \frac{Q}{0,2785xCxD^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left( \frac{1,67.10^{-7}}{0,2785 \times 140 \times 0,003^{2,63}} \right)^{1,85} \times 0,3 \\
 &= 1,87.10^{-5} \text{ m}
 \end{aligned}$$

- hb (kehilangan tekanan pada belokan)

$$hb = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 20^\circ = 0,055 \text{ (Triatmodjo, 1993)}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1,67.10^{-7} \text{ m}^3 / \text{det ik}}{0,0009 \text{ m}^2} = 1,86.10^{-4}$$

$$\begin{aligned}
 hb &= 0,05 \frac{(1,86.10^{-4})^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 4,73.10^{-7} \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 4. Head (tinggi Tekanan) = $H_{\text{statis}} - H_f$

Head untuk :

- Bak pengatur debit

$$H_{\text{statis}} = 0,55$$

$$H = 0,55 - (H_f \text{ total pada bak pengatur debit})$$

$$= 0,55 - (3,945.10^{-8} + 1,87.10^{-4} + 4,73.10^{-7})$$

$$= 0,549812487 \text{ m}$$

- Reaktor *Cyperus papyrus*

$$H = \text{Head}_0 \text{ (Head pada bak pengatur debit)} - H_f \text{ total pada pipa } \textit{Cyperus papyrus}$$

$$= 0,549812487 \text{ m} - 1,409206542.10^{-5}$$

$$= 0,549798395 \text{ m}$$

• Untuk pipa pengaliran pada bagian debit dan reaktor

$$H_1 = \left( \frac{Q}{0.2782707} \right)^2 = 3.1$$

$$= 1.87 \cdot 10^7 \text{ m}$$

• H<sub>2</sub> (keuntungan reaktor pada bagian)

$$H_2 = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 30^\circ = 0.022 \text{ (Timmobler 1993)}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.01701 \text{ m}^3/\text{detik}}{0.0009 \text{ m}^2} = 1.88 \cdot 10^4$$

$$H_2 = 0.02 \frac{(1.88 \cdot 10^4)^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$= 4.73 \cdot 10^7 \text{ m}$$

• H<sub>3</sub> (tinggi Tekanan) = H<sub>man</sub> - H<sub>1</sub>

head mank :

• H<sub>3</sub> bagian debit

$$H_{man} = 0.22$$

$$H_3 = 0.22 - (H_1 \text{ total pada bagian debit})$$

$$= 0.22 - (2.942 \cdot 10^7 - 4.73 \cdot 10^7)$$

$$= 0.240812487 \text{ m}$$

• Reaktor (pemisahan)

$$H_4 = H_3 - \text{head} \text{ pada bagian debit} - (H_1 \text{ total pada bagian})$$

(pemisahan)

$$= 0.240812487 \text{ m} - 4.0030024 \cdot 10^7$$

$$= 0.240809425 \text{ m}$$

- Pipa effluent

$H = \text{Head}_1$  (Head reaktor *Cyperus papyrus*) –  $H_{\text{total}}$  pada reaktor effluent

$$\begin{aligned} H &= 0,549798395 \text{ m} - 5,3367 \cdot 10^{-10} \\ &= 0,549798394 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat agar limbah bisa mengalir dari bak pengatur debit hingga bak effluent adalah :

$$\begin{aligned} \text{Head}_0 &> \text{Head}_1 > \text{Head}_2 \\ 0,549812487 \text{ m} &> 0,549798395 \text{ m} > 0,549798394 \text{ m} \end{aligned}$$

1. Analisis Regresi Linier Berganda

2. Analisis Regresi Linier Berganda

3. Analisis Regresi Linier Berganda

4. Analisis Regresi Linier Berganda

5. Analisis Regresi Linier Berganda

6. Analisis Regresi Linier Berganda

7. Analisis Regresi Linier Berganda

8. Analisis Regresi Linier Berganda

9. Analisis Regresi Linier Berganda



**B. Perhitungan Dimensi Reaktor Constructed Wetland Media Tanam Gerabah**

**1. Waktu Detensi Penyisihan COD**

Waktu yang dihitung dengan persamaan :

$$t = \frac{-\ln C}{\frac{\ln C_0}{K_T}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- C : konsentrasi effluent yang diharapkan (mg/l)
- C<sub>0</sub> : Konsentrasi influent (mg/l)
- K<sub>T</sub> : Koefesien pengaruh temperature, dihitung dengan :

$$K_T = K_{20} 1,06^{(T-20)}$$

$$K_T = 1,1 [1,06^{(T-20)}] \dots\dots\dots(2)$$

Pada analisa pendahuluan didapatkan data sebagai berikut :

- C. Konsentrasi COD : 213,15 mg/l
- D. Temperatur : 25,85<sup>0</sup>C

Sehingga dapat dihitung waktu detensinya :

$$K_T = 1,1 [1,06^{(T-20)}]$$

$$= 1,1 [1,06^{(25,85-20)}]$$

$$= 1,55$$

Dari persamaan 1 :

$$t = \frac{-\ln(20/213,15)}{1,55}$$

$$= 1,5 \text{ hari}$$

**2. Organic Loading Rate**

Organic Loading rate, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_{Org} = \frac{(C)(dw)\eta}{t} \dots\dots\dots(3)$$

- Diketahui : C = 213,15 mg/L
- η = 0,35m

$$D = 0.72 \text{ mg/l}$$

Ορισμοί: C<sub>0</sub> = 513.12 mg/l

$$K^1 = \frac{D}{(C_0 - D)} \dots \dots \dots (3)$$

Ολοκληρωμένη μορφή της εξίσωσης (3) είναι:

3' Ολοκληρωμένη μορφή της

$$= 1.72 \text{ mg/l}$$

$$K^1 = \frac{1.72}{513.12 - 1.72}$$

για βολώνισμα 1:

$$= 1.72$$

$$= 1.1 \cdot 100_{(1-20)}$$

$$K^1 = 1.1 \cdot 100_{(1-20)}$$

από την εξίσωση (3) είναι:

$$D = 1.72 \text{ mg/l}$$

$$C_0 = 513.12 \text{ mg/l}$$

για να βρεθεί η βολώνισμα χρησιμοποιώντας την εξίσωση (3):

$$K^1 = 1.1 \cdot 100_{(1-20)} \dots \dots \dots (4)$$

$$K^1 = K^2 \cdot 100_{(1-20)}$$

\* K<sup>1</sup>: βολώνισμα βολώνισμα (απόλυτο) στην εξίσωση (3)

\* C<sup>0</sup>: βολώνισμα (απόλυτο) στην εξίσωση (3)

\* C: βολώνισμα στην εξίσωση (3) στην εξίσωση (3)

Εξίσωση (3):

$$K^1 = \frac{D}{(C_0 - D)} \dots \dots \dots (5)$$

Από την εξίσωση (5) είναι:

Γ' Απολυτο βολώνισμα COD

απόλυτο

Β' Απολυτο βολώνισμα COD (απόλυτο) στην εξίσωση (3)

$$dw = 0,35 \text{ m}$$

$$t = 1,5 \text{ hari}$$

Sehingga organic Loadingnya adalah :

$$C = 213,15 \text{ mg/L} \approx 213,15 \text{ mg/dm}^3 \times 1 \text{ dm}^3/1000 \text{ m}^3$$

$$= 213,15 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3$$

$$L_{Org} = \frac{(213,15 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3)(0,35\text{m})(0,35\text{m})}{1,5\text{hari}}$$

$$= 0,017 \text{ mg COD/m}^2 \text{ /hr}$$

**3. Luas Permukaan Yang dibutuhkan**

Ketika waktu detensi diketahui, maka luas permukaan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{(Q_{ave})(t)}{(\eta)(dw)} \dots\dots\dots (3)$$

$$= \frac{(0,0144\text{m}^3 \text{ / hr})(1,5\text{hr})}{(0,35)(0,35\text{m})}$$

$$= 0,17 \text{ m}^2$$

**4. Aspek Ratio dan Desain Hidrolik**

Dimensi luas permukaan *Constructed Wetland* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = \left( \frac{A}{RA} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

Ratio panjang dan lebar direncanakan P : L = 1 ½ : 1, menurut Vyzamal, 1998 dalam widyastuti, 2005, sebagian besar area vegetasi dibuat dengan aspek ratio panjang dan lebar <2 dan sebagian lagi dengan aspek ratio <1. Alasan utama untuk aspek ratio yang rendah adalah untuk mendistribusikan limbah sebesar-besarnya dengan tujuan menghindari penyumbatan (*clogging*) pada zona inlet.

$$m = 0.25 \text{ m}$$

$$t = 1.2 \text{ hari}$$

sehingga menjadi:

$$C = 21.712 \text{ mg/L} = 21.712 \text{ mg/dm}^3 \times 1 \text{ dm}^3/1000 \text{ m}^3$$

$$= 21.712 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3$$

$$L_{00} = \frac{(21.712 \cdot 10^{-3} \text{ mg/m}^3) \cdot (0.35 \text{ m}^3/0.35 \text{ m}^3)}{1.2 \text{ hari}}$$

$$= 0.017 \text{ mg COD/m}^3$$

2. Bagaimana hasil perhitungan?

Ketika waktu desain diketahui maka hasil perhitungan dapat dihitung

dengan persamaan berikut:

$$A = \frac{(Q \cdot m)}{(V) \cdot (C)} \dots (2)$$

$$\frac{(0.017 \text{ mg} \cdot 1000 \text{ L})}{(0.35 \text{ m}^3) \cdot (0.35 \text{ m}^3)}$$

$$= 0.17 \text{ m}^2$$

4. Apakah hasil dan desain hidrolik?

Dimensi luas permukaan (Cross-section) tempat dapat dihitung dengan

persamaan berikut:

$$W = \left( \frac{A}{K} \right) \dots (4)$$

Ratio panjang dan lebar ditentukan P : L = 1 : 2 ; L menurut Vysmal

1998 dalam wilayah 2002, sehingga hasil area vegetasi dapat dengan

aspek ratio panjang dan lebar > 2 dan sehingga juga dengan aspek ratio < 1.

Alasan utama untuk aspek ratio yang rendah adalah untuk

meningkatkan luas permukaan sebagai tujuan meningkatkan

pergerakan air dengan baik.

Dengan ratio P : L = 1 ½ : 1, maka ;

$$W = \left( \frac{0,17}{1,5} \right)^{1/2}$$

$$= 0,33 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \times W$$

$$= 1,5 \times 0,33 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

Jadi dimensi reaktor *Constructed Wetland* adalah :

Panjang : 0,5m

Lebar : 0,33 m

Tinggi : 0,35 m

Aspek ratio harus dihubungkan dengan Hukum Darcy, dengan persamaan berikut :

$$\text{Across} = dw.W = \frac{Q}{K_s.S} \dots\dots\dots (5)$$

$K_s$  untuk media gerabah (*coarse sand*) = 1640 ft<sup>3</sup>/ft<sup>2</sup> . day = 500 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr

Direncanakan slope = 1% = 0,01

Maka :

$$\text{Across} = \frac{0,0144}{(500)(0,01)} = 2,88 \times 10^{-3}$$

$$\text{Slope} = 0,01 \times L$$

$$= 0,01 \times 0,5 \text{ m} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{Slope} = 0,01 \times L$$

$$= 0,01 \times 0,5$$

$$= 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

$$= 0,5 \text{ cm}$$

Diagram 1:  $1 : 1 = 1 : 1$  m

$$W = \frac{0.15}{1.2}$$

$$m = 0.125$$

$$L = 1.2 \times W$$

$$m = 0.15 \times 1.2 = 0.18$$

Jadi dimensi reaktor (dalam meter) adalah:

0.18 m	Lebar
0.22 m	Tinggi
0.25 m	Panjang

Aspek ratio harus diperhatikan dengan baik, dengan persamaan

berlaku:

$$(2) \dots \dots \dots \frac{L}{W} = \frac{H}{W} = \frac{V}{A}$$

Isi tanki media tumbuh adalah  $1000 \text{ m}^3$  dan  $200 \text{ m}^3$  air.

Ditentukan slope =  $1:8 = 0.125$

Maka:

$$\text{Area} = \frac{1000}{(0.125)(0.125)} = 64000$$

$$\text{Slope} = 0.125 \times 1$$

$$= 0.125 \times 1000 = 125 \text{ m}^2$$

$$\text{Slope} = 0.125 \times 1$$

$$= 0.125 \times 0.2$$

$$= \frac{1000}{125} \times 0.125 = 1 \text{ m}$$

$$= 0.2 \text{ m}$$

### a. Hidrolika Filtrasi Pada Reaktor

Ketika air (fluida) melewati ruang pori pada butiran media kehilangan energi disebabkan karena bentuk dan gaya gesek pada permukaan media untuk selanjutnya kehilangan energi terjadi karena ekspansi dari fluida yang melewati ruang pori di antara butiran media. Aliran yang melewati batuan pori adalah fungsi dari beberapa parameter dan memperkirakan digunakan pipa piezometrik (Reynold, 1981).

Headloss yang terjadi saat fluida melewati ruang pori di antara butiran media dapat dihitung berdasarkan persamaan Carmant-Kozeny dan persamaan Rose yang dikembangkan berdasarkan persamaan Darcy Weisbach, yaitu (Reynold, 1981)

$$H_L = f \frac{LV^2}{2gD}$$

Dimana :

$f$  = faktor gesekan

$V$  = Kecepatan rata-rata (m/detik)

$g$  = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$D$  = diameter saluran (m)

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida melewati media filter batu dan pasir :

$$N_R = \frac{\phi d V_s}{\nu}$$

$N_R$  = Reynold Number

$\phi$  = 1 untuk lapisan; 0,82 untuk pasir dibulatkan; 0,75 untuk rata-rata pasir; 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)

$V_s$  = Kecepatan filtrasi (m/detik)

$\nu$  = Kinematik viskositas (m<sup>2</sup>/detik)

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter batu

$$C_D = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34$$

2. *Statistical Analysis of Results*

Results are presented in Table 1. The first column shows the mean scores for each condition. The second column shows the standard deviations. The third column shows the *F* values for the comparisons between the conditions. The fourth column shows the *p* values for these comparisons. The fifth column shows the *d* values for these comparisons.

Results show that the mean scores for the conditions were significantly different. The *F* values were significant at the 0.05 level. The *p* values were significant at the 0.05 level. The *d* values were significant at the 0.05 level.

$$F(1, 10) = 10.00$$

- 1 = Control condition
- 2 = Condition with music (pleasant)
- 3 = Condition with music (neutral)
- 4 = Condition with music (unpleasant)
- 5 = Condition with music (no music)

Results show that the mean scores for the conditions were significantly different. The *F* values were significant at the 0.05 level. The *p* values were significant at the 0.05 level. The *d* values were significant at the 0.05 level.

$$F(4, 40) = 10.00$$

- 1 = Control condition
- 2 = Condition with music (pleasant)
- 3 = Condition with music (neutral)
- 4 = Condition with music (unpleasant)
- 5 = Condition with music (no music)

Results show that the mean scores for the conditions were significantly different. The *F* values were significant at the 0.05 level. The *p* values were significant at the 0.05 level. The *d* values were significant at the 0.05 level.

$$F(4, 40) = 10.00$$



Dimana :  $C_D$  = koefisien drag

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose

$$H = \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{Vs^2}{g}$$

Dimana :

$\phi$  = faktor bentuk partikel (untuk 1 lapisan; 0,82 untuk pasir dibulatkan; 0,75 untuk rata-rata pasir; 0,73 untuk batubara yang dihancurkan dan pasir bersudut)

$\alpha$  = porositas

L = ketebalan media filter (m)

$V_s$  = kecepatan filtrasi (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

d = diameter saluran (m)

#### b. Perhitungan Kehilangan Tekanan Pada Reaktor *Cyperus Papyrus*

Direncanakan :

Panjang reaktor = 0,50 m

Lebar reaktor = 0,33 m

Tinggi reaktor = 0,35 m

Tinggi media = 0,30 m

Porositas pasir = 0,35 m

Suhu operasi =  $\pm 25,85^{\circ}\text{C}$ ;  $\nu = 0,9186 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$

Luas permukaan (A) = tinggi reaktor x lebar reaktor

$$= 0,35 \text{ m} \times 0,33 \text{ m}$$

$$= 0,12 \text{ m}^2$$

Debit (Q) =  $0,0144 \text{ m}^3/\text{hr} \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ menit}} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ detik}}$

$$= 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dimana :  $C_1$  = koefisien drug  
 Hasilnya yang terjadi pada saat tidak melakukan terapi dengan media  
 agar dihitung dengan persamaan Rose

$$V = \frac{1000 \times (1 - A)^2}{2 \times m^2 \times x}$$

Dimana :

- $V$  = faktor bentuk partikel (untuk 1 partikel 0,85 untuk basis  
 dibulatkan 0,75 untuk rata-rata partikel 0,75 untuk partikel  
 yang dibulatkan dan partikel kasar)
- $x$  = persamaan
- $A$  = koefisien media filter (m)
- $z$  = persamaan filter (m-detik)
- $m$  = persamaan gravitasi (m-detik<sup>2</sup>)
- $L$  = diameter saluran (m)

a. Perhitungan Kelembaban Tahanan Pada Reaktor (Pengaruh Faktor

Dimana :

- Penjalar reaktor = 0,70 m
- Lebar reaktor = 0,75 m
- Tinggi reaktor = 0,85 m
- Tinggi media = 0,70 m
- Porsi media = 0,85 m
- Suhu operasi =  $25,85^{\circ}\text{C}$  =  $0,918 \times 10^3$  m-detik
- Luas permukaan (A) = tinggi reaktor x lebar reaktor  
 =  $0,75 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}$   
 =  $0,56 \text{ m}^2$
- Luas (2) =  $0,014 \text{ m}^2 \times 24 \text{ jam} = 0,336 \text{ m}^2$
- =  $1,0710^7 \text{ m}^2 \text{ detik}$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan aliran (V)} &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,12 \text{ m}^2} \\
 &= 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Tebal media (panjang reaktor) = 0,5 m

Volume filter = volume total media dan rongga

$$\begin{aligned}
 \text{Volume media} &= \text{luas permukaan} \times \text{tebal media} \\
 &= 0,12 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,06 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume rongga untuk porositas media = 0,35

$$\begin{aligned}
 \text{Volume rongga} &= \text{volume air dalam filter} \\
 &= \text{volume alat} \times \text{porositas} \\
 &= 0,06 \text{ m}^3 \times 0,35 \\
 &= 0,021 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

– **Perhitungan kehilangan tekanan pada reaktor *Cyperus Papyrus* dengan media gerabah**

Rumus penentuan bilangan Reynold pada saat fluida melewati media filter batu atau pasir :

$$\begin{aligned}
 N_R &= \frac{\phi d V_s}{\nu} \\
 &= \frac{(0,73) \times (0,003) \times (1,4 \cdot 10^{-6})}{0,9186 \times 10^{-6}} \\
 &= 3,3376878 \cdot 10^{-3}
 \end{aligned}$$

Rumus penentuan nilai koefisien drag pada media filter batu

$$\begin{aligned}
 C_D &= \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0,34 \\
 &= \frac{24}{3,3376878 \cdot 10^{-3}} + \frac{3}{\sqrt{3,3376878 \cdot 10^{-3}}} + 0,34 \\
 &= 7190,606623 + 51,927618 + 0,34 \\
 &= 7242,874241
 \end{aligned}$$

$$= 271281771$$

$$= 1107808072 + 217873018 + 0734$$

$$= \frac{271281771}{54} + \frac{217873018}{3} + 0734$$

$$C_0 = \frac{271}{54} + \frac{2178}{3} + 0734$$

Кинеша белендешти бирдүр көрсөткөчү түзүлүшүндө бирдүр өлчөмдү түзөтүрүп

$$= 271280810.$$

$$\frac{07180710}{071280810}$$

$$K^0 = \frac{1}{80,3}$$

Түзөтүрүп бирдүр өлчөмдү:

Кинеша белендешти түзүлүшүндө көрсөткөчү бирдүр өлчөмдү түзөтүрүп бирдүр өлчөмдү түзөтүрүп

— Кинеша белендешти түзүлүшүндө көрсөткөчү түзүлүшүндө

$$= 07031 \text{ м}^2$$

$$= 0700 \text{ м}^2, 2 \text{ м}^2$$

$$= \text{Кинеша белендешти}$$

$$\text{Кинеша белендешти} = \text{Кинеша белендешти түзүлүшүндө}$$

$$\text{Кинеша белендешти түзүлүшүндө} = 0732$$

$$= 000 \text{ м}^2$$

$$= 0713 \text{ м}^2, 2 \text{ м}^2$$

$$\text{Кинеша белендешти} = \text{Кинеша белендешти түзүлүшүндө}$$

$$\text{Кинеша белендешти} = \text{Кинеша белендешти түзүлүшүндө}$$

$$\text{Кинеша белендешти (Кинеша белендешти)} = 172 \text{ м}^2$$

$$= 1710 \text{ м}^2, 10000 \text{ м}^2$$

$$\frac{0715 \text{ м}^2}{170710 \text{ м}^2, 10000 \text{ м}^2}$$

$$\text{Кинеша белендешти (K)} = \frac{1}{8}$$

Headloss yang terjadi pada saat fluida melewati ruang pori diantara media dapat dihitung dengan persamaan Rose, yaitu :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{1,067}{\phi} C_D \frac{1}{\alpha^4} \frac{L}{d} \frac{Vs^2}{g} \\
 &= \frac{1,067}{0,73} \times 7242,874241 \times \frac{1}{0,35^4} \times \frac{0,5}{0,003} \times \frac{(1,4 \cdot 10^{-6})^2}{9,81} \\
 &= 586,50249 \times 66,38900 \times 166,666667 \times \\
 &\quad 1,997961 \cdot 10^{-13} \\
 &= 1,296587 \cdot 10^{-5}
 \end{aligned}$$

– **Headloss (kehilangan tekanan) dalam pipa effluent**

- hf untuk pipa effluent

$$\begin{aligned}
 hf &= \left[ \frac{Q}{0,2875 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\
 &= \left[ \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,2875 \times 140 \times 0,04^{2,63}} \right]^{1,85} \times 0,01 \\
 &= 2,01 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

- hf (kehilangan tekanan pada belokan)

$$hb = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 60^\circ = 0,36 \text{ (triatmodjo, 1993)}$$

$$V \text{ dalam pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,04)^2} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

$$\begin{aligned}
 hb &= 0,36 \times \frac{(1,33 \cdot 10^{-2} \text{ m / detik})^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 3,2457 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

Headloss total yang terjadi pada pipa effluent = hf + hb

$$\begin{aligned}
 &= 2,091 \cdot 10^{-10} + 3,2457 \cdot 10^{-10} \\
 &= 5,3367 \cdot 10^{-10}
 \end{aligned}$$

Median dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1
 \end{aligned}$$

Median (rata-rata tengah) adalah nilai tengah dari data yang telah diurutkan.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \\
 &= \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1
 \end{aligned}$$

Median (rata-rata tengah) adalah nilai tengah dari data yang telah diurutkan.

$$H = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1 \rightarrow K \text{ maka } H = 100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) = 100$$

$$\text{Median} = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1$$

$$H = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1$$

$$H = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1$$

Median (rata-rata tengah) adalah nilai tengah dari data yang telah diurutkan.

$$H = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1$$

$$H = \frac{100 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{100} = 1$$

- Syarat agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke pipa effluent adalah :

(headloss yang terjadi pada reaktor) lebih kecil (<) daripada beda tinggi muka air antara reaktor dan pipa effluent yaitu 0,07 m.

$$= 1,296587 \cdot 10^{-5} \text{ m} < 0,07 \text{ m (sesuai).}$$

- Syarat agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke bak effluent adalah :

(headloss total yang terjadi pada reaktor + pipa effluent) lebih kecil (<) daripada beda tinggi muka air antara reaktor dan bak effluent yaitu 0,1 m.

$$= (1,296587 \cdot 10^{-5} \text{ m} + 5,3367 \cdot 10^{-10} \text{ m})$$

$$= 1,296640 \cdot 10^{-5} \text{ m} < 0,1 \text{ (sesuai)}$$

– **Kehilangan tekanan pada bak pengatur debit**

Direncanakan :  $y = 0,35 \text{ m}$  dan  $B = 0,28 \text{ m}$

Luas penampang basah (tampang aliran)

$$A = B + y = 0,35 \text{ m} + 0,28 = 0,098 \text{ m}^2$$

Keliling basah

$$P = B + 2y = 0,28 + (2 \times 0,35) = 0,98 \text{ m}$$

Jari – jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,098}{0,98} = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan aliran} = Q/A = \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,098} = 1,70 \cdot 10^{-6}$$

Tekanan pada bak pengatur debit :

$$\gamma = 1,1 \text{ N/m}^3$$

$$P = \gamma \times h_0 = 0,01 \text{ N/m}^3 \times 0,35 \text{ m} = 0,385 \text{ N/m}^3$$

Kehilangan tekanan pada bak pengatur debit :

$$h_f = (n \cdot V/R^{2/3}) \times L$$

2) Sistem agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke pipa effluent adalah :

(berdasar yang terdapat pada reaktor) lebih kecil (<) daripada beda tinggi antara reaktor dan pipa effluent yaitu 0,17 m

$$= 1,20028710^6 \text{ m} < 0,17 \text{ m (sangat)}$$

3) Sistem agar limbah bisa mengalir dari reaktor ke bak effluent adalah :

(berdasar total yang terdapat pada reaktor + pipa effluent) lebih kecil (<) daripada beda tinggi antara reaktor dan bak effluent yaitu 0,1 m

$$= (1,20028710^6 \text{ m} + 2,130710^6 \text{ m})$$

$$= 1,20004010^6 \text{ m} < 0,1 \text{ (sangat)}$$

**Kebijakan reaktor pada bak pengatur debit**

Dimensikan :  $y = 0,75 \text{ m}$  dan  $h = 0,28 \text{ m}$

luas penampang basah (ampang debit)

$$A = B \cdot y + 0,75 \text{ m} + 0,28 = 0,98 \text{ m}^2$$

Ketinggian

$$P = B + 2y = 0,28 + (2 \times 0,75) = 0,98 \text{ m}$$

jarak - jarak debit

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,98}{0,98} = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 1,6710^6 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kecepatan aliran} = Q/A = \frac{1,6710^6}{0,98} = 1,7010^6$$

Tekanan pada bak pengatur debit :

$$\gamma = 1,1 \text{ N/m}^3$$

$$P = \gamma \times h = 0,01 \text{ N/m}^2 \times 0,25 \text{ m} = 0,25 \text{ N/m}^2$$

Kebijakan reaktor pada bak pengatur debit :

$$h = (0,70R^{0,5}) \times 1$$



$$= \left( \frac{0,010 \times 1,7 \cdot 10^{-6}}{0,1^{2/3}} \right) \times 0,5$$

$$= 3,945 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

- hf untuk pipa penghubung bak pengatur debit dan reaktor

$$hf = \left( \frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L$$

$$= \left( \frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,2785 \times 140 \times 0,003^{2,63}} \right)^{1,85} \times 0,3$$

$$= 1,87 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

- hb (kehilangan tekanan pada belokan)

$$hb = K \frac{V^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 20^\circ = 0,055 \text{ (Triatmodjo, 1993)}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1,67 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,0009 \text{ m}^2} = 1,86 \cdot 10^{-4}$$

$$hb = 0,05 \frac{(1,86 \cdot 10^{-4})^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 4,73 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

- **Head (tinggi Tekanan) =  $H_{\text{statis}} - H_f$**

Head untuk :

- Bak pengatur debit

$$H_{\text{statis}} = 0,55$$

$$H = 0,55 - (H_f \text{ total pada bak pengatur debit})$$

$$= 0,55 - (3,945 \cdot 10^{-8} + 1,87 \cdot 10^{-5} + 4,73 \cdot 10^{-7})$$

$$= 0,5499808 \text{ m}$$

- Reaktor *Cyperus papyrus*

$$H = \text{Head}_0 \text{ (Head pada bak pengatur debit)} - H_f \text{ total pada pipa}$$

$$\text{Cyperus papyrus}$$

$$= 0,5499808 \text{ m} - 1,296640 \cdot 10^{-5} = 0,549968 \text{ m}$$

$$= \frac{0.010417 \cdot 10^{-6}}{0.01} \cdot 0.02$$

$$= 2.042 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

• Hl untuk pipa pengaliran bak pengaliran debit dan reaktor

$$Hl = \left( \frac{Q}{0.7782 \cdot C \cdot D^{5/2}} \right)^{1.49}$$

$$= \left( \frac{1.07 \cdot 10^{-4}}{0.7782 \cdot 10 \cdot (0.02)^{5/2}} \right)^{1.49}$$

$$= 1.87 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

• Hb (keblintangan tekannan pada bak)

$$Hb = A \cdot \frac{v^2}{2g} \rightarrow K \text{ untuk belokan } 20^\circ = 0.022 \text{ (Hiramoto, 1993)}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1.07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0.0009 \text{ m}^2} = 1.86 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$Hb = 0.02 \cdot \frac{(1.86 \cdot 10^{-4})^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$= 1.73 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

• Head (tinggi Tekanan) =  $H_{sum} - H_l$

Head masuk :

• Bak pengaliran debit

$$H_{sum} = 0.22$$

$$H = 0.22 - (H_l \text{ total pada bak pengaliran debit})$$

$$= 0.22 - (2.042 \cdot 10^{-8} + 1.87 \cdot 10^{-4} + 1.73 \cdot 10^{-10})$$

$$= 0.240080 \text{ m}$$

• Reaktor (juga bak pengaliran)

$$H = H_{sum} - (H_l \text{ total pada bak pengaliran debit}) - H_l \text{ total pada pipa}$$

• Pipa bak pengaliran

$$= 0.240080 \text{ m} - (1.20000 \cdot 10^{-4} + 0.240080 \text{ m})$$

- Pipa effluent

$H = \text{Head}_1$  (Head reaktor *Cyperus papyrus*) –  $H_{\text{total}}$  pada reaktor effluent

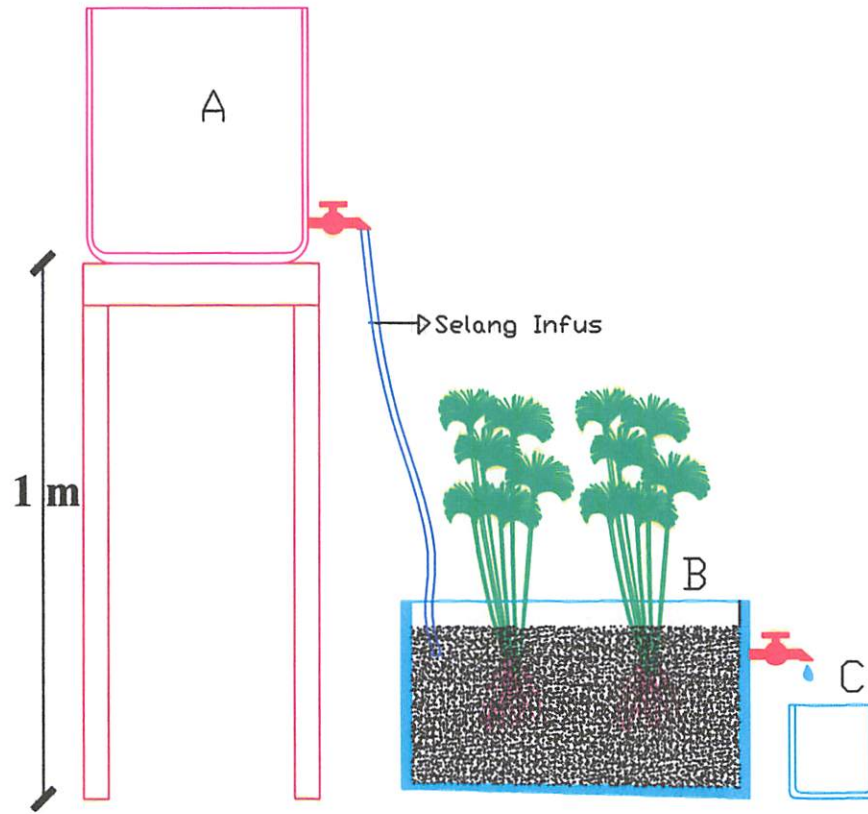
$$\begin{aligned} H &= 0,549968 \text{ m} - 5,3367 \cdot 10^{-10} \\ &= 0,549967 \text{ m} \end{aligned}$$

Syarat agar limbah bisa mengalir dari bak pengatur debit hingga bak effluent adalah :

$$\begin{aligned} \text{Head}_0 &> \text{Head}_1 &> \text{Head}_2 \\ 0,5499808 \text{ m} &> 0,549968 \text{ m} &> 0,549967 \text{ m} \end{aligned}$$

# LAMPIRAN 5

## GAMBAR DESAIN REAKTOR



**KETERANGAN :**

**A : Bak Pengatur Debit**

**B : Reaktor *Constructed Wetland***

**C : Bak Penampung Effluent**

Debit yang dialirkan 10 ml/detik

<p>NAMA : DIAN ZUSTIANINGTYAS</p> <p>NIM : 05.26.052/P</p>	<p><b>SKRIPSI</b> Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang</p>
	<p>Gambar DESAIN REAKTOR <i>CONSTRUCTED WETLAND</i></p>

СООГАЖСАНД БИЭЛЭЛЭД

ДЕЗЯН БЕАКТОР

Синдрал

Малдиг

Институт Технологии Угэснийн

Бэлдэгч Төрөлөг Зүйл дээр Үндэснийн

Тусламж Төрөлөг Үндэснийн

ЗЭВЭЛЭГ

02500234

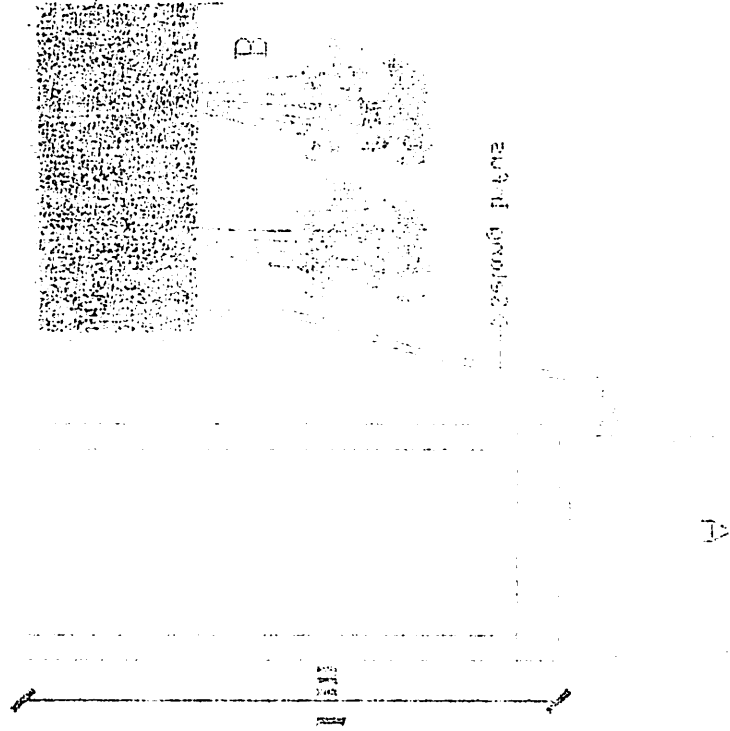
ИМТ

ДИВИЗИОНАЛЫН

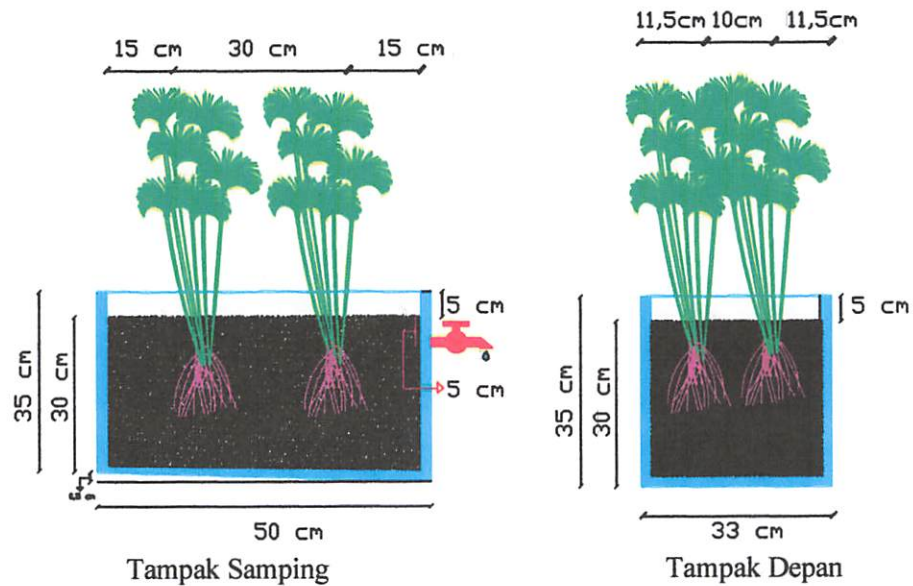
ЗЭВЭЛЭГ

Депи зүг дийлжон 10 ниймек

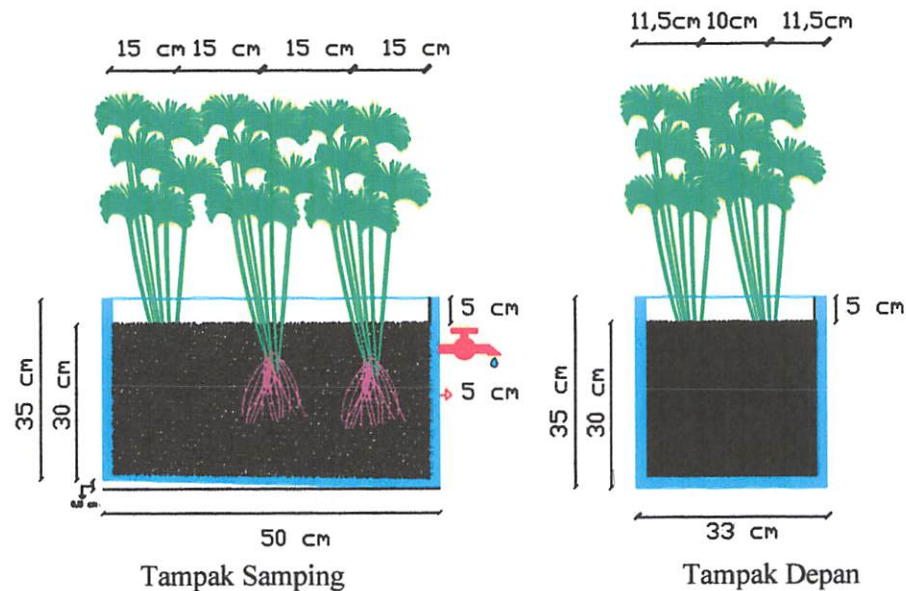
- C : БЭР БЭНЭМБЭРЭ ЭЛЭМЭН
  - B : БЭРКӨЛ СОНГОМОНСЫ НЭМЭН
  - A : БЭР БЭНЭМБЭРЭ ДЭПИ
- КРЕДИТЧИЛ:



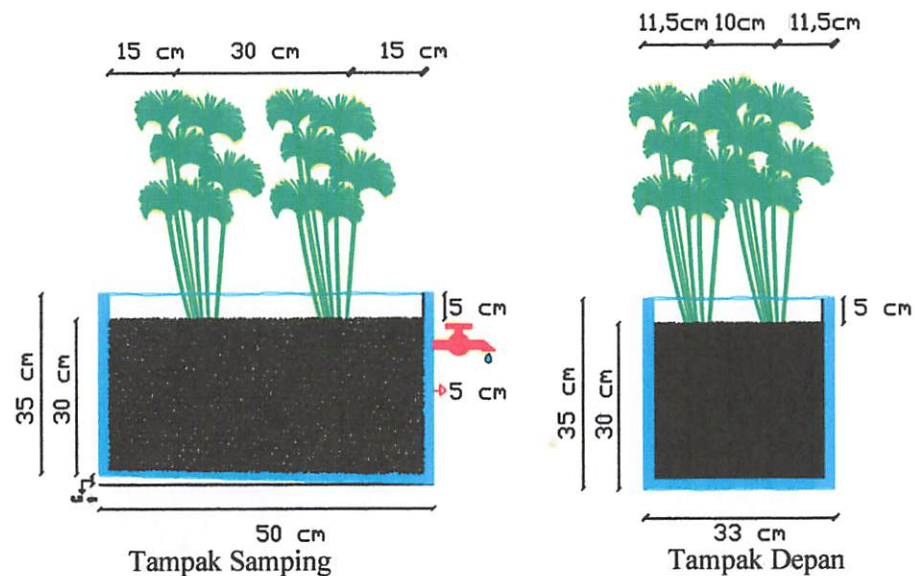
### a. Kepadatan 2 unit tanaman/reaktor



### c. Kepadatan 6 unit tanaman/reaktor



### b. Kepadatan 4 unit tanaman/reaktor



<p>NAMA : DIAN ZUSTIANINGTYAS</p> <p>NIM : 05.26.052/P</p>	<p><b>SKRIPSI</b> Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang</p>
	<p>Gambar</p> <p>UKURAN KEPADATAN TANAMAN REAKTOR <i>CONSTRUCTED WETLAND</i></p>

# LAMPIRAN 6

## DOKUMENTASI PENELITIAN

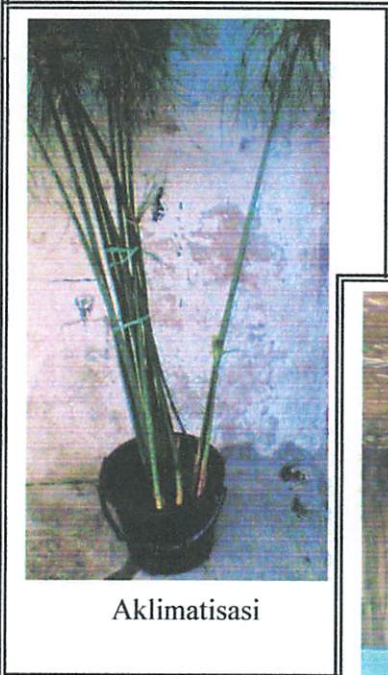




Saluran Air Buangan



Sungai Tempat Akhir  
Pembuangan Air Buangan



Aklimatisasi



Rumah Plastik



Reaktor Kontrol Pasir



Reaktor Kontrol Pasir



Reaktor Uji *Constructed Wetland Media* Pasir



Reaktor Uji Pasir



Reaktor Kontrol Gerabah



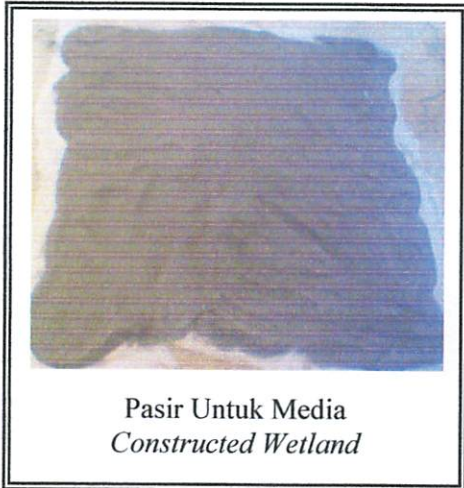
Reaktor Kontrol Pasir



Reaktor Uji *Constructed Wetland Media* Gerabah



Reaktor Uji Gerabah





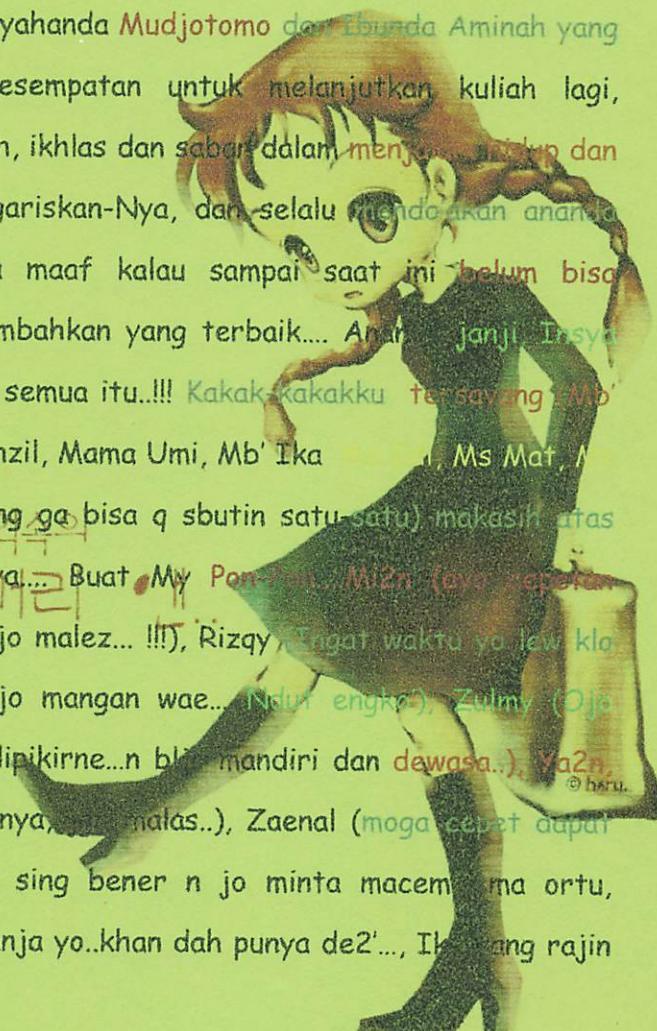
DEE berterima Kasih :

Syukur Alhamdulillah Ya Rabbi.... Atas Rahmat, Hidayah dan Kasih Sayang serta Ridhlo-Nya, hamba masih Engkau beri Iman dan Kesempatan sehingga hamba bisa menyelesaikan Skripsi ini meskipun dengan langkah yang sempit tertahan... Terima kasih atas kesempatan yang Engkau berikan untuk tetap tegak berdiri, bernafas, menikmati indahnya dunia ini dan mengabdikan kepada-Mu.....mudah-mudahan hamba-Mu ini mempersembahkan yang terbaik untuk Engkau dan selalu bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi hamba-Mu yang lain.....

Amin Allahumma amin....

Sholawat dan Salam tertuju untuk junjunganku Nabi besar Muhammad SAW, kaulah suri tauladan dalam hidupku.....

**Keluarga Besar Mudjo Tomo** "Ayahanda Mudjotomo dan Ibunda Aminah yang sudah memberikan ananda kesempatan untuk melanjutkan kuliah lagi, mengajari ananda untuk Qona'ah, ikhlas dan sabar dalam menjalanin hidup dan menerima apa yang telah di gariskan-Nya, dan selalu mendoakan ananda setiap waktu.... Ananda minta maaf kalau sampai saat ini belum bisa membahagiakan dan mempersembahkan yang terbaik.... Allah janjikan Insya Allah ananda akan mewujudkan semua itu...!! Kakak-kakakku tersayang Mb' Nur, Mb' Yah, Mb' Sus, Mb' Manzil, Mama Umi, Mb' Ika, Mb' Ika, Ms Mat, Mb' Agus dan kakakq yang laen yang ga bisa q sebutin satu-satu) makasih atas do'a, dukungan, dan nasehatnya... Buat My Pon-Pon... Mi2n (jaya nepelan ndang di rampungne skripsine, jo malez... !!!), Rizqy (ingat waktu yo lew klo genjrengan...), Rizal & Hanif (jo mangan wae... Ndur engka), Zulmy (Ojo Chating n FB an, kuliahmu ku dipikirne...n bli mandiri dan dewasa..), Ya2n, Ipan & Ido ( yang rajin blajarnya... malas..), Zaenal (moga cepet dapat kerja..), Andi & Sari (sekolah sing bener n jo minta macem-ma ortu, kasihan...), W2 (jgn bandel n manja yo..khan dah punya de2'..., Ika yang rajin



bljr n jangan bandel, bantu mama jualan yach.....) Rully (ojo ngresulo kakehan tugas..., di kerjakno wae.. semangat maju terus pantang mundur...). ^\_^

- ✦ **Buat keluarga ABE, Abe my.....** makacih dah kasih dukungan, semangat, do'a, perhatian, pelajaran hidup, nasehat, waktu dan always ada dan bisa untuk de"... Ibu Abe (makac ya mi dah di ijinkan nginep..), Herman (jangan manja.....!!! n makac dah bantu mb'), keluarga di JOMBang (makac sumbangan gentengnya...).
- ✦ **Bapak Dosen di AKL...** Pak KHambali (makac udah ngasih tambahan literatur, teman sharing, curhat dan belajar... akhirnya ananda LULUS pak.... ^\_^).. Mas Wawa (tambah cakep aja...!!! Makacih support nya), Pak Winarko (Moga acara reuni yang diselenggarakan untuk angkatn '99-'06 sukses....).
- ✦ **Temen" AKL...** Juned (smangat jun, lulus..lulus.. SMANGAT!!!), Bubah ( psty deg-degan yach, nunggu si kecil hadir ditengah-tengah kalian...), Choliz (akhirnya kesampaian juga, selamat ya choy...), Etha (thanks do'anya), n tmn" q yang laen, muup ga bisa nyebutin satu2... MIZZ U ALL...
- ✦ **Temen" seperjuangan sepenanggung...** akhirnya kita LULUS bareng ker!!! HOREE....BERHASIL...BERHASIL... Prana (q tunggu undangannya Hihi....), Angel '05 (qta barengan lulusnya...), Mega, UM, Irfan, Ifan, Evi, Baiq, Beby, I'im, Ryan, Mahatma, Mz Azizi (akhirnya kita selesai juga n bisa bernapas lega... MERDEKA... ).
- ✦ **Temen Kuliah :** Paul '05 cepat selesein proposal skripsinya, biar taon depan udah bisa lulus...., Sadi '05 (Percaya diri ma proposal skripsimu... LANJUTKAN... pasty bisa bisa...), I'in '05 semangat kerja tugas besarnya, biar cepet PKN n Skripsi..., **Deby '05** Semngat... PKN....., Adik tingkat '06 Smangat untuk **kejar PKN**, '07 n '08 **Semngat Kuliah** n Kerja Tugas n praktikum), '09 (**WELCOME in TL ITN** Malang..... **SMANGAT** yach.. )
- ✦ **Konco Dolan:** **Tante Cimot "pengganggu sejatiq"** (moga masalahmu cpet selese, n tendang tuh orang dari hatimu...q pasty kangen ma omelan n ceramahmu klo qta dah jauh...yuk otw lg...), **K'nana (Akhirnya** q lulus mbak, q kangen ma kebersamaan qta...), Rofie "ophie" (Q pusing, gara2 status qta di

✚ FB... haduh piye ki..., masa hrs jumpa pers... ^\_^), Teguh (Masterq.. makac udah bantu nyelesein tgas2 q n ngajarin aq CAD ampe bisa...). IJUP "sipil" (thanks udah kasih pinjam motornya, SMANGAT... ndang dirampungne skripsine, aq dhisikan yo.....??).

✚ **Warga Darma 1A** : Bapak dan Ibu kost (makasih atas pengertiannya selama saya pulang telat...), Adik : Lia (belajar yang rajin biar lu2s ntar), Arul (jangan gadain m'lia n dik icha terus...), Icha (bangun pagi...biar sekolah nggak telat, Laras (Suwun udah kasih pinjam laptopnya, Semangat ngerjakan proposal skripsinya, hantam saja halangan n rintangan... jangan putus asa ya non), Sukma (makac ya non, udah kasih tumpangan kerja skripsi n tugas di komptermu... kurangi narziznya, pecah nanti kameranya... SEMANGAT kerja PKN n Buat Proposal, pasty bisa koq...Key??!!!), Weny koq manyun terus....??? SMANGAT kerja skripsinya... ), Eryl (Welcome in Darma 1A, Moga betah n rajin kuliahnya..., Arel (Aq terpesona ma cara ngajarin MM k d' Lia... ), Ine n Ati (Selamat jd Maba ITN n SMANGAT kuliahnya.... )

