

# SKRIPSI

## PENURUNAN COD, TSS DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN (RPH) MENGUNAKAN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR

Oleh :  
**I PUTU WIDYANTO**  
**01.26.042**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2006**

1991912

RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER  
FOR POLYMER MATERIALS  
INDONESIA

1991  
RESEARCH CENTER  
FOR POLYMER MATERIALS

RESEARCH CENTER  
FOR POLYMER MATERIALS  
INDONESIA

1991



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PENURUNAN COD, TSS DAN WARNA PADA  
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN (RPH)  
MENGUNAKAN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR**

*Oleh:*

**I PUTU WIDYANTO  
01.26.042**

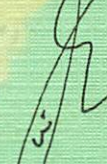
**Menyetujui :  
Tim Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**



**DR. Ir. Herv Setyobudiarso, MSI**  
NIP. 131 965 844

**Dosen Pembimbing II**



**Candra Dwiratna, ST, MT**  
NIP. P. 103 000 0349

**Mengetahui  
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**



**Sudiro, ST, MT**  
NIP. Y. 103 990 0327



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PENURUNAN COD, TSS DAN WARNA PADA  
LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN (RPH)  
MENGUNAKAN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR

Oleh:

I PUTU WIDYANTO

01.26.042

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan /Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Tanggal 15 September 2006.

Mengetahui  
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi



Ketua

Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP  
NIP.Y.103 900 0214

Sekretaris

Sudiro, ST, MT  
NIP.Y.103 990 0327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Sudiro, ST, MT  
NIP. Y. 103 990 0327

Dosen Penguji II

Evy Hendriarjanti, ST, MMT  
NIP.P. 103 030 0382



## *Om Swasti astu*

*Bila anda tak mungkin menjadi pohon pinus dipuncak bukit,  
jadilah sepasang perdu dilembah tetapi perdu terbaik di anak sungai*

*Bila tak mungkin jadi pohon yang tinggi  
jadilah pohon semak belukar yang melindungi bunga ditaman*

*Bila tak mungkin jadi pohon kecil ditengah taman  
jadilah sekedar rumput ditepi jalan yang biasa menyegarkan pandangan*

*Bila tak mungkin jadi jalan raya*

*Jadilah jalan setapak terbaik di desa*

*Bila tak mungkin jadi sang surya*

*Jadilah bintang yang paling bercahaya*

*Bukan ukuran dan takaran diri anda yang menentukan keberhasilan anda  
Melainkan manfaat yang sebenarnya yang sempat anda berikan dengan daya  
dan upaya demi kesuksesan anda*

*"HATI KU MENGERUTU OLEH KARENA AKU TAK PUNYA SEPATU  
HATIKU PASRAH TAKKALA BERTEMU DENGAN SESEORANG YANG  
TIDAK MEMPUNYAI KAKI MENYAPAKU"*



Akhirnya..... lima tahun pas putu selesai juga meraih gelar yang orang – orang sebut sarjana, 12.00 hari ini putu ingin mempersembahkan gelar ini kepada **Ida Sang Hyang Widhi**, Tuhan Putu akhirnya lulus juga tiap saat hamba mu slalu memohon petunjukmu, arahan mu dan bimbingan mu dalam menyelesaikan kewajiban putu ini, semoga segala yang putu dapat kan selama masa Brahmajari bisa bermanfaat buat putu orang tua dan orang lain.

Tidak pernah akan putu lupakan juga kepada **kedua orang tua putu bapak I wayan karya dan mama Sri utami** yang selalu dan tidak akan pernah berhenti memberi putu semangat dukungan dan kasih sayang selama putu menjalani masa perkuliahan ini, tanpa dukungan dari bapak dan mama, putu tidak akan bisa menyelesaikan kuliah ini makasih banyak. **PUTU SAYANG KALIAN**.

Dan..... Putu banyak – banyak mengucapkan makasih buat. Siapa aja ya.....sabar – sabar putu buka kerpean dulunya heeee....

✚ **Hai Komang**, **Lia** adek2 ku, maaf ya kaka suka ceramahin kalian terutama Lia, Lia kuliahnya ditingkatkan, rajin nabung ya jangan suka belanja aja, bisa kan nanti pulang sendiri kalau kaka tidak ada di malang, Hai komang belajar yang rajin biar dapat rengking katanya mau kejawa juga, jangan minta oleh2 terus.

✚ **Buat keluarga2** putu **kake nene** yang ada di belitar dan di besarang maaf putu jarang pulang dan kasih kabar. Kasih kabar ehhe dah lulus? Buat bude putu yang paling tersayang dan perhatian banget yang ada di surabaya ama yang disawojajar. Putu lulus lo.

✚ **Buat paman dan tante** putu makasih juga maaf ya putu suka tidak kasih kabar berita, heeeee jam terbangnya lagi tinggi nih!

✚ Oh ya buat yang satu ini, **seseorang** yang tidak akan pernah putu lupakan atas perhatian kasih sayangnya waktunya segalanya yang sudah diberikan buat putu, maaf kaka selalu buat adek bete ya dan suka nyusahin makasih atas dukungannya sampai detik ini. **Yayan Kaka sayang kamu**.

✚ **Buat HMTL** makasih, kalo tidak ada lo hidup gue di kampus tidak rame lo.....yang pasti karna HMTL putu bisa dapat banyak manfaat buat bekal nanti. **Terus Exsisya. SEMANGAT PARA PENGURUS MAJUKAN HMTL KITA**

✚ Buat **sahabatku riwu** ko tidak ada kabar dari kamu, asik ama kerjaannya atau ama cowonya ya? Hai putu lulus lo kasih kabar ya.

✚ Ini dia yang bikin heboh **teman2 LAB**. Heeeee.. kita lulus bareng lo akhirnya betul kan kata ku. **Buat taufik ( pak koor yang suka gemeteran tangannya, parkinsnya mas) fik sertifikatnya mana keburu bu anis**



cutilo, oh ya kamu di cari bu candra?, Ika (yang lagi jatuh cinta ama mas lumajangnya) makasih ya ka selama PKN ama TA kamu udah bantu aku, Devi (dev sarungnya jadi kamu pinjam buat taraweh tidak), indra (si biro jodoh, ketemu jodoh buat embakmu), manik (kepala desa trenggalek). Buat kalian semua SEMANGAT.

- ✦ Buat teman2 satu penelitian Widi (wid kata indra maren, kamu ada sesuatu ama taufik ya), kade (dek kasian widi jadi pengungsi terus tiap sabtu ama minggu), eva gemuk (va namamu siapa sih?), maria (mar sori tas mu maren aku yang nyembunyikan), Doro ronda ehh ina (gigi mu), noi (kencan terussss), desi gemuk ehh nila (siapa tuh cowo kemaren), lili rindu (jangan suka marah ya), wawan (wan makasihya jasnya).
- ✦ Buat angkattan 01' hermawan (ati2 naik motor), yuda,jaki, wilda (kapan kita kemah lagi), erwin, nesta, gaufur, andre, yudis, bayu, payijo, pay (dicari bu evi tuh), dodu, nensi (limbahnya dapat), tiwul, ajeng, mita, eva muslim, lili, eka, baby, teguh, jainal dan siap lagi ya..... absen2.....
- ✦ Buat adek2 angkatan 06 sampe 02 belajar yang rajin lo. Majukan jurusan kita ama HMTL ya. SELAMAT BERJUANG
- ✦ Buat teman – teman kos ku KL 42. almarhum rian (makasih dulu atas bantuannya semoga ibadahmu diterima disisiNya), almarhum mas haris (semoga ibadahmu diterima disisiNya), wawan (wan jangan tidur terus nanti otakny beku lo), imron (makasih tasnya), rian (jangan maen game terus), mujib (ati2 kalau nyelam), Nur (makasih ama komputer end motornya yang slalu ta pinjam) yusup (makasih dulu dah ngajarin aku ngetiknya), Makrub (dah kerja belum), robet (dah nikah belum), mas azis, dan yang terakhir mas gondrong aku lupa namanya heeee.....
- ✦ Karena besok mau dijilid teman – teman yang namanya tidak tersebut putu minta maaf, putu kalau buru – buru suka lupa namanya, tapi putu ingatkan orangnya, makasih buat kalian selama ini, Cepat lulus ya.

Terakhir kata Buat teman – teman semua “ Bila ada air untuk diminum dan ada makanan untuk dimakan maka tak perlu mengeluh tentang sesuatu apa pun, kalau begitu buat apa kalian merasa resah, apapun yang terjadi nanti, tetaplah berdiri diatas kepribadian diri sendiri karena diseluruh dunia tak ada manusia lain yang sama dengan kalian SEMANGAT ”

*OM Santih, santih, santih OM*



## ABSTRAKSI

Limbah yang dihasilkan oleh industri rumah potong hewan mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan bahan organik terlarut dan tersuspensi tinggi. Limbah tersebut dapat dikatakan memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dan berpotensi menjadi media biakan biota pencemar. Hal ini berakibat bau yang tidak sedap dan menjadi sumber pencemar terhadap lingkungan. Untuk mendapatkan kualitas air limbah yang baik perlu dilakukan suatu sistem pengolahan yang dapat menurunkan bahan pencemar sehingga memenuhi standart baku mutu air limbah. Mengingat besarnya biaya pengolahan air limbah tersebut maka peneliti mencari alternatif sistem pengolahan yang relatif murah, mudah dalam pengoperasiannya dan ramah lingkungan. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) untuk menurunkan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS) dan warna pada limbah cair rumah potong hewan.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi debit aliran 0,0015 m<sup>3</sup>/jam, 0,001 m<sup>3</sup>/jam, 7,5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, 6.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam dan variasi waktu pengambilan sampel yaitu 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Anaerobic Baffled Reactor* dengan menggunakan kotoran sapi sebagai media lumpur aktif untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan warna. Penelitian ini juga bertujuan mengetahui pengaruh debit aliran dan waktu pengambilan sampel untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan warna pada limbah cair rumah potong hewan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penyisihan konsentrasi COD tertinggi terjadi pada debit 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam pada waktu pengambilan sampel 12 jam sebesar 76,19 %, untuk persentase penyisihan konsentrasi TSS tertinggi terjadi pada debit 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam pada waktu pengambilan sampel 10 jam dan 12 jam sebesar 91,93 %. Sedangkan persentase penyisihan konsentrasi warna tertinggi terjadi pada debit 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam pada waktu pengambilan sampel 12 jam sebesar 42,24 %.

Kata kunci : *Anaerobic Baffled Reactor*, *Chemical Oxygen Demand* ,*Total Suspended Solids*, warna, *Rumah Potong Hewan*.



## **ABSTRACT**

The produced waste of animal slaughtering house contains protein, fat and carbohydrate with dissolved organic material and high suspended. The waste can be said has high nutrient content and have potential to be development medium of polluter biota. It cause bad smell and become waste source of the environment. To get good quality water it need treatment system that able to decrease the polluter material so fulfill the waste water standard. Consider the huge amount of the liquid waste treatment, the researcher find other alternative for cheaper treatment, easy in operation and environmental friendly. In the research, the researcher using Anaerobic Baffled Reactor (ABR) to decrease the content of Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS) and color at the waste.

This research is conducted with flow debit variation 0.0015 m<sup>3</sup>/hour, 0.001 m<sup>3</sup>/hour, 7.5 .10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/hour, 6.5 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/hour, 5.10 m<sup>3</sup>/hour and sample taking time that is 4 hour, 6 hour, 8 hour, 10 hour, and 12 hour. This research aimed at knowing the ability of Anaerobic Baffled Reactor by using cow feces as active mud medium to decrease COD content, TSS and the color. The research also aimed at knowing the flow debit and sample taking time to decrease COD, TSS, and color at liquid waste of the animal slaughtering house.

The results showed that the highest COD concentration elimination occurred at debit of 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/hour at the sample taking of 12 hours 76.19% for the highest TSS concentration elimination percentage occur at 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/hour at the sample taking time of 10 hours and 12 hours 91.93%. While the highest color concentration elimination percentage occurred at debit flow 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/hour at sample taking time 12 hour of 42.24%.

**Keywords:** Anaerobic Baffled Reactor, Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solids, Color, Animal Slaughtering House.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan atas kehadiran Ida Sang Hyang Widhi, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul *“Penurunan COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor”* tepat 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, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro , ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Anis Artiyani, ST selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Ibu Chandra Dwiratna, ST. MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
6. Ibu Tuani Lidiawati, ST. MT selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
7. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang
8. Temen-temen Teknik Lingkungan khususnya Angkatan '01 dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian 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 saya susun.

Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, Juli 2006

*Penyusun*



## DAFTAR ISI

### LEMBAR PERSETUJUAN

<b>ABSTRAKSI</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x

### BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Permasalahan .....	I-3
1.3. Perumusan Masalah.....	I-3
1.4. Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	I-4

### BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumah Potong Hewan .....	II-1
2.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan .....	II-2
2.3. Pengolahan Air Buangan Secara Biologi .....	II-3
2.4. Mikroorganisme .....	II-4
2.4.1. Pengertian.....	II-4
2.4.2. Metabolisme mikroorganisme .....	II-5
2.4.3. Pertumbuhan mikroorganisme.....	II-6
2.4.4. Faktor yang mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme .....	II-9
2.5. Proses Anaerobik.....	II-12
2.5.1. Biodegradasi Secara Anaerobik .....	II-12
2.5.2..Kelebihan Dan Kekurangan Proses Pengolahan Secara Anaerobik .....	II-13
2.5.3. Mekanisme Proses Anaerobik .....	II-14
2.5.3.1. Tahap Hidrolisa.....	II-14
2.5.3.2. Tahap Acidogenesis .....	II-14



2.5.3.3. Tahap Asetogenesis.....	II-14
2.5.3.4. Tahap Methanogenesis .....	II-14
2.5.4. Bakteri Pada Pengolahan Anaerobik .....	II-15
2.5.4.1. Bakteri Fermentasi .....	II-15
2.5.4.2. Bakteri Penghasil Hidrogen .....	II-16
2.5.4.3. Bakteri Asetogenik.....	II-16
2.5.4.4. Bakteri Methanogen .....	II-16
2.5.4.5. Bakteri Pereduksi Sulfat .....	II-17
2.6. Anaerobic Baffled Reactor .....	II-18
2.6.1. Keuntungan Anaerobic Baffled Reactor .....	II-20
2.7. Metode Pengolahan Data .....	II-20
2.7.1. Statistik Deskriptif.....	II-20
2.7.2. Statistik Inferensi .....	II-23
2.7.2.1. Analisa Korelasi.....	II-23
2.7.2.2. Analisa Regresi .....	II-24
2.7.2.3. Analisa Varian .....	II-25
2.7.2.4. Analisa Faktorial .....	II-26
2.7.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data .....	II-26

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1. Jenis Penelitian.....	III-1
3.2. Tempat dan waktu Penelitian.....	III-1
3.3. Variabel Penelitian .....	III-1
3.3.1. Variabel Terikat.....	III-1
3.3.2. Variabel Bebas.....	III-1
3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang digunakan .....	III-1
3.4.1. Reaktor Anaerobik Baffled Reaktor (ABR).....	III-1
3.4.2 Bahan .....	III-2
3.5. Cara Kerja .....	III-2
3.5.1. Pengambilan Sampel.....	III-2
3.5.2. Analisa Pendahuluan.....	III-2
3.5.3. Pelaksanaan Percobaan .....	III-2



3.5.3.1. Tahap Pembenihan(seeding) .....	III-2
3.5.3.2. Aklimatisasi .....	III-3
3.5.3.3. Tahap Oprasional .....	III-4
3.6. Metode Penelitian.....	III-4
3.6.1. Metode Analisa Percobaan .....	III-4
3.6.1.1. Permanganat value (PV) .....	III-4
3.6.1.2. Chemical Oxygen Demand (COD) .....	III-4
3.6.1.3. Total Suspended Solid (TSS) .....	III-5
3.6.1.4. Warna .....	III-5
3.6.2. Metode Statistik.....	III-5
3.7. Kerangka Konseptual .....	III-6
3.8. Kerangka Penelitian .....	III-7

#### **BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1. Karakteristik Limbah Cair RPH Malang .....	IV-1
4.2. Penyisihan Materi Organik Pada Tahap Aklimatisasi.....	IV-2
4.2.1. Pembahasan Penyisihan Organik Pada Tahap Aklimatisasi.....	IV-9
4.3. Penyisihan Konsentrasi COD .....	IV-11
4.3.1. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A.....	IV-17
4.3.2. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B.....	IV-19
4.3.3. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C.....	IV-22
4.3.4. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D.....	IV-24
4.3.5. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E .....	IV-27
4.4. Penyisihan Konsentrasi TSS .....	IV-30
4.4.1. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A .....	IV-36
4.4.2. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B .....	IV-38
4.4.3. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C .....	IV-40
4.4.4. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor D .....	IV-42
4.4.5. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E.....	IV-45
4.5. Penyisihan Konsentrasi Warna .....	IV-48
4.5.1. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A .....	IV-54



4.5.2. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B.....	IV-56
4.5.3. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C.....	IV-58
4.5.4. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor D .....	IV-60
4.5.5. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor E.....	IV-63
4.6. Sistem Perencanaan ABR .....	IV-67

## **BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Koefisien Korelasi <i>Guilford</i> .....	II-4
Tabel 4.1. Hasil analisa awal air limbah RPH Malang.....	IV-1
Tabel 4.2 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor A .....	IV-2
Tabel 4.3 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor B.....	IV-4
Tabel 4.4 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor C.....	IV-5
Tabel 4.5 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor D .....	IV-6
Tabel 4.6 Persentase Penyisihan Materi Organik Pada Reaktor E.....	IV-8
Tabel 4.7. Hasil Pengamatan Anasisa COD .....	IV-11
Tabel 4.8 Hasil Pengamatan Analisa TSS .....	IV-30
Tabel 4.9 Hasil Pengamatan Analisa Warna.....	IV-48
Tabel 4.10 Sistem Perencanaan ABR.....	IV-69



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Kontrol <i>Shewhart</i> .....	II-22
Gambar 3.1. Anaerobik Baffled Reaktor .....	III-2
Gambar 4.1. Penyisihan materi organik pada reaktor A.....	IV-3
Gambar 4.2. Penyisihan materi organik pada reaktor B.....	IV-5
Gambar 4.3. Penyisihan materi organik pada reaktor C.....	IV-6
Gambar 4.4. Penyisihan materi organik pada reaktor D.....	IV-7
Gambar 4.5. Penyisihan materi organik pada reaktor E .....	IV-9
Gambar 4.6. Persentase Penyisihan COD Pada Reaktor A .....	IV-12
Gambar 4.7. Persentase Penyisihan COD Pada Reaktor B.....	IV-13
Gambar 4.8. Persentase Penyisihan COD Pada Reaktor C.....	IV-13
Gambar 4.9. Persentase Penyisihan COD Pada Reaktor D .....	IV-14
Gambar 4.10. Persentase Penyisihan COD Pada Reaktor E.....	IV-14
Gambar 4.11. Analisa Faktorial Penyisihan COD .....	IV-16
Gambar 4.17. Persentase Penyisihan TSS Pada Reaktor A .....	IV-31
Gambar 4.18. Persentase Penyisihan TSS Pada Reaktor B .....	IV-31
Gambar 4.19. Persentase Penyisihan TSS Pada Reaktor C .....	IV-32
Gambar 4.20. Persentase Penyisihan TSS Pada Reaktor D.....	IV-32
Gambar 4.21. Persentase Penyisihan TSS Pada Reaktor E .....	IV-33
Gambar 4.22. Analisa Faktorial Penyisihan TSS.....	IV-34
Gambar 4.28. Persentase Penyisihan Warna Pada Reaktor A .....	IV-49
Gambar 4.29. Persentase Penyisihan Warna Pada Reaktor B .....	IV-49
Gambar 4.30. Persentase Penyisihan Warna Pada Reaktor C.....	IV-50

Gambar 4.31. Persentase Peyisihan Warna Pada Reaktor D .....	IV-50
Gambar 4.32. Persentase Peyisihan Warna Pada Reaktor E.....	IV-51
Gambar 4.33. Analisa Faktorial Penyisihan Warna .....	IV-52



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Salah satu hasil dari proses produksi adalah bahan sampingan yang dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, bahan tersebut dikenal dengan nama limbah yang sering dibuang langsung pada lingkungan disekitar rumah produksi. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Salah satu hal yang dapat dilakukan agar kegiatan ini tidak mencemari lingkungan adalah dengan mengolah limbah tersebut. Pengolahan dilakukan dengan tujuan mengurangi kadar limbah yang ada, sehingga diharapkan tidak mencemari apabila dibuang ke lingkungan sekitar.

Meningkatnya sektor rumah produksi juga mempunyai efek samping yaitu meningkatnya jumlah limbah atau sisa hasil produksi. Limbah tersebut dapat berupa limbah cair, limbah padat maupun limbah gas. Dalam suatu rumah produksi ketiga jenis limbah tersebut bisa dihasilkan secara bersamaan tetapi ada juga rumah produksi yang menghasilkan salah satu atau dua jenis limbah. Hal ini sangat tergantung pada proses produksi yang dijalankan oleh rumah produksi.

Setiap rumah produksi memiliki perbedaan bahan baku maupun bahan tambahan serta proses produksi dalam menghasilkan suatu produk. Oleh karena itu maka jenis limbah dan debit serta kandungan limbahnya pun berbeda, sehingga sistem pengolahan limbah yang digunakan juga berbeda. Tingkat efisiensi yang tinggi dan biaya yang murah sangat diperlukan oleh suatu rumah produksi untuk mengolah limbahnya. Sistem pengolahan limbah yang baik akan memberikan nilai lebih bagi rumah produksi tersebut di mata masyarakat.

Pada Rumah Potong Hewan (RPH), bagian ternak yang dimanfaatkan mulai dari tulang, daging dan kulit. Sehingga dapat dikatakan hampir tidak ada limbah yang dikeluarkan dari tubuh ternak selain sisa pakan, kotoran dan isi rumen. Walaupun demikian, terdapat serpihan daging, lemak dan darah yang ikut terbuang dalam limbah cair. Limbah cair dihasilkan dari kandang penampung ternak sementara, ruang potong serta pembersih rumen dan usus. Oleh karena itu,

limbah cair RPH mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan material organik terlarut dan tersuspensi yang tinggi. Limbah tersebut dapat dikatakan memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi dan berpotensi menjadi media biakan biota pencemar. Hal ini mengakibatkan timbulnya bau yang tidak sedap dan menjadi sumber pencemar terhadap lingkungan. Limbah dengan kadar bahan organik yang tinggi dapat terurai secara biologi (*biodegradable*), sehingga untuk menurunkan zat pencemar dalam limbah cair RPH dapat menggunakan prinsip pengolahan secara biologis (Slamet & Masduki, 2000). Pengolahan limbah cair secara biologis dapat dilakukan melalui proses aerobik, anaerobik, atau gabungan dari sistem aerobik dan anaerobik.

Satu alternatif pengolahan dibutuhkan untuk menurunkan beban organik, antara lain dengan menggunakan pengolahan secara anaerobik. Metode pengolahan limbah secara anaerobik dipandang sangat menguntungkan dibandingkan pengolahan secara aerobik, karena untuk pengolahan secara anaerobik tidak dibutuhkan transfer energi untuk keperluan transfer oksigen, kecilnya produksi *biomass* yang dibuang sehingga produksi jumlah lumpur juga kecil, dihasilkan produk akhir reaksi yang bermanfaat, yaitu berupa gas metan. Pengolahan limbah dengan sistem anaerobik menunjukkan bahwa system ini mampu mengolah beban organik yang sangat tinggi untuk berbagai jenis limbah serta stabil dalam mengalami *hydraulic shock loading* (kejutan beban hidrolis). Dibandingkan dengan pengolahan secara aerobik yang membutuhkan transfer oksigen, jumlah nutrien yang dibutuhkan tinggi, lumpur yang dihasilkan banyak dan kurang baik diterapkan pada limbah yang memiliki beban organik yang tinggi. Salah satu alternatif pengolahan secara anaerobik adalah dengan menggunakan *anaerobic baffled reactor* (ABR).

Pertimbangan penggunaan ABR karena kelebihan yang dimilikinya, antara lain stabil dalam mengalami *hydraulic shock loading* (kejutan beban hidrolis) dan *organic shock loading* (kejutan beban organik), lumpur yang dihasilkan sedikit, biaya pemeliharaan dan pengoperasian yang rendah (Prabowo, 2000). Penggunaan reactor ABR dalam mengolah limbah domestik menghasilkan efisiensi sebesar 70% - 95% untuk penyisihan *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan 65% - 90% untuk penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Ludwig, 1998). Untuk



penyisihan *Total Suspended Solids* (TSS) menghasilkan efisiensi sebesar 70% - 95% (Hadi, 2000). Kemudian untuk penyisihan warna dengan menggunakan reaktor ABR belum dilakukan penelitian tapi untuk penyisihan warna dengan metode anaerobik menghasilkan efisiensi sebesar 30 % sampai 50 % dengan menggunakan zat warna buatan (Bhattacharya dkk, 1990). Subjek penelitian ini adalah pengolahan limbah secara anaerobik dengan menggunakan *anaerobic baffled reactor* (ABR).

## **1.2. Permasalahan**

Pada limbah cair rumah potong hewan mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik terlarut dan tersuspensi yang relatif tinggi. Diharapkan dengan menggunakan ABR, beban organik yang cukup tinggi tersebut konsentrasinya dapat diturunkan.

*Anaerobic baffled reactor* (ABR) merupakan unit pengolahan limbah yang menggunakan proses anaerobik yang merupakan proses penguraian zat organik oleh mikroorganisme tanpa kehadiran oksigen. Sumber mikroorganisme yang digunakan berasal dari lumpur kotoran sapi yang banyak mengandung mikroorganisme.

## **1.3. Perumusan Masalah**

1. Seberapa besar kemampuan penggunaan media lumpur kotoran sapi pada *anaerobic baffled reactor* (ABR) untuk menurunkan kandungan COD, TSS dan warna.
2. Seberapa besar pengaruh debit aliran air dan variasi waktu pengambilan sampel terhadap penurunan kandungan COD, TSS dan warna pada limbah cair rumah potong hewan.

**1.4. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui tingkat penurunan COD, TSS dan warna limbah cair RPH dengan menggunakan ABR.
2. Mengetahui pengaruh debit aliran air dan variasi waktu pengambilan sampel terhadap kemampuan ABR dalam menurunkan kandungan COD, TSS dan warna limbah cair RPH.
3. Menentukan kriteria desain ABR untuk pengolahan limbah cair RPH.

**1.5. Ruang Lingkup Penelitian**

1. Limbah cair yang digunakan berupa limbah cair PD RPH Malang yang telah mengalami penyaringan.
2. Lumpur yang digunakan menggunakan lumpur kotoran sapi yang diambil pada peternakan sapi di jalan Sanan kota Malang.
3. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan lima reaktor berupa *anaerobic baffled reactor* (ABR), secara kontinyu dalam kondisi anaerobik
4. Kinerja ABR dalam menurunkan kandungan limbah cair RPH dinyatakan dalam persen efisiensi penurunan COD, TSS dan warna yang bisa diperoleh.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Rumah Potong Hewan (RPH)**

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan suatu tempat dimana dilakukan aktifitas pemotongan hewan untuk mensuplai kebutuhan daging bagi masyarakat luas. Proses pemotongan hewan di RPH cukup sederhana dan mudah. Sebelum dilakukan pemotongan, hewan-hewan yang akan dipotong biasanya ditampung dulu di kandang penampung. Penyembelihan (pemotongan) hewan akan dilakukan di ruang yang berbeda yaitu diruang penyembelihan.

Selanjutnya hewan yang telah dipotong tersebut dikuliti dan isi perutnya dikeluarkan. Kulit hewan tersebut biasanya direndam dalam air panas kemudian dibersihkan untuk selanjutnya dijual ke pabrik kulit. Sedangkan isi perut yang dikeluarkan dari tubuh hewan yang dipotong hanya diambil sebagian yaitu bagian yang dapat dikonsumsi, seperti hati, jantung, dan usus, sedangkan sisanya dibuang. Selanjutnya dilakukan pemotongan kepala, kaki, serta bagian-bagian tubuh lainnya. Hasil pemotongan tersebut selanjutnya dicuci hingga bersih lalu digantung untuk menghilangkan air bekas pencucian yang masih tersisa (Nasution, 1987).

Bila seluruh proses pemotongan hewan telah selesai maka lantai ruang penyembelihan tersebut akan dibersihkan sehingga air sisa pembersihan masuk ke saluran pembuangan.

#### **2.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan**

Aktifitas RPH terpusat pada ruang penyembelihan, oleh karena itu sebagian besar buangan RPH berasal dari tempat ini. Di dalam ruang penyembelihan dilakukan berbagai aktifitas seperti penyembelihan, pembersihan, dan pemotongan daging hewan. Proses-proses inilah yang menghasilkan banyak buangan. Buangan yang banyak dihasilkan oleh ruang penyembelihan adalah air bilasan dari proses pencucian baik dari pencucian daging hewan maupun dari pembersihan lantai ruangan.

Limbah cair rumah potong hewan (RPH) terdiri dari air bekas pencucian yang tercampur dengan feces, darah, urine, dan lemak hewan, sehingga limbah cair RPH mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik terlarut dan tersuspensi relatif tinggi.

Air buangan RPH sebagian besar terdiri dari zat organik seperti darah, tinja, bulu, lemak, daging, dan serbuk tulang. Bahan-bahan ini berada dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi. Materi-materi organik ini bersifat cepat membusuk dan menimbulkan bau (Pritasiwi,2004). Oleh karena sifat zat organik yang ada di dalam air buangan RPH ini mudah membusuk maka apabila air buangan ini dibuang langsung ke badan air penerima akan menimbulkan proses deoksigenasi atau pengurangan kadar oksigen di dalam badan air. Kadar COD, TSS dan warna yang ada di dalam air buangan RPH nilainya besar sehingga memiliki potensi yang besar untuk mencemari air dan membahayakan kehidupan organisme yang ada di dalam air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap air buangan RPH sebelum dibuang ke badan air.

### 2.3. Pengolahan Air Buangan Secara Biologi

Pengolahan air buangan secara biologi dilakukan berdasarkan suatu proses dimana suatu populasi mikroorganisme menggunakan kontaminan yang ada di dalam air buangan sebagai substrat untuk pertumbuhan dan sistesa sel. Mekanisme seperti ini terjadi pula di alam seperti sungai dan danau yang ditandai oleh adanya proses purifikasi di sungai dan danau tersebut.

Tujuan dari proses pengolahan biologis adalah untuk mengkonversikan komponen organik *biodegradable* (dapat diurai dan dikonsumsi oleh mikroba) menjadi suatu biomasa mikroba yang dapat dipisahkan dengan proses pemisahan padatan-cairan seperti pengendapan (*sedimentasi*) dan pengapungan (*flotation*). Secara umum polutan dalam air utamanya terdiri dari bahan organik terlarut dan tidak terlarut, berbagai bentuk nitrogen dan fosfat, serta bahan lain yang tidak larut dan tidak bereaksi (*inert material*) (slamet dan masduqi, 2000).

Berdasarkan kehadiran oksigen di dalam proses maka pada dasarnya ada dua sistem pengolahan air buangan secara biologis yaitu pengolahan air buangan secara *aerob* (ada oksigen) dan *anaerob* (tidak ada oksigen). Masing-masing jenis



pengolahan tersebut baik *aerob* maupun *anaerob* dapat dibagi lagi berdasarkan sistem pertumbuhan mikroorganismenya yaitu sistem pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi (*suspended growth system*) misalnya proses lumpur aktif dan sistem pertumbuhan mikroorganisme terlekat (*attached growth system*) misalnya proses biofilter. Proses pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi adalah proses pengolahan air buangan secara biologis dimana mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk mengubah materi organik terlarut atau materi lain yang terdapat di dalam air buangan menjadi gas dan sel-sel baru berada dalam kondisi tersuspensi di dalam cairan. Sedangkan proses pertumbuhan mikroorganisme terlekat adalah proses pengolahan air buangan secara biologis dimana mikroorganisme yang bertanggung jawab untuk mengubah materi organik dan materi lainnya dalam air buangan menjadi gas dan sel-sel baru terlekat pada sebuah medium yang inert seperti batu, keramik yang didesain khusus atau plastik (Metcalf & Eddy, 1991).

Kebanyakan air limbah mengandung bahan organik dengan konsentrasi relatif rendah, sehingga lebih efisien dan ekonomis jika diolah dengan proses aerobik, dimana proses ini bahan organik dikonversikan menjadi CO<sub>2</sub> dan juga biomasa mikroba anaerob. Sedangkan air limbah dengan konsentrasi bahan organik tinggi dan suspensi bahan organik seperti buangan industri dan lumpur organik, dapat pula secara efektif distabilkan secara anaerobik. Proses pengolahan air limbah secara anaerobik mengkonversikan bahan organik menjadi gas methana dan CO<sub>2</sub> dan juga biomasa mikroba anaerob (slamet dan masduqi, 2000).

Teknologi proses biologis difokuskan pada rekayasa dan rancang bangun *biorektor*, untuk mendapatkan lingkungan yang optimum bagi tumbuh kembangnya mikroba dimana di dalamnya dapat dikembangkan suatu biomasa mikroba aktif dengan konsentrasi yang tinggi. Unit proses aerobik memerlukan suatu suplai oksigen secara kontinyu untuk mendukung respirasi mikroba, sebaliknya untuk proses anaerobik tidak diperlukan oksigen karena zat ini bersifat racun bagi bakteri methanogenik (slamet dan masduqi, 2000).

Mekanisme penyisihan materi organik yang terdapat di dalam air buangan oleh mikroorganisme merupakan fenomena yang kompleks. Secara umum, mekanisme penyisihan materi organik terjadi karena tiga proses yang terjadi secara berurutan yaitu :

1. Terjadi kontak intim antar molekul substrak dengan dinding sel mikroba.
2. Transfer molekul ke dalam sel
3. Reaksi biokimia (metabolisme) di dalam sel mikroorganisme.

Sel bakteri memerlukan bahan organik dalam bentuk terlarut, sedang bentuk koloid atau yang tak larut akan diserap oleh dinding sel, yang selanjutnya akan diurai/dipecah oleh enzim ekstraselular, sehingga dapat ditransportasikan ke dalam sel (slamet dan masduqi, 2000).

## **2.4. Mikroorganisme**

### **2.4.1. Pengertian**

Mikroorganisme (mikroba, jasad renik) adalah jasad hidup yang mempunyai bentuk sangat kecil ukurannya. Sehingga tanpa bantuan alat pembesar seperti mikroskop misalnya sulit sekali untuk dilihat dan diamati secara baik.

Bentuk umum dari mikroorganisme terdiri atas sel tunggal, misalnya pada bakteri, ragi mikroalga atau protozoa. Dapat pula berbentuk filamen (serat), baik filamen semu (kalau hubungan antara sel satu dengan lainnya hanya diliputi oleh lendir atau senyawa kimia lainnya sehingga tidak ada hubungan kehidupan antara sel satu dengan lainnya), atau filamen benar (kalau hubungan antara sel satu dengan lainnya berbentuk hubungan kehidupan sehingga sukar untuk dipisahkan). Contoh filamen didapatkan pada jamur dan mikroalga. Jadi bentuk dan susunan sel pada mikroorganisme tersebut jauh berbeda dengan pada tanaman tinggi (tanaman yang biasa kita temukan) atau pada hewan, dimana sudah ada pembagian tugas dan ada organisasi koordinasi diantara sel atau kelompok sel (Suriawiria, 1977).

Ukuran sel mikroorganisme sendiri sangat kecil kalau dibandingkan dengan ukuran sel tanaman atau hewan biasa. Misalnya kalau ukuran inti sel hewan berkisar sekitar 2.800  $\mu m$ . Maka untuk sel bakteri berkisar antara 0,650 – 3.0 nm saja (Suriawiria, 1977).

#### **2.4.2. Metabolisme mikroorganisme**

Proses metabolisme yang dilakukan oleh organisme hidup, dimulai dengan mengambil bahan – bahan baku, yang seluruhnya berasal dari lingkungan fisik organisme tersebut. Lingkungan mempengaruhi setiap reaksi metabolisme yang terjadi. Lingkungan pada dasarnya menentukan penyelenggaraan metabolisme dalam dua hal, yaitu (Suriawiria,1977) :

1. menyediakan semua bahan baku yang diperlukan oleh organisme dan
2. mempersiapkan keadaan fisik dan kimia bagi terselenggaranya proses-proses metabolisme.

Oleh karena suatu organisme tersusun oleh sebagian senyawa anorganik dan sebagian lagi organik, maka suatu organisme harus memperoleh nutrisi anorganik dan organik. Semua organisme memperoleh nutrisi anorganik dalam bentuk sudah jadi atau setengah jadi dari lingkungannya. Beberapa organisme membentuk makanannya dari bahan-bahan anorganik yang diperolehnya, organisme ini disebut organisme yang ototrof. Organisme lain tidak mampu membuat makanan dari nutrisi anorganik, tetapi memperoleh nutrisi organik yang setengah jadi dari lingkungannya disebut organisme heterotrof. Dalam beberapa hal energi yang dibutuhkan untuk membuat makanan diperoleh dari cahaya matahari organisme ini disebut organisme yang berfotosintesis, sedang organisme yang energi di peroleh dari senyawa kimia, disebut aorganisme yang berkemosintesa. (Suriawiria,1977).

Suatu hal yang sangat penting dalam proses nutrisi ialah absorpsi. Absorpsi merupakan suatu proses pemindahan senyawa-senyawa dari lingkungan masuk kedalam sel dengan melalui permukaan sel. (Suriawiria,1977).

Bahan-bahan anorganik dan organik yang terlarut dalam air sebagian diabsorpsi dengan jalan difusi, dan air serta semua bahan-bahan yang terlarut sebagian lagi diabsorpsi secara kimia yang membutuhkan energi dan merupakan



hal terpenting yang dilakukan oleh sel. Apabila konsentrasi bahan-bahan yang terlarut di dalam sel lebih besar dari pada sekelilingnya, maka sel akan mengabsorpsi air secara osmotik. Nutrien yang terlarut di dalam air di absorpsi ke dalam sel dengan difusi, tetapi hanya apabila konsentrasi partikel di luar sel lebih besar dari pada di dalam sel. Peristiwa ini adalah suatu hal yang agak jarang terjadi karena secara normal konsentrasi partikel di dalam sel lebih besar dari pada diluar, sehingga kalau terjadi difusi sel-sel rambut akarlah yang akan melepaskan ion-ion ke dalam tanah. (Suriawiria,1977).

Seperti halnya jasad hidup mikroorganisme memerlukan energi dan bahan-bahan untuk membangun tubuhnya. Bahan-bahan tadi diperlukan untuk sintesa protoplasma dan bagian-bagian sel. Untuk dapat menggunakan energi dari bahan-bahan tadi, sel melakukan kegiatan yang menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan kimia. Semua reaksi terarah yang berlangsung didalam sel itu disebut metabolisme. (Suriawiria,1977).

Reaksi-reaksi yang terjadi di dalam sel hanya mungkin berlangsung dengan pertolongan katalisator organik (biokatalisator) yang disebut enzim. Enzim merupakan katalisator organik atau biokatalisator yang di hasilkan oleh sel berbentuk senyawa protein (Suriawiria,1977).

#### **2.4.3. Pertumbuhan mikroorganisme**

Bagi mikroorganisme pertumbuhan merupakan salah satu bentuk respon terhadap lingkungan fisik dan kimia yang paling penting. Pertumbuhan adalah hasil dari replikasi dan perubahan dalam ukuran sel. Mikroorganisme dapat tumbuh pada berbagai variasi kondisi fisik, kimia dan nutrisi. Bila media tempat mikroorganisme tersebut berada memiliki nutrien dalam jumlah yang cukup, maka mikroorganisme itu akan mengekstrak nutrien dari media dan mengubahnya menjadi materi biologis. Sebagian dari nutrien akan digunakan untuk produksi energi sedangkan sebagian lagi akan dipakai untuk biosintesis dan untuk membentuk produk yang lain. Penggunaan nutrien oleh mikroorganisme ini akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme yang dapat di gambarkan oleh persamaan 2.1.



Laju pertumbuhan berhubungan langsung dengan konsentrasi sel dan reproduksi sel merupakan hasil akhir dari reaksi ini (Shuler dan Kargi, 1992).

Pola pertumbuhan mikroorganisme berdasarkan jumlahnya dapat dibagi menjadi tujuh fase (Shuler dan Kargi, 1992) yaitu :

1. Fase adaptasi (*lag phase*)

Fase adaptasi terjadi segera setelah inokulasi dilakukan. Fase ini mewakili waktu yang dibutuhkan oleh sel mikroorganisme untuk beradaptasi dan mengaklimatisasi lingkungan yang baru. Mikroorganisme akan mengorganisasi kembali materi molekular yang mereka miliki ketika mikroorganisme tersebut dipindahkan ke media yang baru. Selama fase adaptasi, massa sel hanya sedikit meningkat tapi densitas jumlah sel tidak meningkat. Fase adaptasi, dapat berlangsung dalam waktu yang lama, bila konsentrasi nutrien dan faktor penunjang pertumbuhan (*growth factors*) tidak mencukupi.

2. Fase logaritmit (*log phase*)

Pada fase logaritmik, sel telah beradaptasi dengan lingkungan barunya. Setelah periode adaptasi, sel akan berkembang biak dengan cepat. Massa sel dan jumlah sel akan meningkat secara eksponensial dengan waktu. Karena konsentrasi nutrien pada fase ini sangat besar maka laju pertumbuhan tidak tergantung pada konsentrasi nutrien.

3. Fase penurunan pertumbuhan (*declining growth*)

Pada fase penurunan pertumbuhan, pertumbuhan sel akan melambat karena berkurangnya satu atau lebih nutrien penting atau karena adanya akumulasi materi toksik yang merupakan hasil sampingan dari proses pertumbuhan. Untuk mengatasi keterbatasan nutrien atau akumulasi buangan ini maka akan terjadi restrukturisasi sel agar sel tersebut dapat bertahan dalam kondisi lingkungan yang serba terbatas.

4. Fase stasioner (*stationary phase*)

Fase stasioner akan dimulai pada akhir fase penurunan pertumbuhan yaitu ketika laju pertumbuhan sel netto adalah nol atau ketika laju pertumbuhan sel sama dengan laju kematian sel. Pada fase ini, populasi mikroorganisme tidak mengalami perubahan. Meskipun laju pertumbuhan sel netto adalah nol

selama fase stasioner, sel tetap aktif melakukan metabolisme non pertumbuhan. Selama fase stasioner, satu atau lebih fenomena di bawah ini dapat terjadi yaitu :

- a. konsentrasi total massa sel tetap konstan, tapi jumlah sel yang dapat bertahan hidup menurun.
- b. Sel mengalami lisis dan massa sel yang dapat bertahan hidup menurun
- c. Sel tidak mengalami pertumbuhan tapi dapat melakukan metabolisme untuk memproduksi metabolisme sekunder.

5. Fase *increasing death*

Fase ini ditandai oleh adanya penurunan populasi mikroorganisme yang cukup banyak

6. Fase *log death*

Selama fase ini, laju kematian mikroorganisme melebihi laju produksi sel mikroorganisme yang baru. Laju kematian biasanya merupakan fungsi dari populasi mikroorganisme yang bisa bertahan hidup dan karakteristik lingkungan dimana mikroorganisme tersebut hidup.

7. Fase *death* (fase kematian)

Fase ini berarti kematian telah terjadi diseluruh kultur dan siklus pertumbuhan telah lengkap.

Berdasarkan massa mikroorganisme, pola pertumbuhan mikroorganisme dapat dibagi menjadi tiga fase (Shuler dan Kargi, 1992) yaitu:

1. Fase logaritmik (*log phase*)

Fase logaritmik berdasarkan massa mikroorganisme mencakup fase adaptasi dan fase logaritmik pada pola pertumbuhan berdasarkan jumlah mikroorganisme. Fase logaritmik dimulai sesaat setelah mikroorganisme berkontak dengan substrat (media). Massa sel meningkat sebelum pembelahan sel terjadi. Pada fase logaritmik terdapat kelebihan makanan di sekeliling mikroorganisme. Laju pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme hanya dibatasi oleh kemampuan mikroorganisme untuk memproses substrat. Pada akhir fase logaritmik, mikroorganisme tumbuh dengan laju maksimum. Pada saat yang sama, mikroorganisme menyisihkan materi organik dari media dengan laju maksimum pula.



## 2. Fase penurunan pertumbuhan (*declining growth phase*)

Pada fase ini keterbatasan makanan menyebabkan laju pertumbuhan mikroorganisme menurun. Karena mikroorganisme telah menurunkan konsentrasi makanan di media, maka laju pertumbuhan menjadi semakin berkurang.

## 3. Fase endogen (*endogenous phase*)

Pada saat pertumbuhan mikroorganisme terhenti, konsentrasi makanan berada pada kondisi minimum. Bila mikroorganisme membutuhkan lebih banyak makanan, mereka terpaksa memetabolisme protoplasma mereka sendiri bersamaan dengan metabolisme makanan yang ada di dalam media. Rasio massa mikroorganisme dengan konsentrasi makanan tetap konstan selama fase endogen. Bila massa mikroorganisme mengalami penurunan maka laju metabolisme akan menurun juga.

### 2.4.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme

Mikroorganisme dapat hidup di berbagai jenis lingkungan karena berukuran kecil dan mudah terdispersi, memerlukan sedikit ruang, dan hanya membutuhkan sedikit sekali nutrisi. Selain itu mikroorganisme juga mampu beradaptasi bila terjadi perubahan lingkungan.

Jenis mikroorganisme yang di temukan pada lingkungan tertentu serta laju pertumbuhan mikroorganisme tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu faktor fisik dan biokimia. Faktor fisik yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme antara lain adalah pH, temperatur, konsentrasi oksigen, kelembaban, tekanan hidrostatik, tekanan osmotik, dan radiasi. Faktor biokimia (nutrien) yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme adalah ketersediaan karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, dan trace element.

Faktor-faktor fisik yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (Black, 1999) adalah :

#### > pH

Mikroorganisme memiliki pH optimum yaitu pH yang memungkinkan mikroorganisme tersebut dapat tumbuh maksimal. Nilai pH yang optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme berkisar antara 6,5-7,5. hampir semua mikroorganisme tidak dapat tumbuh secara optimal pada pH diatas atau

dibawah pH optimumnya. Aktivitas biologis dapat merubah nilai pH. Bakteri methan sangat sensitif terhadap perubahan pH. Nilai pH dan stabilitas pH dalam reaktor sangat penting karena kecepatan terhadap methanogenesis akan tinggi apabila pH netral.

➤ **Temperatur**

Semua proses dalam pertumbuhan tergantung pada reaksi kimia dan laju reaksi ini di pengaruhi oleh temperatur.

Kisaran temperatur yang memungkinkan organisme tumbuh ditentukan terutama oleh temperatur dimana enzim yang dimiliki oleh organisme tersebut dapat berfungsi. Dalam kisaran temperatur ini, ada tiga titik kritis temperatur yaitu :

1. Temperatur minimum, yaitu temperatur terendah yang masih memungkinkan sel untuk membelah ;
2. temperatur maksimum, yaitu temperatur tertinggi yang masih memungkinkan sel untuk membelah ;
3. temperatur optimum, yaitu temperatur dimana sel dapat membelah dengan laju paling maksimal.

Bila temperatur dinaikan melebihi temperatur optimum, maka komponen sel yang sensitif terhadap temperatur, seperti enzim, akan mengalami denaturasi dan laju pertumbuhan mikroorganisme akan turun dengan cepat. Temperatur yang berada di bawah temperatur optimum biasanya memiliki pengaruh yang cukup berarti terhadap pertumbuhan mikroorganisme dibandingkan temperatur yang berada diatas temperatur optimum. Berdasarkan hasil penelitian ternyata laju pertumbuhan mikroorganisme bertambah dua kali lipat setiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$  hingga temperatur optimum tercapai (metcalf & Eddy,1991). Bakteri memiliki kisaran temperatur tertentu yang memungkinkan bakteri dapat tumbuh dengan baik. Berdasarkan kisaran temperatur tersebut, bakteri dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok :

- Psikrofilik —————> tumbuh dengan baik pada temperatur  $15^{\circ}\text{C}$ - $20^{\circ}\text{C}$
- Mesofilik —————> tumbuh dengan baik pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ - $40^{\circ}\text{C}$
- Termofilik —————> tumbuh dengan baik pada temperatur  $50^{\circ}\text{C}$ - $60^{\circ}\text{C}$

Pada masing-masing klasifikasi kelompok tersebut, bakteri dapat dibedakan lagi menjadi dua jenis yaitu obligat dan fakultatif. Obligat berarti organisme tersebut harus berada pada kondisi lingkungan yang sensitif. Sedangkan fakultatif berarti organisme tersebut mampu mentolerir kondisi lingkungan yang ada bahkan dapat hidup di lingkungan yang berbeda dengan biasanya.

➤ Oksigen

Organisme yang menggunakan molekul oksigen sebagai akseptor elektronnya disebut anaerob. Untuk organisme aerob, oksigen adalah faktor lingkungan yang menjadi pembatas laju pertumbuhan. Organisme fakultatif dapat menggunakan oksigen atau molekul kimia yang lain sebagai akseptor elektronnya. Obligat aerob tidak mampu tumbuh tanpa kehadiran oksigen sedangkan obligat anaerob dapat mati bila ada oksigen.

➤ Kelembaban

Semua sel yang aktif membutuhkan lingkungan air. Tidak seperti organisme yang berukuran besar yang memiliki lapisan pelindung serta lingkungan cairan internal, organisme bersel satu langsung bersentuhan dengan lingkungannya. Hampir semua sel vegetatif hanya dapat hidup beberapa jam tanpa kelembaban. Hanya organisme yang berbentuk spora yang dapat hidup di lingkungan yang kering tanpa air.

➤ Tekanan hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang dimiliki oleh air yang tidak bergerak yang nilainya proporsional dengan kedalamannya. Beberapa jenis mikroba dapat hidup didalam samudra dengan tekanan lebih dari 16.000 pound tiap inci persegi, dan mikroba semacam ini disebut kelompok barofil. Bakteri ini akan mati bila diletakkan selama beberapa jam pada tekanan atmosfer standard. Spora bakteri dapat tahan terhadap tekanan 180.000 pound/inci persegi selama 14 jam. Tekanan diatas 100.000 pound/inci persegi dapat menyebabkan denaturasi protein dan inaktivasi enzim. Selain itu tekanan yang tinggi menyebabkan mengikatnya beberapa reaksi kimia, pengecilan volume koloid organik enzim, molekul dan juga menaikkan viskositas cairan dan disosiasi elektrolitnya.

➤ Tekanan osmotik

Semua mikroorganisme memiliki membran yang bersifat selektif permeabel. Membran sel ini memungkinkan air untuk bergerak secara osmosis antara sitoplasma sel dan lingkungan sekitar sel. Lingkungan yang mengandung materi terlarut mempunyai tekanan osmotik dan tekanan osmotik ini mungkin nilainya melebihi tekanan yang dimiliki oleh materi terlarut yang terdapat didalam sel. Bila hal ini terjadi maka sel akan kehilangan air yang ada didalam tubuhnya dan akan mengkerut. Kondisi ini disebut plasmolisis.

➤ Radiasi

Pada umumnya cahaya mempunyai daya merusak terhadap mikroba yang tidak mempunyai pigmen fotosintesa. Energi radiasi yang berasal dari cahaya matahari diabsorpsi oleh sel mikroba, maka akan menyebabkan terjadinya ionisasi komponen-komponen sel. Ionisasi molekul-molekul tertentu dari protoplasma dapat menyebabkan kematian mikroba, perubahan-perubahan genetik atau dapat pula menghambat pertumbuhan. Energi radiasi dari sinar X, sinar gamma dan terutama sinar ultraviolet banyak digunakan dalam praktek sterilisasi, pengawetan bahan makanan.

## **2.5. Proses Anaerobik**

Pengolahan anaerobik merupakan pengolahan yang tidak membutuhkan oksigen pada prosesnya (Prabowo,2000). Jenis pengolahan ini cocok diterapkan apabila limbah yang akan diolah mempunyai konsentrasi zat organik yang tinggi. Pada proses ini volume lumpur yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan pada proses aerobik dan adanya kemungkinan untuk recovery energi dari gas metana yang dihasilkan dari proses.

### **2.5.1. Biodegradasi Secara Anaerobik**

Mekanisme terpenting dalam penurunan bahan organik pada sistem pengolahan secara biologis adalah metabolisme bakteri. Dimana metabolisme memiliki arti penggunaan bahan organik, baik sebagai sumber energi maupun sebagai sumber sintesa sel. Metabolisme terbagi atas katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah penggunaan bahan organik sebagai sumber energi yang akan di rubah menjadi bentuk akhir yang lebih stabil. Anabolisme adalah proses



pengubahan dan penyerapan bahan-bahan organik menjadi massa sel. Anabolisme adalah proses penggunaan energi dimana proses tersebut terjadi apabila katabolisme juga terjadi untuk penyediaan energi yang dibutuhkan untuk pembentukan sel. Hasil dari proses katabolisme adalah gas metan dan karbon dioksida, hasil dari anabolisme adalah peningkatan massa bakteri yang dapat diketahui melalui peningkatan konsentrasi *volatile suspended solids* (VSS) (Prabowo, 2000).

### 2.5.2. Kelebihan Dan Kekurangan Proses Pengolahan Secara Anaerobik

Pengolahan anaerobik telah banyak digunakan menjadi system pengolahan bagi air limbah baik dengan beban tinggi maupun rendah. Kondisi ini didukung dengan adanya pertimbangan kelebihan dan keterbatasan pengolahan anaerobik itu sendiri (Prabowo, 2000).

#### A. Kelebihan pengolahan anaerobik

1. kecilnya produksi *biomass* yang dibuang sehingga produksi jumlah Lumpur juga kecil.
2. Lumpur yang terbuang, dalam keadaan stabil dan mudah untuk *dewatering*.
3. Menbutuhkan nutrient yang rendah
4. Tidak membutuhkan transfer energi untuk keperluan transfer oksigen
5. dihasilkan produk akhir reaksi yang bermanfaat, yaitu berupa biogas misalnya metan.
6. Lumpur anaerobik yang aktif dapat disimpan dalam beberapa bulan
7. Pembebanan yang sangat tinggi dapat diterapkan dalam kondisi yang baik

#### B. Kekurangan pengolahan anaerobic

1. proses anaerobik merupakan proses yang sensitif
2. periode waktu yang dibutuhkan untuk proses start-up relatif lama. Hal ini diakibatkan karena lambatnya kecepatan pertumbuhan dari bakteri anaerobik itu sendiri.
3. Proses degradasi secara anaerobik merupakan pengolahan awal dimana biasanya diperlukan proses lanjutan sebelum limbah terolah dibuang ke badan air penerima.

### 2.5.3. Mekanisme Proses Anaerobik

Metabolisme anaerobik dibagi menjadi empat tahapan proses, yaitu hidrolisa, acidogenesis, asetogenesis, dan methanogenesis (Headel, 1994).

#### 2.5.3.1. Tahap Hidrolisa

Tahap awal proses anaerobik adalah hidrolisa terhadap senyawa organik kompleks menjadi molekul yang sederhana. Proses hidrolisa terhadap bahan organik ini melalui enzim yang dihasilkan bakteri fermentasi. Polimer seperti selulosa, protein, karbohidrat dipecah menjadi monomer. Selulosa dipecah menjadi cellbiose dan gula. Protein diubah menjadi asam amino dan polipeptida. Lemak menjadi galaktosa, gliserol, dan asam-asam lemak berantai panjang.

#### 2.5.3.2. Tahap *Acidogenesis*

Pada tahap ini komposisi asam amino diubah menjadi asam lemak volatile, alkohol, asam lactic dan komponen mineral seperti  $H_2$ ,  $CO_2$ , ammonium. Bentuk senyawa tersebut merupakan hasil kegiatan dari bakteri fermentasi, yang paling banyak dijumpai adalah bakteri obligate. Beberapa diantaranya adalah fakultatif dan dapat menguraikan bahan organik melalui *oxidative pathway*. Hal ini penting dalam penguraian anaerobik, dimana oksigen terlarut dapat menjadi racun terhadap bakteri anaerobik obligate seperti methanogen. Asam lemak volatile dapat berupa asam propinat dan asam butirir. Tingginya kandungan organik mengakibatkan peningkatan akumulasi produksi asam.

#### 2.5.3.3. Tahap *Asetogenesis*

Produk dari acidogenesis akan diubah menjadi produk akhir untuk produksi methan, yaitu berupa; asetat, hidrogen dan karbondioksida. Pada tahap asetogenesis, hasil utama dari proses asidogenesis 70% diubah menjadi asam asetat oleh kelompok bakteri asetogenesis. Hasil tahap asedogenesis diubah menjadi asam asetat, hidrogen ( $H_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ). Pembentukan asam asetat kemungkinan disertai dengan pembentukan hidrogen ( $H_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ).

#### 2.5.3.4. Tahap *Methanogenesis*

Pada tahap ini terjadi pembentukan gas methan dari senyawa asetat, karbondioksida dan hidrogen oleh bakteri penghasil methan. Dalam keseluruhan proses, konversi substrat ditentukan oleh karakteristik kinetik dari fase yang

paling lambat. Dimana hal ini juga ditentukan oleh komposisi substrat. Untuk substrat yang tidak terlarut seperti selulosa, tahap hidrolisa merupakan tahap yang paling penting dari keseluruhan proses degradasi, kecepatan hidrolisa ditentukan oleh batasan mikrobiologis (waktu generasi, hidrolisa selulosa) serta karakteristik fisik dan kimia substrat. Maka bakteri asetonik dan methanigen merupakan *rate limiting*. Namun apabila air buangan mengandung *suspended solid* yang tinggi maka *rate limitingnya* adalah bakteri fermentasi pada tahap hidrolisa.

#### **2.5.4. Bakteri Pada Pengolahan Anaerobik**

Pada pengolahan anaerobik terdapat dua kelompok bakteri yang terlibat didalam proses, yaitu bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk metan (Rahmawati,1999). Kestabilan proses anaerobik tergantung pada keseimbangan kelompok bakteri yang terlibat. Adanya penurunan produksi gas, peningkatan produksi gas *intermediet* asam volatile (asetat dan propionat) akan berakibat terjadinya penurunan efisiensi removal yang menandakan adanya gangguan pada sistem. Bakteri-bakteri anaerobik yang terlibat adalah bakteri fermentasi, bakteri penghasil hidrogen, bakteri acetogenik, bakteri methanogen, dan bakteri pereduksi sulfat (Prabowo, 2000).

##### **2.5.4.1. Bakteri Fermentasi**

Kelompok bakteri ini berperan dalam mengubah senyawa organik kompleks pada tahap hidrolisis dan asidogenesis. Bakteri ini menghasilkan exoenzim untuk menghidrolisa senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana. Kisaran pH dalam proses fermentasi adalah 5,5 sampai 6,5 dengan pH optimum 6,5. Bakteri pembentuk asam akan melakukan fermentasi glukosa dengan hasil campuran asam asetat, asam propionat dan asam butirat.

Pada umumnya bakteri fermentasi membutuhkan CO<sub>2</sub> dan asam organik sebagai sumber karbon, amonia sebagai sumber nitrogen, sulfida sebagai sumber sulfur dan vitamin B dan garam-garam mineral terutama garam-garam sodium, produk akhir methabolisme bakteri fermentasi tergantung pada substrat dan kondisi lingkungan. Pada nilai yang tinggi akan terbentuk asam propionat asam-asam organik seperti laktat dan ethanol, sedangkan pada nilai yang lebih rendah akan terbentuk asam-asam asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Reaksi pembentukan asam butirat

menghasilkan akumulasi hidrogen sebaliknya pembentukan asam propionat membutuhkan hidrogen. Salah satu bakteri fermentasi adalah *Bacteroidesruminpcola*.

#### 2.5.4.2. Bakteri Penghasil Hidrogen

Bakteri penghasil hidrogen berperan dalam mengubah propionat dan asam-asam organik yang lebih tinggi dari asam asetat seperti alkohol menjadi asetat dan CO<sub>2</sub>. Sehingga bagi bakteri ini peran H<sub>2</sub> sangat penting. Proses anaerobik dipengaruhi oleh kandungan hidrogen dalam lingkungan pengolahan. Dengan demikian peran bakteri *asetogenik* penghasil H<sub>2</sub> dan penggunaan H<sub>2</sub> sangat penting untuk mencegah terjadinya akumulasi konsentrasi H<sub>2</sub> dalam reaktor.

#### 2.5.4.3. Bakteri Asetogenik

Peran dari bakteri asetogenik mengubah asam propionat dan asam butirat ke bentuk asam asetat. Bakteri ini sangat penting pada proses penguraian anaerobik karena sebagai penghasil asetat. Dimana pembentukan gas metan lebih besar berasal dari asam asetat sebesar 70% dari total gas hasil konversi. Bakteri ini juga berperan dalam proses penggunaan H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>.

Dalam perubahan glukosa ke asam asetat akan menyebabkan bakteri pembentuk asam mendapatkan energi untuk pertumbuhannya. Selain itu juga menyediakan substrat dasar bagi bakteri pembentuk metan. Hal ini disebabkan kelompok bakteri pembentuk metan tidak dapat secara langsung memanfaatkan asam propionat dan asam butirat menjadi bentuk metan. Salah satu bakteri asetogenik adalah *Methanobacillus omcllianskii* dan *Desulfovibrio desulfuricans*.

#### 2.5.4.4. Bakteri Methanogen

Kelompok bakteri ini merupakan bakteri obligat anaerobik yang hanya menggunakan sejumlah substrat sederhana dalam jumlah yang terbatas untuk pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Bakteri pembentuk metan dapat tergantung oleh akumulasi pembentukan hidrogen. Konsentrasi hidrogen sangat penting untuk dipertahankan pada tingkat rendah. pH optimum dalam pertumbuhan bakteri pembentuk metan adalah 6,8 sampai 7,2. bakteri methanogen terdiri dari dua kelompok besar berdasarkan donor elektron (Pohland, 1992), yaitu:



#### A. *Aceticlastic Methanogens*

Pemeran utama bakteri ini adalah *Methanosarcina* dan *Methanosaeta*. Bakteri ini pertumbuhannya relatif lambat yaitu membutuhkan waktu 24 jam untuk pembelahan sel. Bakteri ini hanya dapat mengoksidasi asam asetat ke bentuk campuran karbondioksida dan metan. Bakteri ini belum mampu menggunakan hidrogen dan karbondioksida atau format sebagai energi substrat.

Bakteri *aceticlastic* methanogens masih dapat bertoleransi dengan adanya kandungan oksigen terlarut meskipun merupakan bakteri obligat anaerobik.

#### B. *Hydrogen-Oxidizing Methanogens*

*Hydrogen-Oxidizing Methanogens* merupakan bakteri yang sepenuhnya *obligat anaerobik* yang memerlukan energi dari oksidasi hidrogen dan sumber karbon berasal dari karbondioksida. Proses pembelahan sel bakteri ini termasuk rendah, yaitu 1-4 jam dimana lebih tinggi dari pada pembelahan sel bakteri *aceticlastic methanogens*. Beberapa jenis dari bakteri ini dapat menggunakan asam format sebagai satu-satunya substrat. Proses ini disebabkan karena asam formal mudah dikonversi ke bentuk karbondioksida dan hidrogen:

Bakteri methanogens dapat terganggu oleh adanya akumulasi hidrogen. Hidrogen ini merupakan hasil yang dibentuk oleh bakteri pembentuk hidrogen pada tahap sebelum methanogenesis. Cara bakteri methanogen untuk mencegah terjadinya akumulasi yaitu dengan menggunakan  $H_2$  untuk proses konversi asam asetat ke bentuk metan.

#### 2.5.4.5. Bakteri Pereduksi Sulfat

Bakteri pereduksi sulfat menghasilkan asetat,  $H_2$  dan sulfida dimana zat ini digunakan sebagai substrat oleh bakteri methanogen. *Sulfate Reducing Bacteria* (SRB) sering ditemukan dalam lingkungan pengolahan anaerobik. Proses methanogenesis tidak terjadi apabila kadar sulfat tinggi, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor (Hadi, 2000) :

1. Pada konsentrasi sulfat yang tinggi, SRB bersaing dengan bakteri methanogen dalam penggunaan substrat yang sama,  $H_2$  dan ditunjang dengan kecepatan pertumbuhan yang tinggi.
2. kehadiran sulfat menyebabkan SRB menghasilkan sulfida yang mana pada konsentrasi yang tinggi bersifat toksik bagi bakteri methanogen.  
SRB mempunyai peran yaitu dapat bertindak sebagai bakteri asetogenik, mendukung proses methanogenesis tetapi tergantung pada konsentrasi.

## 2.6. Anaerobic Baffled Reactor

*Anaerobic baffled reactor* (ABR) dikembangkan oleh Bachman dan McCarty pada tahun 1981. ABR terdiri dari beberapa kompartemen yang dipisahkan oleh sekat vertikal. Jenis aliran berupa aliran keatas (*up-flow*) melalui lumpur anaerobik yang menghasilkan gas pada tiap kompartemen (Grobicki, 1991)

Pada *Anaerobic baffled reactor* (ABR) terdapat dua prinsip pengolahan, yaitu secara mekanis dengan sedimentasi dan secara biologis dengan kontak antara air limbah dengan lumpur aktif. ABR termasuk unit pengolahan yang cukup ideal karena mudah dalam pembuatan dan pengoperasian. Kejutan beban organik dan hidrolis hanya menyebabkan efek yang kecil dalam efisiensi pengolahan. Perbedaan dengan *up-Flow anaerobic sludge blanket* (UASB) bahwa ABR tidak memerlukan *sludge blanket* yang mengapung, lumpur dapat berada pada dasar reaktor. Alat pemisah khusus juga tidak diperlukan karena lumpur aktif yang ikut terbuang pada awal kompartemen akan terperangkap pada kompartemen selanjutnya. Reaktor yang didesain secara seri juga akan membantu dalam menguraikan substansi *degradable* yang sulit pada bagian akhir kompartemen, setelah penguraian bahan yang mudah pada awal kompartemen (Prabowo, 2000).

Pengaliran yang konstan dari *inflow* dan luas area untuk tiap kompartemen serta kontak antara substrat yang lama dan yang baru juga dipertimbangkan dalam perencanaan. Sehingga *influen* segar akan teraduk secepat mungkin dengan lumpur aktif yang ada dalam reaktor. Pengolahan secara biologis akan berjalan secara optimal apabila kontak antara air limbah baru dan lumpur berlangsung dengan cepat dan intensif, terutama pada aliran air limbah turbulen. ABR terdiri

setidaknya 4 kompartemen yang tersusun seri. Pada kompartemen terakhir dapat berfungsi sebagai penyaring untuk menerima kemungkinan lumpur yang berlebih (Ludwig,1998).

Pada awal aklimatisasi, beban organik sebaiknya rendah sehingga mikroorganisme yang memiliki pertumbuhan lambat dapat menyesuaikan diri dan tidak terbebani. Selain itu kecepatan gas dan kecepatan aliran keatas dari air limbah sebaiknya rendah agar mendorong terbentuknya flokulan dan granular. Pada pengolahan air limbah dengan pengenceran maka sebaiknya aklimatisasi dilakukan dengan konsentrasi biomasa yang tinggi sehingga akan diperoleh sludge blanket yang cukup pada waktu yang singkat (Prabowo,2000).

Berdasarkan penelitian Prabowo (2000), menggunakan reaktor ABR dengan mengencerkan air limbah menggunakan perbandingan limbah asli dan air recycle 0; 2:1 dan 1:2., menyatakan bahwa persentase penyisihan COD sebesar 25,2 % sampai 85,6 %. Kemudian penelitian Chariton dan Hadi (2000), menggunakan reaktor ABR untuk pengolahan limbah cair tahu. Didapatkan hasil bahwa beban organik minimal 2,7 kg COD/m<sup>3</sup>.hari dan beban organik maksimal 8,0 kg COD/m<sup>3</sup>.hari, yang mampu diterima ABR. Kemudian penelitian Rahmawati (2001), menggunakan *Anaerobik Single Baffle Reaktor* (ASBR) untuk pengolahan limbah cair RPH, berhasil menyisihkan konsentrasi COD 70,44%. Ludwig (1998), mengatakan bahwa reaktor ABR mampu menurunkan konsentrasi COD 60% sampai 90 %.

Selain dapat menyisihkan konsentrasi COD ABR juga dapat menyisihkan konsentrasi TSS. Berdasarkan penelitian Prabowo (2000), menggunakan reaktor ABR dengan mengencerkan air limbah menggunakan perbandingan limbah asli dan air recycle 0; 2:1 dan 1:2., menyatakan bahwa persentase penyisihan TSS sebesar 45 % sampai 95 %. Kemudian penelitian Hadi (2000), dengan menggunakan ABR untuk pengolahan lindi TPA, didapatkan hasil bahwa persentase penyisihan TSS sebesar 70 – 95 %.

### 2.6.1. Keuntungan Anaerobic Baffled Reactor

Sistem Anaerobic Baffled Reactor (ABR) memiliki beberapa keunggulan antara lain adalah (Prabowo, 2000):

- Stabil dalam mengalami kejutan beban hidrolis
- Stabil dalam mengalami kejutan beban organik
- Jumlah lumpur yang di hasilkan kecil
- Membutuhkan nutrien yang rendah
- Tidak membutuhkan transfer energi untuk keperluan transfer oksigen
- Dihasilkan produk akhir reaksi yang bermanfaat, yaitu berupa biogas misalnya metan.
- Lumpur anaerobik yang aktif dapat disimpan dalam beberapa bulan

### 2.7. 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).

#### 2.7.1. 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 (Soleh, 2005). Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif (Sudjana,2002).

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

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)**

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

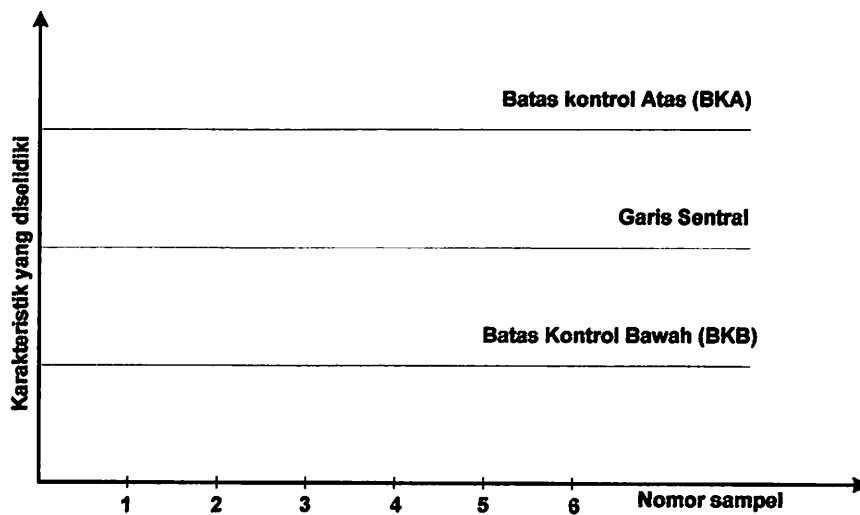
$n$  = banyaknya sampel

**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 2.1 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 (Sudjana,2002) 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

### 2.7.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan (Soleh, 2005). 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.

#### 2.7.2.1. 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 2.1 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

(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 (Sudjana, 2002) :

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

dimana:

- r = koefisien korelasi
- $x_i$  = variabel bebas
- $y_i$  = variabel terikat
- n = jumlah data

### 2.7.1.2. 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:

Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

### 2.7.2.3. 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

#### **2.7.2.4. Analisa Faktorial**

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas dua faktor atau lebih. Dua faktor atau lebih ini untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Apabila menghilangkan interaksi antar faktor mungkin akan mempengaruhi kesimpulan (Iriawan dan Astuti, 2006).

#### **2.7.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data**

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat (Iqbal, 2002 dalam ketut 2005).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan skala laboratorium.

#### **3.2. Tempat dan waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang Yang dilaksanakan pada bulan Pebruari sampai Juni 2006.

#### **3.3. Variabel Penelitian**

##### **3.3.1. Variabel Terikat**

- a. *Chemical Oxygen Demand* (COD)
- b. *Total Suspended Solids* (TSS)
- c. Warna

##### **3.3.2. Variabel Bebas**

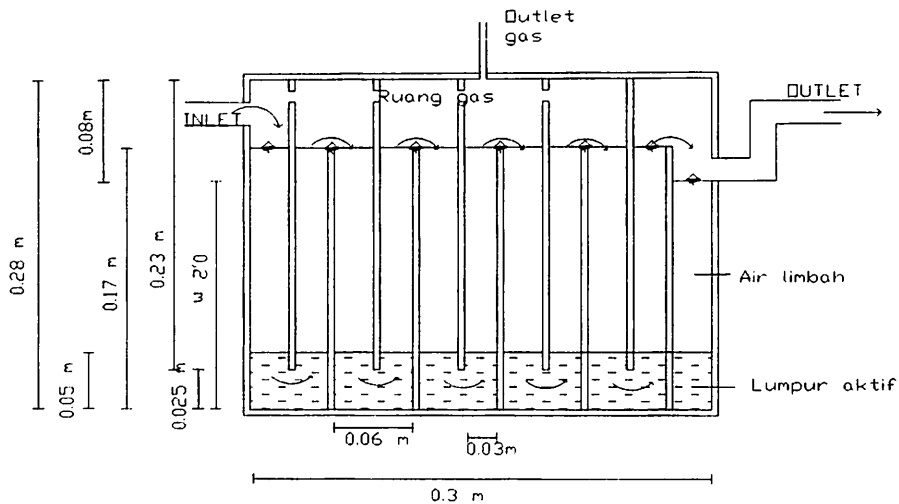
- a. Debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$ ,  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$ ,  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$ ,  $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$ ,  $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$ .
- b. Variasi waktu pengambilan sample 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam, 12 jam

#### **3.4. Spesifikasi Alat dan Bahan yang digunakan**

##### **3.4.1. Reaktor Anaerobik Baffled Reaktor (ABR)**

- 1) Inlet
- 2) Outlet
- 3) Gas outlet
- 4) Ruang gas
- 5) Lumpur aktif
- 6) limbah
- 7) Sekat / baffled





Gambar 3.1. Anaerobic Baffled reactor (ABR)

### 3.4.2. Bahan

- a. Limbah cair rumah potong hewan
- b. Lumpur kotoran sapi

### 3.5. Cara Kerja

#### 3.5.1. Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari limbah rumah potong hewan di PD RPH Malang.

#### 3.5.2. Analisa Pendahuluan

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

#### 3.5.3. Pelaksanaan Percobaan

##### 3.5.3.1. Tahap Pembenihan (seeding)

Pembenihan dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme yang akan berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor anaerobik. Pembenihan dilakukan langsung pada reaktor dari model yang dibuat. Bibit mikroorganisme diperoleh dari lumpur kotoran sapi yang diambil dari ternak sapi yang berada di jalan Sanan kota Malang. Pembenihan merupakan proses yang dilakukan untuk memperoleh sejumlah mikroorganisme aktif yang dapat berperan dalam penguraian bahan organik dalam reaktor anaerobik.

Lumpur kotoran sapi digunakan dengan alasan ingin memanfaatkan limbah yang dihasilkan oleh ternak sapi dan banyaknya populasi bakteri anaerobik yang

terbentuk. Populasi mikroorganisme yang besar sangat berperan dalam proses aklimatisasi, dengan demikian proses aklimatisasi diharapkan tidak memakan waktu lama. Berdasarkan analisa laboratorium, lumpur yang digunakan dalam penelitian ini memiliki konsentrasi VSS sebesar 49342,0 mg/l. Konsentrasi VSS yang besar menunjukkan besarnya populasi bakteri dalam lumpur. Sebagai sumber mikroorganisme, lumpur yang digunakan untuk mengolah air limbah secara anaerobik harus memiliki konsentrasi VSS lebih besar dari 3000 mg/l (Hermana,2000). Jumlah mikroorganisme yang besar menunjukkan pembersihan yang dilakukan telah berhasil dan lumpur telah siap untuk menerima beban air limbah. Selain itu, pembersihan yang dilakukan dengan kondisi *batch* selesai bila timbulnya gas yang menunjukkan adanya bakteri anaerobik.

### 3.5.3.2. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteri aktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan atau ketika kuantitas lumpur aktif telah beradaptasi dan mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah secara konstan.

Volume lumpur yang dimasukkan dalam reaktor sebesar 20% dari volume efektif reaktor. Karena menurut pendapat Souza, (1986) volume lumpur yang digunakan untuk aklimatisasi adalah 10% – 25 %, sedangkan sisanya diisi dengan air limbah RPH. Campuran ini didiamkan secara *batch* selama dua hari. Pengoperasian secara kontinyu dilakukan pada hari ketiga atau timbulnya gas pada reaktor. Bakteri anaerobik memiliki pertumbuhan yang lambat, pengoperasian secara *batch* bertujuan untuk mempercepat pengkondisian mikroorganisme terhadap penguraian bahan organik limbah cair RPH.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran Permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif

stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Analisa Permanganat value (PV) dilakukan tiap hari pada effluent air limbah tiap reaktor, dan tiap reaktor memiliki debit air limbah yang sama pada tahap aklimatisasi ini yaitu  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam.

### 3.5.3.3. Tahap Operasional

Prosedur pengoperasian ini dilakukan setelah reaktor dalam kondisi *steady-state*, yaitu tahap *seeding dan aklimatisasi* selesai.

Adapun cara pengoperasian reaktor ABR secara kontinyu adalah sebagai berikut :

- a. Pengaturan terhadap sampel air limbah RPH yang akan digunakan yaitu mengatur pH influen (pH dikontrol 6,5-7,5).
- b. Memasukan sampel air limbah RPH ke dalam reaktor dengan variasi debit aliran air limbah untuk reaktor A 0,0015 m<sup>3</sup>/jam dengan waktu detensi 4 jam, reaktor B 0,001 m<sup>3</sup>/jam dengan waktu detensi 6 jam, reaktor C  $7,5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam dengan waktu detensi 8 jam, reaktor D  $6.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam dengan waktu detensi 10 jam, reaktor E  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam dengan waktu detensi 12 jam.
- c. Pengambilan sampel 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam
- d. Pengukuran parameter utama (TSS, COD dan warna)

## 3.6. Metode Penelitian

### 3.6.1. Metode Analisa Hasil Percobaan

#### 3.6.1.1. Permanganat value (PV)

Pemeriksaan PV merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini yang dipakai untuk mengukur konsentrasi zat organik. Prosedur untuk pemeriksaan PV dapat dilihat dalam lampiran E

#### 3.6.1.2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Pemeriksaan COD didasarkan pada jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air buangan. Pengukuran COD pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *closed reflux titrimetric* (metode dikromat) dari *Standard Method 5220 C*. Dengan metode dikromat ini, zat organik akan dioksidasi oleh K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (kalium dikromat) dalam suasana asam

pada suhu 150<sup>0</sup> C selama 2 jam. Prosedur untuk pemeriksaan COD dapat dilihat dalam lampiran E

#### **3.6.1.3. Total Suspended Solid (TSS)**

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 150<sup>0</sup> C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah Zat Padat Tersuspensi. Prosedur untuk pemeriksaan TSS dapat dilihat dalam lampiran E

#### **3.6.1.4. Warna**

Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan pembacaan skala warna pada warna sampel dengan larutan standard warna yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer. Sinar cahaya dengan panjang gelombang tertentu, akan diserap (diabsorpsi) larutan secara proporsional dengan jarak perjalanan di dalam larutan dan dengan kadar kompleks yang berwarna oranye-merah ini Absorpsi tersebut dapat diukur melalui alat spektrofotometer. Prosedur untuk pemeriksaan warna dapat dilihat dalam lampiran E

### **3.6.2. Metode Statistik**

Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

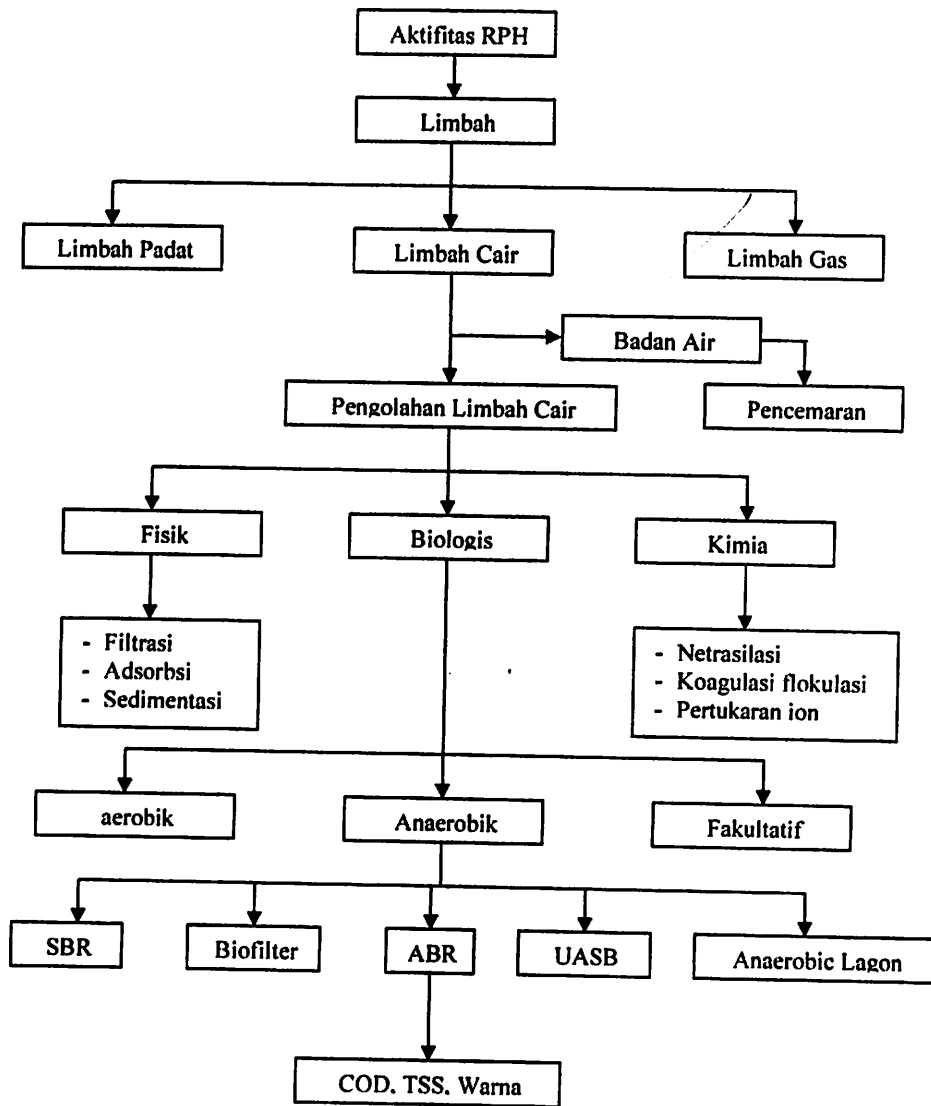
Analisa faktorial digunakan untuk mengetahui interaksi antar variabel bebas terhadap variabel terikat.

Analisa Anova bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

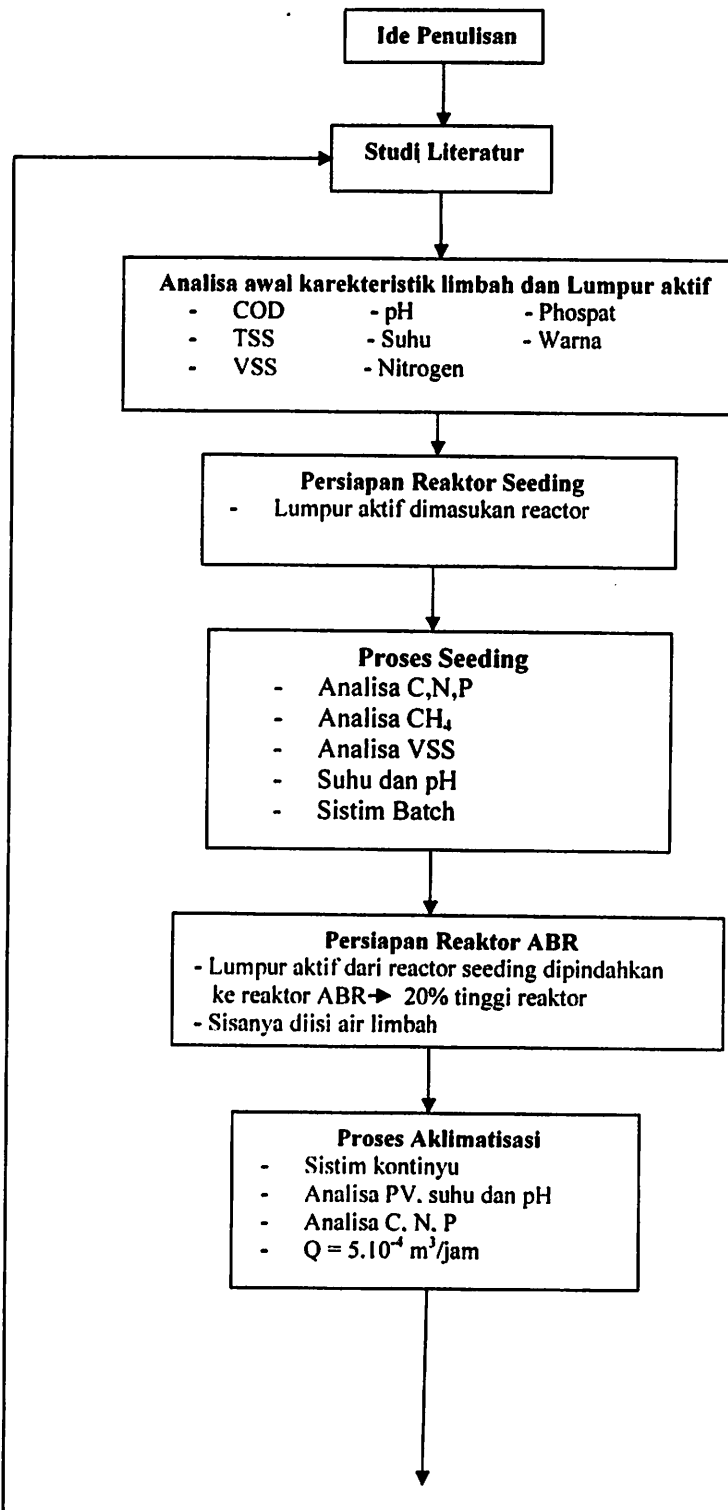
Analisa Korelasi bertujuan Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat.

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel terikat.

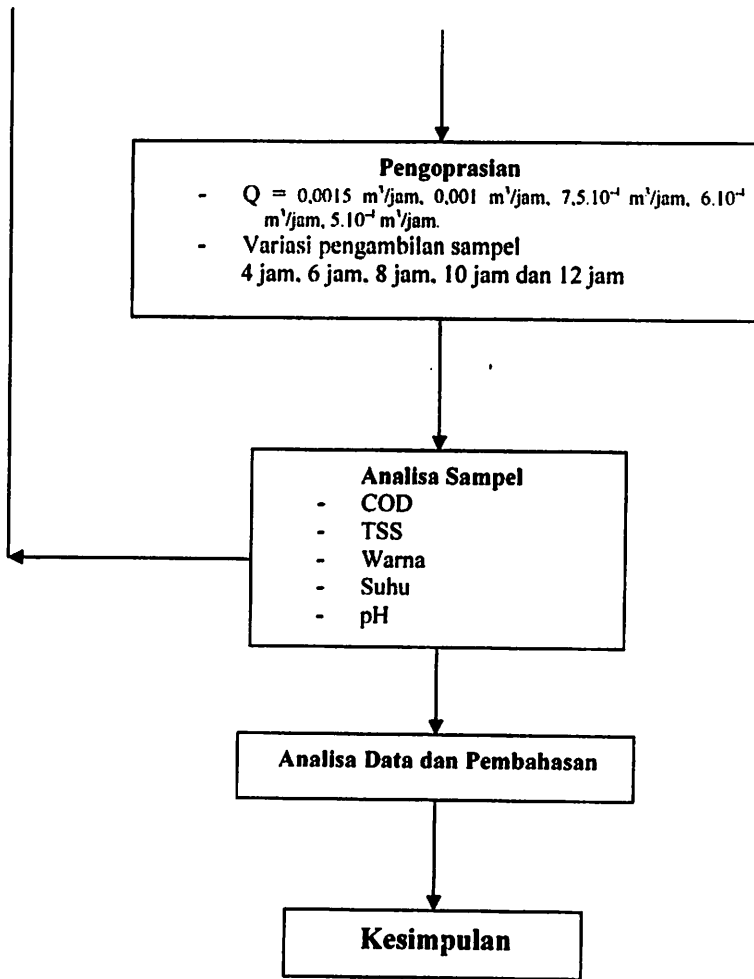
3.7. Kerangka Konseptual



3.8. Kerangka Penelitian







## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Limbah Cair RPH Malang

Dalam penelitian ini di lakukan analisa pendahuluan untuk memperoleh data karakteristik air limbah yang akan digunakan sebagai sampel influen ABR. Berdasarkan analisa laboratorium yang dilakukan, diperoleh data karakteristik air limbah RPH sebagai berikut :

**Tabel 4.1. Hasil analisa awal air limbah RPH Malang**

PARAMETER	HASIL
COD	305.455 mg/l
PV	561.17 mg/l
TSS	2066,667 mg/l
Warna	2.676 Pt.CO
Temperatur	25 °C
pH	7.2
Phospat Total	0.285 mg/l
Nitrogen Total Kjeldahl	1.712 mg/l

*Sumber : Hasil Penelitian*

Berdasarkan analisa awal nilai pH dan suhu air limbah berada pada kisaran untuk pengolahan anaerobik, hal ini berarti kondisi lingkungan atau air limbah sesuai untuk pertumbuhan bakteri anaerobik.

#### 4.2. Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir bahan organik pada reaktor A, B, C, D dan E dapat dilihat pada tabel 4.2., 4.3., 4.4., 4.5., dan tabel 4.6.

**Tabel. 4.2. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor A**

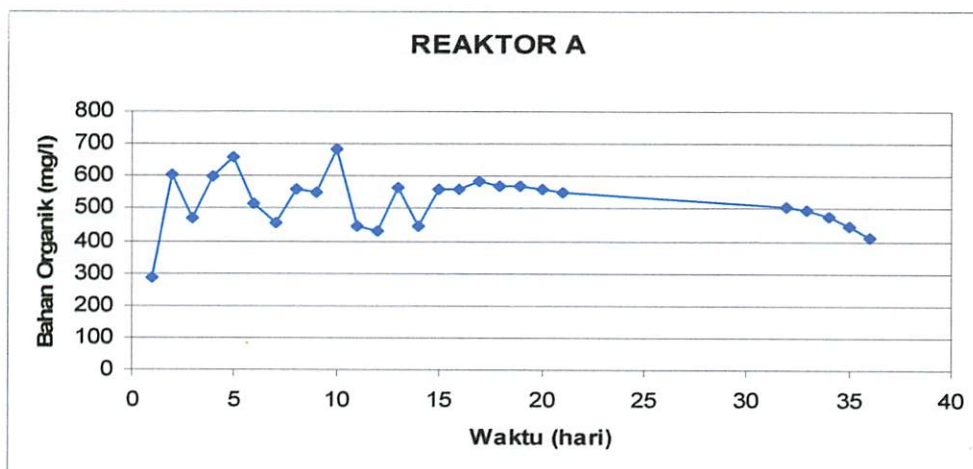
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Bahan Organik (Mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Mar	26	7.17	286.95	-136.85	32.29
2	25-Mar	25	7.14	607.32	320.37	-
3	26-Mar	25	6.89	470.47	-136.85	22.53
4	27-Mar	25	7.32	602.53	79.36	-
5	28-Mar	24	7.32	659.28	56.75	-
6	29-Mar	25	7.37	515.80	-143.48	21.76
7	30-Mar	24	7.04	455.01	-134.14	11.78
8	31-Mar	25	7.16	562.48	107.47	-
9	1-Apr	25	7.28	551.23	-11.25	2.00
10	2-Apr	25	7.26	687.64	136.40	-
11	3-Apr	24	7.35	444.94	-158.24	35.29
12	4-Apr	25	7.18	429.82	-15.12	3.39
13	5-Apr	25	7.27	568.43	138.61	-
14	6-Apr	26	7.26	449.65	-118.77	20.89
15	7-Apr	24	7.29	562.46	-29.97	-
16	8-Apr	25	7.26	562.62	0.16	-
17	9-Apr	24	7.18	585.15	22.52	-
18	10-Apr	25	7.11	573.86	-11.28	1.92
19	11-Apr	25	7.26	571.01	-18.61	0.49
20	12-Apr	26	7.17	562.32	-8.68	1.52
21	13-Apr	24	7.38	551.36	-10.95	1.94
32	24-Apr	23	7.29	505.24	-101.58	8.36
33	25-Apr	23	7.1	494.89	-10.35	2.04
34	26-Apr	24	7.15	478.95	-15.93	3.22
35	27-Apr	24	7.16	446.99	-31.95	6.67
36	28-Apr	24	7.06	412.95	-34.04	7.61

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan tabel 4.2. penyisihan bahan organik pada reaktor A terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 16 sebesar 562,62 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 607,32 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 20 sebesar 562,32 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 1 sebesar 286,95 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 19 sampai hari ke 21 sebesar 0,49 % – 1,94 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 571,01 mg/l – 551,36 mg/l, dan pada hari ke 33 sampai hari ke 36 sebesar 2,04 % – 7,61 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 494,49 mg/l – 412,95 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai. Dari tabel 4.2. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar. 4.1. Penyisihan bahan organik pada reaktor A

**Tabel. 4.3. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor B**

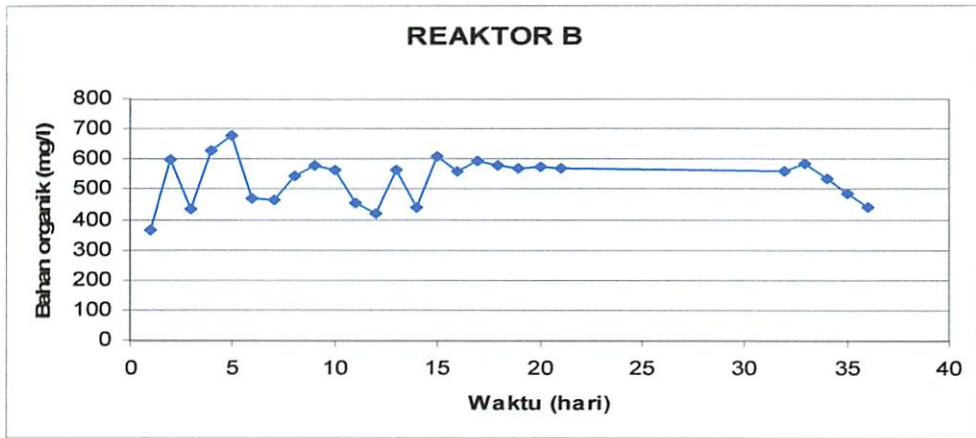
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (Mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Mar	26	7.17	369.46	-54.34	12.82
2	25-Mar	25	7.14	602.63	233.16	-
3	26-Mar	25	6.89	439.71	-162.92	27.03
4	27-Mar	25	7.32	630.74	191.03	-
5	28-Mar	24	7.32	681.92	51.17	-
6	29-Mar	25	7.37	470.20	-211.71	31.04
7	30-Mar	24	7.04	465.15	-5.05	1.07
8	31-Mar	25	7.16	545.42	80.27	-
9	1-Apr	25	7.28	579.48	34.06	-
10	2-Apr	25	7.26	568.26	-11.21	1.93
11	3-Apr	24	7.35	455.11	-113.15	19.91
12	4-Apr	25	7.18	424.65	-30.46	6.69
13	5-Apr	25	7.27	568.19	143.54	-
14	6-Apr	26	7.26	439.84	-128.34	22.58
15	7-Apr	24	7.29	610.87	171.03	-
16	8-Apr	25	7.26	563.86	-47.01	7.69
17	9-Apr	24	7.18	596.82	32.96	-
18	10-Apr	25	7.11	579.51	-17.31	2.90
19	11-Apr	25	7.26	573.87	-5.63	0.97
20	12-Apr	26	7.17	573.92	0.05	-
21	13-Apr	24	7.38	573.82	-0.10	0.01
32	24 april	23	7.29	563.49	-10.33	1.80
33	25-Apr	23	7.1	584.74	21.24	-
34	26-Apr	24	7.15	534.93	-49.80	8.51
35	27-Apr	24	7.16	487.75	-47.18	8.82
36	28-Apr	24	7.06	443.51	-44.23	9.06

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan tabel 4.3. penyisihan bahan organik pada reaktor B terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 20 sebesar 573,92 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 233,16 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 10 sebesar 568,26 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 6 sebesar 470,20 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 34 sampai hari ke 36 sebesar 8,51 % – 9,06 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 534,93 mg/l – 443,51 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai. Dari tabel 4.3. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar. 4.2. Penyisihan bahan organik pada reaktor B

Tabel. 4.4. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor C

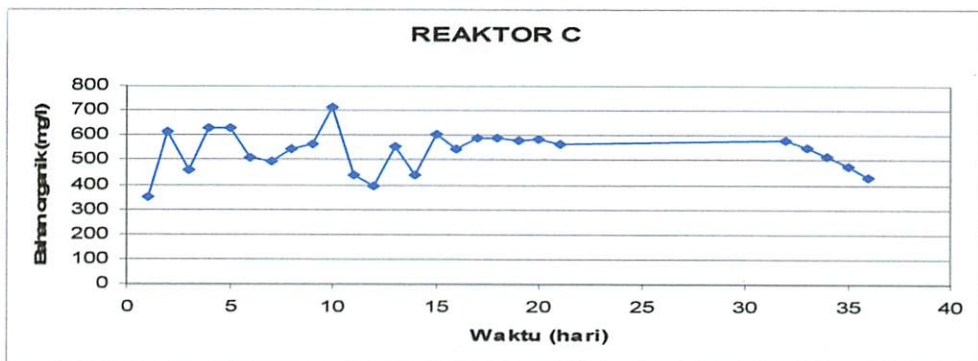
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (Mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Mar	26	7.17	352.37	-71.43	16.85
2	25-Mar	25	7.14	613.67	261.29	-
3	26-Mar	25	6.89	460.14	-153.53	25.01
4	27-Mar	25	7.32	630.81	170.67	-
5	28-Mar	24	7.32	630.79	-0.01	0.002
6	29-Mar	25	7.37	510.67	-120.12	19.04
7	30-Mar	24	7.04	496.67	-14.00	2.74
8	31-Mar	25	7.16	545.47	48.80	-
9	1-Apr	25	7.28	568.21	22.73	-
10	2-Apr	25	7.26	716.12	147.91	-
11	3-Apr	24	7.35	439.88	-276.24	38.57
12	4-Apr	25	7.18	399.43	-40.44	9.19
13	5-Apr	25	7.27	556.84	157.40	-
14	6-Apr	26	7.26	444.66	-112.17	20.14
15	7-Apr	24	7.29	607.97	163.31	-
16	8-Apr	25	7.26	545.46	-62.51	10.28
17	9-Apr	24	7.18	591.30	45.83	-
18	10-Apr	25	7.11	591.50	0.20	-
19	11-Apr	25	7.26	579.54	-11.96	2.02
20	12-Apr	26	7.17	585.36	5.81	-
21	13-Apr	24	7.38	568.21	-17.14	2.92
32	24 april	23	7.29	582.50	14.28	-
33	25-Apr	23	7.1	550.99	-31.51	5.40
34	26-Apr	24	7.15	515.26	-35.72	6.48
35	27-Apr	24	7.16	477.34	-37.91	7.35
36	28-Apr	24	7.06	433.92	-43.42	9.09

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan tabel 4.4. penyisihan bahan organik pada reaktor C terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 18 sebesar 591,50 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 613,67 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 19 sebesar 579,54 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 11 sebesar 439,88 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 33 sampai hari ke 36 sebesar 5.40 % – 9,09 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 550,99 mg/l – 433,92 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai. Dari tabel 4.4. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar. 4.3. Penyisihan bahan organik pada reaktor C

Tabel. 4.5. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor D

Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (Mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Mar	26	7.17	323.90	-99.90	23.57
2	25-Mar	25	7.14	642.17	318.26	-
3	26-Mar	25	6.89	475.29	-166.87	25.98
4	27-Mar	25	7.32	630.78	155.49	-
5	28-Mar	24	7.32	636.47	5.69	-
6	29-Mar	25	7.37	490.46	-146.01	22.94
7	30-Mar	24	7.04	500.60	10.14	-
8	31-Mar	25	7.16	539.84	39.23	-
9	1-Apr	25	7.28	608.02	68.18	-
10	2-Apr	25	7.26	579.68	-28.34	4.66
11	3-Apr	24	7.35	439.99	-139.69	24.09
12	4-Apr	25	7.18	414.50	-25.48	5.79
13	5-Apr	25	7.27	562.52	148.01	-



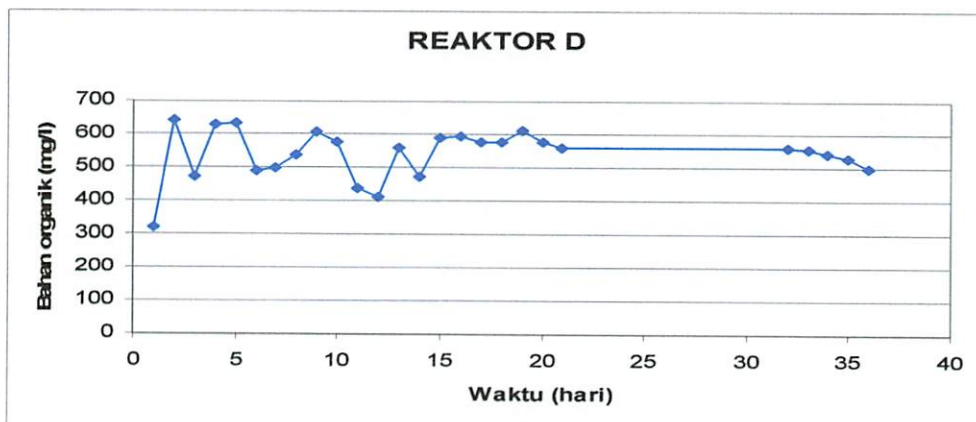
14	6-Apr	26	7.26	475.28	-87.23	15.50
15	7-Apr	24	7.29	590.99	115.70	-
16	8-Apr	25	7.26	596.64	5.65	-
17	9-Apr	24	7.18	579.69	-16.95	2.84
18	10-Apr	25	7.11	579.53	-0.16	0.02
19	11-Apr	25	7.26	613.68	34.15	-
20	12-Apr	26	7.17	579.69	-33.99	5.53
21	13-Apr	24	7.38	562.50	-17.18	2.96
32	24 april	23	7.29	562.52	0.01	-
33	25-Apr	23	7.1	556.84	-5.67	1.00
34	26-Apr	24	7.15	545.47	-11.36	2.04
35	27-Apr	24	7.16	528.42	-17.05	3.12
36	28-Apr	24	7.06	499.81	-28.60	5.41

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan tabel 4.5. penyisihan bahan organik pada reaktor D terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 5 sebesar 636,47 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 642,17 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 18 sebesar 579,53 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 11 sebesar 439,99 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 33 sampai hari ke 36 sebesar 1,00 % – 5,41 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 556,84 mg/l – 499,81 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai. Dari tabel 4.5. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar. 4.4. Penyisihan bahan organik pada reaktor D

**Tabel. 4.6. Penyisihan Bahan Organik Pada Reaktor E**

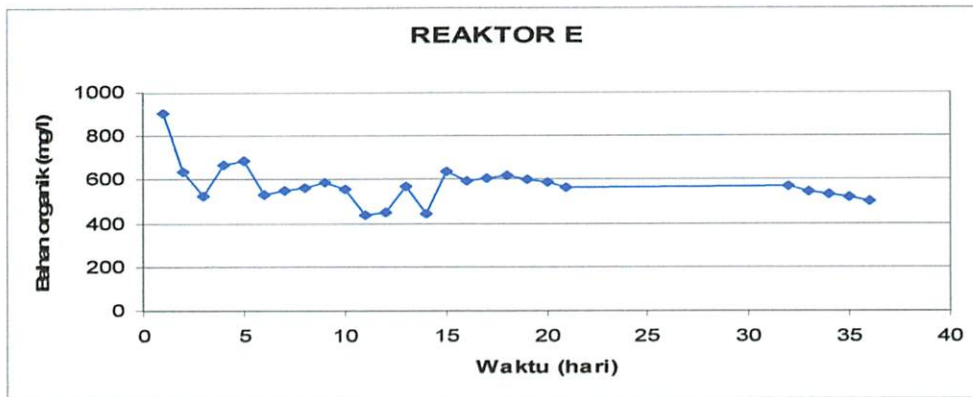
Hari ke	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (Mg/l)	Selisih Bahan Organik (mg/l)	Penyisihan Bahan Organik (%)
1	24-Mar	26	7.17	903.83	480.02	-
2	25-Mar	25	7.14	642.29	-261.53	28.93
3	26-Mar	25	6.89	530.94	-111.35	17.33
4	27-Mar	25	7.32	670.55	139.61	-
5	28-Mar	24	7.32	687.72	17.16	-
6	29-Mar	25	7.37	535.95	-151.76	22.06
7	30-Mar	24	7.04	551.41	15.46	-
8	31-Mar	25	7.16	562.65	11.23	-
9	1-Apr	25	7.28	590.91	28.25	-
10	2-Apr	25	7.26	556.85	-34.06	5.76
11	3-Apr	24	7.35	440.02	-116.82	20.97
12	4-Apr	25	7.18	455.06	15.03	-
13	5-Apr	25	7.27	573.88	118.82	-
14	6-Apr	26	7.26	444.95	-128.92	22.46
15	7-Apr	24	7.29	642.14	197.18	-
16	8-Apr	25	7.26	596.64	-45.49	7.08
17	9-Apr	24	7.18	608.31	11.67	-
18	10-Apr	25	7.11	619.39	11.07	-
19	11-Apr	25	7.26	602.32	-17.06	2.75
20	12-Apr	26	7.17	590.97	-11.35	1.88
21	13-Apr	24	7.38	562.52	-28.45	4.81
32	24 april	23	7.29	573.87	11.35	-
33	25-Apr	23	7.1	545.47	-28.40	4.94
34	26-Apr	24	7.15	535.51	-9.96	1.82
35	27-Apr	24	7.16	520.41	-15.09	2.81
36	28-Apr	24	7.06	504.34	-16.06	3.08

Sumber : Hasil Penelitian

Ket : Nilai selisih (-) terjadi penurunan konsentrasi bahan organik

Nilai selisih (+) terjadi peningkatan konsentrasi bahan organik

Berdasarkan tabel 4.6. penyisihan bahan organik pada reaktor E terjadi fluktuasi penyisihan bahan organik. Untuk peningkatan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 18 sebesar 619,39 mg/l dan peningkatan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 1 sebesar 480,02 mg/l. Sedangkan penurunan konsentrasi bahan organik terendah terjadi pada hari ke 34 sebesar 535,51 mg/l dan penurunan konsentrasi bahan organik tertinggi terjadi pada hari ke 2 sebesar 642,29 mg/l. Sedangkan untuk penurunan bahan organik dibawah 10 % terjadi pada hari ke 34 sampai hari ke 36 sebesar 1,82 % – 3,08 %, dengan konsentrasi bahan organik sebesar 535,51 mg/l – 504,34 mg/l, pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai. Dari tabel 4.6. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar. 4.5. Penyisihan bahan organik pada reaktor E

#### 4.2.1. Pembahasan Penyisihan Bahan Organik Pada Tahap Aklimatisasi

Berdasarkan table 4.2. sampai tabel 4.6. terlihat terjadi fluktuasi peningkatan dan penurunan konsentrasi bahan organik pada tiap-tiap reaktor. Dan pada hari ke 33 - 36 pada tiap reaktor telah dapat dicapai penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 % atau pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai.

Proses aklimatisasi membutuhkan waktu yang lama dan cukup sulit, karena massa mikroorganisme yang besar harus dikembangkan dan beradaptasi dengan karekeristik air limbah. Penyisihan bahan organik yang berfluktuasi pada saat aklimatisasi menunjukkan belum cukupnya populasi mikroorganisme yang tersedia untuk mengubah bahan organik limbah menjadi produk akhir (gas methan) serta belum mampunya mikroorganisme untuk beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor (Prabowo, 2000). Peningkatan konsentrasi bahan organik pada tahap aklimatisasi di karenakan juga terjadinya kematian mikroorganisme yang tidak mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada. Menurut pendapat Grady dan Lim, (1980) pada saat mikroorganisme mati, mereka akan mengeluarkan isi selnya ke media tempat mereka hidup, isi sel ini yang dapat terukur sebagai bahan organik.

Nilai yang stabil pada penyisihan bahan organik menunjukkan telah terbentuknya mikroorganisme yang mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti

konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor (Prabowo, 2000). Kegiatan ini dilakukan sampai kondisi *steady state* dicapai, yaitu apabila penyisihan bahan organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state* (Prastiwi, 2004). Hal ini ditunjukkan melalui pengukuran bahan organik selama kondisi aklimatisasi pada effluent sehingga diperoleh angka pengolahan yang konstan dengan penyisihan dibawah 10%. Selain itu selama proses kondisi pH dan temperatur air limbah dijaga pada kisaran 6,5 – 7,5 untuk pH dan 25 – 40 ° C untuk temperatur.

Kondisi *steady state* pada reaktor pengolahan dicapai pada waktu yang relatif cepat. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal berikut :

- Besarnya jumlah bakteri pada lumpur aktif yang diperoleh pada *seeding*. Dengan demikian jumlah mikroorganisme yang tersedia telah cukup banyak. Ketersediaan bakteri dalam jumlah yang cukup akan mempercepat penyisihan bahan organik yang dibebankan (Prabowo, 2000).
- Kecepatan pada reaktor yang rendah memberikan pergerakan yang cukup bagi bahan organik untuk melewati sejumlah mikroorganisme sehingga transfer massa menjadi lebih efektif (Barber, 1999).
- Kondisi lingkungan yang mendukung, hal ini ditandai dengan kestabilan nilai pH dimana tidak terjadi perubahan yang besar.
- Perlakuan awal dimana dilakukan pengoperasian secara *batch* selama dua hari pada awal pembebanan air limbah. Hal ini akan memberikan cukup waktu bagi bakteri untuk beradaptasi sesuai dengan beban air limbah yang diberikan (Rusimanto, 1999)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap reaktor ABR untuk proses aklimatisasi didapatkan penyisihan bahan organik yang berfluktuasi. Pada hari ke 33 sampai 36 pada tiap reaktor telah dapat dicapai peningkatan efisiensi bahan organik yang konstan dibawah 10 % sebesar 1,00 % - 9,09 % atau pada tahap ini kondisi *steady state* telah tercapai.

Penyisihan bahan organik yang dilakukan pada tahap aklimatisasi juga dilaporkan oleh beberapa penelitian. Prabowo (2000), menggunakan reaktor ABR

dengan mengencerkan air limbah dengan perbandingan limbah asli dan air recycle 0; 2:1 dan 1:2., menyatakan bahwa penyisihan bahan organik yang dilakukan pada tahap awal aklimatisasi berfluktuasi dan pada hari ke 35 sampai 37 terjadi penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 %. Prastiwi (2004), dengan menggunakan reaktor SBR (*Sequencing Batch Reactor*, menyatakan bahwa pada hari ke 7 sampai 9 sudah dicapai penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 %. Syafila dkk (2000), dengan menggunakan reaktor SBR menyatakan bahwa tahap aklimatisasi dilakukan sampai terjadi kondisi *steady state* atau penurunan konsentrasi bahan organik dibawah 10 %.

Dari penelitian yang telah dilakukan dan dari beberapa hasil penelitian sebelumnya, bahwa tahap aklimatisasi untuk pengolahan dengan proses anaerobik selesai dilakukan bila selisih efisiensi penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 %.

#### 4.3. Penyisihan Konsentrasi COD

Pada bagian pertama ini akan dibahas pengaruh waktu pengambilan sampel terhadap penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, B, C, D, dan E. Konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar 305,455 mg/l. Data penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, B, C, D dan E tersaji pada tabel 4.7.

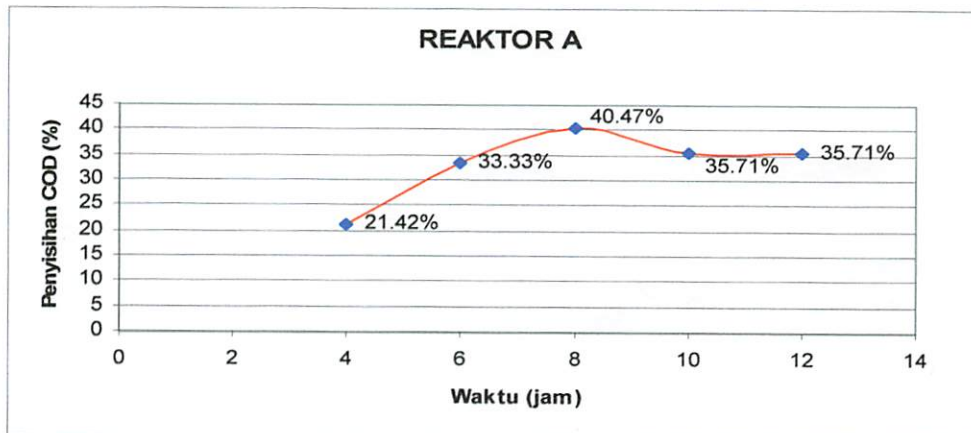
**Tabel. 4.7. Hasil Pengamatan Analisa COD**

Reaktor	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Waktu Detensi (jam)	Waktu pengambilan sampel (jam)	Penyisihan COD (mg/l)	Penyisihan COD (%)
A	0,0015	4	4	240	21.42
			6	203.636	33.33
			8	181.818	40.47
			10	196.364	35.71
			12	196.364	35.71
B	0,001	6	4	247.273	19.04
			6	240	21.42
			8	145.455	52.38
			10	138.182	54.76
			12	130.909	57.14
C	7,5.10 <sup>-4</sup>	8	4	196.364	35.71

			6	181.818	40.47
			8	181.818	40.47
			10	109.091	64.28
			12	109.091	64.28
D	$6.10^{-4}$	10	4	160	47.61
			6	145.455	52.38
			8	138.182	54.76
			10	136.727	55.23
			12	130.909	57.14
E	$5.10^{-4}$	12	4	109.091	64.28
			6	94.5455	69.04
			8	87.2727	71.42
			10	87.2727	71.42
			12	72.7273	76.19

Sumber : Hasil Penelitian

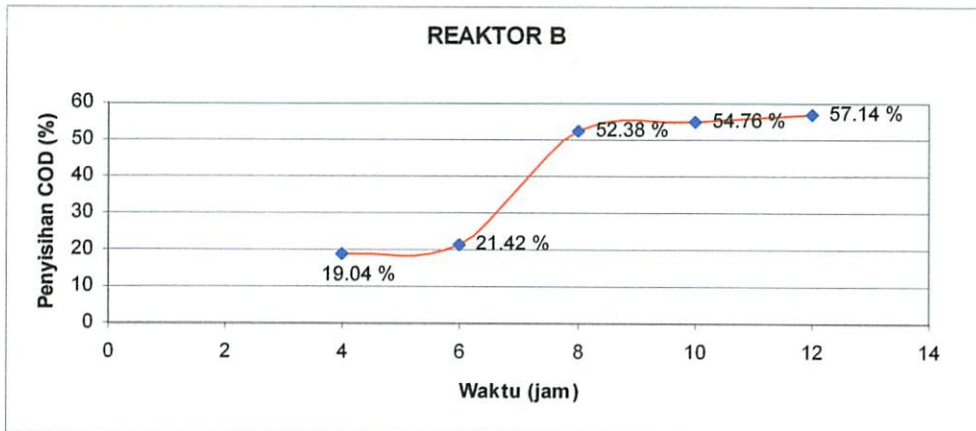
Berdasarkan tabel 4.7. persentase efisiensi penyisihan COD pada reaktor A terjadi fluktuasi penyisihan COD. Penurunan persentase penyisihan COD terjadi pada 10 jam, 35.71 % dari 40.47 % pada 8 jam. Peningkatan persentase penyisihan COD terendah sebesar 21.42 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 40.47 % pada 8 jam. Dari tabel 4.7. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor A

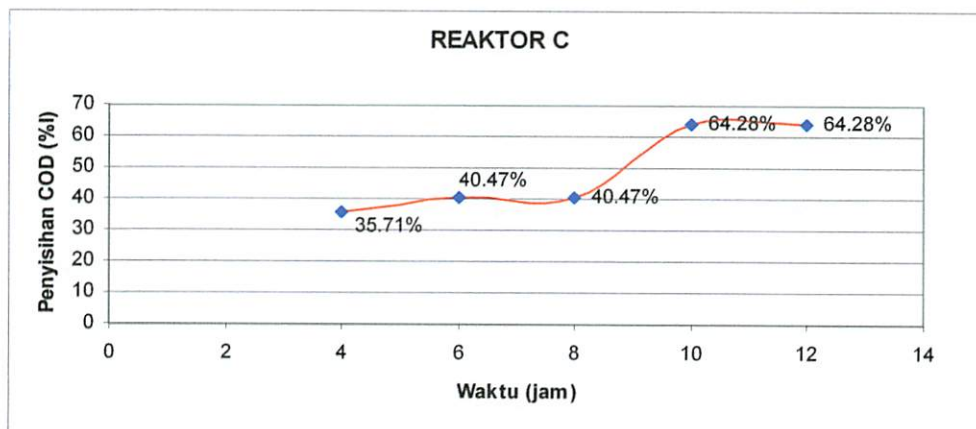


Berdasarkan tabel 4.7. persentase efisiensi penyisihan COD pada reaktor B terjadi peningkatan persentase penyisihan COD. Peningkatan persentase penyisihan COD terendah sebesar 19.04 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 57.14 % pada 12 jam. Dari tabel 4.7. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor B**

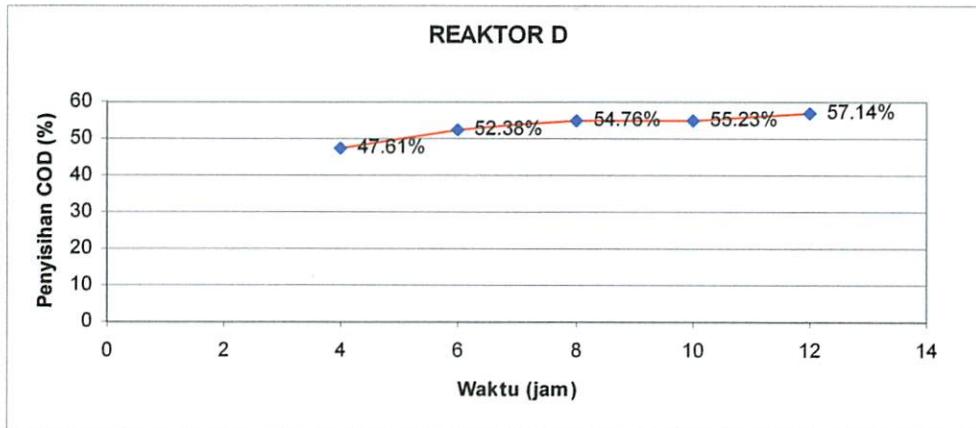
Berdasarkan tabel 4.7. persentase efisiensi penyisihan COD pada reaktor C terjadi peningkatan persentase penyisihan COD. Peningkatan persentase penyisihan COD terendah sebesar 35.71 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 64.28 % pada 12 jam. Dari tabel 4.7. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.8.



**Gambar 4.8. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor C**

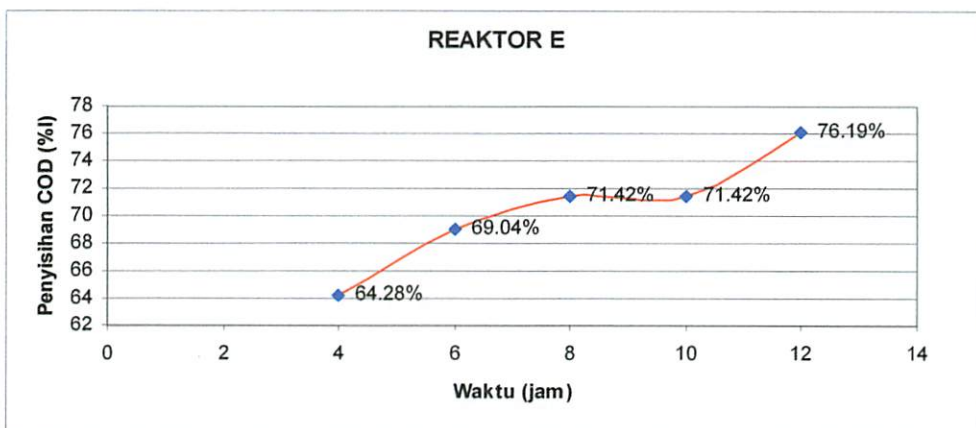


Berdasarkan tabel 4.7. persentase efisiensi penyisihan COD pada reaktor D terjadi peningkatan persentase penyisihan COD. Peningkatan persentase penyisihan COD terendah sebesar 47.61 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 57.14 % pada 12 jam. Dari tabel 4.7. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.9.



**Gambar 4.9. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor D**

Berdasarkan tabel 4.7. persentase efisiensi penyisihan COD pada reaktor E terjadi peningkatan persentase penyisihan COD. Peningkatan persentase penyisihan COD terendah sebesar 64.28 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan COD tertinggi sebesar 76.19 % pada 12 jam. Dari tabel 4.7. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4.10. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor E**

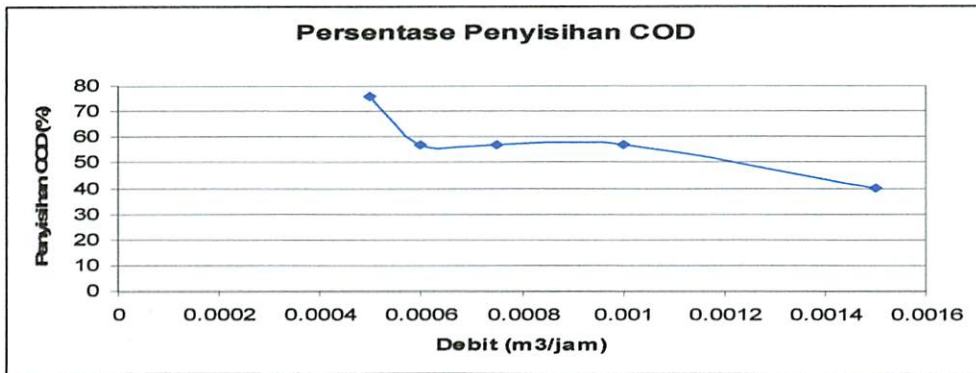
Untuk mengetahui, waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor / debit aliran air limbah mana yang terbaik dalam menyisihkan konsentrasi COD, dapat kita ketahui dari analisa faktorial. Analisa faktorial digunakan untuk mengetahui interaksi antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Dari gambar 4.11b dan gambar 4.11a.. dapat disimpulkan bahwa makin lama waktu pengambilan sampel, maka akan memberi pengaruh yang semakin besar terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Serta semakin kecil debit aliran air limbah pada masing-masing reaktor, maka akan memberi pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan COD.

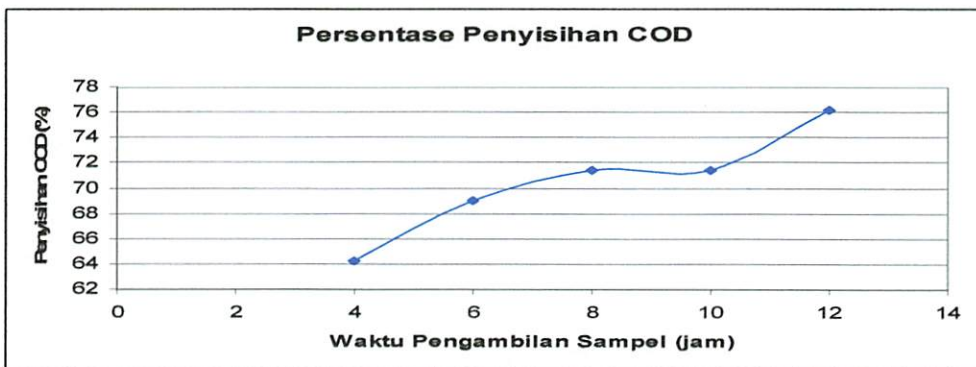
Dari analisa faktorial dapat juga disimpulkan bahwa waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 95,00 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan COD. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 242,92 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam debit aliran berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Serta waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan COD. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 15,69 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan debit aliran berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa faktorial dapat dilihat pada lampiran B1.



**Gambar 4.11a. Analisa Persentase Penyisihan COD Berdasarkan Debit**



**Gambar 4.11b. Analisa Persentase Penyisihan COD Berdasarkan Waktu Pengambilan Sampel**

Gambar 4.11a. dan 4.11b. memperlihatkan bahwa debit aliran air limbah 0,0015 m<sup>3</sup>/jam atau pada reaktor A dan waktu pengambilan sampel 4 jam memiliki pengaruh yang kecil terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD dan debit aliran air limbah 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam atau pada reaktor E dan waktu pengambilan sampel 12 jam memiliki pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan COD.

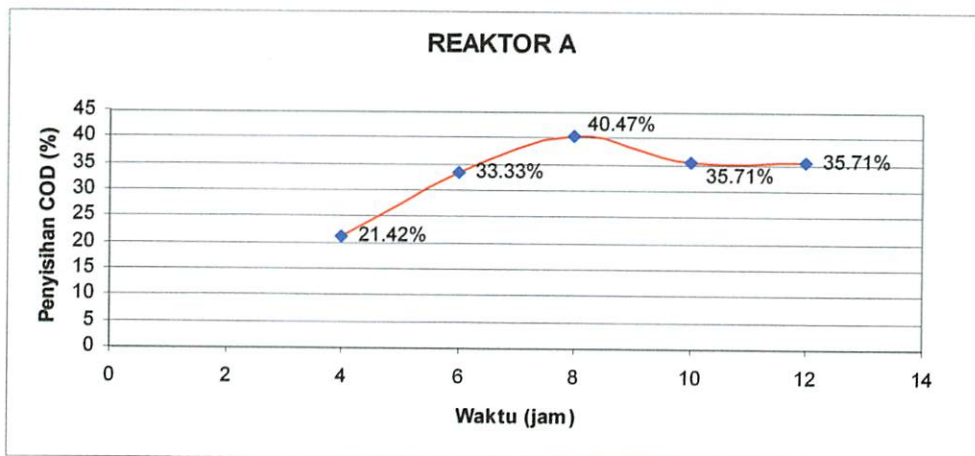
Hal ini berarti selama tahap operasional bahan organik mengalami penurunan seiring dengan peningkatan waktu detensi atau penurunan debit aliran air limbah. Variasi terhadap waktu detensi / debit aliran air limbah menyebabkan perbedaan lamanya air limbah berada dalam reaktor. Perbedaan tersebut akan mempengaruhi waktu kontak antara limbah dengan bakteri yang terdapat dalam reaktor. Semakin lama waktu kontak berarti semakin banyak pula kesempatan

bakteri untuk mendegradasi bahan organik yang berada dalam air limbah (Prabowo.2000).

Pengambilan sampel yang dilakukan 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam pada tiap reaktor menghasilkan persentase penyisihan COD yang stabil dan konstan berkisar  $\pm 10\%$ , hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang telah terbentuk masih mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. Selain itu menurut pendapat Shuler dan Kargi, (1992) penggunaan nutrisi oleh mikroorganisme akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme tersebut, hal ini mengakibatkan makin lamanya proses pada ABR akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme pada reaktor sehingga efisiensi penyisihan COD akan meningkat dengan lamanya waktu operasional.

#### 4.3.1. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A

Reaktor A dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 4 jam dan konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar  $305,455 \text{ mg/l}$ .



Gambar 4.12. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor A

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan

bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 22,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran C1.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A adalah sedang, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,650, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,009 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,009) yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran C1.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = -54.8 + 29,5 X - 3,02 X^2 + 0,0992 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, yang

ditunjukkan dengan nilai F hitung regresi 23,35 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung lebih besar dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor A. Serta koefisien regresi benar-benar berpengaruh secara signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai t hitung 2,36 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran C1.

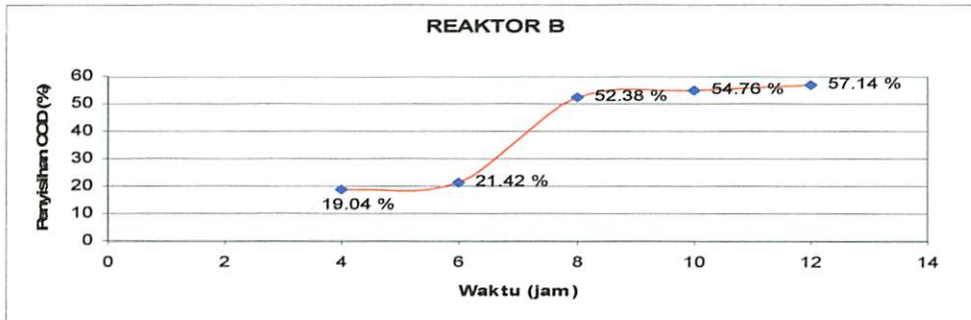
Dari gambar 4.12. dapat dilihat bahwa pada waktu pengambilan sampel 4 jam sampai 8 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme, walaupun efisiensi penyisihannya tidak terlalu besar.

Pada akhir periode operasional yaitu 10 jam dan 12 jam, reaktor A mengalami penurunan persentase konsentrasi COD. Hal ini diakibatkan karena debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  belum mampu menguraikan bahan organik oleh mikroorganisme. Debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  mengakibatkan keterbatasan waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang terdapat dalam reaktor sehingga kemampuan mikroorganisme untuk menggunakan substrat yang ada berkurang sehingga banyak mikroorganisme yang mati dan lisis. Pada saat mikroorganisme mati dan lisis, mereka akan mengeluarkan isi selnya ke media tempat mereka hidup (Grady dan Lim, 1980). Isi sel ini yang dapat terukur sebagai COD. Kemudian Menurut Gaudy dan Gaudy, (1989) kemampuan mikroorganisme untuk menggunakan substrat tergantung pada kemampuan organisme tersebut dalam mensintesa enzim untuk memetabolisme substrat tersebut. Dengan waktu yang terlalu singkat maka mikroorganisme akan mengalami kesulitan untuk langsung menghasilkan enzim yang diperlukan untuk mengoksidasi substrat.



### 4.3.2. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B

Reaktor B dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit 0,001 m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 6 jam dan konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar 305,455 mg/l.



**Gambar 4.13. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor B**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 106,17 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran C2.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B adalah sangat kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,901, yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel sangat kuat karena berada diantara 0,9 – 1 (soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan



tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,000) yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran C2.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 88,6 - 39,5 X + 6,63 X^2 - 0,298 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 35,34 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor B. Serta koefisien regresi berpengaruh secara signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai t hitung 1,80 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran C2.

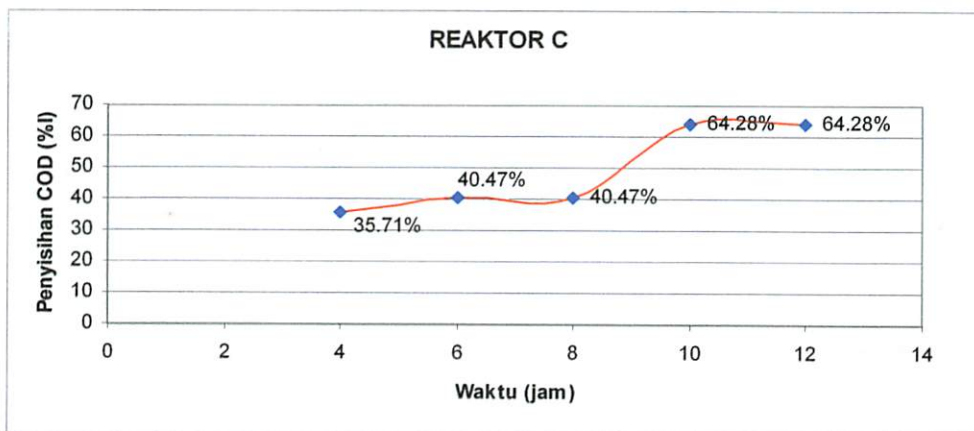
Dari gambar 4.13. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme.

Debit aliran air limbah 0,001 m<sup>3</sup>/jam pada reaktor B sudah mampu menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme, walaupun efisiensi yang dihasilkan tidak terlalu besar. Tapi pada 8 jam terjadi peningkatan efisiensi yang sangat besar dari 21,42 % menjadi 52,38 %. Menurut pendapat Benefield, 1980 kecepatan proses methanogenesis akan tinggi bila pH berkisar 6,3 – 7,8. Dan menurut Suriawiria, 1977 pada saat mikroorganisme mereduksi bahan

organik menjadi gas metan nilai pH akan naik. Besarnya kenaikan nilai pH tergantung dari jumlah dan kemampuan mikroorganisme, nutrisi dan keadaan lingkungan. Bila nilai pH dalam proses mengalami kenaikan yang cukup besar, maka proses mereduksi bahan organik menjadi gas metan oleh mikroorganisme memberikan tingkat penyisihan bahan organik yang besar, sehingga diperoleh efisiensi penyisihan COD yang besar. Hal ini kemungkinan besar terjadi pada reaktor B pada 8 jam karena pH pada 8 jam, 7,57 naik dari 7,52 pada 6 jam, tapi kondisi ini tidak berlangsung lama karena pada 10 jam dan 12 jam efisiensi penyisihan COD kembali stabil dan konstan, hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme sudah dapat kembali menyisihkan bahan organik dengan baik.

#### 4.3.3. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C

Reaktor C dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $7,5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 8 jam dan konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar 305,455 mg/l.



**Gambar 4.14. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor C**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 87,00 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa

awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran C3.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan % penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,898, yang menunjukkan bahwa hubungan kedua variabel kuat karena berada diantara 0,7 – 0,9 (soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,000) yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran C3.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 111 - 35,4 X + 5,02 X^2 - 0,198 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 24,52 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi % penyisihan konsentrasi COD reaktor C. serta koefisien regresi berpengaruh secara signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai t hitung 2,58 untuk

constant, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran C3.

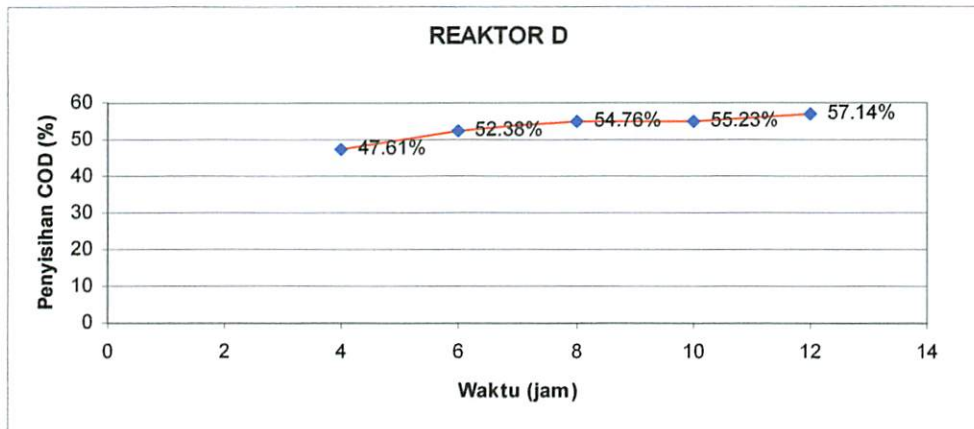
Dari gambar 4.14. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme.

Debit aliran air limbah  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  pada reaktor C sudah mampu menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme. Tapi pada 10 jam terjadi peningkatan efisiensi yang sangat besar dari 40,47 % menjadi 64,28 %. Menurut Davis dan Cornwell, 1991 rasio F/m yang kecil menghasilkan mikroorganisme yang kelaparan sehingga terjadi degradasi yang sempurna sehingga diperoleh efisiensi penyisihan COD yang besar. Hal ini kemungkinan besar terjadi pada reaktor B pada waktu 8 jam, tapi kondisi ini tidak berlangsung lama karena pada 10 jam dan 12 jam efisiensi penyisihan COD kembali stabil dan konstan, hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme sudah dapat kembali menyisihkan bahan organik dengan baik.

Kondisi yang terjadi pada reaktor C, hampir sama dengan kondisi yang terjadi pada reaktor B, tapi efisiensi yang dihasilkan reaktor C lebih besar dari reaktor B, hal ini diakibatkan karena waktu kontak mikroorganisme dengan air limbah pada reaktor C lebih lama dari reaktor B.

#### **4.3.4. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

Reaktor D dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 10 jam dan konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar 305,455 mg/l. Data Penyisihan COD pada reaktor D tersaji pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor D**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D adalah tidak berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 3,25 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran C4.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,711, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,003 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D. serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi, (0,711) yang berarti semakin besar waktu

pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D semakin meningkat yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran C4.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 21,01 + 10,4 X - 1,09 X^2 + 0,0397 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 4,75 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi % penyisihan konsentrasi COD reaktor D. serta koefisien regresi tidak berpengaruh secara signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai nilai t hitung 0,78 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran C4.

Dari gambar 4.15. dapat dilihat bahwa pada waktu ke 4 sampai ke 12 terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme.

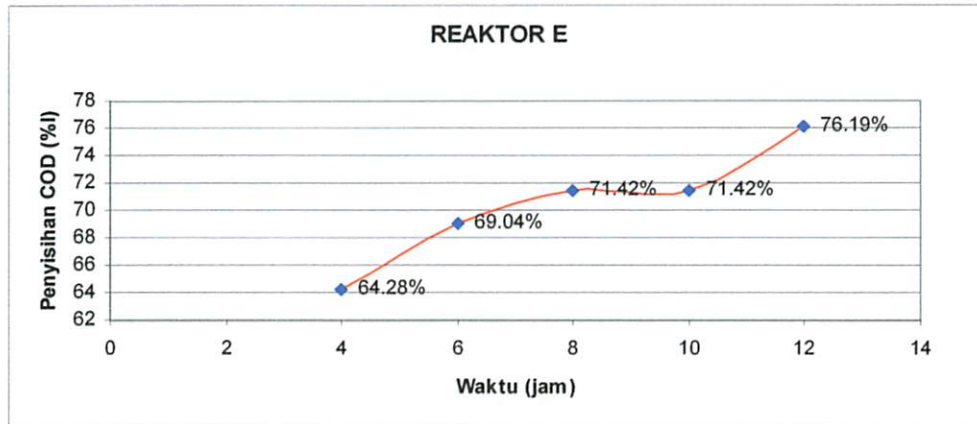
Debit aliran air limbah  $6.10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  pada reaktor D sudah mampu menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme, hal ini ditunjukkan dengan efisiensi penyisihan COD yang besar dan stabil, berbeda dengan reaktor sebelumnya, reaktor D memiliki efisiensi yang cukup besar, hal ini bisa terjadi karena reaktor D memiliki waktu kontak antara mikroorganisme dengan air



limbah yang lebih lama sehingga memberi kesempatan yang lebih baik bagi mikroorganisme untuk menyisihkan bahan organik yang ada.

#### 4.3.4. Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E

Reaktor E dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 12 jam dan konsentrasi COD awal pada air limbah sebesar 305,455 mg/l.



Gambar 4.16. Persentase Penyisihan COD pada Reaktor E

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E adalah tidak berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 2,06 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran C5.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E adalah sedang, hal ini dapat dilihat



dari nilai korelasi 0,644, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,010 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E semakin meningkat.. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran C5.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 27,6 + 15,3 X - 1,83 X^2 + 0,0744 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 4,56 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor E. Serta koefisien regresi tidak berpengaruh secara signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai t hitung 0,69 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran C5.

Dari gambar 4.16. dapat dilihat bahwa pada waktu ke 4 sampai ke 12 terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi COD. Hal ini berarti terjadi penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme.

Debit aliran air limbah  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam pada reaktor D sudah mampu menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme. Dengan waktu detensi 12 jam, memberikan waktu yang cukup panjang bagi mikroorganisme untuk menyisihkan bahan organik yang ada sehingga menghasilkan efisiensi COD yang besar.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap reaktor ABR untuk menurunkan konsentrasi COD pada limbah cair RPH menunjukkan bahwa terjadi persentase penyisihan konsentrasi COD 19,04 % sampai 76,19 %. Disimpulkan juga makin lama waktu detensi atau waktu kontak antara air limbah dan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan COD pada limbah RPH.

Penyisihan konsentrasi COD secara biologi dengan menggunakan proses anaerobik juga dilaporkan oleh beberapa penelitian. Hasil penelitian Prabowo (2000), menggunakan reaktor ABR dengan mengencerkan air limbah dengan perbandingan limbah asli dan air recycle 0; 2:1 dan 1:2., bahwa persentase penyisihan COD sebesar 25,2 % sampai 85,6 %. Disimpulkan juga makin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan COD yang dihasilkan. Kemudian penelitian Chariton dan Hadi (2000), menggunakan reaktor ABR untuk pengolahan limbah cair tahu. Didapatkan hasil bahwa beban organik minimal 2,7 kg COD/m<sup>3</sup>.hari dan beban organik maksimal 8,0 kg COD/m<sup>3</sup>.hari, yang mampu diterima ABR. Disimpulkan juga makin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan COD yang dihasilkan. Kemudian penelitian Rahmawati (2001), menggunakan *Anaerobik Single Baffle Reaktor* (ASBR) untuk pengolahan limbah cair RPH, berhasil menyisihkan konsentrasi COD 70,44%. Disimpulkan juga makin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan COD yang dihasilkan. Ludwig (1998), mengatakan bahwa reaktor ABR mampu menurunkan konsentrasi COD 60 – 90 %.

#### 4.4. Penyisihan Konsentrasi TSS

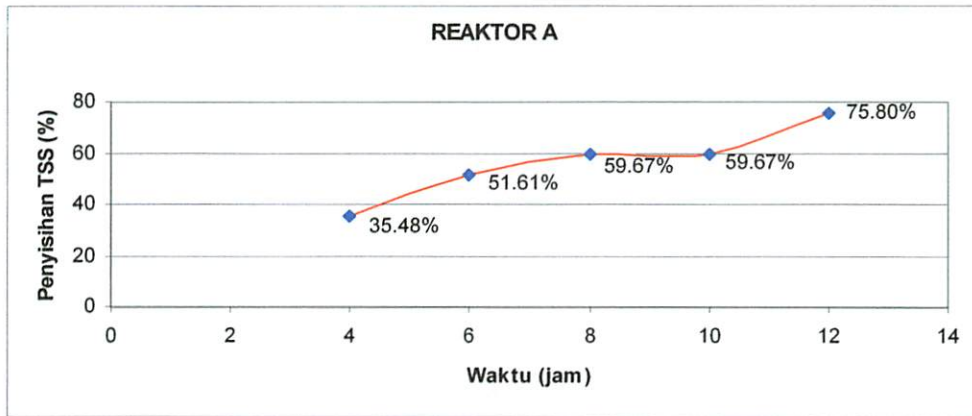
Pada bagian ini akan dibahas pengaruh waktu pengambilan sampel terhadap penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A, B, C, D, dan E. Konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar 2066,667 mg/l. Data penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, B, C, D dan E tersaji pada tabel 4.8.

**Tabel. 4.8. Hasil Pengamatan Analisa TSS**

Reaktor	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Waktu Detensi (jam)	Waktu pengambilan sampel (jam)	Penyisihan TSS (mg/l)	Penyisihan TSS (%)
A	0,0015	4	4	1333.33	35.48
			6	1000	51.61
			8	833.33	59.67
			10	833.333	59.67
			12	500	75.80
B	0,001	6	4	1000	51.61
			6	1000	51.61
			8	666.66	67.74
			10	666.66	67.74
			12	500	75.80
C	7,5.10 <sup>-4</sup>	8	4	1333.33	35.48
			6	666.66	67.74
			8	666.66	67.74
			10	500	75.80
			12	500	75.80
D	6.10 <sup>-4</sup>	10	4	1000	51.61
			6	666.66	67.74
			8	666.66	67.74
			10	500	75.80
			12	500	75.80
E	5.10 <sup>-4</sup>	12	4	1000	51.61
			6	833.33	59.67
			8	500	75.80
			10	166.66	91.93
			12	166.66	91.93

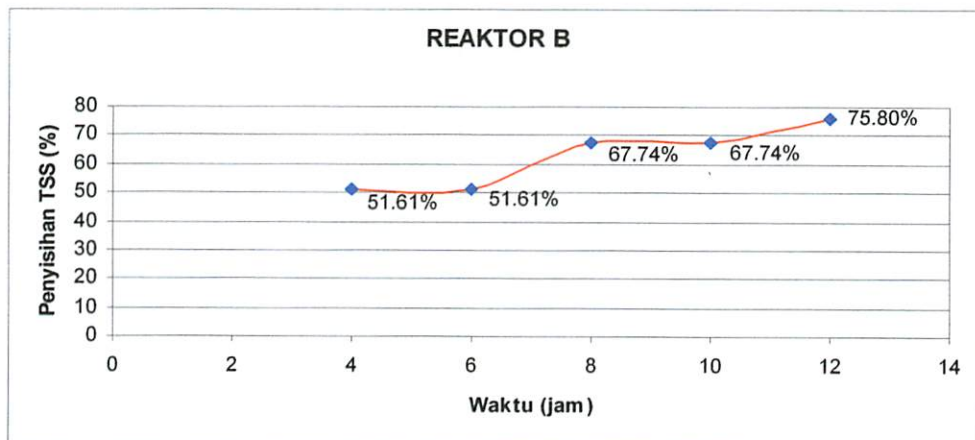
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.8. persentase efisiensi penyisihan TSS pada reaktor A terjadi peningkatan persentase penyisihan TSS. Peningkatan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 35,48 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 75,80 % pada 12 jam. Dari tabel 4.8. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.17.



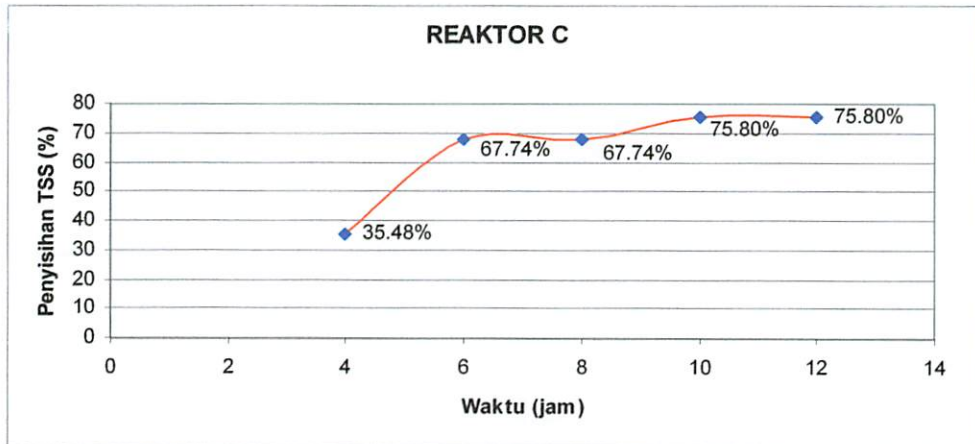
**Gambar 4.17. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor A**

Berdasarkan tabel 4.8. persentase efisiensi penyisihan TSS pada reaktor B terjadi peningkatan persentase penyisihan TSS. Peningkatan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 51,61 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 75,80 % pada 12 jam. Dari tabel 4.8. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.18.



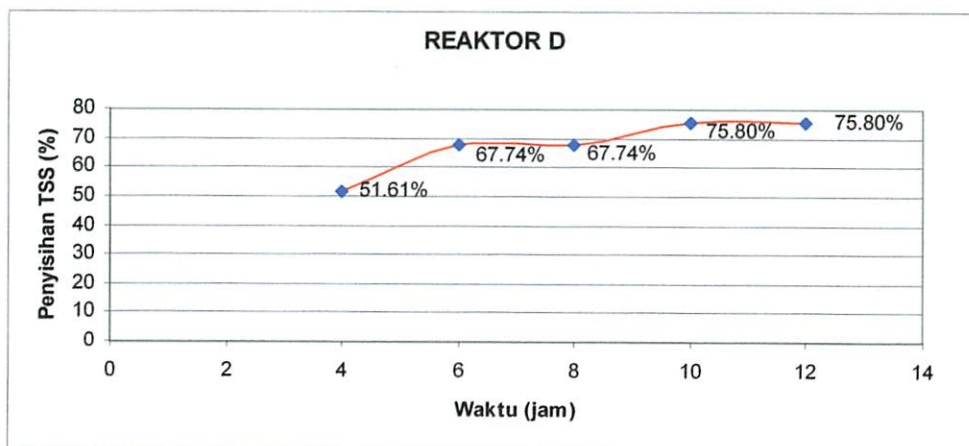
**Gambar 4.18. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor B**

Berdasarkan tabel 4.8. persentase efisiensi penyisihan TSS pada reaktor C terjadi peningkatan persentase penyisihan TSS. Peningkatan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 35,48 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 75,80 % pada 12 jam. Dari tabel 4.8. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.19.



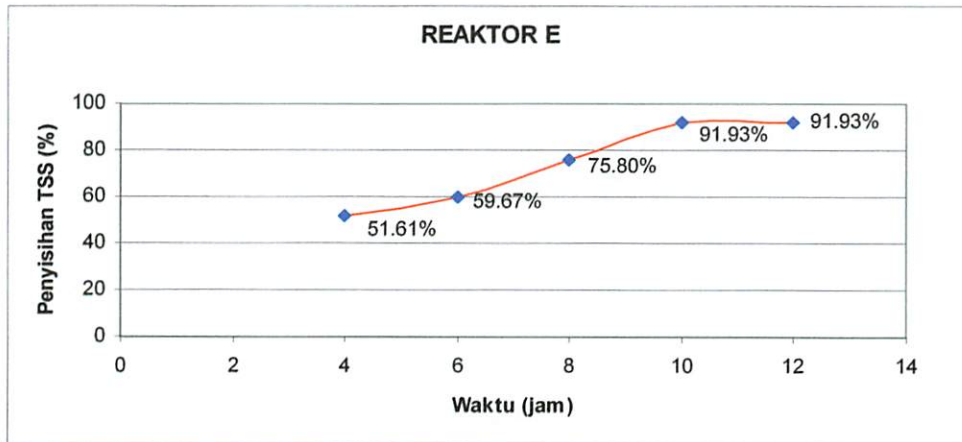
**Gambar 4.19. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor C**

Berdasarkan tabel 4.8. persentase efisiensi penyisihan TSS pada reaktor D terjadi peningkatan persentase penyisihan TSS. Peningkatan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 51,61 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 75,80 % pada 12 jam. Dari tabel 4.8. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.20.



**Gambar 4.20. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor D**

Berdasarkan tabel 4.8. persentase efisiensi penyisihan TSS pada reaktor E terjadi peningkatan % penyisihan TSS. Peningkatan persentase penyisihan TSS terendah sebesar 51,61 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan TSS tertinggi sebesar 91,93 % pada 12 jam. Dari tabel 4.8. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.21.



**Gambar 4.21. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor E**

Untuk mengetahui, waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor / debit aliran air limbah mana yang terbaik dalam menyisihkan konsentrasi TSS, dapat kita ketahui dari analisa faktorial. Analisa faktorial digunakan untuk mengetahui interaksi antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

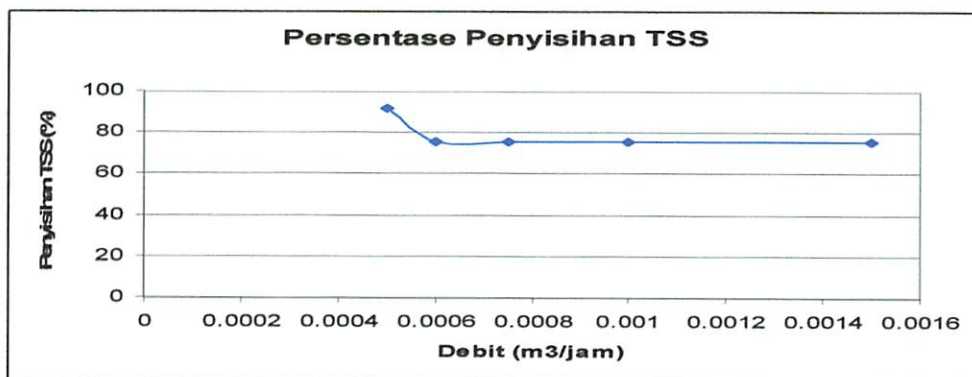
Dari gambar 4.22b. dan 4.22a. dapat disimpulkan bahwa makin lama waktu pengambilan sampel, maka akan memberi pengaruh yang semakin besar terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Serta semakin kecil debit aliran air limbah pada masing-masing reaktor, maka akan memberi pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan TSS.

Dari analisa faktorial dapat juga disimpulkan bahwa waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 26,27 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

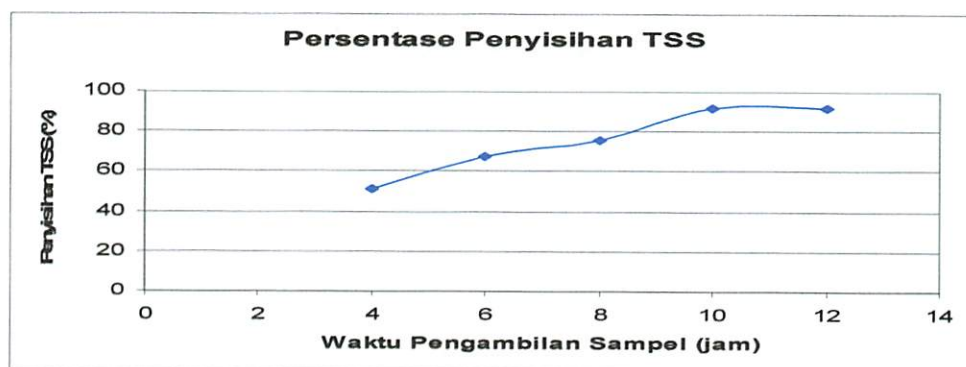


Debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan TSS. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 6,27 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau debit aliran berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

Serta waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan TSS. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 16,54 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan debit aliran berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa faktorial dapat dilihat pada lampiran B2.



Gambar 4.22a. Analisa Persentase Penyisihan TSS Berdasarkan Debit



Gambar 4.22b. Analisa Persentase Penyisihan TSS Berdasarkan Waktu Pengambilan Sampel



Gambar 4.22a. dan 4.22b. memperlihatkan bahwa debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau pada reaktor A dan waktu pengambilan sampel 4 jam memiliki pengaruh yang kecil terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS dan debit aliran air limbah  $5.10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau pada reaktor E dan waktu pengambilan sampel 12 jam memiliki pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan TSS.

Hal ini berarti selama tahap operasional TSS mengalami penurunan seiring dengan peningkatan waktu detensi atau penurunan debit aliran air limbah. Variasi terhadap waktu detensi / debit aliran air limbah menyebabkan perbedaan lamanya air limbah berada dalam reaktor. Semakin lama waktu detensi juga akan meningkatkan kesempatan kepada *suspended solid* (SS) untuk mengendap, dengan demikian waktu detensi akan mempengaruhi terhadap pemisahan TSS.

Pengambilan sampel yang dilakukan 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam pada tiap reaktor menghasilkan persentase penyisihan TSS yang stabil dan konstan berkisar  $\pm 10 \%$ , hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang telah terbentuk masih mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor serta media lumpur aktif masih mampu sebagai media penyaring *suspended solid* (SS). Selain itu menurut pendapat Shuler dan Kargi, (1992) penggunaan nutrisi oleh mikroorganisme akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme tersebut, hal ini mengakibatkan makin lamanya proses pada ABR akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme pada reaktor sehingga efisiensi penyisihan TSS akan meningkat dengan lamanya waktu operasional.

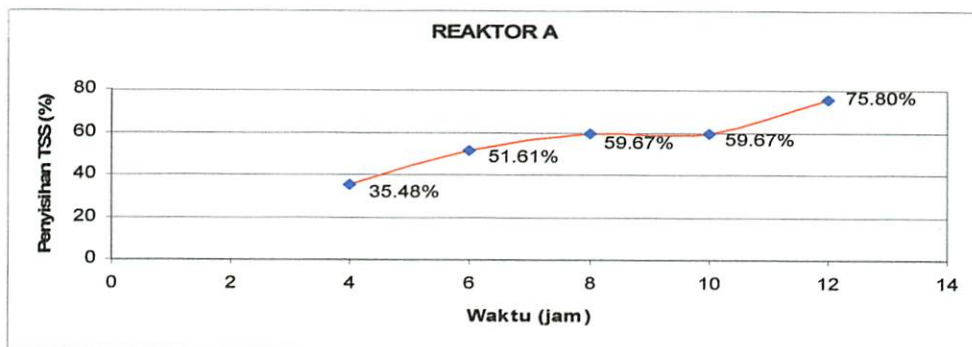
Pemisahan TSS dalam ABR terjadi karena proses mekanik yang terjadi di dalam reaktor yaitu jenis aliran. Desain reaktor yang terdiri dari beberapa kompartemen yang dipisahkan oleh sekat vertikal yang mengakibatkan aliran air limbah mengalir ke bagian bawah melalui media lumpur anaerobik dan kembali keatas, proses ini berlangsung sepanjang sekat yang ada menuju ke *outlet*. Penggunaan media lumpur pada bagian dasar reaktor secara tidak langsung menciptakan sistem penyaring. Selain itu karakteristik fisik *suspended solid* (berat jenis dan ukuran) sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengendapan.

Penurunan TSS dapat juga terjadi akibat aktivitas mikroorganisme dalam mengoksidasi zat padat tersuspensi yang bersipat organik, hal ini sejalan dengan pendapat dari Alaert dan Santika, 1987 bahwa zat padat tersuspensi dapat bersipat organik dan anorganik. Sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan TSS dapat juga disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam mengoksidasi zat tersuspensi. Sehingga semakin lama waktu kontak berarti semakin banyak pula kesempatan bakteri untuk mendegradasi zat tersuspensi yang berada dalam air limbah.

Effisiensi penyisihan TSS dapat pula terganggu oleh aktivitas mikroorganisme methanogen, dimana biogas yang terbentuk akan terperangkap dan terakumulasi pada *sluge*. Mixing menyebabkan biogas terbebas dan mengangkat *sluge*, sehingga ikut terbawa keluar bersama effluen (Prabowo,2000).

#### 4.4.1. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A

Reaktor A dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit 0,0015 m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 4 jam dan konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar 2066,667 mg/l.



Gambar 4.23. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor A

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 5,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel

adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran D1.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,794. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A. Serta Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi, (0,794) yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran D1.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = - 88,7 + 51,7 X - 6,19 X^2 + 0,252 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 7,82 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor A. Serta koefisien

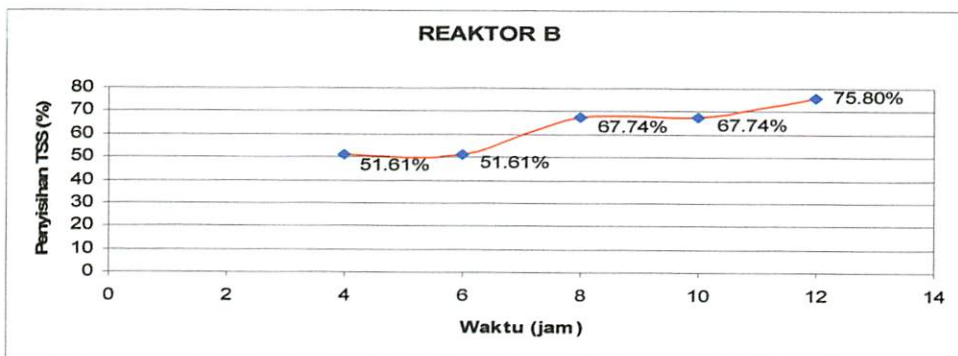
regresi tidak signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai  $t$  hitung  $-1,06$  untuk constanta, dan jika dilihat pada  $t$  tabel nilai  $t$  adalah  $1,77$ . karena nilai  $t$  hitung lebih kecil dari  $t$  tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran D1.

Dari gambar 4.23. dapat dilihat bahwa pada waktu ke 4 sampai ke 12 terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini berarti terjadi penyisihan *suspended solid* (SS) dengan pengendapan dan oleh mikroorganisme melalui penyisihan bahan organik.

Debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau waktu detensi 4 jam pada reaktor A sudah mampu untuk menyisihkan *suspended solid* (SS) dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor A tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 4 jam sudah mampu untuk menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme.

#### 4.4.2. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B

Reaktor B dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 6 jam dan konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar  $2066,667 \text{ mg/l}$ .



Gambar 4.24. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor B

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari

nilai F hitung sebesar 4,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran D2.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,756. hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,001 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B. Serta Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran D2.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 71,0 - 11,8 X + 2,02 X^2 - 0,084 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 5,07 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk

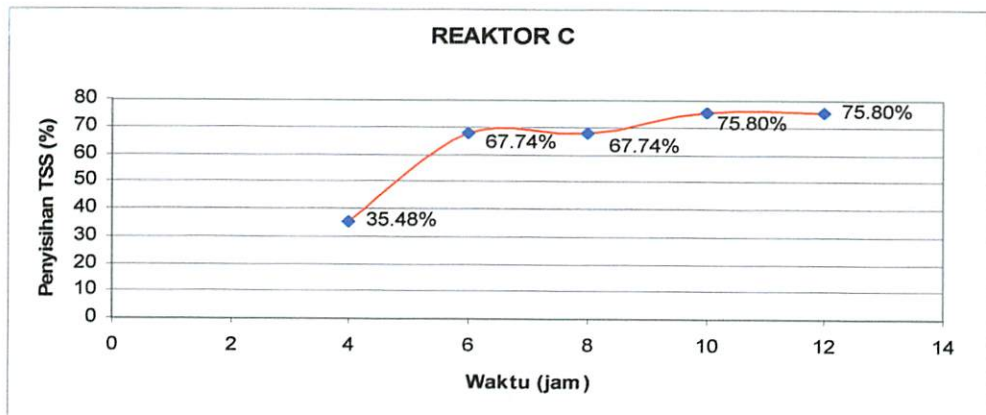
memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor B. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai  $t$  hitung 0,97 untuk constanta, dan jika dilihat pada  $t$  tabel nilai  $t$  adalah 1,77. karena nilai  $t$  hitung lebih kecil dari  $t$  tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran D2.

Dari gambar 4.24. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini berarti terjadi penyisihan *suspended solid* (SS) dengan pengendapan dan oleh mikroorganisme melalui penyisihan bahan organik.

Debit aliran air limbah  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau waktu detensi 6 jam pada reaktor B sudah mampu untuk menyisihkan *suspended solid* (SS) dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor B tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 6 jam sudah mampu untuk menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme.

#### 4.4.3. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C

Reaktor C dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 8 jam dan konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar 2066,667 mg/l.



Gambar 4.25. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor C



Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 7,17 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran D3.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,722. hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,002 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C. Serta Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran D3.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = -129 + 65,5 X - 7,06 X^2 + 0,252 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

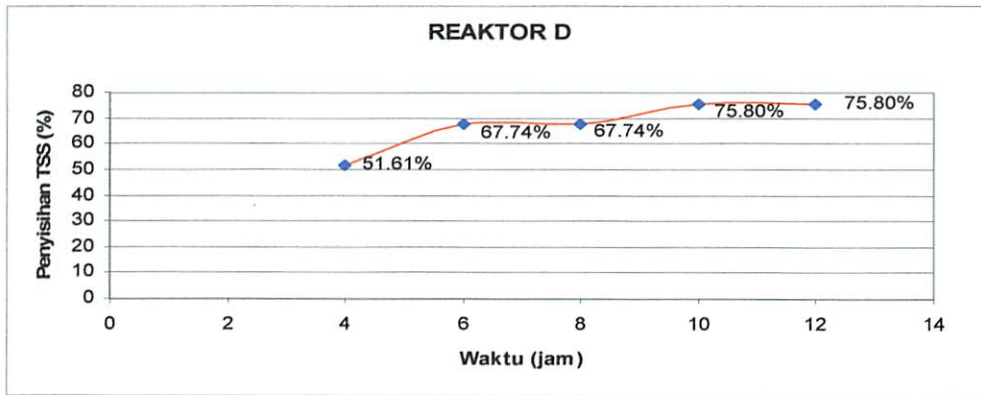
Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 9,03 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung -1,48 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran D3.

Dari gambar 4.25. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini berarti terjadi penyisihan *suspended solid* (SS) dengan pengendapan dan oleh mikroorganisme melalui penyisihan bahan organik.

Debit aliran air limbah  $7,5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau waktu detensi 8 jam pada reaktor C sudah mampu untuk menyisihkan *suspended solid* (SS) dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor C tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 8 jam sudah mampu untuk menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme.

#### **4.4.4. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor D**

Reaktor D dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $6 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 10 jam dan konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar 2066,667 mg/l.



**Gambar 4.26. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor D**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 3,75 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran D4.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,700, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,004 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran D4.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = -12,9 + 24,7 X - 2,45 X^2 + 0,084 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

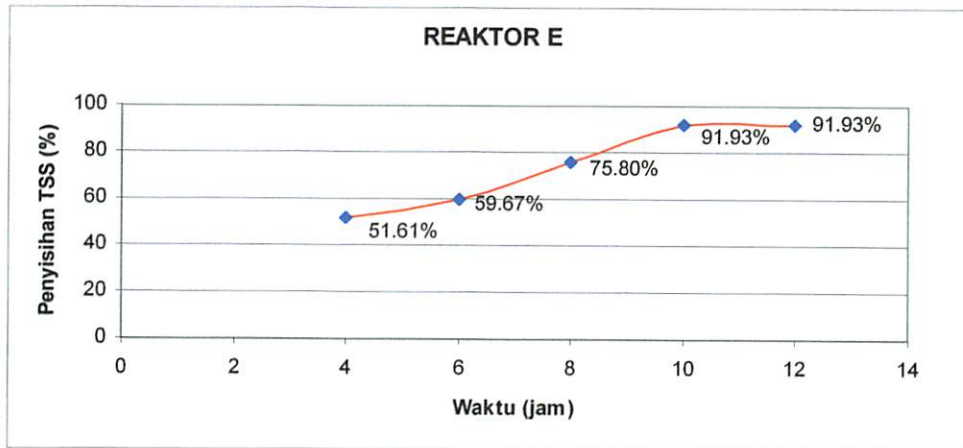
Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 4,75 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung -0,18 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran D4.

Dari gambar 4.26. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini berarti terjadi penyisihan *suspended solid* (SS) dengan pengendapan dan oleh mikroorganisme melalui penyisihan bahan organik.

Debit aliran air limbah  $6.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau waktu detensi 10 jam pada reaktor D sudah mampu untuk menyisihkan *suspended solid* (SS) dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor D tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 10 jam sudah mampu untuk menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme.

#### 4.4.5. Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E

Reaktor E dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 12 jam dan konsentrasi TSS awal pada air limbah sebesar 2066,667 mg/l.



**Gambar 4.27. Persentase Penyisihan TSS pada Reaktor E**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 8,67 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran D5.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,855, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka

hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E. Serta Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran D5.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 115 - 34,7 X + 5,76 X^2 - 0,252 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 12,67 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor E. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung 1,39 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran D5.

Dari gambar 4.27. dapat dilihat bahwa pada waktu ke 4 sampai ke 12 terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi TSS. Hal ini berarti terjadi penyisihan *suspended solid* (SS) dengan pengendapan dan oleh mikroorganisme melalui penyisihan bahan organik.

Debit aliran air limbah  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau waktu detensi 12 jam pada reaktor E sudah mampu untuk menyisihkan *suspended solid* (SS) dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor E tidak mengakibatkan sluge terangkat



dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 12 jam sudah mampu untuk menguraikan bahan organik yang ada oleh mikroorganisme.

Jumlah TSS yang terdapat pada influen relatif tinggi, pemisahan TSS pada reaktor ABR terjadi mulai pada saat air limbah memasuki kompartemen pertama, TSS akan terus berkurang setelah melewati tiap kompartemen. Pada bagian akhir reaktor, terjadi akumulasi lumpur, hal ini membuat penyisihan TSS menjadi lebih efektif daripada kompartemen sebelumnya karena sistem filtrasi yang terbentuk cukup tebal dan memberikan cukup waktu lebih lama buat bakteri untuk menyisihkan bahan organik yang terdapat dalam *suspended solid* (SS).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap reaktor ABR untuk menurunkan konsentrasi TSS pada limbah cair RPH menunjukkan bahwa terjadi persentase penyisihan konsentrasi TSS 35,48 % sampai 91,93 %. Disimpulkan juga makin lama waktu detensi atau waktu kontak antara air limbah dan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan TSS pada limbah RPH.

Penyisihan konsentrasi TSS secara biologi dengan menggunakan proses anaerobik juga dilaporkan oleh beberapa penelitian. Hasil penelitian Prabowo (2000), menggunakan reaktor ABR dengan mengencerkan air limbah dengan perbandingan limbah asli dan air recycle 0; 2:1 dan 1:2., bahwa persentase penyisihan TSS sebesar 45 % sampai 95 %. Disimpulkan juga makin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan TSS yang dihasilkan. Kemudian penelitian Hadi (2000), dengan menggunakan ABR untuk pengolahan lindi TPA. Didapatkan hasil bahwa persentase penyisihan TSS sebesar 70 – 95 %. Disimpulkan juga makin lama waktu kontak antara air limbah dengan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan TSS yang dihasilkan.

#### 4.5. Penyisihan Konsentrasi Warna

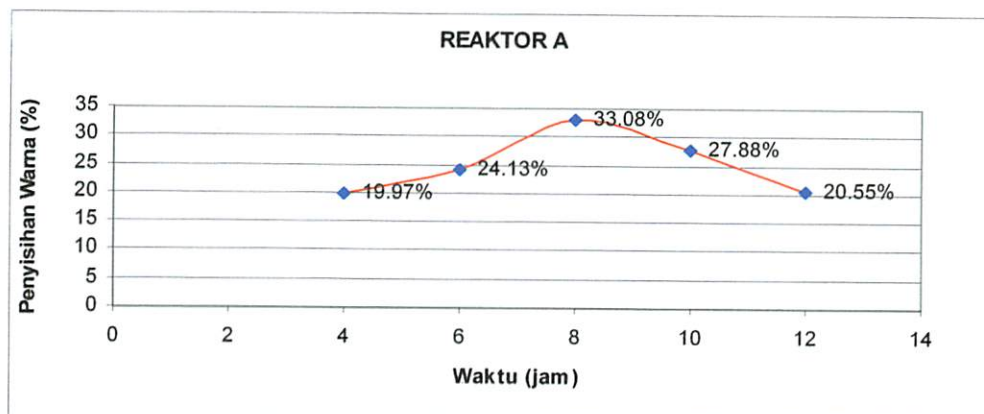
Pada bagian ini akan dibahas pengaruh waktu pengambilan sampel terhadap penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A, B, C, D, dan E. Konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co. Data penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A, B, C, D dan E tersaji pada tabel 4.9.

**Tabel. 4.9. Hasil Pengamatan Analisa Warna**

Reaktor	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Waktu Detensi (jam)	Waktu pengambilan sampel (jam)	Penyisihan Warna (Pt-Co)	Penyisihan Warna (%)
A	0,0015	4	4	2.142	19.97
			6	2.030	24.13
			8	1.791	33.08
			10	1.930	27.88
			12	2.126	20.55
B	0,001	6	4	1.947	27.23
			6	1.895	29.18
			8	1.866	30.27
			10	1.849	30.90
			12	1.770	33.84
C	7,5.10 <sup>-4</sup>	8	4	1.968	26.47
			6	1.913	28.51
			8	1.868	30.19
			10	1.758	34.28
			12	1.593	40.47
D	6.10 <sup>-4</sup>	10	4	1.855	30.69
			6	1.813	32.26
			8	1.799	32.75
			10	1.741	34.95
			12	1.595	40.39
E	5.10 <sup>-4</sup>	12	4	1.884	29.60
			6	1.864	30.35
			8	1.741	34.94
			10	1.734	35.19
			12	1.546	42.24

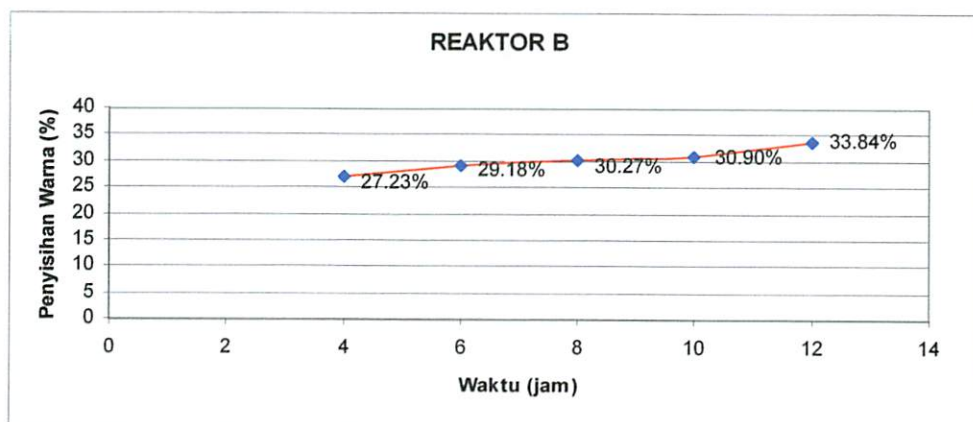
Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4.9. persentase efisiensi penyisihan warna pada reaktor A terjadi fluktuasi penyisihan warna. Penurunan persentase penyisihan warna terjadi pada 10 jam, 27,88 % dari 33,08 % pada 8 jam. Peningkatan persentase penyisihan warna terendah sebesar 19,97 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan warna tertinggi sebesar 33,08 % pada jam ke 8. Dari tabel 4.9. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.28.



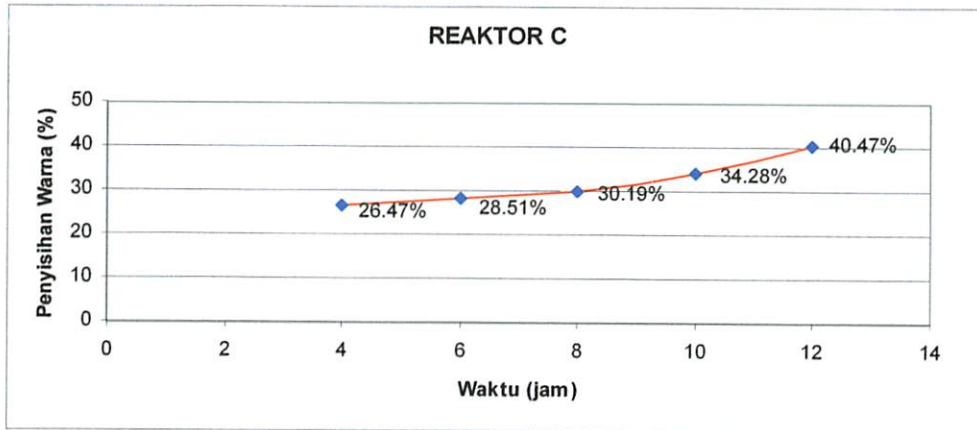
**Gambar 4.28. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor A**

Berdasarkan tabel 4.9. persentase efisiensi penyisihan warna pada reaktor B terjadi peningkatan persentase penyisihan warna. Peningkatan persentase penyisihan warna terendah sebesar 27,23 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan warna tertinggi sebesar 33,84 % pada 12 jam. Dari tabel 4.9. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.29.



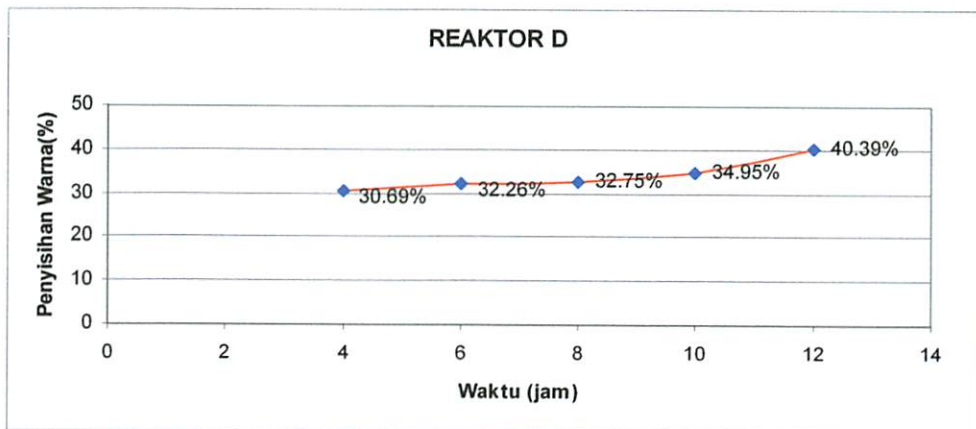
**Gambar 4.29. Persentase Penyisihan warna pada Reaktor B**

Berdasarkan tabel 4.9. persentase efisiensi penyisihan warna pada reaktor C terjadi peningkatan persentase penyisihan warna. Peningkatan persentase penyisihan warna terendah sebesar 26,47 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan warna tertinggi sebesar 40,47 % pada 12 jam. Dari tabel 4.9. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.30.



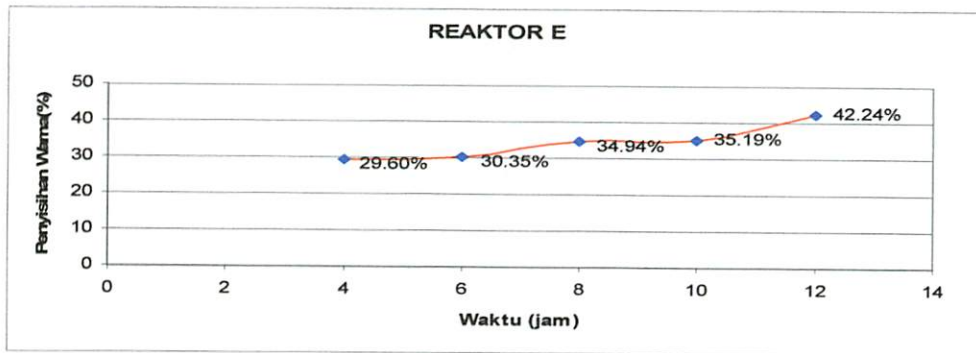
**Gambar 4.30. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor C**

Berdasarkan tabel 4.9. persentase efisiensi penyisihan warna pada reaktor D terjadi peningkatan persentase penyisihan warna. Peningkatan persentase penyisihan warna terendah sebesar 30,69 % pada jam ke 4. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan warna tertinggi sebesar 40,39 % pada jam ke 12. Dari tabel 4.9. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.31.



**Gambar 4.31. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor D**

Berdasarkan tabel 4.9. persentase efisiensi penyisihan warna pada reaktor E terjadi peningkatan persentase penyisihan warna. Peningkatan persentase penyisihan warna terendah sebesar 29,60 % pada 4 jam. Sedangkan peningkatan persentase penyisihan warna tertinggi sebesar 42,24 % pada 12 jam. Dari tabel 4.9. di plotkan ke grafik dapat dilihat pada gambar 4.32.



**Gambar 4.32. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor E**

Untuk mengetahui, waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor / debit aliran air limbah mana yang terbaik dalam menyisihkan konsentrasi warna, dapat kita ketahui dari analisa faktorial. Analisa faktorial digunakan untuk mengetahui interaksi antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Dari gambar 4.33b. dan 4.33a. dapat disimpulkan bahwa makin lama waktu pengambilan sampel, maka akan memberi pengaruh yang semakin besar terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Serta semakin kecil debit aliran air limbah pada masing-masing reaktor, maka akan memberi pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan warna.

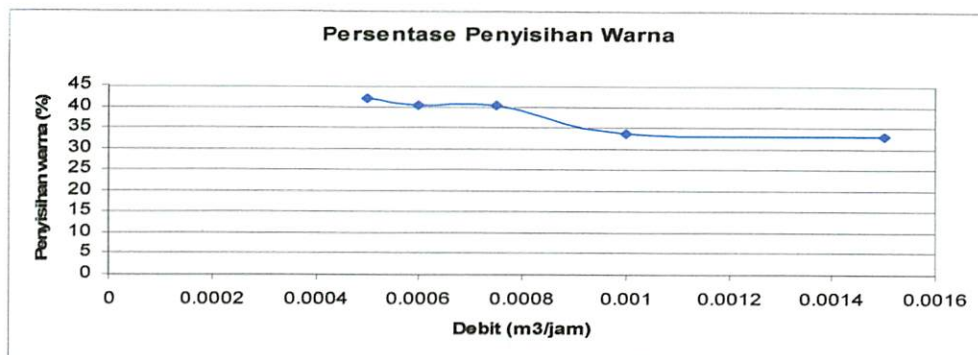
Dari analisa faktorial dapat juga disimpulkan bahwa waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 18,07 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan warna. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 21,45 dan jika dilihat pada tabel

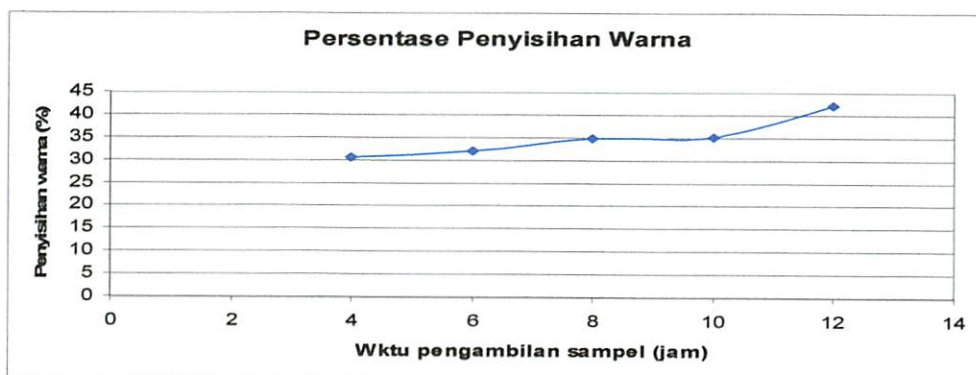


distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau debit air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Serta interaksi antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan warna. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 3,45 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan debit air limbah berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa faktorial dapat dilihat pada lampiran B3.



Gambar 4.33a. Analisa Persentase Penyisihan Warna Berdasarkan Debit



Gambar 4.33b. Analisa Persentase Penyisihan Warna Berdasarkan Waktu pengambilan sampel



Gambar 4.33a. dan Gambar 3.34b. memperlihatkan bahwa debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau pada reaktor A dan waktu pengambilan sampel 4 jam memiliki pengaruh yang kecil terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna dan debit aliran air limbah  $5.10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau pada reaktor E dan waktu pengambilan sampel 12 jam memiliki pengaruh yang besar terhadap persentase penyisihan warna.

Hal ini berarti selama tahap operasional warna mengalami penurunan seiring dengan peningkatan waktu detensi atau penurunan debit aliran air limbah. Variasi terhadap waktu detensi / debit aliran air limbah menyebabkan perbedaan lamanya air limbah berada dalam reaktor. Perbedaan tersebut akan mempengaruhi waktu kontak antara limbah dengan mikroorganisme yang terdapat dalam reaktor. Semakin lama waktu kontak berarti semakin banyak pula kesempatan mikroorganisme untuk mendegradasi warna yang berada dalam air limbah.

Pengambilan sampel yang dilakukan 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam pada tiap reaktor menghasilkan persentase penyisihan warna yang stabil dan konstan berkisar  $\pm 10 \%$ , hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang telah terbentuk masih mampu untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah dan mampu beradaptasi dengan kondisi yang ada seperti konsentrasi dan komposisi substrat di dalam reaktor. Selain itu menurut pendapat Shuler dan Kargi, (1992) penggunaan nutrisi oleh mikroorganisme akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme tersebut, hal ini mengakibatkan makin lamanya proses pada ABR akan mengakibatkan peningkatan massa mikroorganisme pada reaktor sehingga efisiensi penyisihan warna akan meningkat dengan lamanya waktu operasional.

Penelitian pertama kali tentang perombakan zat warna dilakukan Meyer (1981) dalam Manurung (2004) yang berawal dari penemuan hasil metabolisme hewan mamalia yang diberi makanan campuran zat warna, zat warna yang masuk bersama makanan masuk ke dalam pencernaan hewan kemudian direduksi oleh mikroorganisme yang berada di dalam saluran pencernaan pada kondisi anaerobik.

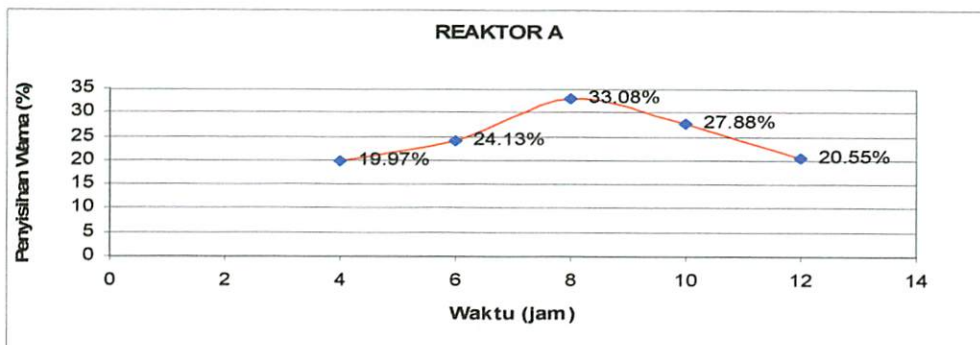
Warna pada air limbah RPH berasal dari darah hewan yang mengandung Hemoglobin, Hemoglobin ini merupakan protein merah yang mengandung besi yang mentransfer  $\text{O}_2$  dan  $\text{CO}_2$  dalam darah (Soetarmin, 1999). Hal ini sejalan

dengan pendapat Alaerts dan Santika (1984) bahwa warna didalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam (besi dan mangan), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri.

Selain itu menurut pendapat Sutrisno dan Suciati (1991) bahwa warna yang disebabkan oleh bahan-bahan organik disebut *true color* dan warna yang disebabkan oleh bahan tersuspensi disebut *apparent color*. Jadi selain dari bahan-bahan organik warna juga berasal dari bahan tersuspensi, sehingga bila bahan tersuspensi ini dilewatkan ke media reaktor akan tersaring dan bila dibiarkan sampai waktu tertentu akan mengendap.

#### 4.5.1. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A

Reaktor A dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit 0,0015 m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 4 jam dan konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co.



Gambar 4.34. Persentase Peyisihan Warna pada Reaktor A

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 22,48 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E1.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A adalah tidak terdapat hubungan, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,166, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak terdapat hubungan karena berada di bawah 0,2 (Soleh, 2005). Dan tidak ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,554 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, atau tidak ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A. Serta Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E1.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 13,6 - 1,33 X + 0,96 X^2 - 0,0672 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 13,82 sedangkan dari tabel distribusi F. didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor A. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung 0,63 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi

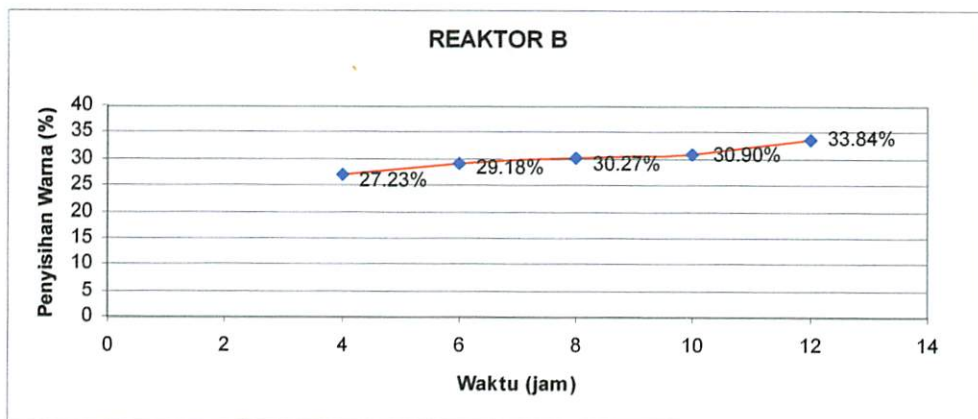
tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran E1.

Dari gambar 4.34. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 8 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini berarti terjadi penyisihan warna oleh mikroorganisme dan penyisihan warna yang berasal dari *suspended solid* (SS) dengan pengendapan.

Debit aliran air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$  pada reaktor A belum mampu menyisihkan warna yang ada oleh mikroorganisme. Akibatnya pada akhir periode operasional yaitu 10 jam dan 12 jam mengalami penurunan persentase konsentrasi warna. Hal ini diakibatkan oleh keterbatasan waktu kontak antara limbah dengan mikroorganisme yang terdapat dalam reaktor.

#### 4.5.2. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B

Reaktor B dialiri air limbah rumah potong hewan dengan debit  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 6 jam dan konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co.



**Gambar 4.35. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor B**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 3,55 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel

adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E2.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,754, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,001 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B. Serta hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E2.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 15,2 + 4,96 X - 0,59 X^2 + 0,0258 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 5,20 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai

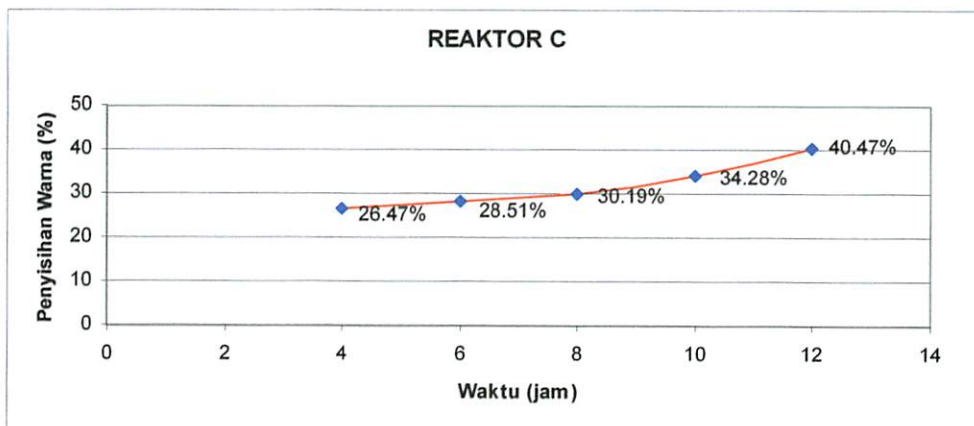
untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor B. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai  $t$  hitung 0,85 untuk constanta, dan jika dilihat pada  $t$  tabel nilai  $t$  adalah 1,77. karena nilai  $t$  hitung lebih kecil dari  $t$  tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran E2.

Dari gambar 4.35. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini berarti terjadi penyisihan warna oleh mikroorganisme dan penyisihan warna yang berasal dari *suspended solid* (SS) dengan pengendapan.

Debit aliran air limbah  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$  atau waktu detensi 6 jam pada reaktor B tampaknya sudah cukup bagi *suspended solid* (SS) untuk mengendap dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor B tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 6 jam sudah cukup bagi mikroorganisme untuk menyisihkan warna yang ada.

#### 4.5.3. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C

Reaktor C dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau dengan waktu detensi 8 jam dan konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co.



Gambar 4.36. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor C



Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C adalah tidak berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 3,40 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E3.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,730, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,002 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran E3.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 17,2 + 3,9 X - 0,53 X^2 + 0,0299 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

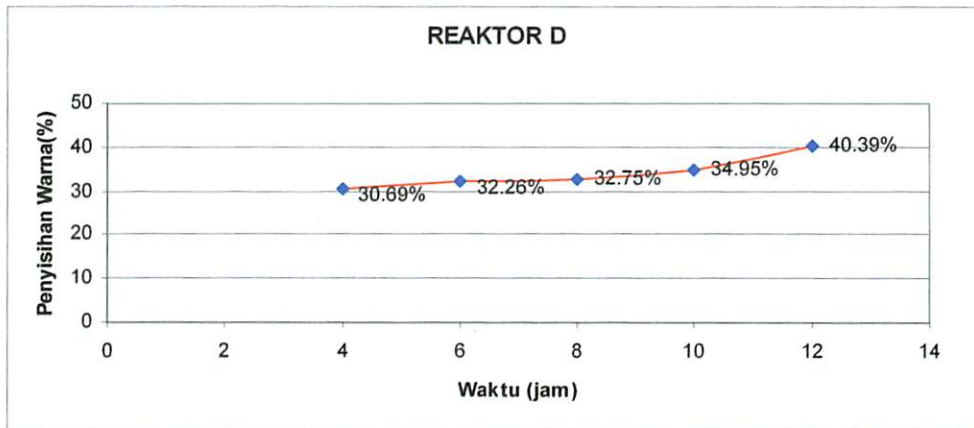
Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 4,98 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor C. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang ditunjukkan dengan nilai t hitung 0,43 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran E3.

Dari gambar 4.36. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 2 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini berarti terjadi penyisihan warna oleh mikroorganisme dan penyisihan warna yang berasal dari *suspended solid* (SS) dengan pengendapan.

Debit aliran air limbah  $7,5 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau waktu detensi 8 jam pada reaktor C tampaknya sudah cukup bagi *suspended solid* (SS) untuk mengendap dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor C tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 8 jam sudah cukup bagi mikroorganisme untuk menyisihkan warna yang ada.

#### **4.5.4. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor D**

Reaktor D dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $6 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau dengan waktu detensi 10 jam dan konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co.



**Gambar 4.37. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor D**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 8,29 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E4.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,804, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D. Serta hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan

sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E4.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 16,8 + 6,42 X - 0,92 X^2 + 0,0460 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

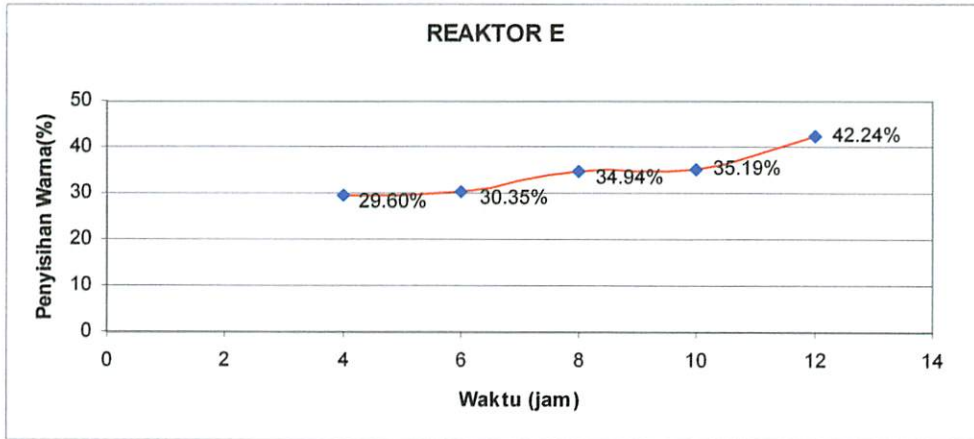
Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D, hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung 12,06 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor D. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung 0,95 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E4.

Dari gambar 4.37. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini berarti terjadi penyisihan warna oleh mikroorganisme dan penyisihan warna yang berasal dari *suspended solid* (SS) dengan pengendapan.

Debit aliran air limbah  $6.10^{-4} \text{ m}^3/\text{jam}$  atau waktu detensi 10 jam pada reaktor D tampaknya sudah cukup bagi *suspended solid* (SS) untuk mengendap dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor D tidak mengakibatkan sludge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 10 jam sudah cukup bagi mikroorganisme untuk menyisihkan warna yang ada.

#### 4.5.5. Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor E

Reaktor E dialiri air limbah rumah potong hewan dengan Debit  $5.10^{-4}$   $m^3/jam$  atau dengan waktu detensi 12 jam dan konsentrasi warna awal pada air limbah sebesar 2,676 Pt-Co.



**Gambar 4.38. Persentase Penyisihan Warna pada Reaktor E**

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dapat dilakukan analisa Anova. Dari analisa Anova yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa ke empat waktu pengambilan sampel dalam persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E adalah berbeda nyata. Hal ini dapat dilihat dari nilai F hitung sebesar 9,08 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa Anova dapat dilihat pada lampiran E5.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,832, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara

variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E. Serta hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E semakin meningkat. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran E5.

Sedangkan untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E, maka dapat dilakukan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapatkan yaitu :

$$Y = 16,8 + 5,1 X - 0,61 X^2 + 0,0304 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E, hal ini dapat ditunjukkan dari nilai F hitung 9,50 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor E. Serta koefisien regresi tidak signifikan, yang dapat dilihat dari nilai t hitung 0,66 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran E5.

Dari gambar 4.38. dapat dilihat bahwa pada 4 jam sampai 12 jam terjadi peningkatan persentase penyisihan konsentrasi warna. Hal ini berarti terjadi penyisihan warna oleh mikroorganisme dan penyisihan warna yang berasal dari *suspended solid* (SS) dengan pengendapan.



Debit aliran air limbah  $5.10^{-4}$  m<sup>3</sup>/jam atau waktu detensi 12 jam pada reaktor E tampaknya sudah cukup bagi *suspended solid* (SS) untuk mengendap dengan baik hal ini dikarenakan waktu detensi pada reaktor E tidak mengakibatkan sluge terangkat dan ikut terbawa keluar bersama effluen. Dan waktu detensi 12 jam sudah cukup bagi mikroorganisme untuk menyisihkan warna yang ada.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap reaktor ABR untuk menurunkan konsentrasi warna pada limbah cair RPH menunjukkan bahwa terjadi persentase penyisihan konsentrasi warna 19,97 % sampai 42,24 %. Kecilnya persentase penyisihan warna yang dihasilkan sejalan dengan pendapat Manurung dkk (2004). Menurut Manurung dkk, penyisihan warna menghasilkan persentase penyisihan yang kecil, hal ini karena warna mempunyai sifat tahan terhadap degradasi biologi. Disimpulkan juga makin lama waktu detensi atau waktu kontak antara air limbah dan mikroorganisme menunjukkan makin besar pula persentase penyisihan warna pada limbah RPH.

Penyisihan konsentrasi warna secara biologi dengan menggunakan proses anaerobik juga dilaporkan oleh beberapa penelitian. Bhattacharya dkk (1990), menggunakan zat warna buatan yang dapat larut dalam air, diperoleh penurunan zat warna pada sistem anaerobik sebesar 30 % sampai 50 %. Kemudian penelitian Haug dkk (1992), didapatkan hasil bahwa sistem anaerobik bisa menetralisasi zat warna buatan (warna azo pada tekstil) dan diperoleh penurunan 37 % sampai 98 %. Meyer (1981) dalam Manurung dkk (2004), mereduksi zat warna buatan yang di campur pada makanan sapi, dimana makanan ini dimasukan ke pencernaan hewan, didapatkan bahwa warna direduksi oleh mikroorganisme yang ada dipencernaan dengan kondisi anaerobik.

#### **4.6. Hubungan Penyisihan Konsentrasi COD, TSS dan Warna Dalam Reaktor**

Limbah cair rumah potong hewan mengandung bahan organik terlarut dan tersuspensi, hal ini dapat dilihat dari konsentrasi COD, TSS dan warna pada limbah cair RPH yang relatif tinggi. Menurut pendapat Alaerts dan Santika, (1984) COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat – zat organik yang secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan

mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Masih menurut pendapat Alaerts dan Santika, (1984) bahwa zat padat tersuspensi dapat bersifat organik dan anorganik. Selain itu menurut pendapat Sutrisno dan Suciati (1991) bahwa warna yang disebabkan oleh bahan-bahan organik disebut *true color* dan warna yang disebabkan oleh bahan tersuspensi disebut *apparent color*. Menurut pendapat dari beberapa peneliti, bahwa bahan organik yang terdapat pada limbah cair RPH dapat mempengaruhi konsentrasi COD, TSS dan warna.

Berdasarkan hasil penelitian dapat kita ketahui apakah ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan diantara penyisihan konsentrasi COD, TSS dan warna pada reaktor dapat dilakukan analisa korelasi. Dari analisa korelasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hubungan antara penyisihan konsentrasi COD dan TSS pada reaktor adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,702. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara penyisihan konsentrasi COD dan TSS pada reaktor. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,702) yang berarti semakin besar nilai penyisihan konsentrasi COD maka semakin besar pula penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor.

Dari analisa korelasi yang dilakukan antara penyisihan konsentrasi warna dan COD pada reaktor adalah kuat, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,745. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara penyisihan konsentrasi warna dan COD pada reaktor. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,745) yang berarti semakin besar nilai penyisihan konsentrasi warna maka semakin besar pula penyisihan konsentrasi COD pada reaktor.

Dari analisa korelasi yang dilakukan antara penyisihan konsentrasi warna dan TSS pada reaktor adalah sedang, hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi 0,691.

Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Dan ada hubungan antara variabel, hal ini dapat dilihat dari nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan antara penyisihan konsentrasi warna dan TSS pada reaktor. Serta hubungan kedua variabel tersebut searah, hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi (0,691) yang berarti semakin besar nilai penyisihan konsentrasi warna maka semakin besar pula penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa korelasi dapat dilihat pada lampiran.

#### 4.7. Sistem Perencanaan ABR

Kecepatan aliran keatas ( $V_{up}$ ) dari air limbah di dalam kompartemen dari ABR, tidak boleh lebih dari 2 m/jam (Ludwig, 1998). Ini merupakan parameter penting dalam menghitung desain dari ABR, terutama *hydraulic loading* yang tinggi.

$$V_{up} = Q/A$$

Dimana :

$V_{up}$  = Kecepatan aliran keatas pada kompartemen (m/jam)

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/jam$ )

$A$  = Luas alas dari kompartemen

Tingkat penguraian yang tinggi dapat terjadi dengan waktu detensi yang relatif kecil, waktu detensi dari reaktor sebaiknya tidak kurang dari 8 jam (Ludwig, 1998), selain itu ABR juga dapat beroperasi dengan waktu detensi sampai dengan 24 jam (Hermana, 2000). Volume reaktor diperoleh dari perhitungan debit rata-rata dari air limbah yang akan di olah dan waktu detensi yang diterapkan (Ludwig, 1998)

$$V = Q \times t_d$$

Dimana :

$V$  = Volume reaktor ( $m^3$ )

$Q$  = Debit air limbah ( $m^3/jam$ )

$t_d$  = Waktu detensi (jam)

Menurut Prabowo, 2000 air limbah yang masuk kedalam reaktor seharusnya sedapat mungkin terdistribusi secara merata di pintu masuk pada dasar reaktor, hal ini dapat dilakukan dengan mendesain kompartemen yang relatif rendah (lebar reaktor < 60 % dari tinggi reaktor) dan untuk panjang serta tinggi reaktor ditentukan berdasarkan perencanaan.

ABR terdiri setidaknya 4 kompartemen yang tersusun seri. Pada kompartemen terakhir dapat berfungsi sebagai penyaring untuk menerima kemungkinan lumpur yang berlebih (Ludwig, 1998). Sedangkan volume lumpur yang digunakan pada saat aklimatisasi 10 – 25 % dari volume reaktor ( Souza, 1986).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui beberapa hal antara lain :

Reaktor yang digunakan 5 buah dengan kriteria desain sebagai berikut :

a. Reaktor A

- waktu detensi 4 jam
- Debit air limbah  $0,0015 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Panjang reaktor 0,3 m
- Lebar reaktor 0,1 m
- Tinggi reaktor 0,2 m
- Volume reaktor  $0,006 \text{ m}^3$

b. Reaktor B

- waktu detensi 6 jam
- Debit air limbah  $0,001 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Panjang reaktor 0,3 m
- Lebar reaktor 0,1 m
- Tinggi reaktor 0,2 m
- Volume reaktor  $0,006 \text{ m}^3$

c. Reaktor C

- waktu detensi 8 jam
- Debit air limbah  $0,00075 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Panjang reaktor 0,3 m

- Lebar reaktor 0,1 m
  - Tinggi reaktor 0,2 m
  - Volume reaktor 0,006 m<sup>3</sup>
- d. Reaktor D
- waktu detensi 10 jam
  - Debit air limbah 0,0006 m<sup>3</sup>/jam
  - Panjang reaktor 0,3 m
  - Lebar reaktor 0,1 m
  - Tinggi reaktor 0,2 m
  - Volume reaktor 0,006 m<sup>3</sup>
- e. Reaktor E
- waktu detensi 12 jam
  - Debit air limbah 0,0005 m<sup>3</sup>/jam
  - Panjang reaktor 0,3 m
  - Lebar reaktor 0,1 m
  - Tinggi reaktor 0,2 m
  - Volume reaktor 0,006 m<sup>3</sup>

Tabel 4.10. Sistem Perencanaan ABR

Keterangan		COD	TSS	Warna
Q (m <sup>3</sup> /jam)		0,001	0,0015	0,001
Waktu detensi (jam)		6	4	6
Volume reaktor (m <sup>3</sup> )		0,006	0,006	0,006
Dimensi Bak (m)	Panjang	0,3	0,3	0,3
	Lebar	0,1	0,1	0,1
	Tinggi	0,2	0,2	0,2
A (m <sup>2</sup> )		0,003	0,003	0,003
V <sub>up</sub> (m/jam)		0,5	0,5	0,5
Influen		305,45 mg/l	2066,667 mg/l	2,676 Pt-Co
Effluen		180,364 mg/l	899,9999 mg/l	2,0038 Pt-Co

### Penjelasan

- Waktu detensi yang dianjurkan 8 – 24 jam
- Volume reaktor,  $V = Q \times \text{waktu detensi}$
- Lebar reaktor < 60 % dari tinggi reaktor
- Panjang dan tinggi direncanakan
- Dimensi bak,  $V = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{tinggi}$
- Luas alas (A) dari tiap kompartemen,  $A = P \times L$
- $\text{COD}_{\text{effluent}} = 260 - (13,3 \times \text{waktu detensi}) \rightarrow \text{COD}_{\text{influen}} \leq 305,45 \text{ mg/l}$
- $\text{TSS}_{\text{effluent}} = 1053 - (41,7 \times \text{waktu detensi}) \rightarrow \text{TSS}_{\text{influen}} \leq 2066,667 \text{ mg/l}$
- $\text{Warna}_{\text{effluent}} = 2,08 - (0,0302 \times \text{waktu detensi}) \rightarrow \text{Warna}_{\text{influen}} \leq 2,676 \text{ Pt-Co}$

#### 4.8. Keterkaitan Analisa COD dan BOD Dalam Anaerobic Baffled Reactor

*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan salah satu alternatif pengolahan air limbah secara biologis dimana suatu populasi mikroorganisme menggunakan kontaminan yang ada di dalam air buangan sebagai substrat untuk pertumbuhan dan sistesa sel.

Tujuan dari proses pengolahan biologis dalam ABR adalah untuk memisahkan bahan organik menjadi suatu biomasa mikroba dan produk akhir yang stabil yaitu gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Sedangkan untuk mengetahui seberapa efektif mikroorganisme dalam memisahkan bahan organik dalam ABR dapat kita ketahui dari analisa COD dan BOD.

Analisa COD merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik, dimana pengoksidasi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  digunakan sebagai sumber oksigen. Analisa COD hanya merupakan suatu analisa yang menggunakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologis (yang sebenarnya terjadi di alam) sehingga merupakan suatu pendekatan saja, karena hal tersebut maka analisa COD tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi dan zat-zat yang teroksidasi sedara biologis.

Sedangkan analisa BOD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air, selain itu



analisa BOD merupakan suatu analisa yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air.

Analisa yang dilakukan terhadap sampel air limbah yang berasal dari ABR baik menggunakan analisa COD dan BOD, sebaiknya terlebih dahulu memperhatikan prinsip dari ABR. Pengolahan limbah dalam ABR dilakukan secara biologis dimana suatu populasi mikroorganisme menggunakan kontaminan yang ada di dalam air buangan (bahan organik) sebagai substrat untuk pertumbuhan dan sintesa sel. Dalam ABR mikroorganisme berperan sangat besar dalam mengoksidasi bahan organik, bahan organik ini digunakan mikroorganisme sebagai sumber energi yang akan dirubah menjadi bentuk akhir yang lebih stabil ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ) dan mengubah bahan organik menjadi *biomassa*.

Melihat prinsip yang terjadi dalam ABR analisa yang tepat untuk mengetahui seberapa efektif mikroorganisme dalam menyisihkan bahan organik dalam ABR dapat digunakan analisa BOD karena analisa BOD merupakan suatu analisa yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Dalam analisa BOD sampel diperlakukan sedemikian rupa sehingga proses yang terjadi benar – benar seperti di dalam air. Dalam analisa BOD parameter yang digunakan yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air selama lima hari. Sedangkan analisa COD menggunakan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sebagai pengoksidasi bahan organik sehingga analisa ini tidak dapat membedakan antara zat organik yang sebenarnya tidak teroksidasi (inert) dan zat organik yang teroksidasi secara biologis. Sehingga nilai analisa COD dalam sampel air lebih tinggi dari analisa BOD.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

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

1. a. Efisiensi penyisihan COD terkecil yaitu 19,04 % terjadi pada debit aliran 0,001 m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 4 jam dan efisiensi penyisihan COD terbesar yaitu 76,19 % terjadi pada debit aliran 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 12 jam.  
b. Efisiensi penyisihan TSS terkecil yaitu 35,48 % terjadi pada debit aliran 0,0015 m<sup>3</sup>/jam dan 7,5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 4 jam dan efisiensi penyisihan TSS terbesar yaitu 91,93 % terjadi pada debit aliran 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 10 jam dan 12 jam.  
c. Efisiensi penyisihan warna terkecil yaitu 19,97 % terjadi pada debit aliran 0,0015 m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 4 jam dan efisiensi penyisihan warna terbesar yaitu 42,24 % terjadi pada debit aliran 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam, pada waktu pengambilan sampel 12 jam.
2. Debit aliran (0,0015 m<sup>3</sup>/jam - 5.10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/jam) berpengaruh pada besarnya efisiensi penurunan COD, TSS dan warna, semakin kecil debit yang dialirkan persentase penurunan COD, TSS dan warna akan semakin besar. Sedangkan waktu pengambilan sampel (4 jam – 12 jam) berpengaruh pada besarnya efisiensi penurunan COD, TSS dan warna, semakin besar waktu pengambilan sampel yang diberikan prosentase penurunan COD, TSS dan warna akan semakin besar.
3. Untuk mengetahui seberapa besar persentase penyisihan COD, TSS dan warna dari kriteria desain yang direncanakan, dapat digunakan persamaan,  
$$\text{COD}_{\text{effluent}} = 260 - (13,3 \times \text{waktu detensi})$$
$$\text{TSS}_{\text{effluent}} = 1053 - (41,7 \times \text{waktu detensi})$$
$$\text{Warna}_{\text{effluent}} = 2,08 - (0,0302 \times \text{waktu detensi})$$
Dengan catatan beban yang masuk reaktor tidak boleh lebih dari 305, 45 mg/l untuk COD, 2066,667 mg/l untuk TSS dan 2,676 Pt-Co untuk warna

## **5.2. Saran**

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

- a. Perlu penelitian yang lebih lanjut dengan memperbesar dan memperkecil debit aliran air limbah untuk memperoleh tingkat penyisihan COD, TSS dan warna yang paling kecil dan paling tinggi, sehingga didapatkan debit maksimal dan minimal yang bisa dialirkan ke reaktor ABR.
- b. Perlu dilakukan variasi lagi terhadap penggunaan media lumpur aktif lainnya.
- c. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh peletakan sekat (jarak antar sekat) terhadap efisiensi penurunan COD, TSS dan warna.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menurunkan konsentrasi warna pada limbah cair RPH.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G., Sri S. Santika., 1987., *Metoda Penelitian Air*, Usaha Nasional Surabaya.
- APHA,AWWA,WPCF, 1992. *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. 18<sup>th</sup> edition. Washington.
- Aru, 2006. *Limbah sebagai hasil dari Dekomposisi Bahan Organik di TPA dan Lindi sehingga Mencenari Air Tawar*. www.Kharistya.biogspot.com. Pada tanggal 3 Juli 2006.
- Barber, William P and Stuckey David, 1999. *The Use of The Anaerobic Baffled Reaktor (ABR) for Wastewater Treatmeant*. A Review, Wat. Res. Vol. 33. No 7.
- Benefield, Larry D dan Randall, Clifford W, 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Preantice-Hall,Inc. USA
- Bhattacharya SK, Wang S., Angara RV.,Kawai T dan Bishop F.D,1990. *Fate and Effect of Azo Dye on an Anaerobic-aerobic System*, 44<sup>th</sup> Purdue Industrial Waste Conference Proceedings, Lewis Publishers Inc. Chelsea.
- Black, Jacquelyn G. 1999. *Mikrobiology Principles and Exploration*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Chariton, Anthony Philip dan Hadi, Wahyono, 2000. *Studi Pertumbuhan Bed Lumpur Kaitannya Dengan Produksi Biogas Pada Pengolahan Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Reaktor Anaerobik Aliran Horizontal*. Jurnal Purifikasi, vol. 1, No.5, September 2000. Surabaya.
- Davis, Mackenzie L dan Cornwell, David A, 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. McGraw Hill Book Co. Singapura.
- Gaudy, Jr, Anthony F dan Gaudy, Elizabeth T, 1989. *Mikrobiology for Environmental Scientists and Engineers*. McGraw Hill Book Co. Tokyo.
- Grady, Jr, Leslie C.P dan Lim, Henry C, 1980. *Biological Wastewater Treatment* Marcel Dekker, Inc. USA.
- Grobicki, A, dan David C Stuckey, 1991. *Performance of The Anaerobic Buffled Reaktor Under Steady-state and Shock Loading Condition*. Biotechnol Bioeng 37.

- Haandel, Andrianus C. Van, 1994, *Anaerobic Sewage Treatment : A Practical Guide for Regions With A Hot Climate*. John Wiley & Sons Ltd, England.
- Hadi, Nurhaning I, 2000. *Studi Penurunan Kandungan COD dan TSS Pada Lindi TPA Keputih Surabaya Dengan Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Hermana, J., Dwirianti, D., Mukhlis and Susmanto, R.M. 2000. *The Application of Anaerobic Baffled Reactor for the Abatement of River Pollution from Domestic Wastewater*. Internasional Seminar, Industrial Waste Pollution Control : Quo Vadis Surabaya River, Surabaya.
- Hug, W., Schmidt, A., Nortemana, B., Hempel, D.C., Stolz, A dan Knackmuss, H.J, 1991. *Mineralization of the Sulfonated Azo Dye mordant Yellow 3 y a 6-Aminoaphthalene-2Sulfonate-Degrading Bacterial Consorsium, Applied and Environmental Mikrobiology*
- Iriawan ,Nur dan Astuti, Puji Septi, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Ludwig, Sassc, 1998, *DEWATS : Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries, BORDA*. Bremen Overseas Reaserch and Development Association, Bremen.
- Manurung, R., Hasibuan, R., Irvan, 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerobik-Aerob*. E-USU Repository, Universitas Sumatra Utara.
- Metcalf & Eddy, 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw Hill Book Co.Singapura
- Nasution, Fatimah Sari. 1987. *Pengolahan Air Buangan Rumah Potong Hewan Dengan Cara Koagulasi-Flokulasi*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITB.Bandung.
- P. Juli Ni. Ketut., 2005., *Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Koagulan Khitosan Dari Limbah Perikanan Di CV. Mama & Leon Tekstil-Tabanan Bali Untuk Proses Penurunan Warna*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Pohland, F.G, Malina, J. F, 1992. *Design of anaerobic Process for The Treatment of Industrial and Municipal Wastes*. Technomic Publishing. Lancaster, USA.

- Prabowo, Bayu C, 2000. *Studi Anaerobic Baffeled Reactor (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair RPH Kedurus*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Prastiwi, 2004. *Studi Kinerja Sequencing Batch Reactor (SBR) Dalam Mendegradasi Limbah Rumah Potong Hewan*. Tesis Program Paskasarjana Jurusan Teknik Lingkungan ITB.. Bandung.
- Rahmawati, Erna Dwi, 1999. *Studi Pengaruh Waktu Detensi Terhadap Penurunan Kandungan COD dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Dengan Menggunakan Anaerobic Single Baffled Reactor*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Rusimanto, Romi Farida, 1999. *Studi Kinerja Anaerobic Baffled Reaktor (ABR) Untuk Menurunkan Kandungan COD dan TSS Dalam Influen IPLT Sukolilo Kotamadya Surabaya*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Santoso, Singgih,2005. *Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12*. PT Elex Media Komutindo. Jakarta.
- Shuler, Michael L, dan Kargi, Fikret, 1992. *Bioprocess Engineering.Basic Concept*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Slamet, Agus dan Masduqi. Ali, 2000. *Satuan Proses*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Soetarmin, T Siti, 1999. *Biologi Jilid 3*. Erlangga. Bandung.
- Soleh, Zanbar Achmad, 2005. *Ilmu Statistika: Pendekatan Teoritis dan Aplikatif Disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Rekayasa sains. Bandung.
- Souza M.E. 1986, *Criteria for The Utilization Design and Operation of UASB Reactors*. Water science technology. Volume 18.
- Sudjana, 2002. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung
- Suriawiria, Unus, 1977. *Mikrobiologi Lingkungan*. Departemen Teknik Penyehatan ITB. Bandung.
- Sutrisno, C dan Suciastuti, E, 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Bandung
- Syafila, M.,Stiadi,T.,Aditiawati, P.,Oktiawan, W, 2000. Biodegradasi Glukosa Konsentrasi Tinggi Dalam Sequencing Batch Reactor pada Tahap Asidogenesis. *Jurnal Purifikasi*, vol. 1, No.5, September 2000. Surabaya.

**LAMPIRAN A**  
**DATA HASIL PENELITIAN**



## DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA MATERI ORGANIK

### REAKTOR A

No	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (mg/l)				% Penyisihan materi Organik				
				1	2	3	r	1	2	3	r	
1	24-Mar	26	7.17	286.93	287	286.93	286.9533333	32.2974918	32.28097	32.29749	32.29199	423.81
2	25-Mar	25	7.14	607.98	607	607	607.3266667	-111.8914	-111.498	-111.55	-111.647	
3	26-Mar	25	6.89	470.21	470.2	471	470.47	22.6602849	22.53707	22.40527	22.53421	523.17
4	27-Mar	25	7.32	602.3	602.3	603	602.5333333	-15.125103	-15.1251	-15.2589	-15.1697	
5	28-Mar	24	7.32	659.18	659.18	659.5	659.2866667	-9.4437988	-9.4438	-9.36982	-9.41914	
6	29-Mar	25	7.37	515.71	515.71	516	515.8066667	21.7649201	21.76492	21.75891	21.76292	589.16
7	30-Mar	24	7.04	455.04	455	455	455.0133333	22.764614	22.7714	22.7714	22.76914	
8	31-Mar	25	7.16	562.48	562.48	562.5	562.4866667	-23.6111111	-23.622	-23.6264	-23.6198	
9	1-Apr	25	7.28	551.1	551.1	551.5	551.2333333	2.02318305	2.023183	1.955556	2.00641	
10	2-Apr	25	7.26	687.62	687.7	687.6	687.64	-24.772274	-24.7868	-24.6782	-24.7457	603.19
11	3-Apr	24	7.35	444.93	445	444.9	444.9433333	26.2371724	26.22557	26.24215	26.23496	
12	4-Apr	25	7.18	429.76	429.7	430	429.82	3.40952509	3.438202	3.349067	3.398932	
13	5-Apr	25	7.27	568.17	569	568.12	568.43	-32.206348	-32.418	-32.1209	-32.2484	
14	6-Apr	26	7.26	449.98	449.98	449	449.6533333	20.8018727	20.9174	20.9674	20.89556	
15	7-Apr	24	7.29	562.48	562.5	562.4	562.46	5.05544959	5.052074	5.068953	5.058826	592.43
16	8-Apr	25	7.26	562.48	562.4	563	562.6266667	0	0.017778	-0.10669	-0.02964	
17	9-Apr	24	7.18	585.23	585.23	585	585.1533333	-4.0445883	-4.05939	-3.90764	-4.00387	
18	10-Apr	25	7.11	573.85	573.85	573.9	573.8666667	1.94453463	1.944535	1.897436	1.928835	
19	11-Apr	25	7.26	571.012	571.02	571	571.0106667	3.15757339	3.156217	3.159609	3.1578	589.63
20	12-Apr	26	7.17	562.48	562.5	562	562.3266667	1.49418926	1.492067	1.576182	1.520813	
21	13-Apr	24	7.38	551.104	551	552	551.368	2.02247191	2.044444	1.779359	1.948759	
32	24 april	23	7.29	505.234	505.2	505.3	505.2446667	16.7420859	16.74769	16.73121	16.74033	606.83
33	25-Apr	23	7.1	494.675	495	495	494.8916667	2.08992269	2.019002	2.038393	2.049106	

34	26-Apr	24	7.15	478.965	478.9	479	478.955	3.17582251	3.252525	3.232323	3.220224
35	27-Apr	24	7.16	446.987	447	447	446.9956667	6.67647949	6.661098	6.680585	6.672721
36	28-Apr	24	7.06	412.867	413	413	412.9556667	7.633333162	7.606264	7.606264	7.615287

**REAKTOR B**

No	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (mg/l)				% Penyisihan materi organik				
				1	2	3	r	1	2	3	r	
1	24-Mar	26	7.17	369.4	370	369	369.4666667	12.8383002	12.69673	12.93268	12.82257	423.81
2	25-Mar	25	7.14	602.3	602.4	603.2	602.6333333	-63.048186	-62.8108	-63.4688	-63.1093	
3	26-Mar	25	6.89	439.87	439.87	439.4	439.7133333	26.9682882	26.98041	27.15517	27.03462	
4	27-Mar	25	7.32	630.74	630.8	630.7	630.7466667	-20.561194	-20.5727	-20.5535	-20.5625	523.17
5	28-Mar	24	7.32	681.93	681.9	681.94	681.9233333	-8.1158639	-8.10082	-8.12431	-8.11366	
6	29-Mar	25	7.37	470.21	470.21	470.2	470.2066667	31.0471749	31.04414	31.04965	31.04699	
7	30-Mar	24	7.04	465.15	465.1	465.2	465.15	21.0486116	21.0571	21.04012	21.04861	589.16
8	31-Mar	25	7.16	545.42	545.42	545.42	545.42	-17.256799	-17.2694	-17.2442	-17.2568	
9	1-Apr	25	7.28	579.54	579.5	579.4	579.48	-6.2557295	-6.2484	-6.23006	-6.24473	
10	2-Apr	25	7.26	568.17	568.23	568.4	568.2666667	1.96190082	1.94478	1.898516	1.935066	
11	3-Apr	24	7.35	455.04	455.1	455.21	455.1166667	24.5610836	24.55114	24.5329	24.54837	603.19
12	4-Apr	25	7.18	424.7	424.74	424.51	424.65	6.66754571	6.671061	6.74414	6.694249	
13	5-Apr	25	7.27	568.17	568.2	568.2	568.19	-33.781493	-33.776	-33.8484	-33.802	
14	6-Apr	26	7.26	439.87	439.84	439.82	439.8433333	22.5812697	22.59064	22.59416	22.58869	
15	7-Apr	24	7.29	610.828	610.9	610.91	610.8793333	-3.1055146	-3.11767	-3.11936	-3.11418	592.43
16	8-Apr	25	7.26	562.48	563.5	565.6	563.86	7.91515779	7.759044	7.416804	7.697002	
17	9-Apr	24	7.18	596.608	596.67	597.2	596.826	-6.0674157	-5.88642	-5.58699	-5.84694	
18	10-Apr	25	7.11	579.544	579.64	579.35	579.5113333	2.86016949	2.854174	2.988948	2.901097	
19	11-Apr	25	7.26	573.856	573.9	573.864	573.8733333	2.67523701	2.667775	2.67388	2.672297	589.63
20	12-Apr	26	7.17	573.856	573.92	574.01	573.9286667	0	-0.00348	-0.02544	-0.00964	
21	13-Apr	24	7.38	573.856	573.81	573.81	573.8253333	0	0.019166	0.034843	0.018003	

32	24 aprl	23	7.29	562.48	563.5	564.5	563.4933333	7.30847189	7.140385	6.975594	7.141484	606.83
33	25-Apr	23	7.1	584.986	584.98	584.26	584.742	-4.0012089	-3.81189	-3.50044	-3.77118	
34	26-Apr	24	7.15	534.978	534.92	534.92	534.9393333	8.54858065	8.557558	8.44487	8.517003	
35	27-Apr	24	7.16	487.968	487.964	487.32	487.7506667	8.78727723	8.778135	8.898527	8.821313	
36	28-Apr	24	7.06	443.341	443.52	443.68	443.5136667	9.14547675	9.108049	8.955101	9.069542	

**REAKTOR C**

No	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (mg/l)			r	% Penyisihan bahan organik			r	
				1	2	3		1	2	3		
1	24-Mar	26	7.17	352.34	352.36	352.42	352.3733333	16.8636889	16.85897	16.84481	16.85582	423.81
2	25-Mar	25	7.14	613.67	613.7	613.64	613.67	-74.169836	-74.1685	-74.1218	-74.1534	
3	26-Mar	25	6.89	460.1	460.2	460.12	460.14	25.0248505	25.01222	25.01793	25.01833	
4	27-Mar	25	7.32	630.74	630.8	630.9	630.8133333	-20.561194	-20.5727	-20.5918	-20.5752	523.17
5	28-Mar	24	7.32	630.74	630.74	630.91	630.7966667	0	0.009512	-0.00159	0.002642	
6	29-Mar	25	7.37	510.66	510.67	510.69	510.6733333	19.0379554	19.03637	19.05502	19.04311	
7	30-Mar	24	7.04	495.49	495.5	499.02	496.67	15.8989069	15.89721	15.29975	15.69862	589.16
8	31-Mar	25	7.16	545.42	545.498	545.52	545.4793333	-10.076894	-10.0904	-9.31826	-9.82852	
9	1-Apr	25	7.28	568.17	568.23	568.23	568.21	-4.1710975	-4.1672	-4.163	-4.1671	
10	2-Apr	25	7.26	716.06	716.05	716.25	716.12	-26.029181	-26.0141	-26.0493	-26.0309	
11	3-Apr	24	7.35	439.87	439.89	439.88	439.88	27.0760457	27.07273	27.07439	27.07439	603.19
12	4-Apr	25	7.18	399.42	399.46	399.42	399.4333333	9.19589879	9.190934	9.197963	9.194932	
13	5-Apr	25	7.27	556.79	556.81	556.92	556.84	-39.399629	-39.3907	-39.4322	-39.4075	
14	6-Apr	26	7.26	444.93	445.02	444.05	444.6666667	20.0901597	20.07687	20.26682	20.14462	
15	7-Apr	24	7.29	607.984	607.921	608.03	607.9783333	-2.6254579	-2.61482	-2.63322	-2.6245	592.43
16	8-Apr	25	7.26	545.416	545.423	545.56	545.4663333	10.2910603	10.28061	10.27416	10.28195	
17	9-Apr	24	7.18	590.92	591.92	591.068	591.3026667	-8.3429896	-8.52494	-8.34152	-8.40315	
18	10-Apr	25	7.11	590.92	591.65	591.95	591.5066667	0	0.045614	-0.14922	-0.03454	
19	11-Apr	25	7.26	579.544	579.536	579.56	579.5466667	1.71056425	1.711921	1.707851	1.710112	589.63

20	12-Apr	26	7.17	585.232	585.35	585.5	585.3606667	-0.9814613	-1.00322	-1.02492	-1.0032	606.83
21	13-Apr	24	7.38	568.168	568.25	568.23	568.216	2.91576674	2.921329	2.949616	2.928904	
32	24-apri	23	7.29	582.48	582.52	582.51	582.5033333	4.01265593	4.006064	4.007712	4.008811	
33	25-Apr	23	7.1	550.92	551.02	551.03	550.99	5.41821178	5.40754	5.404199	5.409984	
34	26-Apr	24	7.15	515.232	515.32	515.23	515.2606667	6.47789153	6.478894	6.496924	6.48457	
35	27-Apr	24	7.16	477.296	477.35	477.39	477.3453333	7.36289671	7.368237	7.344293	7.358476	
36	28-Apr	24	7.06	433.865	433.95	433.95	433.9216667	9.09938487	9.091861	9.099478	9.096908	

**REAKTOR D**

No	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (mg/l)				% Penyisihan bahan organik				
				1	2	3	r	1	2	3	r	
1	24-Mar	26	7.17	323.9	323.91	323.9	323.9033333	23.5742432	23.57188	23.57424	23.57346	423.81
2	25-Mar	25	7.14	642.11	642.19	642.21	642.17	-98.243285	-98.2619	-98.2742	-98.2598	523.17
3	26-Mar	25	6.89	475.26	475.3	475.32	475.2933333	25.9846444	25.98764	25.98683	25.98637	
4	27-Mar	25	7.32	630.74	630.82	630.8	630.7866667	-20.561194	-20.5765	-20.5727	-20.5701	589.16
5	28-Mar	24	7.32	636.42	636.52	636.49	636.4766667	-0.9005295	-0.90359	-0.90203	-0.90205	
6	29-Mar	25	7.37	490.43	490.45	490.52	490.4666667	22.939254	22.94822	22.93359	22.94035	603.19
7	30-Mar	24	7.04	500.54	500.59	500.69	500.6066667	15.0417544	15.03327	15.01629	15.03044	
8	31-Mar	25	7.16	539.73	539.85	539.94	539.84	-7.8295441	-7.84275	-7.83918	-7.83716	592.43
9	1-Apr	25	7.28	607.98	607.98	608.1	608.02	-12.645211	-12.6202	-12.6236	-12.6297	
10	2-Apr	25	7.26	579.54	579.56	579.94	579.68	4.67778545	4.674496	4.630817	4.661033	592.43
11	3-Apr	24	7.35	439.87	439.9	440.2	439.99	27.0760457	27.07107	27.02134	27.05615	
12	4-Apr	25	7.18	414.59	414.61	414.32	414.5066667	5.74715257	5.749034	5.879146	5.791777	592.43
13	5-Apr	25	7.27	562.48	562.59	562.5	562.5233333	-35.671386	-35.6914	-35.7646	-35.7091	
14	6-Apr	26	7.26	475.264	475.29	475.3	475.2846667	15.505618	15.51752	15.50222	15.50845	592.43
15	7-Apr	24	7.29	590.92	591.02	591.03	590.99	0.25488243	0.238003	0.236315	0.243067	
16	8-Apr	25	7.26	596.608	596.608	596.72	596.6453333	-0.9625668	-0.94548	-0.96273	-0.95693	

17	9-Apr	24	7.18	579.544	579.532	580	579.692	2.86016949	2.862181	2.801984	2.841445	
18	10-Apr	25	7.11	579.544	579.49	579.56	579.5313333	0	0.007247	0.075862	0.027703	
19	11-Apr	25	7.26	613.672	613.672	613.72	613.688	-4.0774723	-4.07747	-4.08561	-4.08019	589.63
20	12-Apr	26	7.17	579.544	579.62	579.92	579.6946667	5.56127703	5.548893	5.507398	5.539189	
21	13-Apr	24	7.38	562.48	562.52	562.52	562.5066667	2.94438386	2.950209	3.000414	2.965002	
32	24-Apr	23	7.29	562.48	562.52	562.56	562.52	7.30847189	7.30188	7.295289	7.30188	606.83
33	25-Apr	23	7.1	556.792	556.82	556.92	556.844	1.01123596	1.013297	1.00256	1.009031	
34	26-Apr	24	7.15	545.416	545.52	545.492	545.476	2.0431328	2.029381	2.052	2.041505	
35	27-Apr	24	7.16	528.416	528.426	528.43	528.424	3.11688693	3.133524	3.127819	3.126076	
36	28-Apr	24	7.06	499.728	499.82	499.91	499.8193333	5.4290559	5.413435	5.39712	5.413204	

**REAKTOR E**

No	Tanggal	Temperatur (°C)	pH	Zat Organik (mg/l)				% Penyisihan bahan organik				
				1	2	3	r	1	2	3	r	
1	24-Mar	26	7.17	903.76	903.82	903.91	903.83	-113.2465	-113.261	-113.282	-113.263	423.81
2	25-Mar	25	7.14	642.11	642.13	642.64	642.2933333	28.9512702	28.95377	28.90443	28.93649	
3	26-Mar	25	6.89	530.88	531.02	530.92	530.94	17.3225771	17.30335	17.38454	17.33682	
4	27-Mar	25	7.32	670.55	670.56	670.56	670.5566667	-28.170576	-28.1725	-28.1725	-28.1718	523.17
5	28-Mar	24	7.32	687.62	687.92	687.62	687.72	-2.5456715	-2.58888	-2.54414	-2.55956	
6	29-Mar	25	7.37	535.94	535.93	535.99	535.9533333	22.0586952	22.09414	22.05142	22.06809	
7	30-Mar	24	7.04	551.1	551.23	551.92	551.4166667	6.46004481	6.437979	6.320864	6.406296	589.16
8	31-Mar	25	7.16	562.48	562.54	562.94	562.6533333	-2.064961	-2.05178	-1.99667	-2.0378	
9	1-Apr	25	7.28	590.92	590.95	590.86	590.91	-5.0561798	-5.05031	-4.95968	-5.02205	
10	2-Apr	25	7.26	556.79	556.82	556.94	556.85	5.77573952	5.775446	5.740785	5.76399	
11	3-Apr	24	7.35	439.87	440.2	440	440.0233333	27.0760457	27.02134	27.05449	27.05063	603.19
12	4-Apr	25	7.18	455.04	455.09	455.05	455.06	-3.4487462	-3.38255	-3.42045	-3.41725	
13	5-Apr	25	7.27	573.86	573.86	573.92	573.88	-26.11199	-26.0981	-26.1224	-26.1108	
14	6-Apr	26	7.26	444.93	444.93	445.01	444.9566667	22.4671523	22.46715	22.46132	22.46521	

*Data Hasil Penelitian*

15	7-Apr	24	7.29	642.112	642.113	642.21	642.145	-8.3861384	-8.38631	-8.40268	-8.39171	592.43
16	8-Apr	25	7.26	596.608	596.609	596.72	596.6456667	7.08661417	7.086603	7.083353	7.085523	
17	9-Apr	24	7.18	607.984	607.992	608.98	608.3186667	-1.9067797	-1.90795	-2.05456	-1.95643	
18	10-Apr	25	7.11	619.36	619.4	619.42	619.3933333	-1.8711019	-1.87634	-1.71434	-1.82059	
19	11-Apr	25	7.26	602.296	602.31	602.38	602.3286667	-2.1481268	-2.1505	-2.16237	-2.15367	589.63
20	12-Apr	26	7.17	590.92	590.99	591.02	590.9766667	1.8887723	1.879431	1.885853	1.884685	
21	13-Apr	24	7.38	562.48	562.54	562.56	562.5266667	4.81283422	4.813956	4.815404	4.814065	
32	24 april	23	7.29	573.856	573.861	573.92	573.879	5.43381178	5.432988	5.423265	5.430022	606.83
33	25-Apr	23	7.1	545.416	545.46	545.56	545.4786667	4.95594714	4.949108	4.941455	4.948837	
34	26-Apr	24	7.15	535.416	535.51	535.61	535.512	1.8334629	1.824148	1.823814	1.827142	
35	27-Apr	24	7.16	520.416	520.421	520.416	520.4176667	2.80155991	2.817688	2.836766	2.818671	
36	28-Apr	24	7.06	504.416	504.416	504.213	504.3483333	3.07446351	3.075395	3.113471	3.087776	

DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA TSS

SAMPSEL	Kertas saring sth. Dipanaskan 150 C			Kertas + residu sth pemanasan 150 C			ml sampel	TSS 1 (mg/l)	TSS 2 (mg/l)	TSS 3 (mg/l)	TSS r (mg/l)	
	1 (g)	2 (g)	3 (g)	r (g)	1 (g)	2 (g)						3 (g)
AWL	0.65	0.7	0.6	0.65	0.9	0.87	0.8	0.856667	2500	1700	2000	2066.667
A1	0.7	0.7	0.6	0.666667	0.8	0.85	0.75	0.8	1000	1500	1500	1333.333
A2	0.6	0.8	0.6	0.666667	0.7	0.9	0.7	0.766667	1000	1000	1000	1000
A3	0.7	0.7	0.8	0.733333	0.75	0.8	0.9	0.816667	500	1000	1000	833.3333
A4	0.7	0.8	0.75	0.75	0.75	0.9	0.85	0.833333	500	1000	1000	833.3333
A5	0.75	0.85	0.7	0.766667	0.8	0.9	0.75	0.816667	500	500	500	500
B1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1000	1000	1000	1000
B2	0.75	0.8	0.6	0.716667	0.85	0.9	0.7	0.816667	1000	1000	1000	1000
B3	0.85	0.8	0.7	0.783333	0.9	0.85	0.8	0.85	500	500	1000	666.6667
B4	0.8	0.8	0.7	0.766667	0.85	0.85	0.8	0.833333	500	500	1000	666.6667
B5	0.7	0.5	0.7	0.633333	0.75	0.55	0.75	0.683333	500	500	500	500
C1	0.8	0.8	0.8	0.8	0.95	0.95	0.9	0.933333	1500	1500	1000	1333.333
C2	0.85	0.8	0.7	0.783333	0.9	0.9	0.75	0.85	500	1000	500	666.6667
C3	0.75	0.9	0.6	0.75	0.8	0.95	0.7	0.816667	500	500	1000	666.6667
C4	0.9	0.6	0.8	0.766667	0.95	0.65	0.85	0.816667	500	500	500	500
C5	0.75	0.8	0.7	0.75	0.8	0.85	0.75	0.8	500	500	500	500
D1	0.55	0.7	0.8	0.683333	0.65	0.8	0.9	0.783333	1000	1000	1000	1000
D2	0.85	0.7	0.75	0.766667	0.9	0.8	0.8	0.833333	500	1000	500	666.6667
D3	0.75	0.8	0.8	0.783333	0.8	0.85	0.9	0.85	500	500	1000	666.6667
D4	0.8	0.7	0.85	0.783333	0.85	0.75	0.9	0.833333	500	500	500	500
D5	0.8	0.85	0.6	0.75	0.85	0.9	0.65	0.8	500	500	500	500
E1	0.6	0.6	0.8	0.666667	0.7	0.7	0.9	0.766667	1000	1000	1000	1000
E2	0.65	0.75	0.8	0.733333	0.7	0.85	0.9	0.816667	500	1000	1000	833.3333
E3	0.9	0.8	0.9	0.866667	0.95	0.85	0.95	0.916667	500	500	500	500
E4	0.8	0.9	0.85	0.85	0.8	0.9	0.9	0.866667	0	0	500	166.6667



E5	0.8	0.9	0.9	0.866667	0.8	0.9	0.95	0.883333	0.1	0	0	500	166.6667
----	-----	-----	-----	----------	-----	-----	------	----------	-----	---	---	-----	----------

% Penyisihan TSS 1	% Penyisihan TSS 2	% Penyisihan TSS 3	% Penyisihan TSS r
0	0	0	0
51.61283611	27.41932674	27.41932674	35.48388137
51.61283611	51.61283611	51.61283611	51.61291103
75.80634547	51.61283611	51.61283611	59.67742586
75.80634547	51.61283611	51.61283611	59.67742586
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
51.61283611	51.61283611	51.61283611	51.61291103
51.61283611	51.61283611	51.61283611	51.61291103
75.80634547	75.80634547	51.61283611	67.74194069
75.80634547	75.80634547	51.61283611	67.74194069
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
27.41932674	27.41932674	51.61283611	35.48388137
75.80634547	51.61283611	75.80634547	67.74194069
75.80634547	75.80634547	51.61283611	67.74194069
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
51.61283611	51.61283611	51.61283611	51.61291103
75.80634547	51.61283611	75.80634547	67.74194069
75.80634547	75.80634547	51.61283611	67.74194069
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552
51.61283611	51.61283611	51.61283611	51.61291103
75.80634547	51.61283611	51.61283611	59.67742586
75.80634547	75.80634547	75.80634547	75.80645552

99.99985484	99.99985484	75.80634547	91.93548517
99.99985484	99.99985484	75.80634547	91.93548517

**DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA COD**

Smpl	TITRASI FAS (ml)						Molaritas FAS	COD 1	COD 2	COD 3	COD r	% Penyisihan COD 1
	Standarisasi FAS	Larutan Blangko	Sampel									
			1	2	3	r						
AWL	1.1	0.75	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1363636	305.4545	305.4545	305.4545	305.4545	0
A1	1.1	0.75	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1363636	240	240	240	240	21.42855974
A2	1.1	0.75	0.25	0.3	0.3	0.2833333	0.1363636	218.1818	196.3636	196.3636	203.6364	28.57141794
A3	1.1	0.75	0.3	0.35	0.35	0.3333333	0.1363636	196.3636	174.5455	174.5455	181.8182	35.71427615
A4	1.1	0.75	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1363636	196.3636	196.3636	196.3636	196.3636	35.71427615
A5	1.1	0.75	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1363636	196.3636	196.3636	196.3636	196.3636	35.71427615
B1	1.1	0.75	0.2	0.2	0.15	0.1833333	0.1363636	240	240	261.8182	247.2727	21.42855974
B2	1.1	0.75	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1363636	240	240	240	240	21.42855974
B3	1.1	0.75	0.4	0.45	0.4	0.416667	0.1363636	152.7273	130.9091	152.7273	145.4545	49.99999256
B4	1.1	0.75	0.4	0.45	0.45	0.4333333	0.1363636	152.7273	130.9091	130.9091	138.1818	49.99999256
B5	1.1	0.75	0.45	0.45	0.45	0.45	0.1363636	130.9091	130.9091	130.9091	130.9091	57.14285077
C1	1.1	0.75	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1363636	196.3636	196.3636	196.3636	196.3636	35.71427615
C2	1.1	0.75	0.3	0.35	0.35	0.3333333	0.1363636	196.3636	174.5455	174.5455	181.8182	35.71427615
C3	1.1	0.75	0.3	0.35	0.35	0.3333333	0.1363636	196.3636	174.5455	174.5455	181.8182	35.71427615
C4	1.1	0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1363636	109.0909	109.0909	109.0909	109.0909	64.28570897
C5	1.1	0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1363636	109.0909	109.0909	109.0909	109.0909	64.28570897
D1	1.1	0.75	0.4	0.4	0.35	0.3833333	0.1363636	152.7273	152.7273	174.5455	160	49.99999256
D2	1.1	0.75	0.4	0.4	0.45	0.416667	0.1363636	152.7273	152.7273	130.9091	145.4545	49.99999256
D3	1.1	0.75	0.4	0.45	0.45	0.4333333	0.1363636	152.7273	130.9091	130.9091	138.1818	49.99999256
D4	1.1	0.75	0.45	0.45	0.41	0.436667	0.1363636	130.9091	130.9091	148.3636	136.7273	57.14285077
D5	1.1	0.75	0.45	0.45	0.45	0.45	0.1363636	130.9091	130.9091	130.9091	130.9091	57.14285077

E1	1.1	0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1363636	109.0909	109.0909	109.0909	109.0909	64.28570897
E2	1.1	0.75	0.5	0.55	0.55	0.5333333	0.1363636	109.0909	87.27273	87.27273	94.54545	64.28570897
E3	1.1	0.75	0.5	0.55	0.6	0.55	0.1363636	109.0909	87.27273	65.45455	87.27273	64.28570897
E4	1.1	0.75	0.5	0.55	0.6	0.55	0.1363636	109.0909	87.27273	65.45455	87.27273	64.28570897
E5	1.1	0.75	0.6	0.55	0.6	0.5833333	0.1363636	65.45455	87.27273	65.45455	72.72727	78.57142538

% Penyisihan COD 2	% Penyisihan COD 3	% Penyisihan COD r
0	0	0
21.42855974	21.42855974	21.42855974
35.71427615	35.71427615	33.33332341
42.85713435	42.85713435	40.47618162
35.71427615	35.71427615	35.71427615
35.71427615	35.71427615	35.71427615
21.42855974	14.28570153	19.047607
21.42855974	21.42855974	21.42855974
57.14285077	49.99999256	52.38094529
57.14285077	57.14285077	54.76189803
57.14285077	57.14285077	57.14285077
35.71427615	35.71427615	35.71427615
42.85713435	42.85713435	40.47618162
42.85713435	42.85713435	40.47618162
64.28570897	64.28570897	64.28570897
64.28570897	64.28570897	64.28570897
49.99999256	42.85713435	47.61903982
49.99999256	57.14285077	52.38094529
57.14285077	57.14285077	54.76189803
57.14285077	51.4285642	55.23808858
57.14285077	57.14285077	57.14285077

64.28570897	64.28570897	64.28570897
71.42856718	71.42856718	69.04761444
71.42856718	78.57142538	71.42856718
71.42856718	78.57142538	71.42856718
71.42856718	78.57142538	76.19047265

**DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA WARNA**

Waktu (Jam)	Kode Sampel	%T			Absorbansi			Konsentrasi (Pt-Co)			Rata-rata	% Penyisihan Warna I
		I	II	III	I	II	III	I	II	III		
	Blangko	100	100	100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0
0	Awal	44.1	42.1	43.6	0.356	0.376	0.361	2.606	2.774	2.647	2.676	0
4	A1	50.1	50.1	50.2	0.300	0.300	0.299	2.144	2.144	2.137	2.142	17.72938368
6	A2	51.9	51.3	51.9	0.285	0.290	0.285	2.016	2.058	2.016	2.030	22.63550332
8	A3	55.6	54.7	55.4	0.255	0.262	0.256	1.767	1.826	1.780	1.791	32.20712566
10	A4	53.1	53.2	53.2	0.275	0.274	0.274	1.933	1.927	1.927	1.930	25.81260832
12	A5	50.6	50.1	50.9	0.296	0.300	0.293	2.108	2.144	2.087	2.126	19.10965612
4	B1	53.6	52.6	52.5	0.271	0.279	0.280	1.899	1.968	1.974	1.947	27.11526352
6	B2	53.6	53.6	53.8	0.271	0.271	0.269	1.899	1.899	1.886	1.895	27.11526352
8	B3	54.5	53.7	54.1	0.264	0.270	0.267	1.839	1.893	1.866	1.866	29.42971224
10	B4	54.6	54.1	54.9	0.263	0.267	0.260	1.832	1.866	1.813	1.849	29.68451028
12	B5	54.8	56.3	55.9	0.261	0.249	0.253	1.819	1.721	1.747	1.770	30.19270935
4	C1	52.6	52.6	52.6	0.279	0.279	0.279	1.968	1.968	1.968	1.968	24.49762886
6	C2	53.4	53.4	53.5	0.272	0.272	0.272	1.913	1.913	1.906	1.913	26.59566556
8	C3	54.4	54.4	53.4	0.264	0.264	0.272	1.846	1.846	1.913	1.868	29.17444625
10	C4	51.8	57.9	57.7	0.286	0.237	0.239	2.023	1.620	1.632	1.758	22.3674371
12	C5	57.8	58.7	58.5	0.238	0.231	0.233	1.626	1.570	1.583	1.593	37.60080139
4	D1	54.2	54.3	54.3	0.266	0.265	0.265	1.859	1.852	1.852	1.855	28.66250352
6	D2	55.2	55	54.5	0.258	0.260	0.264	1.793	1.806	1.839	1.813	31.20356684
8	D3	54.9	55.3	54.8	0.260	0.257	0.261	1.813	1.786	1.819	1.799	30.44611378

10	D4	56	56	56	0.252	0.252	0.252	1.741	1.741	1.741	1.741	33.20349044
12	D5	58.3	58.3	58.4	0.234	0.234	0.234	1.595	1.595	1.589	1.595	38.79798616
4	E1	53.1	54.3	54.1	0.275	0.265	0.267	1.933	1.852	1.866	1.884	25.81260832
6	E2	53.6	53.9	54.9	0.271	0.268	0.260	1.899	1.879	1.813	1.864	27.11526352
8	E3	55.4	56.6	57	0.256	0.247	0.244	1.780	1.702	1.677	1.741	31.70625199
10	E4	56.1	56.1	56.1	0.251	0.251	0.251	1.734	1.734	1.734	1.734	33.45146962
12	E5	59.1	59.1	59	0.228	0.228	0.229	1.546	1.546	1.552	1.546	40.69228862

% Penyisihan Warna II	% Penyisihan Warna III	% Penyisihan Warna r
0	0	0
0	0	0
22.71188676	19.27655276	19.97142288
25.80255389	23.83382004	24.13459489
34.18191149	32.76406977	33.08157506
30.55124413	27.2191731	27.8805696
22.71188676	21.17149077	20.55353843
29.07023101	25.40670412	27.23651511
31.52933552	28.75383676	29.18985542
31.77271786	29.51476221	30.27491581
32.74173597	31.52345014	30.90123493
37.94648474	33.99354262	33.8463657
29.07023101	25.66710269	26.47265352
31.04120564	27.98865634	28.51580884
33.46380927	27.7326424	30.1900247
41.60555682	38.33036571	34.28797132
43.39734604	40.21458698	40.47333558
33.22356157	30.01970525	30.69491826
34.89608605	30.52279187	32.26358595
35.60637569	31.27397075	32.75684953

37.24884502	34.23811715	34.95078329
42.50452485	39.98047331	40.3989357
33.22356157	29.51476221	29.60331249
32.25812582	31.52345014	30.3548817
38.64041688	36.6601168	34.94301366
37.48180599	34.48225532	35.19227572
44.28410388	41.37918472	42.24368616

**DATA PENELITIAN UNTUK ANALISA pH dan SUHU**

**Analisa pH dan Suhu**

Sampel	pH				Suhu
	1	2	3	r	
AWL	7.24	7.24	7.28	7.253333	25
A1	7.26	7.25	7.24	7.25	25
A2	7.34	7.34	7.34	7.34	25
A3	7.39	7.38	7.38	7.383333	25
A4	7.41	7.46	7.45	7.44	25
A5	7.48	7.49	7.49	7.486667	25
B1	7.5	7.5	7.5	7.5	25
B2	7.51	7.53	7.53	7.523333	25
B3	7.58	7.58	7.57	7.576667	25
B4	7.58	7.57	7.59	7.58	25
B5	7.58	7.6	7.6	7.593333	25
C1	7.6	7.6	7.62	7.606667	25
C2	7.61	7.6	7.61	7.606667	25
C3	7.64	7.62	7.62	7.626667	25
C4	7.64	7.64	7.63	7.636667	25
C5	7.69	7.69	7.69	7.69	25
D1	7.8	7.82	7.82	7.813333	25
D2	7.82	7.83	7.81	7.82	25
D3	7.85	7.85	7.84	7.846667	25
D4	7.84	7.87	7.86	7.856667	25
D5	7.89	7.88	7.87	7.88	25
E1	8.06	8.02	8.01	8.03	25
E2	8.1	8.01	8.04	8.05	25
E3	8.04	8.05	8.1	8.063333	25
E4	8.01	8.2	8.03	8.08	25
E5	8.2	8	8.1	8.1	25



Nomor : 052 S/LKA MLG/II/06

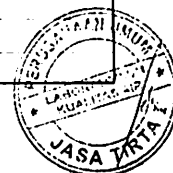
Halaman 2 dari 2  
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 25 / AJ / II / 2006 / 52  
Sample Code  
Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
Sampling Method  
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang  
Place of Analysis  
Tanggal Analisa : 11 s/d 18 Pebruari 2006  
Testing Date(s)

## HASIL ANALISA

### Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	BOD	mg/L	91,1	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
2	COD	mg/L	192,8	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	-
3	KMnO <sub>4</sub> (PV)	mg/L	117,4	SNI 06-2506-1991	-
4	TSS	mg/L	83,7	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	-
5	VSS	mg/L	48,1	APHA. Ed. 20. 2540 E, 1998	-
6	Phospat Total	mg/L	0,285	SNI 19-2483-1991	-
7	Warna	Pt.CO	1,028	QI/LKA/14 (Spektrofotometri)	-
8	Nitrogen Total Kjeldahl	mg/L	1,712	APHA. Ed. 20.4500 - N-Organik B, 1998	-



Kesimpulan : -  
Conclusion

Sertifikat atau 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 I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from  
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Nomor : 083 S/LKA MLG/III/06

Halaman 2 dari 2

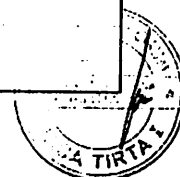
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 126 / AJ / II / 2006 / 172  
Sample Code  
Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
Sampling Method  
Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang  
Place of Analysis  
Tanggal Analisa : 06 Maret 2006  
Testing Date(s)

## HASIL ANALISA

### Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
1	Volatile Solid (VS)	mg/L	49342,0	APHA. Ed. 20. 2540 E, 1998	-



Kesimpulan : -  
Conclusion

**LAMPIRAN B**  
**ANALISA STATISTIK FAKTORIAL**

## LAMPIRAN B

### Analisa Statistik Faktorial

#### Lampiran B1.

#### Analisa Faktorial Konsentrasi COD

Untuk mengetahui interaksi antar waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor atau debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD, maka dilakukan analisa faktorial. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel B.1. Hasil uji ANOVA untuk analisa Faktorial Persentase Penyisihan Konsentrasi COD**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Waktu pengambilan sampel	4	4653,07	4653,07	1163,27	95,00	0,000
Reaktor	4	11897,96	11897,96	2974,49	242,92	0,000
Waktu pengambilan sampel * Reaktor	16	3074,83	3074,83	192,18	15,69	0,000
Error	50	612,25	612,25	12,24		
Total	74	20238,11				

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa faktorial diatas, dapat dilihat apakah terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

1. Memeriksa pengaruh macam waktu pengambilan sampel terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Macam waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

$H_1$  = Macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.1. nilai F hitung sebesar 95,00 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$  maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

## 2. Memeriksa pengaruh tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

$H_1$  = Tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.1. nilai F hitung sebesar 242,92 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Sedangkan nilai probabilitas

0,000 < 0,05 maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

3 . Memeriksa pengaruh interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

$H_1$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

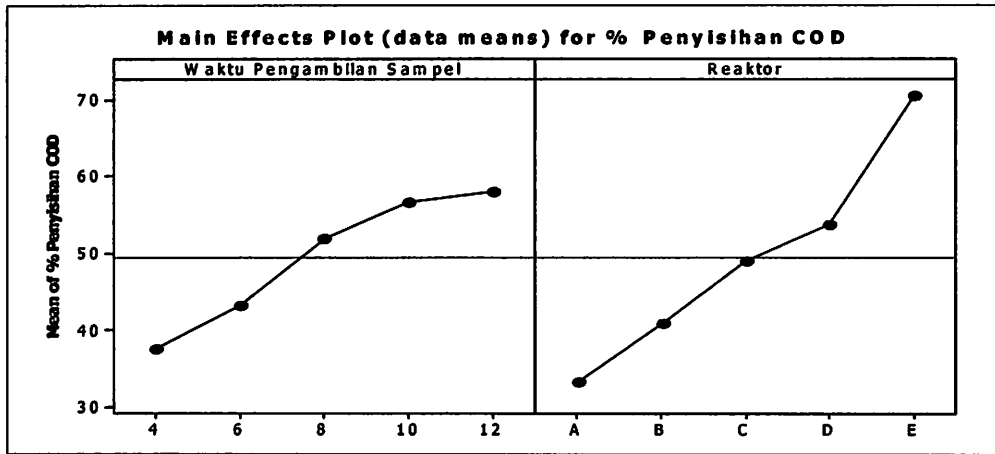
- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.1. nilai F hitung sebesar 15,69 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD. Sedangkan nilai probabilitas 0,000 < 0,05. maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD.

**Gambar B.1. Analisa Faktorial Konsentrasi COD**



**Lampiran B2.**

**Analisa Faktorial Konsentrasi TSS**

Untuk mengetahui interaksi antar waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor atau debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS, maka dilakukan analisa faktorial. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel B.2. Hasil uji ANOVA untuk analisa Faktorial Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Waktu pengambilan sampel	4	10660,7	10660,7	2665,2	26,27	0,000
Reaktor	4	2544,2	2544,2	636,1	6,27	0,000
Waktu pengambilan sampel * Reaktor	16	1904,3	1904,3	119,0	16,54	0,000
Error	50	5072,8	5072,8	101,5		
Total	74	20182,0				

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa faktorial diatas, dapat dilihat apakah terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.



1. Memeriksa pengaruh macam waktu pengambilan sampel terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Macam waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

$H_1$  = Macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.2. nilai F hitung sebesar 26,27 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$  maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

2. Memeriksa pengaruh tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

$H_1$  = Tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.2. nilai F hitung sebesar 6,27 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$  maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

3 . Memeriksa pengaruh interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS

Hipotesa yang diberikan adalah :

- $H_0$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.
- $H_1$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

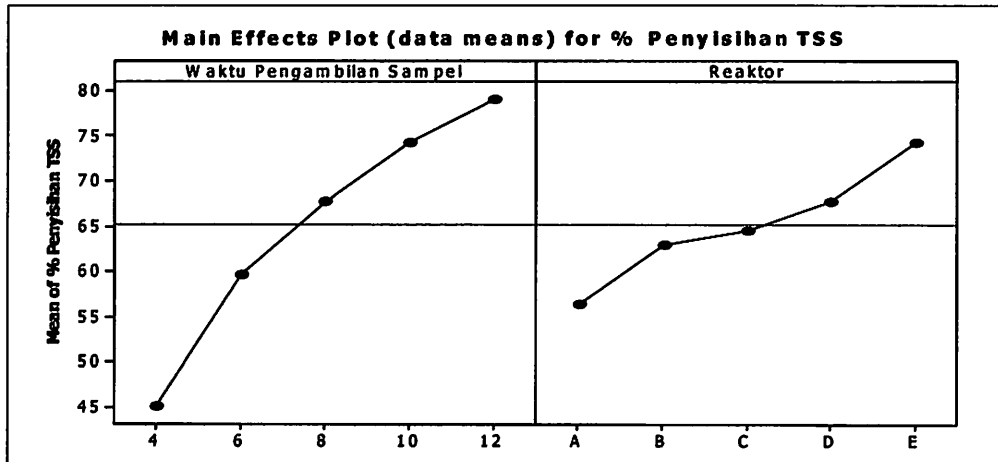
- Nilai F hitung  $> F$  tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $< F$  tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.2. nilai F hitung sebesar 16,54 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS

**Gambar B.2. Analisa Faktorial Konsentrasi TSS**



**Lampiran B3.**

**Analisa Faktorial Konsentrasi Warna**

Untuk mengetahui interaksi antar waktu pengambilan sampel dan tipe reaktor atau debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna, maka dilakukan analisa faktorial. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel B.3. Hasil uji ANOVA untuk analisa Faktorial Persentase Penyisihan Konsentrasi warna**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Waktu pengambilan sampel	4	722,321	722,321	180,580	18,07	0,000
Reaktor	4	857,181	857,181	214,295	21,45	0,000
Waktu pengambilan sampel * Reaktor	16	551,639	551,639	34,477	3,45	0,000
Error	50	499,618	499,618	9,992		
Total	74	2630,761				

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa faktorial diatas, dapat dilihat apakah terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara waktu pengambilan sampel dan debit aliran air limbah terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

1. Memeriksa pengaruh macam waktu pengambilan sampel terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Macam waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

$H_1$  = Macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.3. nilai F hitung sebesar 18,07 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$  maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau macam waktu pengambilan sampel berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

2. Memeriksa pengaruh tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

$H_1$  = Tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.3. nilai F hitung sebesar 21,45 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,56. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$  maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

3 . Memeriksa pengaruh interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor tidak berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

$H_1$  = Interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna.

Pengambilan keputusan berdasarkan :

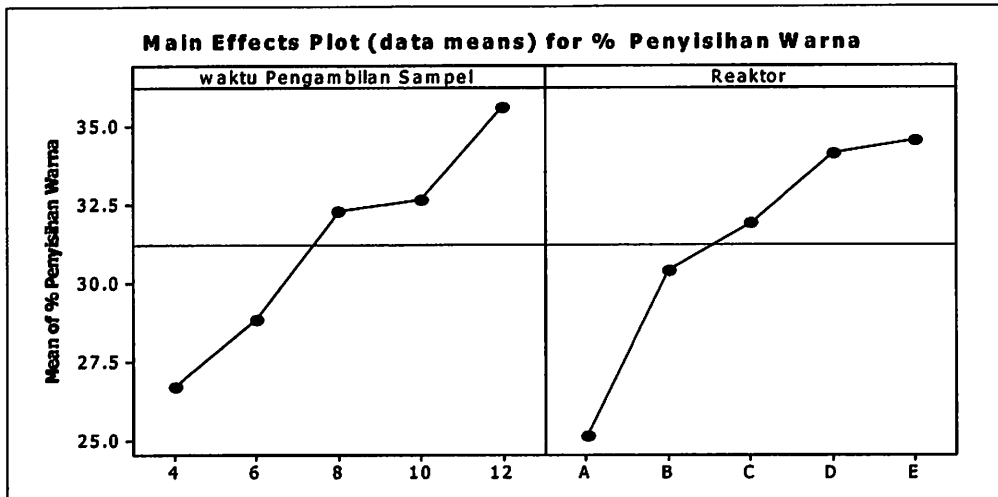
- Nilai F hitung  $> F$  tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $< F$  tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel A.3. nilai F hitung sebesar 3,45 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 1,85. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau interaksi macam waktu pengambilan sampel dengan tipe reaktor berpengaruh terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna

**Gambar B.3. Analisa Faktorial Konsentrasi Warna**



**LAMPIRAN C**  
**ANALISA STATISTIK KONSENTRASI COD**



## LAMPIRAN C ANALISA STATISTIK KONSENTRASI COD

### LAMPIRAN C1 (Reaktor A)

#### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel C.1. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	612,25	153,06	22,50	0,000
Error	10	68,03	6,80		
Total	14	680,27			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.1. nilai F hitung sebesar 22,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka

hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel C.2..

**Tabel C.2. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A**

Waktu (hari)	Pearson Correlation	Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
	P-Value	0.009

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A adalah 0,650. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,009 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 54,8 + 29,5 X - 3,02 X^2 + 0,0992 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel C.3. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	587,95	195,98	23,35	0,000
Residual Error	11	92,32	8,39		
Lack of Fit	1	24,30	24,30	3,57	0,088
Pure Error	10	68,03	6,80		
Total	14	680,27			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor A

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor A

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.3. didapat nilai F hitung 23,35 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor A. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.3. didapat nilai F hitung 3,57, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung  $<$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,088 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model sudah sesuai dengan data.

**Tabel C.4. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor A**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	- 54,76	23,19	2,36	0,038
Waktu pengambilan sampel (hari)	29,450	9,994	2,95	0,013
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	- 3,019	1,327	2,27	0,044

<b>Waktu pengambilan sampel (hari)<sup>3</sup></b>	0,09921	0,05510	1,80	0,099
--	---------	---------	------	-------

S = 2,89706

R-Sq = 86,4 %

R-Sq(adj) = 82,7 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan COD pada reaktor A.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.4. nilai t hitung 2,36 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.4. nilai probabilitas 0,038 < 0,05. maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau waktu pengambilan sampel berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 86,4 %. Hal ini berarti 86,4 persentase, persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor A dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 13,6 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN C2 (Reaktor B)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel C.5. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	4333,3	1083,3	106,17	0,000
Error	10	102,0	10,2		
Total	14	4435,4			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $\geq$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.5. nilai F hitung sebesar 106,17 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel C.6..

**Tabel C.6. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,901
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B adalah 0,901. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara 0,9 - 1 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 88,6 - 39,5 X + 6,63 X^2 - 0,298 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel C.7. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	4018,5	1339,5	35,34	0,000
Residual Error	11	416,9	37,9		
Lack of Fit	1	314,9	314,9	30,86	0,000
Pure Error	10	102,0	102,0		
Total	14	4435,4			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor B

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor B

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak



Berdasarkan tabel C.7. didapat nilai F hitung 35,34 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor B. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel C.7. didapat nilai F hitung 30,86, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model belum sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model belum sesuai dengan data.

**Tabel C.8. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor B**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	88,57	49,28	1,80	0,000
Waktu pengambilan sampel (hari)	-39,46	21,24	-1,86	0,090
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	6,633	2,820	2,35	0,038
Waktu pengambilan	-0,2976	0,1171	-2,54	0,027

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 6,15637	R-Sq = 90,6 %	R-Sq(adj) = 88,0 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan COD pada reaktor B.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.
  - Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
  - Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.8. nilai t hitung 1,80 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.8. nilai probabilitas 0,000 < 0,05. maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau waktu pengambilan sampel berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 90,6 %. Hal ini berarti 90,6 %, persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor B dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 9,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN C3 (Reaktor C)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel C.9. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	2367,35	591,84	87,00	0,000
Error	10	68,03	6,80		
Total	14	2435,37			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.9. nilai F hitung sebesar 87,00 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel C.10..

**Tabel C.10. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,898
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C adalah 0,898. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 111 - 35,4 X + 5,02 X^2 - 0,198 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel C.11. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	2118,56	706,19	24,52	0,000
Residual Error	11	316,81	28,80		
Lack of Fit	1	248,79	248,79	36,57	0,000
Pure Error	10	68,79	6,80		
Total	14	2435,37			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor C

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor C

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.11. didapat nilai F hitung 24,52 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor C. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel C.7. didapat nilai F hitung 36,57, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model belum sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model belum sesuai dengan data.

**Tabel C.12. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor C**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	110,95	42,96	2,58	0,025
Waktu pengambilan sampel (hari)	-35,43	18,51	-1,91	0,082
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	5,017	2,04	2,04	0,066
Waktu pengambilan	-0,1984	0,1021	-1,94	0,078

sampel (hari) <sup>3</sup>				
S = 5,36667	R-Sq = 87,0 %	R-Sq(adj) = 83,4 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan COD pada reaktor C.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

3. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.12. nilai t hitung 2,58 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau koefisien regresi signifikan.

4. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.12. nilai probabilitas 0,025 < 0,05. maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau waktu pengambilan sampel berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 87,0 %. Hal ini berarti 87,0 %, persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor C dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 13 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN C4 (Reaktor D)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel C.13. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu (hari)	4	161,1	40,3	3,25	0,059
Error	10	123,8	12,4		
Total	14	284,9			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.13. nilai F hitung sebesar 3,25 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,059 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata.



## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel C.14..

**Tabel C.14. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,711
	P-Value	0,003

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D adalah 0,711. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,003 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 21,01 + 10,4 X - 1,09 X^2 + 0,0397 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel C.15. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	160,74	53,58	4,75	0,023
Residual Error	11	124,16	11,29		
Lack of Fit	1	0,35	0,35	0,03	0,870
Pure Error	10	123,81	12,38		
Total	14	284,90			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor D

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor D

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.15. didapat nilai F hitung 4,75 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor D. Sedangkan nilai probabilitas  $0,023 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel C.15. didapat nilai F hitung 0,03, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,870 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel C.16. Persamaan Regresi-Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	21,05	26,89	0,78	0,450
Waktu pengambilan sampel (hari)	10,35	11,59	0,89	0,391
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-1,088	1,539	-0,71	0,494
Waktu pengambilan	0,03968	0,06389	0,62	0,547

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 3,35965	R-Sq = 56,4 %	R-Sq(adj) = 44,5 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan COD pada reaktor D.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.16. nilai t hitung 0,78 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.16. nilai probabilitas  $0,450 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 56,4 %. Hal ini berarti 56,4 %, persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor D dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 43,6 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN C5 (Reaktor E)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel C.17. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	224,5	56,1	2,06	0,161
Error	10	272,1	27,2		
Total	14	496,6			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.17. nilai F hitung sebesar 2,06 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,161 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel C.18..

**Tabel C.18. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,644
	P-Value	0,010

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E adalah 0,644. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,010 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan % penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 27,6 + 15,3 X - 1,83 X^2 + 0,0744 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel C.19. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	222,30	74,10	4,56	0,026
Residual Error	11	274,30	24,94		
Lack of Fit	1	2,19	2,19	0,08	0,783
Pure Error	10	272,11	27,21		
Total	14	496,60			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor E

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor E

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel C.19. didapat nilai F hitung 4,56 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD reaktor E. Sedangkan nilai probabilitas  $0,026 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel C.19. didapat nilai F hitung 0,08, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,783 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel C.20. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor E**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	27,62	39,97	0,69	0,504
Waktu pengambilan sampel (hari)	15,26	17,23	0,89	0,395
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-1,828	2,287	-0,80	0,441
Waktu pengambilan	0,07440	0,09497	0,78	0,450



sampel (hari) <sup>3</sup>				
----------------------------	--	--	--	--

S = 4,99359

R-Sq = 44,8 %

R-Sq(adj) = 29,7 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan COD pada reaktor E.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

3. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.20. nilai t hitung 0,69 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

4. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel C.20. nilai probabilitas  $0,504 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 44,8 %. Hal ini berarti 44,8 %, persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor E dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 55,2 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

**LAMPIRAN D**  
**ANALISA STATISTIK KONSENTRASI TSS**

## LAMPIRAN D

### ANALISA STATISTIK KONSENTRASI TSS

#### LAMPIRAN D1 (Reaktor A)

##### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel D.1. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	2575	644	5,50	0,013
Error	10	1171	117		
Total	14	3746			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.1. nilai F hitung sebesar 5,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,013 < 0,05$ . maka

hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel D.2..

**Tabel D.2. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A**

Waktu (hari)	Pearson Correlation	Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
		0,794
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A adalah 0,794. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 88,7 + 51,7 X - 6,19 X^2 + 0,252 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel D.3. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	2550,3	850,1	7,82	0,005
Residual Error	11	1195,7	108,7		
Lack of Fit	1	25,1	25,1	0,21	0,653
Pure Error	10	1170,7	117,1		
Total	14	3746,1			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor A

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor A

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.3. didapat nilai F hitung 7,82 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor A. Sedangkan nilai probabilitas  $0,005 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.3. didapat nilai F hitung 0,21, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung  $<$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,652 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model sudah sesuai dengan data.

**Tabel D.4. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor A**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-88,71	83,45	-1,06	0,311
Waktu pengambilan sampel (hari)	51,70	35,97	1,44	0,178
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-6,192	4,776	-1,30	0,221

<b>Waktu pengambilan sampel (hari)<sup>3</sup></b>	0,2520	0,1983	1,27	0,230
--	--------	--------	------	-------

S = 10,4261

R-Sq = 68,1 %

R-Sq(adj) = 59,4 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan TSS pada reaktor A.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.4. nilai t hitung -1,06 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.4. nilai probabilitas  $0,311 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 68,1 %. Hal ini berarti 68,1 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 31,9 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN D2 (Reaktor B)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel D.5. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	1404,8	351,2	4,50	0,024
Error	10	780,4	78,0		
Total	14	2185,2			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.5. nilai F hitung sebesar 4,50 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,024 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.



## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel D.6..

**Tabel D.6. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,756
	P-Value	0,001

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B adalah 0,756. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,001 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 71,0 - 11,8 X + 2,02 X^2 - 0,084 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel D.7. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	1268,21	422,74	5,07	0,019
Residual Error	11	917,01	83,36		
Lack of Fit	1	136,58	136,58	1,75	0,215
Pure Error	10	780,43	78,04		
Total	14	2185,22			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor B

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor B

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.7. didapat nilai F hitung 5,07 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor B. Sedangkan nilai probabilitas  $0,019 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel D.7. didapat nilai F hitung 1,75, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,215 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel D.8. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor B**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	70,97	73,08	0,97	0,352
Waktu pengambilan sampel (hari)	-11,76	31,50	-0,37	0,716
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	2,016	4,182	0,48	0,639
Waktu pengambilan	-0,0840	0,1736	-0,48	0,638

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 9,13042	R-Sq = 58,0 %	R-Sq(adj) = 46,6 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan TSS pada reaktor B.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.8. nilai t hitung 0,97 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.8. nilai probabilitas  $0,352 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 58,0 %. Hal ini berarti 58,0 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor B dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 42 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN D3 (Reaktor C)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel D.9. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	3356	839	7,17	0,005
Error	10	1171	117		
Total	14	4527			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.9. nilai F hitung sebesar 7,17 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,005 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel D.10..

**Tabel D.10. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,722
	P-Value	0,002

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C adalah 0,722. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,002 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = -129 + 65,5 X - 7,06 X^2 + 0,256 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel D.11. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	3219,3	1073,1	9,03	0,003
Residual Error	11	1307,2	118,8		
Lack of Fit	1	136,6	136,6	1,17	0,305
Pure Error	10	1170,7	117,1		
Total	14	4526,5			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.11. didapat nilai F hitung 9,03 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C. Sedangkan nilai probabilitas  $0,003 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel D.7. didapat nilai F hitung 1,17, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,305 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel D.12. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor C**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-129,03	87,26	-1,48	0,167
Waktu pengambilan sampel (hari)	65,52	37,61	1,74	0,109
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-7,056	4,993	-1,41	0,185
Waktu pengambilan	0,2520	0,2073	1,22	0,250



<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 10,9013	R-Sq = 71,1 %	R-Sq(adj) = 63,2 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan TSS pada reaktor C.

Hipotesa yang diberikan :

-  $H_0$  = koefisien regresi tidak signifikan

-  $H_1$  = koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.

- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.12. nilai t hitung -1,48 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.12. nilai probabilitas  $0,167 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 71,1 %. Hal ini berarti 71,1 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor C dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 28,9 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN D4 (Reaktor D)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel D.13. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	1170,7	292,7	3,75	0,041
Error	10	780,4	78,0		
Total	14	1951,1			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel D.13. nilai F hitung sebesar 3,75 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,041 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel D.14..

**Tabel D.14. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor D**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,700
	P-Value	0,004

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D adalah 0,700. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,004 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = -12,9 + 24,7 X - 2,45 X^2 + 0,084 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel D.15. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi COD Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	1100,97	366,99	4,75	0,023
Residual Error	11	850,12	77,28		
Lack of Fit	1	69,68	69,68	0,89	0,367
Pure Error	10	780,43	78,04		
Total	14	1951,09			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor D

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor D

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.15. didapat nilai F hitung 4,75 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor C. Sedangkan nilai probabilitas  $0,023 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi % penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel D.15. didapat nilai F hitung 0,89, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,367 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel D.16. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor D**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-12,90	70,37	-0,18	0,858
Waktu pengambilan sampel (hari)	24,72	30,33	0,82	0,432
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-2,448	4,027	-0,61	0,556
Waktu pengambilan	0.0840	0,1672	0,50	0,625

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 8,79109	R-Sq = 56,4 %	R-Sq(adj) = 44,5 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan TSS pada reaktor D.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.
  - Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
  - Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.16. nilai t hitung -0,18 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
  - Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.16. nilai probabilitas  $0,858 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 56,4 %. Hal ini berarti 56,4 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor D dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 43,6 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN D5 (Reaktor E)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel D.17. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	4058	1015	8,67	0,003
Error	10	1171	117		
Total	14	5229			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.17. nilai F hitung sebesar 8,67 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,003 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel D.18..

**Tabel D.18. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,855
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E adalah 0,855. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E.



### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 115 - 34,7 X + 5,76 X^2 - 0,252 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel D.19. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	4055,5	1351,8	12,67	0,001
Residual Error	11	1173,4	106,7		
Lack of Fit	1	2,8	2,8	0,02	0,880
Pure Error	10	1170,7	117,1		
Total	14	5228,9			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor E

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor E

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.19. didapat nilai F hitung 12,67 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS reaktor E. Sedangkan nilai probabilitas  $0,001 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel D.19. didapat nilai F hitung 0,02, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,880 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel D.20. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS Pada Reaktor E**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	114,52	82,67	1,39	0,193
Waktu pengambilan sampel (hari)	-34,71	35,63	-0,97	0,351
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	5,760	4,731	1,22	0,249
Waktu pengambilan	-0,2520	0,1964	-1,28	0,226

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 10,3284	R-Sq = 77,6 %	R-Sq(adj) = 71,4 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan TSS pada reaktor E.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.20. nilai t hitung 1,39 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel D.20. nilai probabilitas 0,193  $\geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 77,6 %. Hal ini berarti 77,6 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 22,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

**LAMPIRAN E**  
**ANALISA STATISTIK KONSENTRASI WARNA**

## LAMPIRAN E

### ANALISA STATISTIK KONSENTRASI WARNA

#### LAMPIRAN E1 (Reaktor A)

##### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel E.1. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	346,91	86,73	22,48	0,000
Error	10	38,57	3,86		
Total	14	385,48			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.1. nilai F hitung sebesar 22,48 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan

sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel E.2..

**Tabel E.2. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,166
	P-Value	0,554

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A adalah 0,166. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak terdapat hubungan karena berada di bawah 0,2 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,554 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, atau tidak ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor A maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 13,6 - 1,33 X + 0,96 X^2 - 0,0672 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel E.3. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	304,64	101,55	13,82	0,000
Residual Error	11	80,84	7,35		
Lack of Fit	1	42,26	42,26	10,96	0,008
Pure Error	10	38,57	3,86		
Total	14	385,48			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor A

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor A

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.3. didapat nilai F hitung 13,82 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor A. Sedangkan nilai probabilitas  $0,000 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.3. didapat nilai F hitung 10,96, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung  $>$  dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model belum sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,008 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model belum sesuai dengan data.

**Tabel E.4. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor A**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	13,64	21,70	0,63	0,542
Waktu pengambilan sampel (hari)	-1,331	9,352	-0,14	0,889
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	0,965	1,242	0,78	0,453



<b>Waktu pengambilan sampel (hari)<sup>3</sup></b>	-0,06718	0,06718	-1,30	0,219
--	----------	---------	-------	-------

S = 2,71087

R-Sq = 79,0 %

R-Sq(adj) = 73,3 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan warna pada reaktor A.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.4. nilai t hitung 0,63 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.4. nilai probabilitas  $0,542 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 79,0 %. Hal ini berarti 79,0 %, persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor A dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 21 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN E2 (Reaktor B)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel E.5. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	78,02	19,51	3,55	0,048
Error	10	55,01	5,50		
Total	14	133,04			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.5. nilai F hitung sebesar 3,55 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,048 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel E.6..

**Tabel E.6. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,754
	P-Value	0,001

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B adalah 0,754 Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,001 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 15,2 + 4,96 X - 0,59 X^2 + 0,0258 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel E.7. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	77,991	25,997	5,20	0,018
Residual Error	11	55,045	5,004		
Lack of Fit	1	0,033	0,033	0,01	0,940
Pure Error	10	55,012	5,501		
Total	14	133,036			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor B

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor B

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.7. didapat nilai F hitung 5,20 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor B. Sedangkan nilai probabilitas  $0,018 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel E.7. didapat nilai F hitung 0,01, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,940 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel E.8. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor B**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	15,18	17,91	0,85	0,415
Waktu pengambilan sampel (hari)	4,957	7,717	0,64	0,534
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-0,592	1,025	-0,58	0,575
Waktu pengambilan	0,02583	0,04254	0,61	0,556

sampel (hari) <sup>3</sup>				
----------------------------	--	--	--	--

S = 2,23698

R-Sq = 58,6 %

R-Sq(adj) = 47,3 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan warna pada reaktor B.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.8. nilai t hitung 0,85 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.8. nilai probabilitas  $0,415 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 58,6 %. Hal ini berarti 58,6 %, persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor B dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 41,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN E3 (Reaktor C)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel E.9. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	365,2	91,3	3,40	0,053
Error	10	268,1	26,8		
Total	14	633,3			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung  $>$  F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung  $<$  F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.9. nilai F hitung sebesar 3,40 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih kecil dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,053 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel E.10..

**Tabel E 10 Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,730
	P-Value	0,002

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C adalah 0,730. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,002 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C.



### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 17,2 + 3,9 X - 0,53 X^2 + 0,0299 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel E.11. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	364,77	121,59	4,98	0,020
Residual Error	11	268,53	24,41		
Lack of Fit	1	0,39	0,39	0,01	0,906
Pure Error	10	268,14	26,81		
Total	14	633,30			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor C

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor C

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.11. didapat nilai F hitung 4,98 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor C. Sedangkan nilai probabilitas  $0,020 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel E.7. didapat nilai F hitung 0,01, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,906 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel E.12. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor C**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	17,17	39,55	0,43	0,673
Waktu pengambilan sampel (hari)	3,95	17,04	0,23	0,821
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-0,527	2,263	-0,23	0,820
Waktu pengambilan	0,02994	0,09396	0,32	0,756

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
----------------------------------	--	--	--	--

S = 4,94080                      R-Sq = 57,6 %                      R-Sq(adj) = 46,0 %

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan warna pada reaktor C.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.12. nilai t hitung 0,43 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.12. nilai probabilitas  $0,673 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 57,6 %. Hal ini berarti 57,6 %, persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor C dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 42,4 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

## LAMPIRAN E4 (Reaktor D)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel E.13. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	177,02	44,25	8,29	0,003
Error	10	53,41	5,34		
Total	14	230,43			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel E.13. nilai F hitung sebesar 8,29 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas 0,003 < 0,05. maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel E.14..

**Tabel E.14. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi warna Pada Reaktor D**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,804
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D adalah 0,804. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 16,8 + 6,42 X - 0,92 X^2 + 0,0460 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel E.15. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor D**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	176,706	58,902	12,06	0,001
Residual Error	11	53,721	4,884		
Lack of Fit	1	0,313	0,313	0,06	0,814
Pure Error	10	53,408	5,341		
Total	14	230,427			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor D

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor D

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel D.15. didapat nilai F hitung 12,06 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor D. Sedangkan nilai probabilitas  $0,001 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi % penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel E.15. didapat nilai F hitung 0,06, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,814 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel E.16. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor D**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16,81	17,69	0,95	0,362
Waktu pengambilan sampel (hari)	6,420	7,624	0,84	0,418
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-0,922	1,012	-0,91	0,382
Waktu pengambilan	0,04598	0,04203	1,09	0,297

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 2,20991	R-Sq = 76,7 %	R-Sq(adj) = 70,3 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan warna pada reaktor D.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.

- Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
- Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.16. nilai t hitung 0,95 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.16. nilai probabilitas  $0,362 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 76,7 %. Hal ini berarti 76,7 %, persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor D dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 23,3 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.



## LAMPIRAN E5 (Reaktor E)

### 1. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E memiliki kesamaan, maka dilakukan analisa ANOVA. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada beberapa tabel berikut.

**Tabel E.17. Hasil uji ANOVA Persentase Penyisihan Konsentrasi warna Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Waktu (hari)	4	306,85	76,71	9,08	0,002
Error	10	84,49	8,45		
Total	14	391,34			

Dari tabel hasil uji ANOVA diatas, dapat dilihat apakah terdapat perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor diantara kelompok waktu pengambilan sampel.

Hipotesa yang diberikan adalah :

$H_0$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah tidak berbeda nyata

$H_1$  = Keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.17. nilai F hitung sebesar 9,08 dan jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3,48. Karena nilai F hitung lebih besar dari pada F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata. Sedangkan nilai probabilitas  $0,002 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak. Atau keempat waktu pengambilan sampel adalah berbeda nyata.

## 2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara waktu pengambilan sampel dan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel Persentase.18..

**Tabel E.18. Korelasi Antara Waktu dengan Persentase Penyisihan Konsentrasi warna Pada Reaktor E**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna
Waktu (hari)	Pearson Correlation	0,832
	P-Value	0,000

Besar hubungan waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E adalah 0,832. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar waktu pengambilan sampel maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara waktu pengambilan sampel dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E.

### 3. Analisa Regresi

Untuk mengetahui apakah waktu pengambilan sampel dapat memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E maka dapat digunakan analisa regresi. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 16,8 + 5,1 X - 0,61 X^2 + 0,0304 X^3$$

Dimana :

Y = Persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E

X = Waktu pengambilan sampel (jam)

**Tabel E.19. Hasil uji ANOVA Untuk Analisa Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi warna Pada Reaktor E**

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	282,372	94,124	9,50	0,002
Residual Error	11	108,967	9,906		
Lack of Fit	1	24,479	24,479	2,90	0,120
Pure Error	10	84,488	0,449		
Total	14	391,339			

Dari tabel hasil uji ANOVA untuk analisa regresi diatas, dapat dilihat apakah suatu model yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E.

Hipotesa untuk kecukupan model yang diberikan adalah :

$H_0$  = Model regresi yang dibuat tidak bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor E

$H_1$  = Model regresi linier yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor E

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_1$  ditolak

Berdasarkan tabel E.19. didapat nilai F hitung 9,50 sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 3,59. karena F hitung > dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, maka kesimpulannya adalah model regresi yang dibuat bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna reaktor E. Sedangkan nilai probabilitas  $0,002 < 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak atau model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E.

Selanjutnya dari model yang telah dibuat dapat diperiksa kesesuaian modelnya.

Hipotesa untuk uji lack of fit adalah :

$H_0$  = Tidak ada lack of fit (model telah sesuai dengan data)

$H_1$  = Ada lack of fit (model belum sesuai dengan data)

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Nilai F hitung > F tabel,  $H_0$  ditolak
- Nilai F hitung < F tabel,  $H_0$  diterima

Serta,

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

Berdasarkan tabel E.19. didapat nilai F hitung 2,90, sedangkan dari tabel distribusi F didapatkan nilai F tabel 4,96 karena F hitung < dari F tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima, maka kesimpulannya adalah model telah sesuai dengan data. Sedangkan nilai probabilitas  $0,120 \geq 0,05$ , maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau model telah sesuai dengan data.

**Tabel E.20. Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Konsentrasi Warna Pada Reaktor E**

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	16,75	25,19	0,66	0,520
Waktu pengambilan sampel (hari)	5,08	10,86	0,47	0,649
Waktu pengambilan sampel (hari) <sup>2</sup>	-0,615	1,442	-0,43	0,678
Waktu pengambilan	0,03044	0,05986	0,51	0,621

<b>sampel (hari)<sup>3</sup></b>				
S = 3,14739	R-Sq = 72,2 %	R-Sq(adj) = 64,6 %		

Dari tabel persamaan regresi, dapat dilihat apakah model regresi memang valid untuk memprediksi persentase penyisihan warna pada reaktor E.

Hipotesa yang diberikan :

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

Pengambilan keputusan :

1. Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel.
  - Jika statistik t hitung < statistik t tabel,  $H_0$  diterima.
  - Jika statistik t hitung > statistik t tabel,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.20. nilai t hitung 0,66 untuk constanta, dan jika dilihat pada t tabel nilai t adalah 1,77. karena nilai t hitung lebih kecil dari t tabel maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

2. Berdasarkan Probabilitas

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel E.20. nilai probabilitas  $0,520 \geq 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) diterima atau waktu pengambilan sampel tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor E.

Dari hasil analisa regresi juga didapatkan nilai R square sebesar 72,2 %. Hal ini berarti 72,2 %, persentase penyisihan konsentrasi TSS pada reaktor E dapat dijelaskan oleh variasi waktu pengambilan sampel. Sedangkan sisanya 27,8 % dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

**LAMPIRAN F**  
**ANALISA KORELASI HUBUNGAN**  
**KONSENTRASI COD TSS DAN WARNA**

## LAMPIRAN F

### ANALISA KORELASI HUBUNGAN KONSENTRASI COD TSS DAN WARNA

#### LAMPIRAN F

##### Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan diantara penyisihan konsentrasi COD, TSS dan warna pada reaktor dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel E.

**Tabel F.1. Korelasi Penyisihan Konsentrasi COD dan TSS**

% Penyisihan TSS	Pearson Correlation	Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
		0,702
	P-Value	0,000

Besar hubungan antara persentase penyisihan TSS dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor adalah 0,702. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar persentase penyisihan TSS maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

$P\text{-Value} \geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

$P\text{-Value} < 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai  $P\text{-Value}$  adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor.

**Tabel F.2. Korelasi Penyisihan Konsentrasi COD dan Warna**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi COD
% Penyisihan Warna	Pearson Correlation	0,745
	P-Value	0,000

Besar hubungan antara persentase penyisihan warna dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor adalah 0,745. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar persentase penyisihan warna maka persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq$  0,05,  $H_0$  diterima

P-Value  $<$  0,05,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara persentase penyisihan warna dengan persentase penyisihan konsentrasi COD pada reaktor.

**Tabel F.3. Korelasi Diantara Penyisihan Konsentrasi COD TSS dan Warna**

		Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS
% Penyisihan Warna	Pearson Correlation	0,691
	P-Value	0,000

Besar hubungan antara persentase penyisihan TSS dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor adalah 0,691. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sedang karena berada di antara 0,4 – 0,7 (Soleh, 2005). Hubungan kedua variabel searah hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya nilai negatif (-) pada nilai koefisien korelasi. Yang berarti semakin besar persentase penyisihan TSS maka persentase penyisihan konsentrasi warna pada



reaktor semakin meningkat. Agar lebih menyakinkan apakah angka korelasi yang didapat benar-benar signifikan perlu melakukan uji hipotesa.

Hipotesa yang diberikan :

$H_0$  = Tidak ada korelasi antara dua variabel

$H_1$  = Ada hubungan korelasi antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan :

P-Value  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima

P-Value  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak

Untuk nilai P-Value adalah  $0,000 < 0,05$ . maka hipotesa awal ( $H_0$ ) ditolak, atau ada hubungan korelasi antara persentase penyisihan TSS dengan persentase penyisihan konsentrasi warna pada reaktor.

**LAMPIRAN G**  
**METODE ANALISA SAMPEL**

## A. Pemeriksaan Angka Permanganat (PV)

### 1. Metode

Titration permanganometri

### 2. Prinsip

Zat organik dioksidasi oleh  $\text{KMnO}_4$  berlebih dalam suasana asam dan panas. Kelebihan  $\text{KMnO}_4$ .

### 3. Pereaksi

#### a. Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,1 N

3,16 gram  $\text{KMnO}_4$  dilarutkan dalam air destilasi lalu diencerkan hingga volumenya tepat 1 liter.

#### b. Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,01 N

100 ml larutan  $\text{KMnO}_4$  0,1N dipipet, kemudian diencerkan dengan air destilasi hingga volumenya tepat 1 liter.

#### c. Larutan asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,1 N

6,3 gram asam oksalat ditimbang dengan teliti, kemudian dilarutkan dalam air destilasi. Masukkan ke dalam labu ukur 1 liter.

#### d. Larutan asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,01 N

100 ml larutan asam oksalat 0,1 N dipipet dan dimasukkan kedalam labu ukur 1 liter.

#### e. Larutan $\text{H}_2\text{SO}_4$ 8 N bebas zat organik

222 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat tuangkan sedikit demi sedikit ke dalam labu ukur 1000 ml yang sebelumnya telah di isi air suling. Dinginkan dan encerkan sampai 1 liter dalam labu ukur tersebut. Pindahkan ke gelas piala dan tetesi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai berwarna merah muda. Panaskan pada temperatur  $80^\circ \text{C}$  selama 10 menit, bila warna merah muda hilang selama pemanasan tambah kembali larutan  $\text{KMnO}_4$  sampai warna stabil.

#### 4. Cara Kerja

➤ **Pembebasan labu elenmeyer dari zat organik**

- 100 ml air keran dimasukkan ke dalam labu elenmeyer dan tambahkan beberapa batu didih.
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N dan tetes demi tetes larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan diatas hot plate dan biarkan mendidih selama 10 menit.
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warnanya tidak hilang. Lalu buang cairan dalam elenmeyer. (Dinginkan)

➤ **Pemeriksaan zat organik**

- 100 ml contoh air dimasukkan ke dalam labu elenmeyer bebas zat organik
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N dan tetes demi tetes larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai cairan berwarna merah muda.
- Panaskan diatas hot plate dan biarkan mendidih pada suhu  $70^\circ\text{C}$
- Jika selama mendidih warna merah muda hilang, tambahkan lagi larutan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warnanya stabil. ( $\pm 5$  menit) (Dinginkan)
- Tambahkan 10 ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N kemudian panaskan lagi hingga mendidih selama 10 menit, suhu  $100^\circ\text{C}$ .
- Setelah itu tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N ( temperatur  $80 - 70^\circ\text{C}$  )
- Selanjutnya titrasi dengan larutan baku  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai menunjukkan warna merah muda.
- Catat volume  $\text{KMnO}_4$  0,01 N yang dibutuhkan (10 ml + ml titrasi ), apabila pemakaian larutan baku  $\text{KMnO}_4$  lebih dari 7 ml (titrasi), ulangi analisa dengan cara mengencerkan larutan uji.
- Untuk nalisa secara duplo, apabila terdapat perbedaan pemakaian larutan baku  $\text{KMnO}_4$  lebih dari 0,1 ml, ulangi pengujian, apabila kurang atau sama dengan 0,1 ml rata-ratakan hasilnya.

### 5. Standarisasi $\text{KMnO}_4$

- Ukur 100 ml air suling secara duplo dan masukan dalam labu elenmeyer 250 ml, panaskan sampai suhu  $\pm 70^\circ\text{C}$  ( Dinginkan )
- Tambahkan 5 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8 N bebas zat organik
- Tambahkan 10 ml larutan baku asam oksalat 0,01 N
- Titrasi dengan larutan baku  $\text{KMnO}_4$  sampai menunjukkan warna merah muda
- Catat volume  $\text{KMnO}_4$  yang dibutuhkan untuk titrasi, apabila perbedaan pemakaian larutan baku atau = 0,1 ml maka hasilnya di rata-rata (nilai yang di dapat pada standarisasi  $\text{KMnO}_4$  di gunakan untuk perhitungan normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$  )

### 6. Perhitungan

Perhitungan nilai permanganat dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Mg/l KMnO}_4 = \left[ \{ (10 + A)B - (0,1) \} \times 316 \right] \times P$$

Dengan Penjelasan:

A : ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang digunakan dalam titrasi (total)

B : Normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Dengan penjelasan

$V_1$  = ml larutan baku asam Oksalat

$V_2$  = ml larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang digunakan untuk titrasi

$N_1$  = Normalitas larutan baku asam oksalat

$N_2$  = Normalitas larutan baku  $\text{KMnO}_4$  yang dicari

P : faktor pengenceran larutan uji

## B. Pemeriksaan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

### 1. Metode

Closed Reflux Titrimetric

### 2. Prinsip

Senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperature  $150^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero ammonium sulfat (FAS) memakai indicator feroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dengan bentuk ekivalensi oksigen.

### 3. Pereaksi

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

Tambahkan 4,193 gram  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu  $103^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, pada 500 ml air destilasi. Lalu tambahkan 167 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan 3,33 gram  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Larutkan dan dinginkan sampai temperature kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.

#### 3.2. Pereaksi asam sulfat

Tambahkan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  (bentuk kristal atau bubuk) pada  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dengan perbandingan 5,5 gram  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  per kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Biarkan selama 1 atau 2 hari hingga seluruh  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  larut.

#### 3.3. Larutan indikator feroin

Larutkan 1,485 gram 1,10-Phenantrolin monohidrat dan 695 mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  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.

#### 3.5. Larutan feroin amonium sulfat (FAS)

Larutkan 39,2 gram  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dalam air destilasi. Lalu tambahkan 20 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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 temperatur kamar, kemudian

tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator ferroin. Titrasi dengan FAS sampai berwarna awal merah kecoklattan. Molaritas FAS yang dipakai dengan rumus :

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

#### 4. Cara kerja

- a. Cuci tabung COD dan rendam dalam 20 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk penggunaan pertama kali.
- b. 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.
- c. Masukkan pada pemanas COD mikro lalu panaskan pada suhu 150<sup>0</sup>C selama 2 jam.
- d. Dinginkan pada suhu kamar. Kemudian tuangkan isinya ke dalam wadah yang lebih besar. Tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator ferroin. Titrasi dengan FAS Titik akhir titrasi adalah terjadi perubahan warna dari biru kehijauan sampai berwarna merah kecoklattan. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi.
- e. Buat blanko dengan air destilasi sebagai pengganti sampel, lalu langkah-langkah pengerjaan diatas diulangi kembali. Catat ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko tersebut.

#### 5. Perhitungan

$$\text{COD (mg O}^2\text{/l)} = (A-B) \times M \times 8000 / \text{ml sampel}$$

Dengan :

A = ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko

B = ml FAS yang dipakai untuk titrasi sampel

M = molaritas FAS

### **C. Analisa Zat Padat Tersuspensi (TSS)**

#### **1. Metode**

Penyaringan kertas saring

#### **2. Prinsip**

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  $105^{\circ}\text{C}$ . Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi.

#### **3. Alat-alat**

- a. cawan porselin
- b. oven untuk pemanasan  $105^{\circ}\text{C}$
- c. Desikator
- d. Timbangan analitis
- e. Filter kertas

#### **4. Cara Kerja**

- a. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat. 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.
- b. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet, ke dalam alat penyaringan atau cawan yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.
- c. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati – hati dan masukana dalam oven untuk pemanasan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$ . Selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat.



**5. Perhitungan**

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

Dimana :

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105<sup>0</sup>C (mg)

b = berat filter kering (sesudah pemanasan) (mg/l)

c = ml sampel

## D. Analisa Warna

### 1. Metode

Spektrofotometri

### 2. Prinsip

Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan pembacaan skala warna pada warna sampel dengan larutan standard warna yang diketahui konsentrasinya dengan spektrofotometer. Sinar cahaya dengan panjang gelombang tertentu, akan diserap (diabsorpsi) larutan secara proposional dengan jarak perjalanan di dalam larutan dan dengan kadar kompleks yang berwarna oranye-merah ini Absorpsi tersebut dapat diukur melalui alat spektrofotometer.

### 3. Pereaksi

Larutan Standard

- a. Gunakan labu takar 1000 ml, untuk melarutkan 1,246 g kalium kloro platina ( $K_2PtCl_6$ ) yang ekuivalen dengan 500 mg logam platina dan 1,00 g kobalt klorida ( $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ) yang ekuivalen dengan 250 mg kobalt dalam air suling dan 100 ml HCL pekat dan kemudian diencerkan menjadi 1000 ml dengan air suling. Larutan standard tersebut mempunyai skala warna 500.
- b. Apabila tidak ada kalium kloro platina ( $K_2PtCl_6$ ), larutkan 500 mg logam platina murni di dalam aqua regia dengan pemanasan, kemudian hilangkan asam nitrat yang ada dengan penambahan HCl pekat beberapa kali. Larutkan residu yang dihasilkan bersama dengan 1,0 gr kobalt klorida seperti pada cara tersebut diatas.

#### 4. Cara Kerja

- a. Siapkan standard – standard dengan skala warna 5;10;15;20;25;30;35;40;45;50;60 dan 70, yang didapat dari larutan baku dengan skala warna 500 sebanyak masing–masing 0,5;1,0;1,5;2,0;2,5;3,0;3,5;4,0;4,5;5,0;6,0 dan 7,0 dan diencerkan menjadi 50 ml di dalam tabung Nessler dan larutan standard ini dimasukkan pada spektrofotometer untuk diketahui nilai absorbansinya.
- b. Siapkan larutan sampel, kemudian disaring dengan kertas saring untuk mendapatkan warna sebenarnya. Larutan sampel ini dimasukkan pada spektrofotometer untuk diketahui nilai absorbansinya.
- c. Hasil yang didapat dibandingkan dengan nilai absorbansi pada larutan standard, untuk mengetahui konsentrasi warna yang didapat.

#### 5. Perhitungan

$$A = 2 - \log (\%T)$$

Dimana :

A = absorbansi

T = Transmittansi (nilai yang dibaca pada spektrofotometer)

$$X = (A - 0,0431)/0,119$$

Dimana

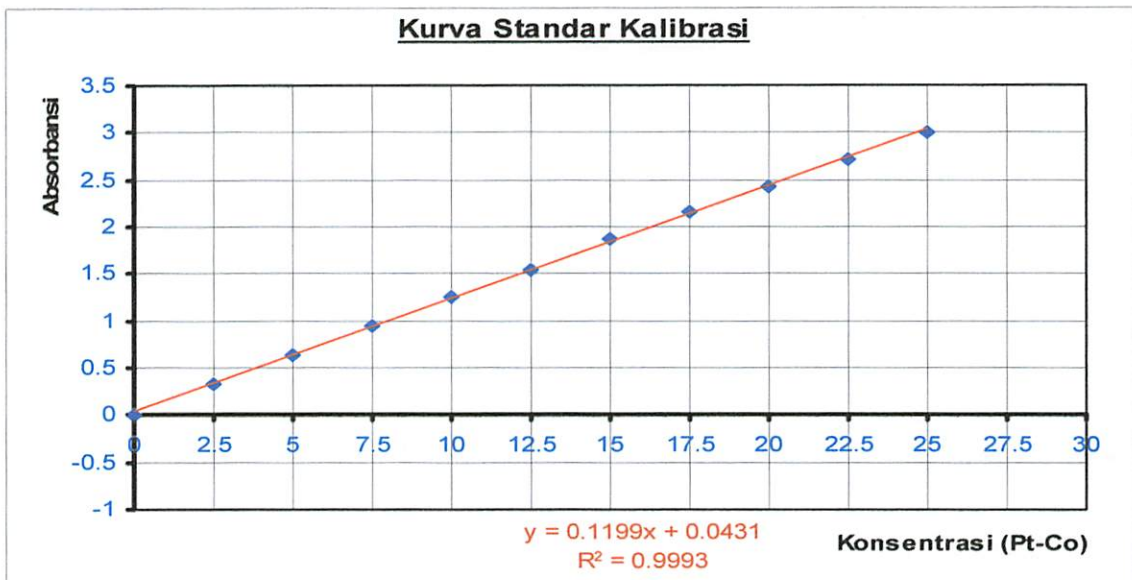
X = konsentrasi warna (Pt-Co)

0,0431 dan 0,119 = didapatkan dari kurva standard kalibrasi

6. Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer ( panjang gelombang 220)

Tabel. E.1. Nilai Larutan Standard Pada Spektrofotometer

Larutan Standar		
Kons.	Absorbansi	
0	0.003	Batas Bawah
2.5	0.330	
5	0.651	
7.5	0.947	
10	1.265	
12.5	1.557	
15	1.880	
17.5	2.173	
20	2.436	
22.5	2.709	
25	3.010	Batas Atas



Gambar. E.1. Kurva Standar Kalibrasi

## **E. Analisa VSS (*Volatile Suspended Solid*)**

### **1. Metode**

Gravimetri (analisa berdasarkan pertimbangan berat)

### **2. Prinsip**

residu hasil sentrifugal dikeringkan pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya konstan. Perbedaan berat antara cawan kosong dengan cawan berisi padatan menunjukkan jumlah total padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid*). Residu tersebut selanjutnya dipanaskan kembali pada suhu  $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$  menyatakan besarnya volatil yang tersuspensi (*Volatile Suspended Solid*)

### **3. Cara Kerja**

- a. Timbang cawan krus kosong (yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu  $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam).
- b. sampel yang akan diperiksa disentrifugasi selama 15 menit untuk memisahkan antara padatan dengan liquid-nya.
- c. Lalu masukan padatan tersebut ke dalam cawan krus yang telah ditimbang. Setelah itu krus tersebut dibakar dengan oven  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.
- d. dinginkan dalam desikator lalu timbang (a gram)
- e. kemudian krus tersebut dibakar lagi dengan oven  $600^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator lalu timbang (b gram).

### **4. Perhitungan**

$$\text{VSS (mg/l)} = (a-b)/\text{ml sampel} \times 10^6$$

## **LAMPIRAN H KRITERIA DESAIN ALAT ABR**

## PERENCANAAN DESAIN

### A. Direncanakan ( bak tanpa skat)

$$\diamond Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\diamond t_d = 12 \text{ jam}$$

#### Dimensi Bak

$$\text{volume} = Q \times t_d$$

$$\begin{aligned} \text{volume} &= 0,0005 \text{ m}^3/\text{jam} \times 12 \text{ jam} \\ &= 6.10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi direncanakan} \longrightarrow t = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Untuk lebar 50 \% dari t} \longrightarrow L = 0,1 \text{ m}$$

Panjang ?

$$\text{Volume} = P \times L \times H$$

$$6.10^{-3} \text{ m}^3 = P \times 0,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$$

$$6.10^{-3} \text{ m}^3 = P \times 0,02 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{6.10^{-3} \text{ m}^3}{0,02 \text{ m}^2}$$

$$P = 0,3 \text{ m}$$

Jadi desain bak untuk ukuran efektif !

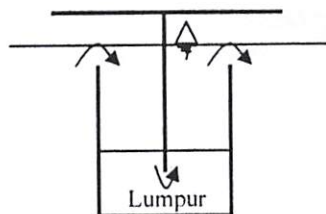
$$P = 0,3 \text{ m}, L = 0,1 \text{ m}, H = 0,2 \text{ m}$$

Dengan volume

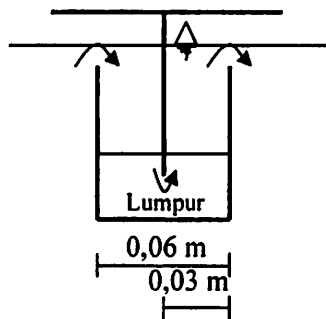
$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 0,3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 6.10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### B. Direncanakan ( untuk bak dengan kompartemen)

- Menggunakan 5 kompartemen, yang tiap kompartemen dibatasi skat horizontal dari atas kebawah.



- Setelah bak dibagi 5 untuk kompartemen maka ukuran tiap kompartemen (Panjang kompartemen = lebar bak)  
 $H = 0,2 \text{ m}$   
 $L = 0,06 \text{ m}$   
 $P = 0,1 \text{ m}$   
 $\text{Vol} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
- Karena tiap kompartemen dipisahkan skat, maka ,  
 $H = 0,2 \text{ m}$   
 $L = 0,03 \text{ m}$   
 $P = 0,1 \text{ m}$   
 $\text{Vol} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Untuk waktu detensi tiap kompartemen (dihitung tiap skat dalam kompartemen)  
 $\text{Vol} = Q \times t_d$   
 $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,0005 \text{ m}^3/\text{jam} \times t_d$   
 $t_d = 1,2 \text{ jam}$  (  $t_d$  tiap ruang skat dalam kompartemen )
- Untuk seluruh kompartemen (reactor)  $\longrightarrow$  ada 5 kompartemen dengan 10 ruang (skat)  
 $T_d = 1,2 \text{ jam} \times 10$   
 $= 12 \text{ jam}$





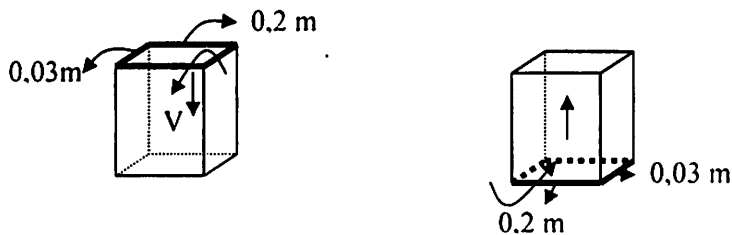
**C. Kecepatan aliran air tiap ½ kompartemen ( atas – bawah)**

$$v = \frac{Q}{A} \quad \longrightarrow \quad A = 0,03 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$
$$= \frac{0,0005 \text{ m}^3 / \text{jam}}{0,003 \text{ m}^2} \quad = 0,003 \text{ m}^2$$
$$= 0,16 \text{ m/jam}$$

**D. Kecepatan aliran air tiap ½ kompartemen ( bawah– atas)**

$$V_{up} = \frac{Q}{A} \quad \longrightarrow \quad A = 0,03 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$
$$= \frac{0,0005 \text{ m}^3 / \text{jam}}{0,03 \text{ m}^2} \quad = 0,003 \text{ m}^2$$
$$= 0,16 \text{ m/jam}$$

- $V_{up}$  sesuai dengan kriteria max 2 m/jam dan
- Kec. Up-flow < 1m/jam  $\longrightarrow$  mendorong pembentukan flokulan dan granular.



**E. Penentuan Debit Aliran Air Limbah Pada reaktor**

- Volume tiap skat  $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$
- Waktu detensi tiap reactor adalah 4 jam, 6 jam, 8 jam, 10 jam dan 12 jam.
- 1 reaktor ada 10 skat
- ❖ Waktu detensi (td) 4 jam
  - td untuk tiap skat
  - 4 jam / 10 skat = 0,4 jam/skat
  - untuk debit adalah
  - $Vol = Q \times td$
  - $6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = Q \times 0,4 \text{ jam}$
  - $Q = 0,0015 \text{ m}^3$

❖ Waktu detensi (td) 6 jam

- td untuk tiap skat

$$6 \text{ jam} / 10 \text{ skat} = 0,6 \text{ jam/skat}$$

- untuk debit adalah

$$\text{Vol} = Q \times \text{td}$$

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = Q \times 0,6 \text{ jam}$$

$$Q = 0,001 \text{ m}^3$$

❖ Waktu detensi (td) 8 jam

- td untuk tiap skat

$$8 \text{ jam} / 10 \text{ skat} = 0,8 \text{ jam/skat}$$

- untuk debit adalah

$$\text{Vol} = Q \times \text{td}$$

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = Q \times 0,8 \text{ jam}$$

$$Q = 0,00075 \text{ m}^3$$

❖ Waktu detensi (td) 10 jam

- td untuk tiap skat

$$10 \text{ jam} / 10 \text{ skat} = 1 \text{ jam/skat}$$

- untuk debit adalah

$$\text{Vol} = Q \times \text{td}$$

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = Q \times 1 \text{ jam}$$

$$Q = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

❖ Waktu detensi (td) 12 jam

- td untuk tiap skat

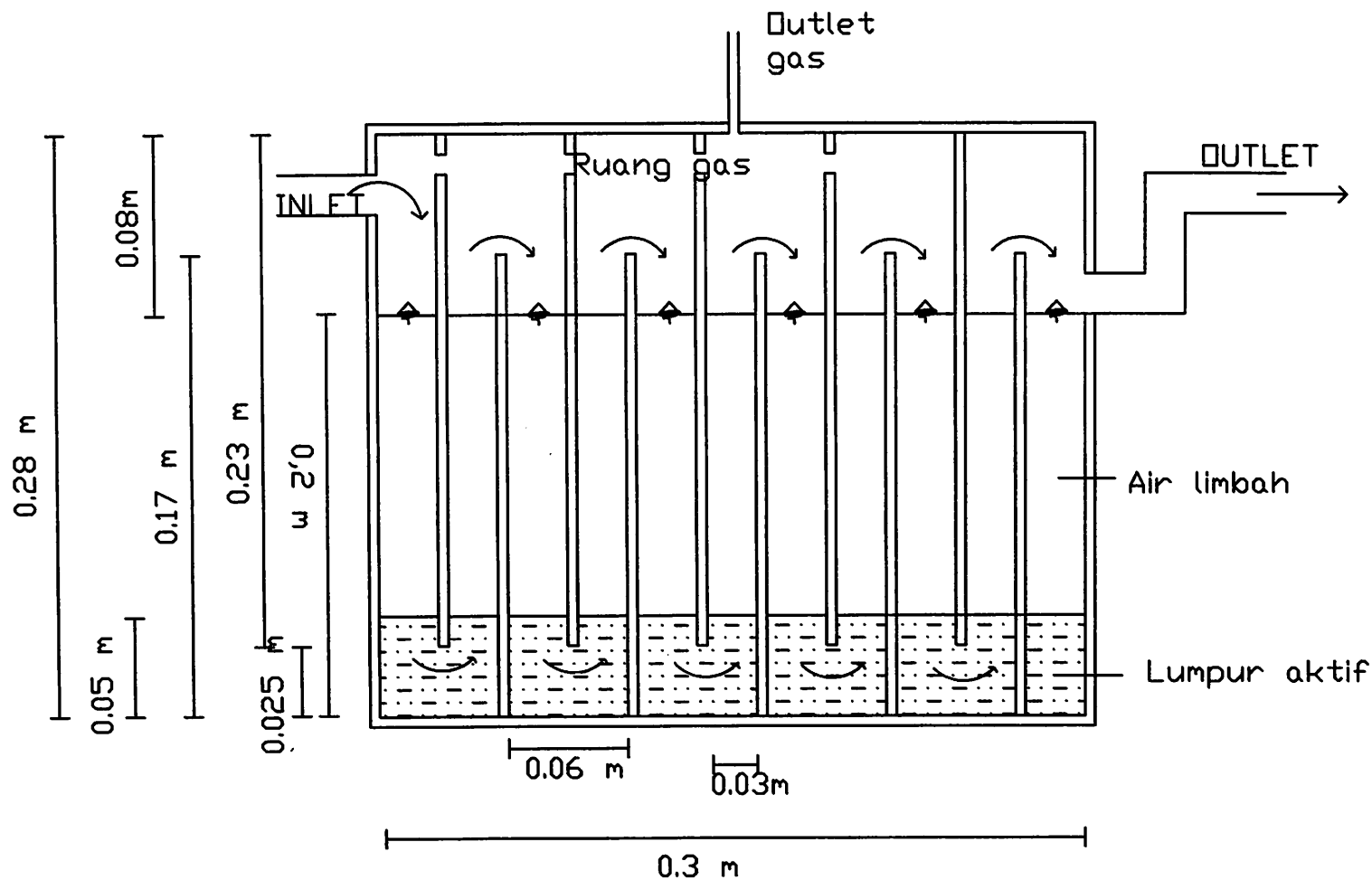
$$12 \text{ jam} / 10 \text{ skat} = 1,2 \text{ jam/skat}$$

- untuk debit adalah

$$\text{Vol} = Q \times \text{td}$$

$$6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = Q \times 1,2 \text{ jam}$$

$$Q = 0,0005 \text{ m}^3$$



Gambar 3.1. Anaerobic Baffled reactor (ABR)

Anaerobik  
Baffled Reaktor

Digambar  
I PUTU WIDYANTO

Diperiksa  
DR.Ir. Hery S.,Msi  
Candra D., ST,MT

Skala

1 : 1

Tanggal

24 Juli 2006

Jurusan Teknik lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional  
Malang  
2006

**LAMPIRAN I**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



Gambar 1. Proses Seeding



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 3. Proses Aklimatisasi (Batch)



Gambar 4. Proses Aklimatisasi (kontinu)



Gambar 5. Tahap Operasional



Gambar 6. Analisa Angka Permanganat (PV)





Gambar 7. Analisa COD



Gambar 8 Analisa TSS





Gambar 9 Analisa Warna



Gambar 10. Termoreaktor (Analisa COD)



Gambar 11. Oven (Analisa TSS)

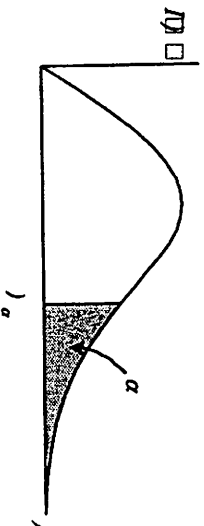


Gambar 12. Spektrofotometer (Analisa Warna)

**LAMPIRAN J**  
**DATA UJI TABEL F DAN T**

# LAMPIRAN

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



$v_1$	Derajat bebas (df) pembilang ( $v_2$ )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1614	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	5,30	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

Lanjutan Tabel 15...

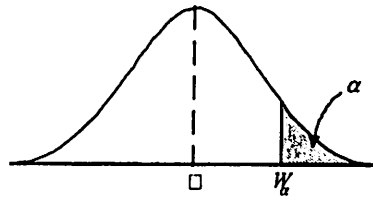
$\nu_2$	Derajat bebas (df) pembilang ( $\nu_1$ )								
	10	12	15	20	30	40	60	120	$\infty$
1	241,9	243,9	245,9	248,0	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,62	8,59	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	3,91	2,85	2,77	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,94	1,89	1,84	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
$\infty$	1,83	1,75	1,67	1,57	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

TABEL DISTRIBUSI F ( $\alpha = 0,05$ )

Derajat bebas (df) Pembilang ( $v_1$ )		Derajat bebas (df) Penyebut ( $v_2$ )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.45	215.71	-	-	241.88	-	-	8.79	-	-
3	10.13	9.28	-	-	8.76	-	-	-	-	-
4	7.71	6.59	6.39	5.96	5.94	5.84	5.79	5.77	-	5.64
10	4.96	3.71	3.48	2.98	2.94	2.83	-	-	-	-
11	4.84	3.59	-	-	-	-	-	-	-	-
25	4.24	2.99	2.76	2.24	2.20	2.07	1.98	1.96	-	1.74
50	4.03	2.79	2.56	2.03	1.99	1.85	-	-	-	-
52	4.03	2.78	2.55	2.02	1.98	1.84	1.75	1.72	-	-
54	4.02	2.78	2.54	2.01	1.97	1.83	1.74	1.71	1.70	1.45
74	3.97	2.73	2.50	1.96	1.92	1.78	1.69	-	-	-
79	3.96	2.72	2.49	1.95	1.91	1.77	1.68	1.65	-	1.37
100	3.94	2.70	2.46	1.93	1.89	1.75	1.65	1.62	-	1.33

# LAMPIRAN

## 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

## Lanjutan Tabel

df	$\alpha$								
	0,0025	0,0010	0,0005	0,00025	0,00010	0,00005	0,00025	0,00001	
1	127,321	318,309	636,619	1.273,239	3.183,099	6.366,198	12.732,395	31.830,989	
2	14,089	22,327	31,598	44,705	70,700	99,992	141,416	233,603	
3	7,453	10,214	12,924	16,326	22,204	28,000	35,298	47,928	
4	5,598	7,173	8,610	10,306	13,034	15,544	18,522	23,332	
5	4,773	5,893	6,869	7,976	9,678	11,178	12,893	15,547	
6	4,317	5,208	5,959	6,788	8,025	9,082	10,261	12,032	
7	4,029	4,785	5,408	6,082	7,063	7,885	8,782	10,103	
8	3,833	4,501	5,041	5,618	6,442	7,120	7,851	8,907	
9	3,690	4,297	4,781	5,291	6,010	6,594	7,215	8,102	
10	3,581	4,144	4,587	5,049	5,694	6,211	6,757	7,527	
11	3,497	4,025	4,437	4,863	5,453	5,921	6,412	7,098	
12	3,428	3,930	4,318	4,716	5,263	5,694	6,143	6,756	
13	3,372	3,852	4,221	4,597	5,111	5,513	5,928	6,501	
14	3,326	3,787	4,141	4,499	4,985	5,363	5,753	6,287	
15	3,286	3,733	4,073	4,417	4,880	5,239	5,607	6,109	
16	3,252	3,686	4,015	4,346	4,791	5,134	5,484	5,960	
17	3,223	3,646	3,965	4,286	4,714	5,044	5,379	5,832	
18	3,197	3,610	3,922	4,233	4,648	4,966	5,288	5,722	
19	3,174	3,579	3,883	4,187	4,590	4,897	5,209	5,627	
20	3,153	3,552	3,850	4,146	4,539	4,837	5,139	5,543	
21	3,135	3,527	3,819	4,110	4,493	4,784	5,077	5,469	
22	3,119	3,505	3,792	4,077	4,452	4,736	5,022	5,402	
23	3,104	3,485	3,768	4,048	4,415	4,693	4,972	5,343	
24	3,090	3,467	3,745	4,021	4,382	4,654	4,927	5,290	
25	3,0778	3,450	3,725	3,997	4,352	4,619	4,887	5,241	
26	3,067	3,435	3,707	3,974	4,324	4,587	4,850	5,197	
27	3,057	3,421	3,690	3,954	4,299	4,558	4,816	5,157	
28	3,047	3,408	3,674	3,935	4,275	4,530	4,784	5,120	
29	3,038	3,396	3,659	3,918	4,254	4,506	4,756	5,086	
30	3,030	3,385	3,646	3,902	4,234	4,482	4,729	5,054	
40	2,971	3,307	3,551	3,788	4,094	4,321	4,544	4,835	
50	2,937	3,261	3,496	3,723	4,014	4,228	4,438	4,711	
60	2,915	3,232	3,460	3,681	3,962	4,169	4,370	4,631	
70	2,899	3,211	3,435	3,651	3,926	4,127	4,323	4,576	
80	2,887	3,195	3,416	3,629	3,899	4,096	4,288	4,535	
90	2,878	3,183	3,402	3,612	3,878	4,072	4,261	4,503	
100	2,871	3,174	3,390	3,598	3,862	4,053	4,240	4,478	
$\infty$	2,807	3,090	3,291	3,481	3,719	3,891	4,056	4,265	