

TA/TL/2006/0067

PERPUSTAKAAN FISIP UI	
HADIAH/BIAYA	
TGL. TERIMA :	5 Juli 2006
NO. JUDUL :	06 2013
NO. INV. :	9200002013071
NO. INDUK :	

## TUGAS AKHIR

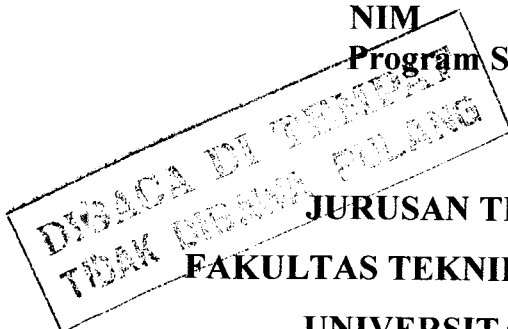
### PENURUNAN AMONIUM, NITRAT, DAN TSS PADA AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN ANAEROBIK *ROUGHING FILTER* BERMEDIA GRAVEL

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Guna  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

Nama : Rini Pujiastuti  
NIM : 00513024  
Program Studi : Teknik Lingkungan



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2006

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN AMONIUM, NITRAT, DAN TSS PADA AIR  
LIMBAH DOMESTIK DENGAN MENGGUNAKAN  
ANAEROBIK *ROUGHING FILTER*  
BERMEDIA GRAVEL**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Rini Pujiastuti**

**NIM : 00513024**

**Program Studi : Teknik Lingkungan**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Kasam, MT

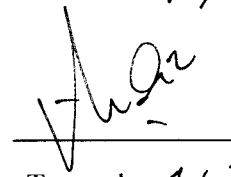
Dosen Pembimbing I



Tanggal : 4/3 '06

Andik Yulianto, ST

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 4/3 '06

## **Penurunan Amonium (NH<sub>4</sub>), Nitrat(NO<sub>3</sub>), Dan TSS(Total Suspended Solid) Pada Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Anaerobik *Roughing Filter* Bermedia Gravel**

### **Abstrak**

*Roughing filter* merupakan teknologi untuk pengolahan air yang telah digunakan sejak lama. Berdasarkan berbagai penelitian dan aplikasi pada skala proyek yang telah dilakukan, maka perlu dikembangkan tentang pemanfaatan *roughing filter* untuk pengolahan air buangan, khususnya air buangan di kota Yogyakarta.

Dalam penelitian ini mencoba memeriksa kadar konsentrasi Amonium, Nitrat, dan TSS air limbah domestik pada reaktor anaerobik *roughing filter* bermedia gravel. Dengan tujuan untuk menentukan seberapa besar tingkat efisiensi removal pada parameter air limbah domestik (Amonium, Nitrat, TSS). Air limbah yang digunakan dalam penelitian adalah air limbah domestik yang berasal dari IPAL Sewon, Bantul. Adapun pengambilan titik sampel dilakukan pada inlet, kompartemen 1,2,3 dan outlet pada reaktor tersebut. Pengambilan sampel dilakukan selama 16 hari. Selanjutnya pemeriksaan parameter dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Metode yang digunakan untuk analisa Amonium mengacu pada SK SNI M-48-1990-03, Nitrat mengacu pada SK SNI M-49-1990-03 dan untuk TSS mengacu pada SK SNI M-03-1990-F. Uji statistik dengan menggunakan anova satu jalur digunakan untuk mengetahui signifikan perbedaan antara inlet, dengan kompartemen 1,2,3 dan outlet untuk masing-masing parameter.

Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil efisiensi parameter amonium mengalami penurunan 9,67%, nitrat mengalami kenaikan sebesar 6,49%, sedangkan TSS mengalami penurunan 82,41%. Hal tersebut dapat dikarenakan oleh keadaan reaktor yang belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik, sehingga masih ada oksigen didalam reaktor. Dikarenakan hasil yang didapatkan tidak terlalu bagus maka diharapkan untuk penelitian selanjutnya, ketelitian dan kesiapan dalam uji laboratorium harus lebih diperhatikan dan pengukuran suhu dan gas metan sebaiknya dilakukan.

Kata kunci : Anerobik *Roughing Filter*, kondisi anaerobik.

## **Amonium Degradation, Nitrate, And TSS To Domestic Wastewater With Anaerobic *Roughing Filter* Horizontal Flow Gravel Media**

### **Abstract**

Roughing Filter represent the technology for the processing of water which have been used by since long ago. Pursuant to various research and application of at project scale which have been done conducted, hence require to be developed about exploiting of roughing filter for the processing of irrigate the discard, specially irrigate discard in town Yogyakarta.

In this research try to check the rate of ammonia concentration, Nitrate, and TSS irrigate the domestic waste at reactor of anaerobic roughing filter gravel media. As a mean to determine how big mount the efficiency removal of at parameter irrigate the domestic waste ( Amonium, Nitrate, TSS). Irrigate the waste used in research is domestic waste water coming from IPAL Sewon, Bantul. As for intake of dot sample done conducted at inlet, compartment 1,2,3 and outlet of at the reactor. Take sample done conducted by during 16 day. Here in after parameter inspection done conducted in Environmental Quality Laboratory of Environmental Technique of Islamic University of Indonesia Yogyakarta.

Method used to analyse the Amonium relate at SK SNI M-48-1990-03, Nitrate relate at SK SNI M-49-1990-03 and for the TSS OF to relate at SK SNI M-03-1990-F. Statistical Test by using anova one band used to know the signifikan difference of between inlet, with the compartment 1,2,3 and outlet to each parameter.

From the research result got by result of efficiency of amonium parameter experience of the degradation 9,67 %, nitrate experience of the increase of equal to 6,49 %, while TSS experience of the degradation 82,41%. The mentioned earn because of by reactor circumstance which not yet full reach the condition anaerobic, so that oxygen there be still in reactor. Because of result got do not too good is hence expected for the research of here in after, correctness and readiness of in laboratory test have to be more be paid attention to and measurement of temperature and gas metan better be done conducted.

Keyword : Anerobic Roughing Filter, condition anaerobic





## KATA PENGANTAR

Bissmillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, ilmu dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sholawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabiyullah, Habiballah, Rasululllah Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat beliau.

Selama mengerjakan hingga selesainya tugas akhir ini telah banyak pihak yang membantu penulis, sehingga tidaklah berlebihan jika pada kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Kasam, MT., selaku ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia sekaligus dosen pembimbing I dalam tugas akhir ini.
2. Bapak Andik Yulianto ST., selaku dosen pembimbing II tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan saran-saran pada penulisan laporan ini.
3. Bapak Eko Siswoyo ST., selaku koordinator Tugas Akhir.
4. Semua Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
5. Bapak dan Ibu yang telah mencurahkan segala cinta kasih, do'a tulus, semangat dan keridhoan, semoga Allah SWT senantiasa membalas keikhlasan Bapak dan Ibu dengan nikmat-Nya yang tiada terperi, Amien.
6. Kakak-kakakku yang senantiasa memberiku dorongan dan do'a. Semoga Allah SWT menggantikan semua dengan sesuatu yang terbaik untuk kalian semua.
7. Saudari-saudariku seperjuangan, Mba Okti, Mba Dian, dan Mba Rima terima kasih atas dukungan, perhatian, dan ukhuwah yang terjalin selama ini, semoga kita selalu disatukan di jalan Allah SWT.

8. Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2000 dan 2001 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
9. Teman-teman di MJK: Datik, Nove, Mbak Lina, Eusy, dan Meilisa.
10. Marsono ST., terima kasih dorongan semangat, do'a, dan perhatiannya, semoga Allah SWT berikan yang terbaik untuk kita, Amien.
11. Semua pihak yang telah membantu terselesainya tugas akhir ini yang belum disebutkan satu persatu.

Telah disadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan dan dapat dikembangkan di kemudian hari.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Februari 2006

Penulis,



## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Abstraksi.....	iii
Halaman Persembahan.....	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Air Limbah.....	6
2.2. Karakteristik Air Limbah.....	6
2.3. Pengolahan Secara Biologis.....	7
2.4. Pengolahan Secara Anaerobik.....	8
2.5. Sistem Pertumbuha Lekat.....	15

2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan <i>Roughing filter</i> .....	15
2.6.1. Teknologi <i>Roughing filter</i> .....	16
2.6.2. Perkembangan dan Aplikasi <i>Roughing filter</i> .....	17
2.6.3. Konstruksi <i>Roughing filter</i> .....	19
2.7. Komponen <i>Roughing filter</i> .....	21
2.8. Variabel Desain.....	23
2.9. Pembersihan Filter.....	24
2.10. Parameter-parameter Penelitian.....	25
2.11. Hipotesa.....	32
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
3.1. Lokasi Penelitian.....	33
3.2. Persiapan Bahan dan Alat.....	33
3.2.1. Desain Reaktor <i>Roughing Filter</i> .....	33
3.2.2. Proses Aklimasi.....	34
3.2.3. Proses <i>Running</i> .....	35
3.3. Pengumpulan dan Analisis Data.....	35
3.3.1. Sampling.....	36
3.3.2. Metode Pengujian.....	36
3.3.3. Analisa Data.....	37
3.4. Tahapan Penelitian .....	37
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>39</b>
4.1. Hasil Penelitian.....	39

4.1.1. Konsentrasi Amonium.....	39
4.1.2. Konsentrasi Nitrat.....	40
4.1.3. Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS).....	41
4.2. Analisa Data.....	42
4.2.1. Analisa Amonium.....	42
4.2.1.1. Uji Anova Satu Jalur.....	42
4.2.2. Analisa nitrat.....	45
4.2.2.1. Uji Anova Satu Jalur.....	45
4.2.3. Analisa TSS (Total Suspended Solid).....	48
4.2.3.1. Uji Anova Satu Jalur.....	48
4.3. Pembahasan.....	52
4.3.1. Amonium dan Nitrat .....	52
4.3.2. TSS (Total Suspended Solid) .....	55
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>57</b>
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	57

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsep dan Aplikasi Roughing Filter.....	16
Gambar 2.2. Konstruksi Secara Umum Dari Roughing Filter.....	17
Gambar 2.3. Bagian-bagian Roughing Filter.....	21
Gambar 3.1. Desain Reaktor Roughing Filter .....	34
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian.....	38
Gambar 4.1. Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 1.....	43
Gambar 4.2. Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 2.....	43
Gambar 4.3. Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 3.....	44
Gambar 4.4. Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan outlet.....	44
Gambar 4.5. Konsentrasi Amonium Pada Hari ke 0- 16.....	45
Gambar 4.7. Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 1.....	47
Gambar 4.8. Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 2.....	47
Gambar 4.9. Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 3.....	47
Gambar 4.10. Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Outlet.....	48
Gambar 4.11. Konsentrasi Nitrat Pada Hari ke 0 -16.....	48
Gambar 4.13. Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 1.....	50
Gambar 4.14. Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 2.....	50
Gambar 4.15. Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 3.....	51
Gambar 4.16. Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Outlet.....	51
Gambar 4.17. Konsentrasi TSS pada hari ke 0, 2, dan 4.....	51
Gambar 4.18. Konsentrasi TSS pada hari ke- 6, 8, dan 10.....	52
Gambar 4.19. Konsentrasi TSS pada hari ke 12, 14, dan 16.....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Filter.....	20
Tabel 3.1. Parameter Pengujian dan Metode Uji .....	36
Tabel 4.1. Data konsentrasi amonium dan efisiensinya.....	39
Tabel 4.2. Data konsentrasi nitrat dan efisiensinya.....	40
Tabel 4.3. Data konsentrasi TSS dan efisiensinya.....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Gambar Auto Cad dan perhitungan kriteria desain.....	1
Dokumentasi.....	2
Surat Keputusan Menteri Negara KLH.....	3
Standar SK SNI Amonium.....	4
Standar SK SNI Nitrat.....	5
Standar SK SNI TSS.....	6
Standart Table Report Nitrat.....	7
Standart Table Report Amonium.....	8
Uji Anova Satu Jalur.....	9

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan air untuk keperluan sehari-hari berbeda untuk setiap tempat dan tiap tingkatan kehidupan. Yang jelas semakin tinggi taraf kehidupan, semakin meningkat pula jumlah kebutuhannya. Dilihat dari aktivitas manusia jumlah kebutuhan manusia pada saat ini semakin meningkat dan sangat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan yang terjadi misalnya, pencemaran air, tanah, dan udara. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu upaya penanganan air buangan atau air limbah.. Berbagai jenis pencemar baik yang berasal dari sumber domestik seperti rumah tangga, perkampungan, rumah sakit, hotel dan lain sebagainya. Secara langsung maupun tidak langsung pencemar tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan air minum, air industri ataupun keperluan lainnya. Pada umumnya limbah domestik mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi dan dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba. Dengan pasokan makanan yang berlimpah mikroorganisme akan berkembang biak dengan cepat dan mereduksi oksigen terlarut yang terdapat dalam air limbah tersebut.

Usaha penanganan air limbah dapat dilakukan dengan berbagai cara yang prinsipnya adalah meminimalisasi pengaruh limbah serta mengolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke alam sehingga tidak mencemari lingkungan. Untuk

pengendalian dampak dari air limbah dapat dilakukan melalui berbagai cara sesuai dengan kondisi pembangunan, tetapi betapapun konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan sebagaimana yang diprogramkan pemerintah merupakan suatu sistem keseluruhan yang melibatkan sub-sub sistem lingkungan yang dalam kaitannya dengan setiap proyek cukup signifikan. Untuk mengatasi pencemaran lingkungan diperlukan strategi pencegahan pencemaran yang lebih efektif dan mengolah limbah sebelum dibuang, dengan demikian perlu adanya desain pengolahan yang tepat guna namun efektif, efisien, dan ekonomis.

Pada umumnya limbah domestik mempunyai kandungan padatan tersuspensi yang tinggi dimana padatan tersuspensi ini merupakan salah satu penyebab kekeruhan pada air yang tentu saja akan mempengaruhi dari segi estetika air tersebut. Adanya padatan tersuspensi dalam air juga akan mempengaruhi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga akan mempengaruhi regenerasi oksigen serta fotosintesis.

Selain kandungan TSS, dalam limbah domestik juga banyak terkandung amoniak yang cukup tinggi. Kadar amoniak yang tinggi pada air sungai selalu menunjukkan adanya pencemaran. Amoniak merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung. Jadi kehadiran bahan ini dalam air adalah menyangkut perubahan fisik dari pada air tersebut yang akan mempengaruhi penerimaan masyarakat. Dalam limbah domestik juga terkandung nitrat, kemungkinan penyebab Nitrat konsentrasi tinggi ialah pembusukan sisa tanaman, hewan dan kotoran. Adanya Nitrat yang berlebihan dalam air dapat mempercepat tumbuhnya plankton dan ganggang yang tak terbatas



mengakibatkan air kekurangan oksigen sehingga terjadi penurunan populasi ikan. Juga dapat menyebabkan bau busuk dan rasa tidak enak.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter TSS, Amoniak dan Nitrat ini yang dapat dilakukan adalah pengolahan dengan *Roughing filter* aliran horizontal bermedia gravel dengan proses Anaerobik. *Roughing filter* merupakan teknologi untuk pengolahan air yang telah digunakan sejak lama. Dimulai dari tahun 1804, John Gibb mengkonstruksi *Roughing filter* dengan panjang 75 ft untuk mengolah air dari sungai Cart di Paisley Scotland. Pada tahun 1899, Puech Chabal mengkontruksi *Down flow Roughing filter* di Paris. Tahun 1982 sampai 1984 secara intensif tes Filtrasi dilakukan oleh SANDEC (*Water and Sanitation in Developing Countries*) di laboratorium Institut Swiss. Kemudian dimulai dari tahun 1986, SANDEC melakukan tes dan mempromosikan *Roughing filter* aliran Horizontal. Dan 10 tahun kemudian hampir 80 *Roughing filter* aliran Horizontal dikonstruksikan di hampir 25 negara. Selain itu penelitian-penelitian tentang *Roughing filter* terus saja dilakukan sampai saat ini. Seperti pada tahun 1994, Jayalath dan kawan-kawan melakukan penelitian untuk mengolah air permukaan di kota Anuradhapura, Srilangka, dengan menggunakan *Roughing filter* aliran Horizontal yang terdiri tiga kompartemen dengan panjang 1 m dan berisi media granit yang berbeda ukuran. Dan dari penelitian tersebut diperoleh adanya penurunan dari kandungan Alga, kekeruhan dan warna yang banyak terkandung dalam air baku tersebut. Selain itu, CINARA yaitu sebuah institut yang ada di Kolombia juga telah melakukan penelitian tentang penurunan efisiensi dari tipe-tipe aliran

Roughing filter yang berbeda. Dan dari penelitian ini diperoleh bahwa *Roughing filter* aliran Horizontal dan aliran *Upflow* memiliki efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi yaitu sekitar 85-90% (Sandec, 2005).

Berdasarkan berbagai penelitian dan aplikasi pada skala proyek yang telah dilakukan seperti tersebut di atas, maka perlu dikembangkan tentang pemanfaatan *roughing filter* untuk pengolahan air buangan, khususnya air buangan di kota Yogyakarta.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada latar belakang masalah maka akan didapatkan rumusan masalah untuk pengolahan air limbah domestik, yaitu berapa besar tingkat efisiensi removal pada parameter limbah domestik (Amonium, Nitrat, TSS) dengan menggunakan reaktor anaerobik *roughing filter* ?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Kegiatan penelitian dengan membuat reaktor anaerobik *roughing filter* adalah bertujuan untuk mengetahui berapa besar tingkat efisiensi removal pada parameter limbah domestik (Amonium, Nitrat, TSS ).

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Berbagai manfaat yang akan didapatkan dari kegiatan penelitian tentang reaktor anaerobik *roughing filter*, yaitu :

- a. Diperoleh suatu pengembangan unit operasi dalam pengolahan air buangan domestik yang menghasilkan efisiensi cukup tinggi.
- b. Diketuainya besar efisiensi removal pada parameter limbah domestik (Amonium, Nitrat, TSS) dengan menggunakan reaktor anaerobik *roughing filter* tersebut.

### 1.5. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terarah dan terfokus, maka dapat ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

- a. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari IPAL Sewon Bantul yang diambil pada bagian sesudah grit Chamber.
- b. Parameter air limbah yang diperiksa adalah Amonium, Nitrat, TSS.
- c. Media yang digunakan dalam *Roughing filter* aliran Horizontal adalah gravel (batu pecah) dengan ukuran 20 - 5 mm.
- d. Panjang 3 buah kompartemen yang berisi media pada penelitian ini adalah sama yaitu 20 cm.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Air Limbah**

Dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya seperti sandang, papan, pendidikan, kesehatan, rekreasi dan lain-lain, maka manusia akan melakukan berbagai aktivitas antara lain aktivitas rumah tangga, pertanian, dan aktivitas industri. Air buangan atau air limbah muncul sebagai akibat berbagai macam aktivitas manusia semakin tinggi aktivitas manusia semakin banyak air buangan yang dihasilkan. Air limbah yang belum mengalami pengolahan dapat dipastikan mengandung banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan. Secara kualitatif limbah domestik terdiri dari bahan organik berupa padatan maupun cairan karbohidrat, protein, lemak, garam, dan bakteri.

Secara kualitatif limbah domestik terdiri dari bahan organik berupa padatan maupun cairan karbohidrat, protein, lemak, garam, dan bakteri. Zat-zat yang terdapat dalam air limbah adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut dan juga unsur-unsur anorganik serta mikroorganisme.

#### **2.2. Karakteristik Air Limbah**

Secara umum pembagian karakteristik air limbah ada tiga yaitu fisik, kimia, dan biologi.

- Sifat-sifat fisik air limbah terdiri dari warna, bau, padatan terlarut, padatan tersuspensi, dan temperatur.

- Kandungan kimia air limbah yang pokok adalah bahan organik, anorganik, dan gas-gas.
- Kandungan biologis air limbah terdiri dari hewan, tumbuhan, dan protista. (Metcalf and Eddy, 1991).

### 2.3. Pengolahan Secara Biologi

Semua air buangan yang *biodegradable* dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metoda pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis yaitu:

a. Reaktor Pertumbuhan Tersuspensi (*suspended growth reactor*)

Didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Reaktor ini berisi aliran liquid yang akan diolah, kultur media yang digunakan, nutrien seperti nitrogen dan fosfor, dan udara atau oksigen jika prosesnya aerobik. Pada proses pertumbuhan tersuspensi, proses lumpur aktif merupakan salah satu proses yang banyak dikenal.

b. Reaktor Pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*)

Di dalam reaktor ini, mikroorganisme tumbuh diatas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya. Sebagian besar mikroorganisme melekat pada permukaan media dan selalu terjaga didalam reaktor. Ketika mikroorganisme terlepas dari biofilm dan berkembang disekitar

liquid, bakteri tersuspensi ini normalnya berperan kecil dalam meremoval substrat. Umumnya yang sering digunakan untuk pengolahan air limbah secara aerobik yaitu *Trickling Filter*. Disini air limbah didistribusikan seragam diatas permukaan media.

Aplikasi lain yang umum digunakan untuk mengolah air limbah industri yaitu UASBR (*Upflow Anaerobic sludge Bed Reactor*). Ketika dioperasikan mikroorganisme dalam bentuk granula mengendap cepat, dan membantu secara biologi produksi pendukung media untuk tambahan pertumbuhan biologi.

#### **2.4. Pengolahan secara anaerobik**

Proses anaerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Analognya proses ini meniru mekanisme proses yang terjadi pada perut binatang yaitu proses pencernaan secara anaerobik. Produk akhir dari proses fermentasi ini adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Mikroorganisme anaerob tertentu tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Contoh mikroorganisme ini adalah bakteri metana yang umum ditemukan dalam digester anaerobik maupun filter anaerobik. Anaerob memperoleh energinya dari oksidasi bahan organik kompleks tanpa menggunakan oksigen terlarut tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi selain oksigen yang dapat digunakan oleh mikroorganisme contohnya adalah karbon dioksida, sulfat dan nitrat. Proses dimana bahan organik diurai tanpa adanya oksigen sering disebut fermentasi.

Sebagian besar mikroorganisme dapat hidup baik dengan atau tanpa oksigen, hanya beberapa saja organisme adalah obligat anaerob atau aerob. Organisme yang hidup baik dalam kondisi anaerobik atau aerobik adalah organisme fakultatif. Apabila tidak ada oksigen dalam lingkungannya, mereka mampu memperoleh energi dari degradasi bahan organik dengan mekanisme anaerobik, tetapi bila terdapat oksigen terlarut, mereka akan memecah bahan organik lebih sempurna. Organisme dapat memperoleh energi lebih banyak dengan oksidasi aerobik daripada oksidasi anaerobik. Sebagian besar mikroorganisme dalam proses pengolahan limbah secara biologik adalah organisme fakultatif. Proses fermentasi yang berlangsung secara anaerobik akan menghasilkan produk akhir pada kondisi pH netral. Contoh dari produk akhir tersebut adalah asam-asam volatil dengan berat molekul rendah seperti asetat dan laktat. Asam volatile dan alkohol tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi atau sumber karbon oleh beberapa yang bersifat obligat anaerobik seperti halnya bakteri metana. Bakteri-bakteri ini dalam proses metabolismenya menghasilkan produk akhir berupa gas metana.

Bakteri metana yang telah berhasil diidentifikasi terdiri dari empat genus yaitu :

1. Methanobacterium, bakteri bentuk batang dan tidak membentuk spora.
2. Methanobacillus, bakteri bentuk batang dan membentuk spora.
3. Methanococcus, bakteri bentuk kokus.
4. Methanosarcina, bakteri bentuk sarcinae.

Keempat jenis bakteri tersebut mampu mengoksidasi hydrogen dengan menggunakan  $\text{CO}_2$  sebagai aseptor elektron. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Reaksi di atas akan menghasilkan energi sedangkan unsur karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tidak dihasilkan. Kebutuhan karbon dan  $\text{CO}_2$  tersebut diperoleh dari substrat atau hasil produksi dari proses oksidasi bahan organik. Kekhususan dari bakteri genus *Methano* adalah kemampuan penggunaan substrat yang sangat spesifik.

Proses fermentasi metana pada air limbah dapat menghasilkan komponen organik yang sangat beragam yang dapat dioksidasi oleh bakteri, karena bakteri metana yang aktif juga sangat beragam dan saling berinteraksi. Asam volatil akan dipecah menjadi asam lainnya dengan berat molekul yang lebih kecil dan asam tersebut bertindak sebagai mediator penyebab pembentukan metana.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses anaerobik adalah :

#### 1. pH

pH yang optimal untuk berlangsungnya proses anaerobik berkisar antara pH 6,5 – pH 7,5. Pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada pertama fermentasi. Apabila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH (pH turun). Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor. Hal ini disebabkan karena



antara lain pada sistem anaerobik, asam organik sudah akan terbentuk pada tahap pertama fermentasi. Bila proses oksidasi asam organik tersebut lebih lambat dari proses pembentukannya maka dapat dimengerti bila konsentrasi asam organik dalam sistem akan meningkat dan mempengaruhi besarnya pH. Pengaturan pH apabila terjadi penurunan nilai pH akibat banyaknya asam yang timbul selama proses biasanya dilakukan dengan penambahan kapur atau amonia seperti halnya pengaturan pada awal proses. Penggunaan kapur ataupun amonia harus hati-hati. Adanya ion kalsium pada kapur ataupun amonia dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan pengaruh yang negatif atau bersifat racun. Konsentrasi amonia 2 kg/L atau lebih tidak dikehendaki pada produk ini.

## 2. Suhu

Suhu yang optimum untuk proses fermentasi metana adalah sekitar 37 °C hingga 40 °C. Bakteri-bakteri anaerobik yang bersifat mesofilik biasanya dapat tumbuh pada suhu 20 °C hingga 45 °C. Hasil penelitian Hills dan kawan-kawan (1969) menunjukkan bahwa pada suhu diatas 40 °C produksi gas metana akan menurun dengan tajam.

## 3. Pencampuran

Adanya ion logam yang berlebihan tidak dikehendaki pada proses fermentasi metana karena dapat menyebabkan keracunan bagi mikroba pada konsentrasi tertentu.

## 4. Kapasitas dan bahan-bahan nutrisi

Yang diperlukan untuk proses bahan-bahan organik biasanya mengandung nutrisi yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroba. Pada proses anaerobik ini,

media yang mempunyai kandungan nutrisi tertentu yang optimum akan sangat mempengaruhi proses. Perbandingan unsur nitrogen, karbon, dan fosfat layak untuk diperhatikan yaitu biasanya dalam perbandingan *Karbon : Nitrogen : Fosfat* = 150 : 55 : 1

Laju fermentasi pada sistem anaerobik lazimnya selalu lebih rendah dibanding dengan sistem aerobik. Hal ini disebabkan karena kesetimbangan antara substrat dan produk sulit dipertahankan, yakni CO<sub>2</sub> yang terbentuk yang akan mempengaruhi laju fermentasi tidak dapat keluar dari sistem sehingga terakumulasi dan meningkat, terutama bila laju pembentukan metana lambat. Contoh lainnya adalah sulitnya mengatur laju pembentukan metana yang sebanding dengan laju fermentasi asam. *Methanobacterium* umumnya tumbuh lebih lambat jika dibandingkan dengan bakteri yang dalam aktivitasnya akan membentuk asam. Waktu regenerasi bakteri metana umumnya mencapai 12 jam, sedangkan untuk bakteri yang bersifat fakultatif, waktu regenerasi hanya 0,3 jam atau kurang. Sebagai akibat menurunnya oksigen terlarut di dalam air adalah menurunnya kehidupan hewan dan tanaman air. Hal ini disebabkan karena makhluk-makhluk hidup tersebut banyak yang mati atau melakukan migrasi ke tempat lain yang konsentrasi oksigennya masih cukup tinggi. Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang biak, tetapi sebaliknya mikroorganisme yang bersifat anaerobik akan menjadi aktif memecah bahan-bahan tersebut secara anaerobik karena tidak adanya oksigen. Beberapa alasan yang dapat dipakai untuk penggunaan proses anaerobik dalam pengolahan limbah antara lain adalah

kegunaan dari produk akhirnya, stabilisasi dari komponen organik dan memberikan karakteristik tertentu pada daya ikat air produk yang menyebabkan produk dapat dikeringkan dengan mudah.

Keuntungan dari pengolahan dengan anaerob adalah penggunaan energi sedikit, memproduksi gas yang dapat dimanfaatkan, lumpur yang dihasilkan sedikit dan mampu menguraikan susunan bahan organik yang lebih kompleks pada konsentrasi tinggi. Bau tidak timbul dan cocok untuk operasi musiman. Sistem ini bekerja pada temperatur rendah ( $10^{\circ}\text{C}$  -  $30^{\circ}\text{C}$ ) efisiensi lebih tinggi daripada sistem aerobik dengan biaya operasi yang lebih rendah. Proses anaerobik cocok untuk proses industri yang mempunyai BOD tinggi dan padatan organik berjumlah besar.

Filter anaerobik menggunakan prinsip yang berbeda dengan septic tank, karena sistem ini justru diharapkan untuk memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut dengan cara mengkontakkan dengan surplus bakteri yang aktif. Bakteri tersebut bersama bakteri lapar akan menguraikan bahan organik terlarut dan bahan organik yang tersuspensi yang ada di dalam limbah. Sebagian besar bakteri tersebut tidak bergerak. Bakteri cenderung diam dan menempel pada partikel padat seperti pada dinding reaktor atau tempat lain yang permukaannya bisa digunakan sebagai tempat tempelan.

Karakteristik Filter Anaerobik

Jenis pengolahan : Degradasi anaerobik bahan padatan terlarut dan tersuspensi,  
penurunan COD 65 – 85 %.

Macam air limbah : Air limbah domestik dan limbah industri dengan rasio COD/BOD kecil.

Kelemahan : Ada kemungkinan tersumbat, clogging possible, keluaran effluent sedikit berbau

Bahan filter yang dimaksud adalah media dimana bakteri dapat menempel dan air limbah dapat mengalir melalui diantaranya. Selama aliran ini kandungan organik akan diuraikan oleh berbagai bakteri dan hasilnya adalah pengurangan kandungan organik pada effluent. Penggunaan media bisa bermacam-macam, tetapi pada prinsipnya lebih luas permukaan akan lebih baik fungsinya. Materi filter seperti kerikil, batu, batu bata atau kepingan plastik yang berbentuk khusus menyediakan area permukaan tambahan untuk tempat tinggal bakteri. Jadi limbah cair yang baru dipaksa untuk bersinggungan dengan bakteri aktif secara intensif. Semakin luas permukaan untuk perkembangbiakan bakteri semakin cepat penguraiannya. Media yang baik luas permukaannya (*surface area*) kira-kira 90-300 m<sup>2</sup> per m<sup>3</sup> volume yang ditempatinya.

Permukaan media yang kasar (seperti pada batuan vulkanik – basalt) pada tahap permulaan setidaknya bisa menyediakan area yang lebih besar. Selanjutnya selaput atau "film" bakteri yang tumbuh pada media filter tersebut dengan cepat menutup lubang-lubang yang lebih kecil pada permukaan media (batu) yang kasar tadi. Total permukaan filter sepertinya menjadi kurang penting untuk pengolahan daripada kemampuan fisiknya untuk menahan partikel padat bakteri tersebut. Selaput bakteri harus diambil bila sudah terlalu tebal. Pengambilan bisa dilakukan dengan mengguyur balik air limbah atau dengan mengangkat massa filter untuk

dibersihkan diluar reaktor. Namun filter sangat dapat diandalkan dan kuat. Penurunan efisiensi pengolahan merupakan indikator penyumbatan pada beberapa bagian. Penyumbatan terjadi ketika limbah cair mengalir hanya melalui beberapa pori yang terbuka, akibatnya aliran kecepatan tinggi akan menghanyutkan bakteri.

## 2.5. Sistem Pertumbuhan Lekat

Sistem pertumbuhan lekat adalah suatu sistem penggunaan mikroba pada proses dekomposisi suatu bahan dengan cara menumbuhkan pada permukaan suatu media

Sistem pertumbuhan lekat terbagi menjadi

### a. Pertumbuhan lekat aerob

Proses pengolahan dengan pertumbuhan lekat aerob adalah untuk mengolah materi organik pada air buangan dan digunakan pula untuk mencapai proses nitrifikasi. Proses pertumbuhan lekat aerob terdiri dari *trickling filter*, *rotaring biological contactor*, dan *reactor fixed film nitrifikasi*.

### b. Pertumbuhan lekat anaerob

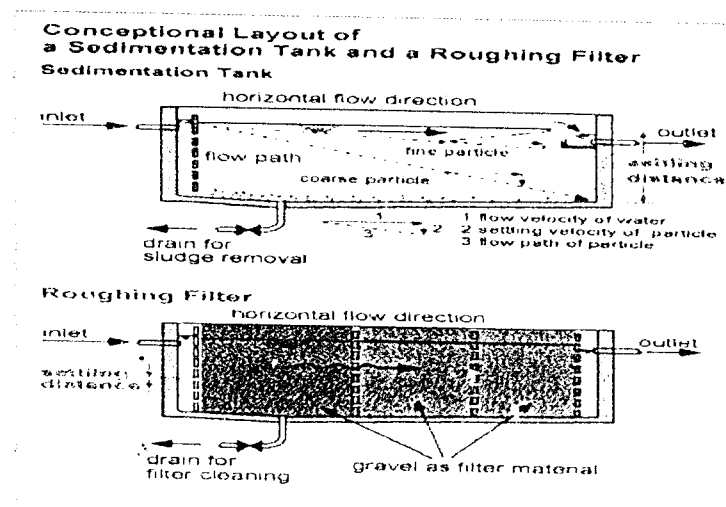
Proses pengolahan dengan pertumbuhan lekat anaerob terdiri dari *anaerobic filter* dan *expended-bed* yang digunakan untuk proses denitrifikasi.

## 2.6. Pengolahan Air Buangan Dengan *Roughing filter*

*Roughing filter* merupakan teknologi untuk pengolahan air yang telah digunakan sejak lama.

### 2.6.1. Teknologi *Roughing filter*

*Roughing filter* utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Seperti digambarkan pada gambar 2.1, secara signifikan memperbaiki efisiensi penyisihan padatan pada tangki sedimentasi. Material padatan/gravel yang baik, maka akan dapat membantu permasalahan pengendapan secara vertikal yang kedalamannya 1-3 m sebelum bertemu/kontak dengan dasar tangki. Pada partikel yang akan diendapkan kuantitasnya cukup besar, maka partikel tidak menjangkau dasar tangki sehingga untuk meningkatkan efisiensi, pada tangki sedimentasi yang sama dapat di isi dengan material *roughing filter* yang besarnya 4-20 mm. Dengan di isi gravel, maka pengendapan secara signifikan dapat reduksi.

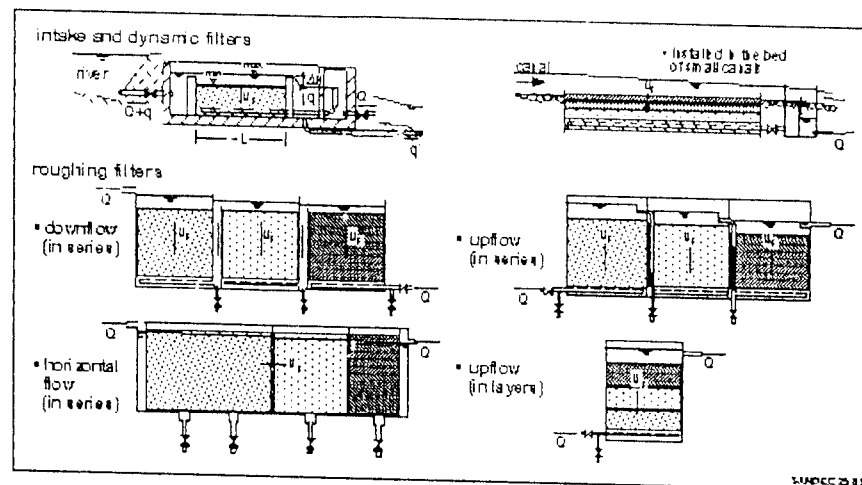


Gambar 2.1. Konsep dan aplikasi dari *Roughing Filter*

Sumber: Anonim, 2005

*Roughing filter* biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium filter kasar untuk selanjutnya menuju filter inlet. Medium yang berikut dan media filter yang

baik mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi. *Roughing filter* dioperasikan pada beban hidrolis yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3-1,5 m/jam. Desain dan aplikasi *roughing filter* sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Konstruksi Secara Umum dari *Roughing Filter*

Sumber : Anonim, 2005

### 2.6.2. Perkembangan dan Aplikasi *Roughing filter*

a. Dari tahun 1982 sampai tahun 1984 pengujian filtrasi secara ekstensif dilakukan di laboratorium Institut Federal Swiss untuk Penelitian dan Teknologi Lingkungan (EAWAG) oleh Departemen Air dan Sanitasi di negara berkembang (SANDEC) di Duebendo *roughing filter*. Model suspensi kaolin digunakan untuk menyelidiki mekanisme *roughing filter* aliran horizontal. Dua hasil test laboratorium yang penting, efisiensi filter dipengaruhi oleh sifat permukaan filter medium dan pembaharuan filter melalui pengurasan. Dari berbagai penelitian

tentang *roughing filter*, maka dapat dilihat perkembangannya sebagai berikut: Efek praktis yang lebih pada implementasi *roughing filter* aliran horizontal disusun pada sebuah desain, konstruksi dan operasional manual. Test laboratorium SANDEC dibatasi oleh Development Cooperation Swiss (SDC), pada akhirnya didukung promosi dan penyebaran informasi teknologi *roughing filter* aliran horizontal yang dimulai pada tahun 1986. Dibawah SANDEC, Insinyur perguruan tinggi lokal mendemonstrasikan studi teknologi ini dan pengalaman praktek dengan proses pengolahan. *Roughing filter* aliran horizontal dibuat untuk merehabilitasi *slow sand filter* di pabrik. Empat tahun yang lalu, teknologi filter dipromosikan penyebarannya ke 20 negara lebih, dan menambahkan pengetahuan SANDEC lebih dari 60 pabrik *roughing filter* dibangun di periode ini.

b. Lebih lanjut, beberapa institusi melakukan penambahan studi penelitian kerja proses *roughing filter* aliran horizontal. Laboratorium atau test dasar dengan *roughing filter* aliran horizontal juga dilakukan oleh Universitas Dar es Salaam, Tanzania, Universitas Tampere Teknologi di Finland, Universitas Surrey di Guildford, Inggris. Institut Internasional Hydraulic dan Teknologi Lingkungan di Delft, Universitas Delft Teknologi di Nederlands, Universitas Newcastle Upon Tyne di Inggris dan Universitas New Hampshire di Durham, USA. Perbedaan metode pretreatment, meliputi *roughing filter* aliran horizontal menjadi test dasar pada dasar perbandingan pada program penelitian ekstensif di Cali, Colombia. The Centro Inter Regional de Abastecimiento y Remocian de Agua (CINARA) meneliti hal tersebut, dikolaborasi dengan Pusat Sanitasi dan Air Internasional di



The Hague Belanda, dan perbedaan Institut Teknik Internasional dan mendukung perwakilan, berarti meyerhanakan dan menyakinkan proses pretreatment dalam penelitian ini.

c. SANDEC dilibatkan dalam pengembangan dan promosi roughing filter untuk dekade mendatang. *Roughing filter* aliran horizontal aslinya dipelajari di laboratorium, test dasar dilakukan di negara berkembang dan akhirnya di implementasikan pada proyek. Secara manual berisi deskripsi proses pengolahan ini yang dipublikasikan pada tahun 1986 sebagai IRCWD laporan No. 06 / 86.

d. Bagaimanapun, teknologi *roughing filter* dikembangkan untuk masa depan mengikuti zaman. Perbedaan tipe prefilters dan *roughing filter* akan dipelajari dan ditest. Para peneliti menyadari pengembangan ini, dilanjutkan untuk aplikasi secara eksklusif *roughing filter* aliran horizontal juga di tempat di mana tipe filter yang lebih diprioritaskan.

e. Secara manual, disusun untuk membatasi jembatan informasi ini. Hal ini di dasari pada sebuah revisi yang lengkap pada zaman dulu, pada draft yang dipresentasikan di konferensi Internasional *Roughing filter* di Zunch, Switzerland yang diadakan pada bulan Juni 1992 dan pengalaman dasar SANDEC dengan implementasi *Roughing filter*. Hal tersebut juga diterjemahkan ke dalam bahasa Prancis dan Spanyol.

### **2.6.3. Konstruksi *Roughing filter***

*Roughing filter* menggunakan gravel sebagai media yang dioperasikan tanpa bahan kimia, dan tidak dilengkapi dengan perlengkapan mekanik untuk

operasi dan pemeliharannya. Perbedaan dari tipe *roughing filter* biasanya diklasifikasikan berdasarkan lokasi dan suplai air, tujuan aplikasi, aliran, desain filter, dan teknik pembersihan filter. *Roughing filter* umumnya diaplikasikan pada instalasi pengolahan air minum dan air buangan dan digunakan sebagai proses prapengolahan. Klasifikasi filter berdasarkan ukuran material filter dan kecepatan filtrasinya yaitu *rock filter*, *roughing filter*, *rapid sand filter*, *slow sand filter*.

**Tabel 2.1.** Klasifikasi Filter

Tipe filter	Ukuran Material Filter (dig [mm])	Kecepatan Filtrasi (VF [m/h])
Rock filter	> 50 mm	1 - 5 m/h
Roughing filter	20 - 4 mm	0.3 - 1,5 m/h
Rapid sand filter	4 - 1 mm	5 - 15 m/h
Slow sand filter	0.35 - 0.15 mm	0.1 - 0.2 m/h

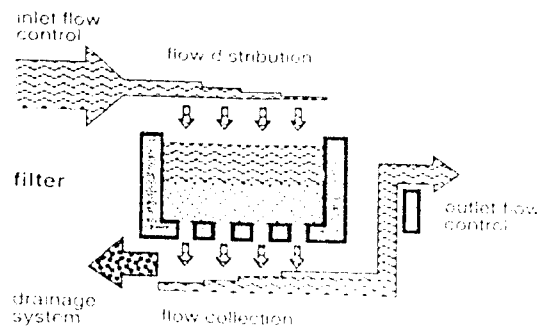
Sumber : Anonim, 2005

*Roughing filter* dapat dioperasikan sebagai *up flow*, *down flow* atau *horizontal flow filter*. Perbedaan fraksi gravel dari *Roughing filter* dapat dibuat di kompartemen yang berbeda dan dioperasikan dengan seri atau ditempatkan di kompartemen yang sama.

Pembersihan filter dilakukan dengan manual dan hidraulik. Secara manual dengan membersihkan bagian atas dari filter dengan sekop atau penggaruk. Secara hidraulik dengan *flushing solid media filter*.

## 2.7. Komponen *Roughing filter*

Bagian-bagian yang penting pada konstruksi *roughing filter* adalah kontrol aliran inlet, distribusi aliran, filter, pengumpulan air yang telah diolah, kontrol aliran outlet, dan sistem drainase, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Bagian-Bagian *Roughing filter*

Sumber : Anonim, 2005.

### a. Kontrol aliran inlet

*Inflow* ke sebuah filter harus dikurangi pada pemberian debit dan dipertahankan. Sangat penting untuk mempertahankan kondisi aliran agar konstan untuk mencapai operasi filter yang efisien.

### b. Distribusi Air Baku

Pendistribusian air baku di filter harus homogen untuk mencapai kondisi aliran yang seragam pada filter, karena itu aliran dari pipa atau saluran harus sama rata didistribusikan ke seluruh permukaan filter.

c. Filter

Filter terdiri dari tingkatan material filter. Bentuk kotak filter normalnya rektanguler dengan dinding vertikal. Tetapi hal ini tergantung dari teknik konstruksinya, sirkular dan dinding yang miring juga bisa di bangun. Biasanya yang digunakan sebagai media filter adalah gravel disekitar sungai atau pecahan batu-batu dengan ujung atau teri yang tajam. Meskipun, banyak dari material yang tahan untuk kecepatan mekanik, tidak larut dan tidak lemah untuk kualitas air (warna atau bau) dapat digunakan sebagai media filter.

d. Pengumpulan Air Hasil Olahan

Harusnya juga seragam ke seluruh filter, untuk aliran horizontal, konstruksi dengan dinding berlubang pada kamar. Outlet adalah penting untuk pengumpulan dari air yang diolah.

e. Kontrol Aliran Outlet

Kontrol aliran outlet mencegah filter dari kekeringan. Pembersihan secara hidroulik dari sebuah pengeringan *roughing filter* yang dipenuhi dengan akumulasi solid adalah sangat sulit jika bagian tidak memungkinkan. Karena itu, semua *roughing filter* harus dioperasikan di bawah kondisi jenuh. Sebuah weir dan pipa effluent aerasi mempertahankan air diatas *level filter bed*. Lagi pula, sebuah bendungan V-Notch boleh digunakan untuk pengukuran pada outlet filter.

f. Sistem Drainase

Sistem drainase dari *roughing filter* disiapkan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu:

1. Untuk pembersihan filter secara hidraulik
2. Untuk melengkap dari kegiatan pemeliharaan atau perbaikan

## 2.8. Variabel Desain

Desain *roughing filter* mempunyai 3 target, yaitu :

- Mengurangi kekeruhan dan konsentrasi SS ( mg/l).
- Menghasilkan Q output spesifik setiap hari ( $m^3/s$ ).
- Mengijinkan operasional yang cukup berdasarkan determinan waktu running filter  $T_r$  (hari/minggu).

Desain Filter ada 6 variabel dalam range tertentu, yaitu :

1. Kecepatan filtrasi  $V_f$  (m/jam), umumnya berkisar antara 0,3 - 1 m/jam.
2. Ukuran rata-rata  $d_{g1}$  (mm) dari setiap media filter, biasanya range antara 20-4 mm.
3. Panjang  $l_i$  (m) dari setiap media filter yang spesifik

Setiap panjang  $l_i$  dari material filter tergantung pada tipe filter. Hal ini boleh berubah besarnya kedalaman dari *upflow roughing filter* dibatasi dengan bangunan, umumnya antara 80 dan 120 cm. Panjang *horizontal flow roughing filter* dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5m dan 7m.

4. Angka  $n_1$  dari fraksi filter

Angka  $n_1$  dari fraksi filter bergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter boleh hanya 1 fraksi saja dimana *roughing filter* biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Pada gambar 1 ditunjukkan rdeksi kekeruhan pada sebuah *roughing filter*. Akan tetapi, secara individual panjang filte  $l_i$  dari *roughing filter* sering di desain dengan rasio 3:2:1.

5. Tinggi H (m) dan luas permukaan filter A ( $m^2$ ).

Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Dirkomendasikan 1-2 m untuk menghindari dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan agar bila menggunakan pembersihan filter secara manual dilakukan dengan mudah untuk meremoval material filter. Lebar filter harus tidak melebihi 4-5 m dan A untuk *vertical flow filter* harus tidak lebih besar dari 25-30  $m^2$  atau 4-6  $m^2$  untuk *horizontal flow roughing filter*.

## 2.9. Pembersihan Filter

Filter dibersihkan secara hidrolis atau manual dan metode pembersihan itu tergantung pada bagaimana bahan solid itu terakumulasi di dalam filter oleh sebab itu prosedur pembersihan harus beradaptasi dengan filter yang berbeda. Dalam filter intake, bahan padat terutama terakumulasi pada lapisan filter atas. Dengan meningkatkan kecepatan aliran sepanjang permukaan filter, suatu fraksi dari bahan solid yang terakumulasi tersebut dapat diseret oleh air. Bagaimanapun filter intake biasanya dibersihkan secara manual dengan sebuah penggaruk dan sekop sekali seminggu. Langkah pertama dalam proses pembersihan adalah dekat katup pada batas air sebelum filter. Kemudian, katup kontrol inlet dibuka untuk meningkatkan aliran horizontal dalam kotak filter kira-kira 0,20 m/s – 0,40 m/s. Aliran sepanjang permukaan filter dapat pula ditingkatkan dengan mendekatkan inlet filter secara paralel, dan mengarahkan aliran total air mentah ke dalam unit filter untuk dibersihkan. Metode ini sebaiknya khusus dalam sistem dengan suplai

air mentah terbatas seperti dalam rencana pompaan atau kapasitas pipa hidrolis kecil.

Bahan solid yang tertahan oleh filter pertama-tama tertahan ulang oleh mekanisme adukan dan kemudian dialirkan kembali ke sungai. Pembersihan manual seharusnya mulai pada batas atas filter dan berlanjut dalam arah aliran untuk menghindari endapan yang menempel di kerikil. Kerikil filter intake harus dibersihkan secara lengkap kira-kira sekali setahun. Sebuah pompa beton datar disebelah filter seharusnya tersedia untuk mendeposit dan mencuci kerikil. Operasi filter dimulai kembali dengan mengalirkan air prefilter ke dalam sungai, atau membuangnya sampai kembali bersih. Kemudian, air yang belum diolah dapat dialirkan kembali ke filter berikutnya seperti rencana pengolahan. Selain itu pemeliharaan filter harus selalu diperhatikan.

#### 2.10. Parameter-parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

➤ **Amonium (  $\text{NH}_4$  )**

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang menjadi  $\text{NH}_4$  pada pH rendah dan disebut amonium. Terdapatnya amonia dalam air erat hubungannya dengan siklus pada N di alam ini. Dengan melihat siklus tersebut dapat diketahui bahwa (  $\text{NH}_4^+$  ) dapat terbentuk dari :

- a. Dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung N baik yang berasal dari hewan (misal faeses) oleh bakteri.
- b. Hydrolisa urea yang terdapat pada urine hewan.

- c. Dekomposisi bahan-bahan organik dari tumbuh-tumbuhan yang mati oleh bakteri.
- d. Dari  $N_2$  atmosfer, melalui perubahan menjadi  $N_2O_3$  oleh loncatan listrik di udara menjadi  $HNO_3$  karena persatuannya dengan air, dan selanjutnya jatuh di tanah oleh hujan. Dengan melalui pembentukannya menjadi protein organik yang terjadi selanjutnya dan oleh dekomposisi bakteri akhirnya akan terbentuk amonia.
- e. Dari reduksi  $NO_2^-$  oleh bakteri. Dari siklus Nitrogen tersebut jelas pula bahwa  $NH_4^+$  bisa terdapat dalam air melalui tanah maupun langsung terjadi pada air apabila proses dekomposisi oleh bakteri ataupun hidrolisa terjadi dalam air. Amonia merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung. Jadi kehadiran bahan ini dalam air minum adalah menyangkut perubahan fisik daripada air tersebut yang akan mempengaruhi penerimaan masyarakat.

Tumbuhan dan hewan yang telah mati akan diuraikan proteinnya oleh organisme pembusuk menjadi amoniak dan senyawa amonium. Nitrogen dalam kotoran dan air seni akan berakhir menjadi amoniak juga. Amoniak merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tumbuhan dan hewan, atau dalam kotorannya. Jadi, jika terdapat amoniak dalam air, ada kemungkinan kotoran hewan masuk. Amoniak dalam air tidak terlalu berbahaya jika air tersebut diberi klor. Amonia bersifat larut dalam air dalam bentuk larutan tidak dapat di adsorpsi. Hanya amonia dalam bentuk gas yang dapat di desorpsi yaitu dalam bentuk tidak terionisasi ( $NH_3$ ).



Adapun sifat-sifat dari amonia adalah sebagai berikut :

- a. Amonia adalah suatu zat yang tidak menunjukkan adanya warna, dan ini merupakan suatu karakteristik. Dan jika diberi cahaya kemampuan warna akan sedikit nampak seperti gas yang larut dalam air, tetapi gas yang tercampur memiliki ikatan lebih dari 16 berupa amonia.
- b. Amonia apabila dilarutkan dalam air akan berbentuk amonia hidroksida pada derajat keasaman ( pH ) kurang lebih 7.
- c. Merupakan gas yang mudah menguap, berbau busuk (menyengat) dan tidak berwarna, mudah dicairkan dan mudah larut dalam air.

Jika kadar amoniak dalam air terlalu tinggi karena proses perombakan protein tidak berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan nitrat, maka air dikatakan mengalami pengotoran.

➤ **Nitrat ( $\text{NO}_3$ )**

Nitrat dalam tanah dan air terbanyak dibuat oleh mikroorganisme dengan cara biologis. Nitrat dapat terbentuk karena tiga proses, yakni badai listrik, organisme pengikat nitrogen, dan bakteri yang menggunakan amoniak. Ketiganya tidak dibantu oleh manusia. Tetapi jika manusia membuang kotoran dalam air, maka proses ketiga akan meningkat, karena kotoran banyak mengandung amoniak. Pada penanganan polusi air, nitrifikasi adalah proses biologis yang akan mengoksidasi ion amonium menjadi bentuk nitrit atau nitrat. Bahan organik yang mengandung unsur nitrogen bila mengalami oksidasi pada perlakuan penanganan limbah secara biologis maka akan menghasilkan amonia dari persenyawaan yang terbentuk dan persenyawaan tersebut akan dijumpai dalam bentuk larutan.

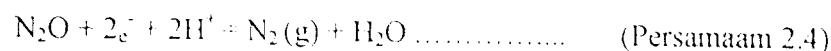
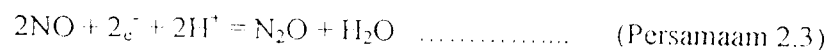
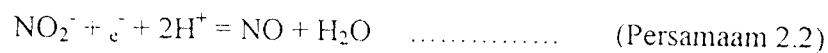
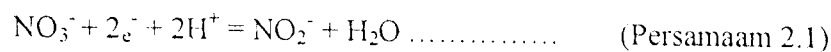
Nitrogen dalam bentuk amonia dapat digunakan sebagai sumber nitrogen dan energi bagi bakteri pembentuk nitrit dan nitrat atau bakteri nitrifikasi. Beberapa jenis bakteri mampu menggunakan nitrat yang terbentuk sebagai penerima elektron seperti halnya oksigen. Untuk mereduksi nitrat dikenal dalam 2 jenis peruraian yaitu asimilasi dan desimilasi. Asimilasi adalah peruraian nitrat menjadi persenyawaan amonia yang akan bereaksi menjadi molekul organik dan desimilasi adalah peruraian yang menghasilkan molekul nitrogen sebagai produksi akhir. Proses ini secara umum dikenal dengan denitrifikasi.

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat dan nitrit di mana nitrat digunakan sebagai terminal hidrogen pada saat potensial oksigen rendah dalam limbah. Proses denitrifikasi yang biasa terjadi pada limbah dan juga tanah, laju kecepataannya merupakan fungsi dari laju kecepatan respirasi mikroba, kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba dan ketersediaan nitrit dan nitrat pada substrat. Komposisi gas yang dihasilkan juga akan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Produk akhir yang dihasilkan dari peruraian nitrit dan nitrat adalah gas nitrogen ( $N_2$ ) atau ( $N_2O$ ). Dalam proses anaseroberik akan terjadi proses denitrifikasi yaitu Nitrat ( $NO_3^-$ ) sebagai elektron aseptor akan direduksi ke dalam bentuk Nitrogen,  $N_2O$  dan  $N_2$  (gas). Langkah-langkah denitrifikasi yaitu nitrat ( $NO_3^-$ ) direduksi menjadi nitrit ( $NO_2^-$ ), Nitrous oxide ( $N_2O$ ), dan gas  $N_2$ . Bakteri yang berperan dalam proses ini yaitu *Proteobacteria* seperti *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Paracoccus*, dan *Thiobacillus*. (Rittman, 1997).

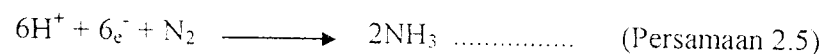
Selain itu dalam proses anaerobik juga terjadi proses fiksasi Nitrogen yaitu reduksi gas nitrogen ( $N_2$ ) menjadi amoniak dimana yang berperan dalam proses

ini adalah cyanobacteria (*Rhizobiaceae*, *azotobacteraceae*, *beberapa bacillus* dan *clostridium spp*).

Reaksi Denitrifikasi seperti pada persamaan berikut ini :



Reaksi fiksasi Nitrogen seperti pada persamaan berikut ini :



sehingga dari kedua reaksi tersebut dalam proses anaerobik akan menurunkan konsentrasi nitrat dan akan menghasilkan amonium.

Sumber Nitrat sukar dilacak di sungai atau danau. Karena merupakan nutrien, nitrat mempercepat tumbuh plankton. Nitrat dapat menurunkan oksigen terlarut, menurunkan populasi ikan, bau busuk, rasa tidak enak dan kurang sehat untuk rekreasi.

#### ➤ Total Suspended Solid (TSS)

Zat padat tersuspensi atau suspended solid adalah padatan yang tersuspensi, yang dapat mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air. Hal ini dapat berpengaruh terhadap proses fotosintesis dan pembusukan, sehingga mempengaruhi nilai guna perairan. Padatan tersuspensi total adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1  $\mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,5  $\mu\text{m}$ . TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad renik,

atau diuapkan. Padatan yang terdapat di dalam air juga dapat dibedakan atas padatan organik dan anorganik.

- Padatan terendap (Sedimen)

Sedimen adalah padatan yang dapat langsung mengendap jika air dibiarkan tidak terganggu selama beberapa waktu. Padatan yang mengendap tersebut terdiri dari partikel-partikel padatan yang mempunyai ukuran relatif besar dan berat sehingga dapat mengendap dengan sendirinya. Sedimen yang terdapat di dalam air biasanya terbentuk sebagai akibat dari erosi, dan merupakan padatan yang umum terdapat di dalam air permukaan. Adapun sedimen dalam jumlah tinggi di dalam air akan sangat merugikan.

- Padatan Tersuspensi dan Koloid

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Selain mengandung padatan tersuspensi air buangan juga sering mengandung bahan-bahan yang bersifat koloid, misalnya protein. Jumlah padatan tersuspensi di dalam air dapat diukur menggunakan alat turbidimeter.

- Padatan Terlarut

Padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang larut air, mineral dan garam-garamnya.

Dari penelitian diperoleh bahwa *Roughing filter* aliran *horizontal* dan aliran *upflow* memiliki efisiensi penurunan kekeruhan tertinggi yaitu sekitar 85-90% (Sandec, 2005).

Dan juga berdasarkan pada prinsip kerja filter anaerobik yaitu memproses bahan-bahan yang tidak terendapkan dan bahan padat terlarut dengan cara mengkontakkan dengan surplus bakteri yang aktif. Bakteri tersebut bersama bakteri lapar akan menguraikan bahan organik terlarut dan bahan organik yang terdispersi yang ada dalam limbah. Sebagian besar bakteri tersebut tidak bergerak. Bakteri cenderung diam dan menempel pada partikel padat seperti pada dinding reaktor atau pada media filter. Selama aliran ini kandungan organik akan diuraikan oleh berbagai bakteri dan hasilnya adalah pengurangan kandungan organik pada effluent. (Pranoto,2002). Sehingga konsentrasi TSS dapat cenderung menurun.

### 2.11. Hipotesa

Berdasarkan berbagai tinjauan maka anaerobik *roughing filter* untuk pengolahan air buangan domestik dapat ditentukan beberapa hipotesa sebagai berikut:

- a. Bahwa penggunaan anaerobik *roughing filter* bermedia gravel diperkirakan dapat menurunkan parameter amonium tapi tidak signifikan.
- b. Bahwa penggunaan anaerobik *roughing filter* bermedia gravel diperkirakan dapat menurunkan parameter nitrat dan TSS.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Secara keseluruhan, maka lokasi penelitian dilakukan di Wilayah Yogyakarta, dimana untuk aklamasi dan running dikerjakan di laboratorium Kualitas Lingkungan - Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sedangkan untuk lokasi pengambilan sampel limbah sebagai inlet reaktor *roughing filter* dilakukan di inlet IPAL Sewon-Bantul.

#### 3.2. Persiapan Bahan dan Alat

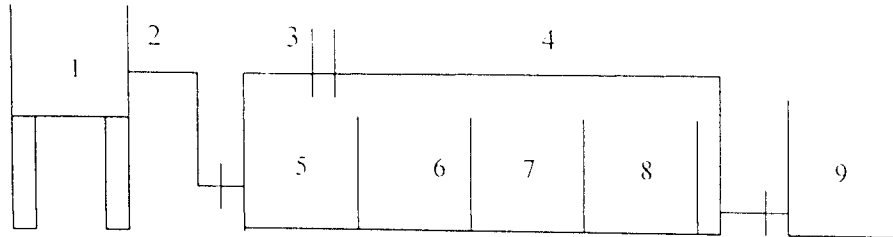
Sebelum penelitian terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan dan alat yang diperlukan dalam penelitian.

##### 3.2.1. Desain Reaktor *Roughing Filter*

Bahan dan alat utama pada kegiatan penelitian yang akan dilakukan adalah berupa reaktor anaerobik yang didalamnya berisi gravel filter dengan kriteria sebagai berikut:

Peralatan yang berupa reaktor *Roughing filter* yang terdiri dari bak pengendap, kompartemen kesatu berisi media gravel berukuran 20 - 15 mm dengan panjang 20 cm, kompartemen kedua berisi media gravel berukuran 14 -10 mm dengan panjang 20 cm, dan kompartemen ketiga berisi media gravel berukuran 9 - 5 mm

dengan panjang 20 cm. Selanjutnya merangkai reaktor *roughing filter* dengan reservoir, bak pengumpul, ember terisi air yang dihubungkan dengan selang dari pipa pengumpul gas (untuk mengetahui ada tidak kegiatan degradasi oleh bakteri), stop kran dan alat pendukung lainnya. Hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1. Desain Reaktor *Roughing Filter***

Keterangan:

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. Reservoir                      | 6. Titik Sampling 1 |
| 2. Kran pengatur debit            | 7. Titik Sampling 2 |
| 3. Pipa Vent                      | 8. Titik Sampling 3 |
| 4. Reaktor <i>Roughing filter</i> | 9. Bak Penampung    |
| 5. Bak Pengendapan                |                     |

### 3.2.2. Proses Aklimasi

Salah satu tahapan yang cukup penting dalam penggunaan reaktor *roughing filter* adalah aklimasi reaktor, hal ini dilakukan agar ketika proses *running* reaktor benar-benar sudah stabil. Adapun yang harus diperhatikan dalam proses aklimasi adalah

- Setelah ada gelembung udara pada penangkap gas (kurang lebih 6 hari), dilakukan proses aklimasi selama 16 hari. Konsentrasi limbah 50% diganti menjadi 100%.
- Dalam proses ini, dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter Amonium, Nitrat, TSS. Kemudian setiap 2 hari sekali dilakukan pemeriksaan parameter TSS dan setiap 4 hari sekali dilakukan pemeriksaan Amonium dan Nitrat.

### 3.2.3. Proses *Running*

*Running* merupakan proses operasi dari reaktor *roughing filter*, hal ini dilakukan setelah proses aklimasi sudah menunjukkan hasil yang stabil. Sebelum proses *running*, maka terlebih dahulu dilakukan sebagai berikut:

- a. pH air limbah dinetralkan terlebih dahulu. Dalam proses ini, limbah diencerkan 50%.
- b. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah domestik yang berasal dari inlet IPAL Sewon, Bantul, selama 6 hari atau sampai adanya gelembung udara pada penangkap udara.
- c. Pada proses ini agar bakteri dapat segera tumbuh, dalam air limbah ditambahkan susu dan pupuk urea.

### 3.3. Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang didapatkan dari hasil pengujian, dikumpulkan dan selanjutnya dianalisa.



### 3.3.1. Sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada inlet, kompartemen 1,2,3 dan outlet dari reaktor *roughing filter*. Metode sampling dan jumlah sampel disesuaikan dengan parameter yang akan di uji. Parameter yang akan dilakukan pengujian terdiri dari amonium, nitrat, dan TSS.

### 3.3.2. Metode Pengujian

Metode pengujian pada masing-masing parameter disesuaikan dengan standar-standar seperti pada Tabel 3.1. berikut :

**Tabel 3.1** Parameter Pengujian dan Metode Uji

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air <sup>1)</sup>	Metode Uji
1.	TSS	mg/l <sup>2)</sup>	100	SNI 1991-Standar 2 <sup>2)</sup>
2.	Amonium	mg/L	0,02	SNI 1991-Standar 39 <sup>3)</sup>
3.	Nitrat	mg/L	10	SNI 1991-Standar 47 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Surat Keputusan Menteri Negara KLH RI KEP 03/MENKLH/II/1991

<sup>2)</sup> Metode Pengujian Kualitas Fisika air SK SNI M-03-1990-F

<sup>3)</sup> Metode Pengujian Kadar Amonium dg Alat Spektrofotometer Serapan Nessler SK SNI M-48-1990-03

<sup>4)</sup> Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam air dengan alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat SK SNI M-49-1990-03

### 3.3.3. Analisa Data

Data – data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium dianalisa dengan menggunakan Uji Anova Satu Jalur, kemudian digambarkan dengan grafik. Penentuan performansi secara umum adalah dihitung berdasarkan tingkat efisiensi reaktor *roughing filter* dalam penyisihan berbagai parameter. Adapun efisiensi akan di hitung berdasarkan analisa data berdasarkan perbandingan antara konsentrasi awal dan akhir dari parameter penelitian setelah pengoperasian reaktor dengan menggunakan persamaan, yaitu :

$$E (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Keterangan :

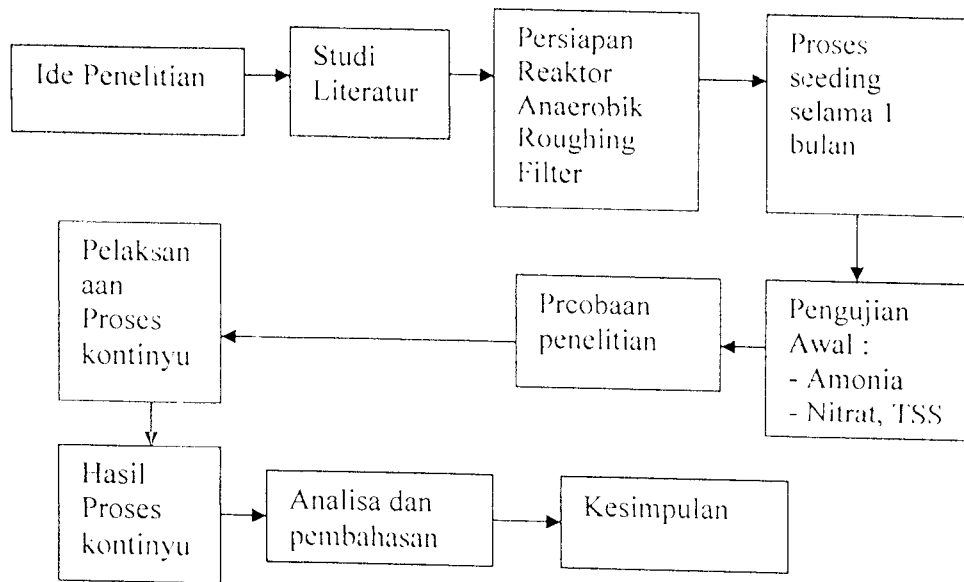
$E$  = Efisiensi (%)

$C$  = Konsentrasi (mg/L)

(Sumber dari Metcalf and Eddy, 1991.)

### 3.4. Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian yang dilaksanakan merupakan skala laboratorium yang tahapan-tahapannya seperti pada Gambar 3.2. berikut :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan kadar amonium, nitrat, dan Total Suspended Solid (TSS) air limbah pada reaktor anaerobik *roughing filter*. Adapun pengambilan titik sampel dilakukan pada inlet, kompartemen 1,2,3 dan outlet pada reaktor tersebut. Selanjutnya pemeriksaan parameter dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Dari hasil penelitian terhadap konsentrasi amonium, nitrat, dan Total Suspended Solid (TSS) diperoleh hasil sebagai berikut:

##### 4.1.1. Konsentrasi Amonium

Pengambilan sampel untuk parameter amonium dilakukan pada inlet, kompartemen 1,2,3 dan outlet pada reaktor anaerobik *roughing filter*. Dengan waktu pengambilan setiap 4 hari sekali. Pada tabel 4.1. ditunjukkan perolehan data dari hasil pengukuran konsentrasi amonium selama penelitian.

**Tabel 4.1.** Data Konsentrasi amonium

Hari	Inlet (mg/L)	Kompartemen 1 (mg/L)	Kompartemen 2 (mg/L)	Kompartemen 3 (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi %
0	78,04	88,19	106,92	137,13	137,83	-76,61
4	94,34	79,21	80,91	93,84	90,55	4,017

**Tabel 4.1.** Lanjutan

8	92,38	69,49	66,9	68,47	88,72	3,96
12	69,81	47,96	46,84	49,97	62,79	10,05
16	36,95	32,63	27,33	27,33	27,54	25,46
Rata-rata	74,30	63,49	65,78	75,35	81,49	9,67

**4.1.2. Konsentrasi Nitrat**

Dalam penelitian ini, sampel diambil pada inlet, kompartemen 1,2,3 dan outlet. Sedangkan untuk frekuensi pengambilan sampel sama dengan pengambilan sampel pada amonium, yaitu 4 hari sekali. Pada tabel 4.2. ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari pengukuran konsentrasi nitrat.

**Tabel 4.2.** Data Konsentrasi nitrat

Hari	Inlet (mg/L)	Kompartemen 1 (mg/L)	Kompartemen 2 (mg/L)	Kompartemen 3 (mg/L)	Outlet (mg/L)	Efisiensi %
0	0,551	0,357	-0,0658	0,0215	0,1355	75,41
4	0,2065	0,475	0,5445	1,066	1,33	-544,07
8	0,5115	3,125	5,116	8,6335	1,7755	-247,12
12	5,275	2,321	2,823	2,957	1,2005	77,24
16	6,5405	8,4715	9,0875	8,4815	9,5245	-45,62
Rata-rata	2,62	2,95	3,50	4,23	2,79	-6,49

#### 4.1.3. Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS)

Untuk TSS pengambilan sampel dilakukan setiap dua hari sekali. Pada tabel 4.3. ditunjukkan perolehan data dan efisiensi dari hasil pengukuran TSS.

**Tabel 4.3.** Data Konsentrasi TSS

Hari	Inlet (mg/L)	Kompartemen	Kompartemen	Kompartemen	Outlet (mg/L)	Efisiensi %
		1 (mg/L)	2 (mg/L)	3 (mg/L)		
0	396	290	174	143	92	76,76
2	125	174	92	92	48	61,6
4	149	134	74	56	17	88,59
6	112	63	63	41	10	91,07
8	76	65	61	28	9	88,15
10	72	61	28	20	6	91,66
12	66	39	36	17	5	92,42
14	58	36	52	14	5	91,37
16	43	28	28	11	1	97,67
Rata-rata	121,89	98,89	67,56	46,89	21,44	82,41

## 4.2. Analisa Data

Data – data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium dianalisa dengan menggunakan Uji Anova Satu Jalur, kemudian digambarkan dengan grafik. Hasil analisa data untuk masing-masing konsentrasi adalah sebagai berikut:

### 4.2.1. Analisa Amonium

Data – data dari hasil penelitian amonium dianalisa dengan menggunakan Uji Anova Satu Jalur, kemudian digambarkan dengan grafik.

#### 4.2.1.1. Uji Anova Satu Jalur

Uji anova satu jalur dilakukan untuk mengetahui ada perbedaan yang signifikan atau tidak terhadap konsentrasi amonium pada bagian inlet dengan konsentrasi pada kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet.

##### a. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 1

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,55 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi amonium bagian inlet dan kompartemen 1.

##### b. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,25 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi amonium bagian inlet dan kompartemen 2.

c. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

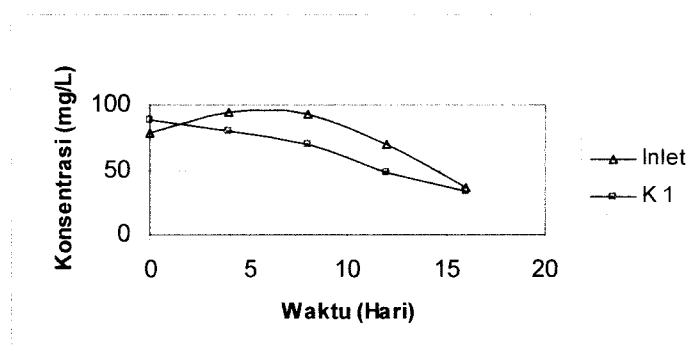
Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,00287 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi amonium bagian inlet dan kompartemen 3.

d. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,12 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi amonium bagian inlet dan outlet.

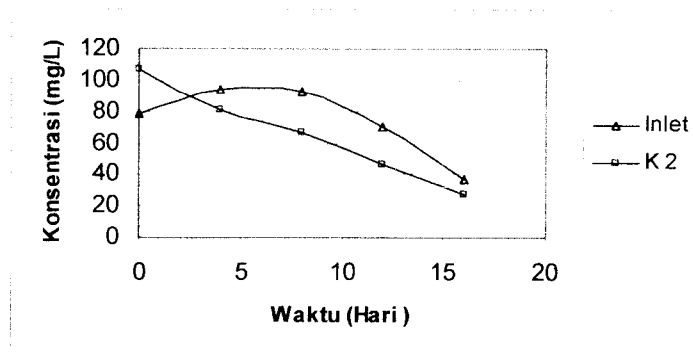
Perhitungan uji anova satu jalur secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 9.

Data hasil pengujian konsentrasi amonium dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut:

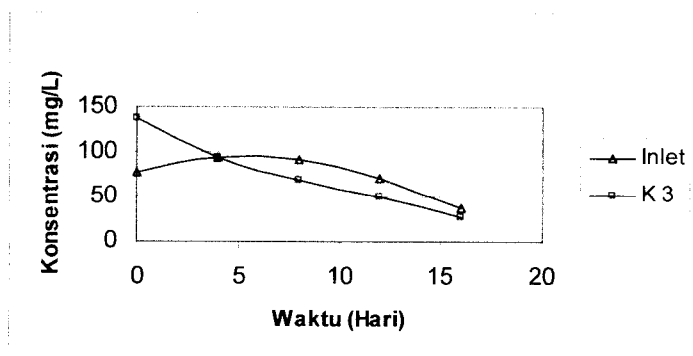


**Gambar. 4.1.** Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 1.

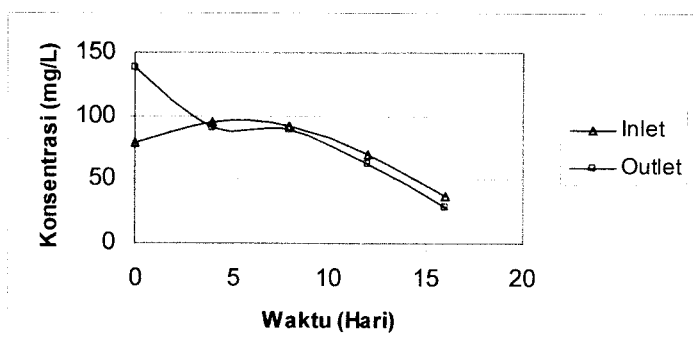




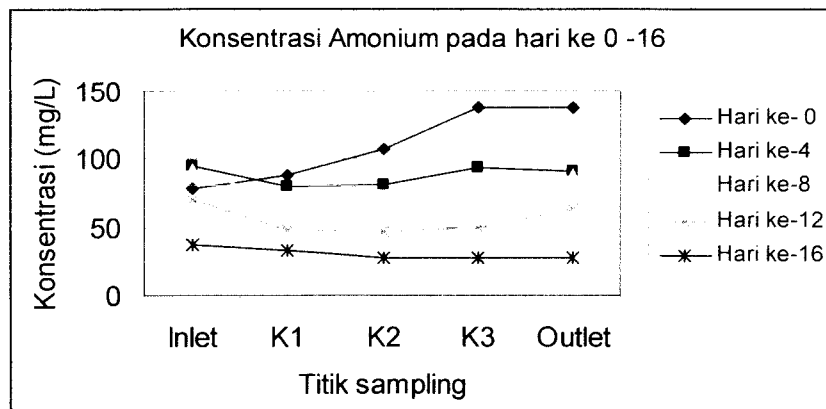
**Gambar. 4.2.** Grafik Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 2.



**Gambar. 4.3.** Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Kompartemen 3.



**Gambar. 4.4.** Konsentrasi Amonium Pada Inlet dan Outlet.



**Gambar 4.5.** Konsentrasi Amonium Pada Hari ke 0- 16.

#### 4.2.2. Analisa nitrat

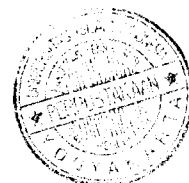
Data – data dari hasil pengujian nitrat dianalisa dengan menggunakan Uji Anova Satu Jalur, kemudian digambarkan dengan grafik.

##### 4.2.2.1. Uji Anova Satu Jalur

Uji anova satu jalur dilakukan untuk mengetahui ada perbedaan yang signifikan atau tidak terhadap konsentrasi nitrat pada bagian inlet dengan konsentrasi pada kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet.

##### a. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 1

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,028 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi nitrat bagian inlet dan kompartemen 1.



b. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,017 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi nitrat bagian inlet dan kompartemen 2.

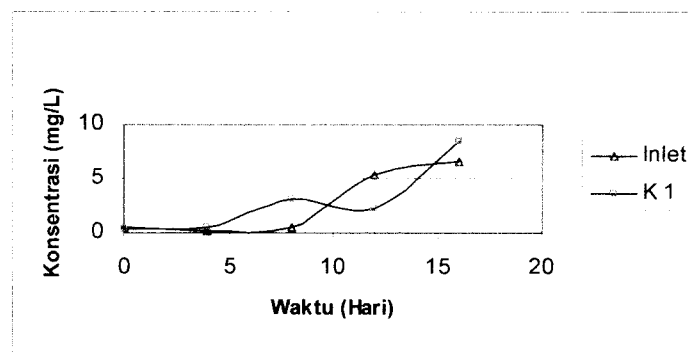
c. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,0503 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi nitrat bagian inlet dan kompartemen 3.

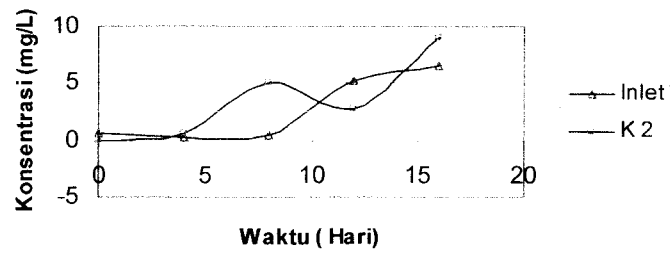
d. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,0068 < 5,32$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi nitrat bagian inlet dan outlet.

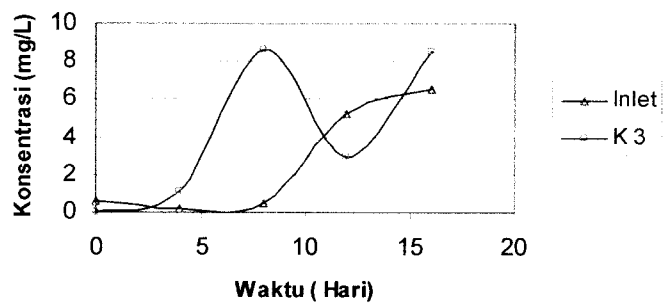
Data hasil pengujian konsentrasi nitrat dapat digambarkan dengan grafik di bawah ini:



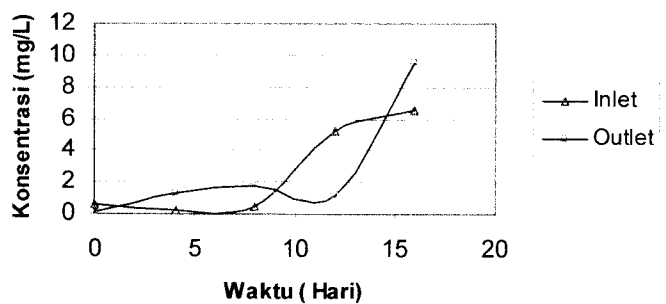
Gambar. 4.7. Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 1.



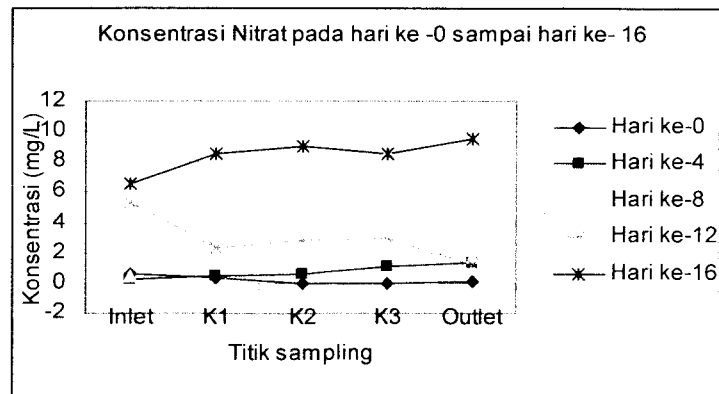
**Gambar. 4.8.** Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 2.



**Gambar. 4.9.** Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Kompartemen 3.



**Gambar. 4.10.** Konsentrasi Nitrat Pada Inlet dan Outlet.



**Gambar 4.11.** Konsentrasi Nitrat Pada Hari ke 0 -16

#### 4.2.3. Analisa TSS (Total Suspended Solid)

Data – data dari hasil pengujian TSS dianalisa dengan menggunakan Uji Anova Satu Jalur, kemudian digambarkan dengan grafik.

##### 4.2.3.1. Uji Anova Satu Jalur

Uji anova satu jalur dilakukan untuk mengetahui ada perbedaan yang signifikan atau tidak terhadap konsentrasi nitrat pada bagian inlet dengan konsentrasi pada kompartemen 1, kompartemen 2, kompartemen 3 dan outlet.

##### a. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 1

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0.25 < 4.49$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS bagian inlet dan kompartemen 1.

b. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,537 < 4,49$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS bagian inlet dan kompartemen 2.

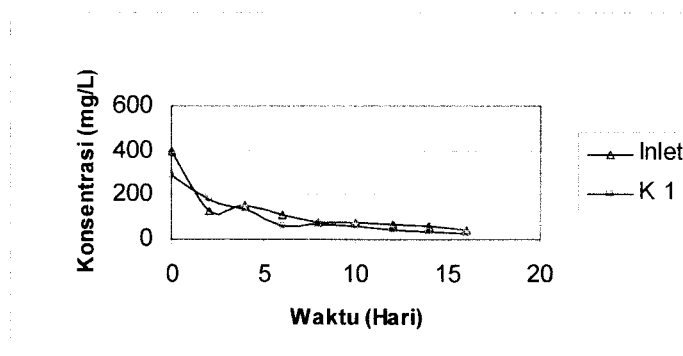
c. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $3,6 < 4,49$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS bagian inlet dan kompartemen 3.

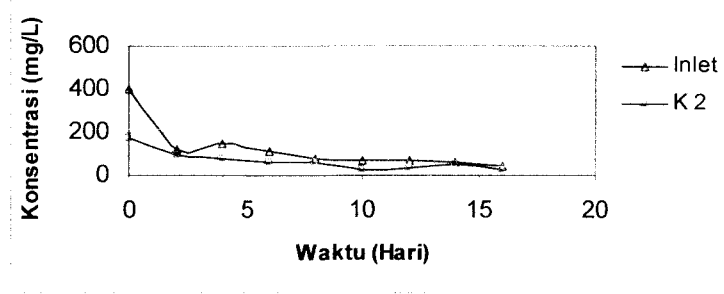
d. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,139 < 4,49$  maka terima  $H_0$  artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi TSS bagian inlet dan outlet.

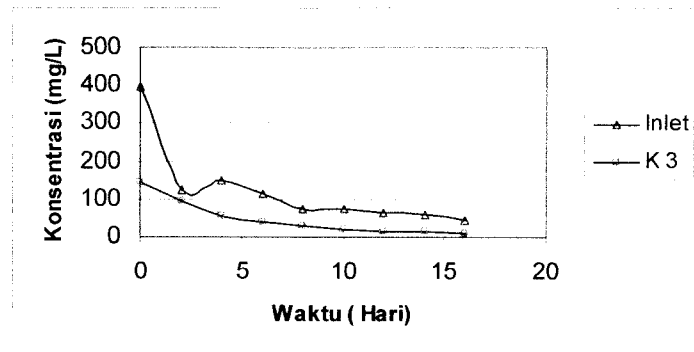
Data hasil penelitian konsentrasi TSS dapat digambarkan dengan grafik berikut:



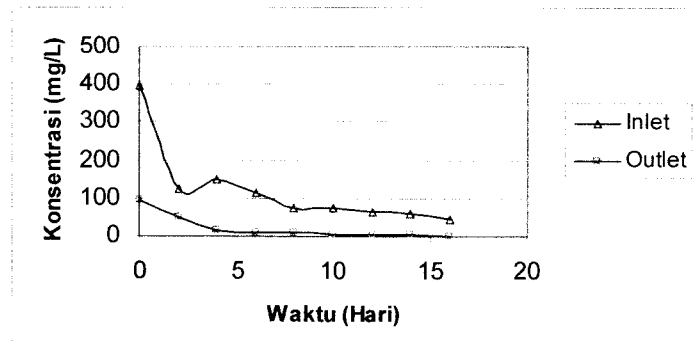
**Gambar 4.13.** Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 1.



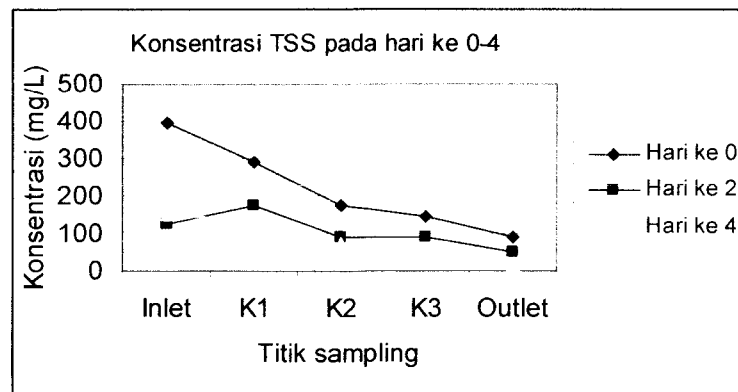
**Gambar 4.14.** Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 2.



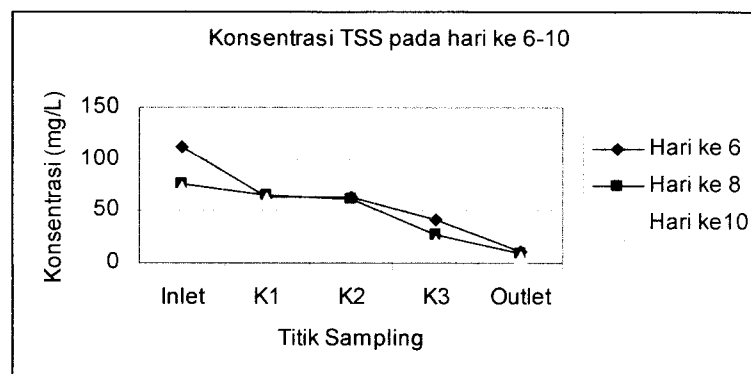
**Gambar 4.15.** Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Kompartemen 3.



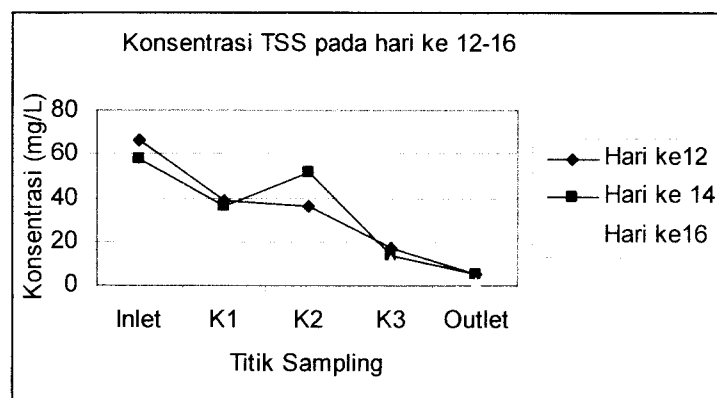
**Gambar 4.16.** Konsentrasi TSS Pada Inlet dan Outlet



**Gambar 4.17.** Grafik konsentrasi TSS pada hari ke 0, 2, dan 4.



**Gambar 4.18.** Konsentrasi TSS pada hari ke- 6, 8, dan 10.



**Gambar 4.19.** Konsentrasi TSS pada hari ke 12, 14, dan 16



### **4.3. Pembahasan**

Berdasarkan pada hasil analisa data penelitian yang diuji dengan menggunakan uji anova satu jalur maka diperoleh hasil bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi pada inlet dan konsentrasi pada kompartemen 1, bagian inlet dan kompartemen 2, bagian inlet dan kompartemen 3, serta inlet dan outlet pada amonium, nitrat, dan TSS. Untuk mempermudah dalam pembacaannya maka dapat dilihat dengan menggunakan grafik dan akan tampak adanya perbedaan kenaikan ataupun penurunan pada ketiga parameter tersebut. Dibawah ini akan dibahas lebih lanjut mengenai kenaikan ataupun penurunan pada masing-masing parameter.

#### **4.3.1. Amonium dan Nitrat**

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 4.1. dapat diketahui bahwa terjadi penurunan pada konsentrasi amonium. Tapi berdasarkan pada uji anova satu jalur dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara inlet dengan kompartemen 1, inlet dengan kompartemen 2, inlet dengan kompartemen 3, dan inlet dengan outlet.

Untuk hasil amonium, rata-rata pengambilan sampel dari hari ke 0-16 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi amonium pada masing-masing titik pengambilan sampel yaitu pada inlet, kompartemen 1,2,3, dan outlet. Jika semua data untuk inlet dan outlet dirata-ratakan, maka diperoleh konsentrasi inlet sebesar 74,30 mg/L dan outlet sebesar 81,49 mg/L, maka diperoleh penurunan konsentrasi

parameter amonium rata-rata yaitu 9,67%. Untuk hasil amonium dari hari ke- 0 sampai ke- 16 dapat dilihat juga pada Gambar. 4.5.

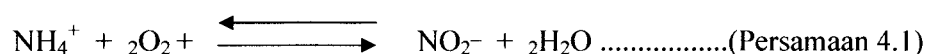
Demikian juga pada nitrat, untuk rata-rata pengambilan sampel setiap 4 hari sekali dari hari ke-0 sampai hari ke-16 menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi nitrat. Berdasarkan pada uji anova satu jalur dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara inlet dengan kompartemen 1, inlet dengan kompartemen 2, inlet dengan kompartemen 3, dan inlet dengan outlet. Jika semua data untuk inlet dan outlet dirata-ratakan, maka diperoleh konsentrasi inlet sebesar 2,62 mg/L dan outlet sebesar 2,79 mg/L, sehingga parameter nitrat menunjukkan kenaikan konsentrasi rata-rata sebesar 6,49%. (Tabel 4.2.).

Pada penelitian ini, proses yang terjadi di dalam reaktor adalah proses anaerobik yaitu proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Dalam proses anaerobik akan terjadi proses denitrifikasi yaitu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) sebagai elektron aseptor akan direduksi ke dalam bentuk Nitrogen,  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{N}_2$  (gas). Langkah-langkah denitrifikasi yaitu nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) direduksi menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan gas  $\text{N}_2$ . Bakteri yang berperan dalam proses ini yaitu *Proteobacteria* seperti *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Paracoccus*, dan *Thiobacillus*. (Rittman, 1997).

Selain itu dalam proses anaerobik juga terjadi proses fiksasi Nitrogen yaitu reduksi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) menjadi amoniak dimana yang berperan dalam proses ini adalah cyanobacteria (*Rhizobiaceae*, *azotobacteraceae*, *beberapa bacillus* dan *clostridium spp*).

Tetapi dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa rata-rata telah terjadi penurunan konsentrasi amonium dan kenaikan konsentrasi nitrat, sehingga tidak sesuai dengan teori. Penurunan kadar amonium dapat terjadi karena adanya oksigen dalam air. Sehingga proses yang terjadi adalah nitrifikasi. Nitrifikasi yaitu proses biologis yang akan mengoksidasi ion amonium menjadi bentuk nitrit atau nitrat.

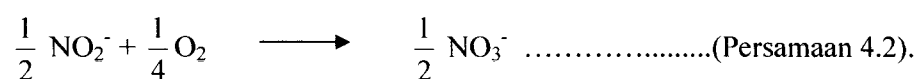
Dengan adanya oksigen dalam air, maka amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) akan bereaksi dengan oksigen ( $\text{O}_2$ ) membentuk nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ). Proses ini sesuai dengan reaksi pada persamaan 4.1.



Dalam hal ini oksigen yang digunakan untuk oksidasi dapat berasal dari kondisi reaktor yang belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik, sehingga masih terdapat oksigen dalam reaktor tersebut.

Sedang pada nitrat, rata-rata mengalami kenaikan. Yang seharusnya konsentrasi nitrat turun tapi karena masih adanya oksigen dalam reaktor maka nitrat yang telah direduksi menjadi nitrit dapat dioksidasi lagi menjadi nitrat.

Dengan reaksi sebagai berikut:



Sehingga mengakibatkan konsentrasi nitrat akan naik, dan sebaliknya konsentrasi amonium akan menurun.

#### 4.3.2. TSS (Total Suspended Solid)

Pengambilan sampel untuk parameter TSS dilakukan setiap 2 hari sekali, selama 16 hari, yang dimulai dari hari ke- 0. Hasil uji anova satu jalur menunjukkan tidak adanya perbedaan yang tidak signifikan antara inlet dengan kompartemen 1, inlet dengan kompartemen 2, inlet dengan kompartemen 3, dan inlet dengan outlet.

Berdasarkan Tabel 4.3. dapat dilihat hasil pengujian konsentrasi TSS pada anaerobik roughing filter yang dilakukan pada hari ke 0 sampai hari ke-16 cenderung mengalami penurunan. Jika semua data untuk inlet dan outlet dirata-ratakan, maka diperoleh konsentrasi inlet sebesar 121,89 mg/L dan outlet sebesar 21,44 mg/L, sehingga secara rata-rata terjadi penurunan TSS sebesar 82,41 %.

Pada pengolahan anaerobik roughing filter, TSS mengalami proses penyaringan sehingga partikel akan tertahan pada media filter. Selanjutnya zat padat tersuspensi organik dan juga bahan-bahan organik lainnya akan diperlukan oleh bakteri untuk proses pembentukan sel. Reaksi selengkapnya adalah sebagai berikut:

Bahan Organik + nutrisi  $\xrightarrow{\text{bakteri}}$  sel + asam volatil + alkohol + H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>

Selain itu menurunnya TSS dapat juga disebabkan oleh mengendapnya partikel, dikarenakan adanya pengaruh gaya berat. Zat padat tersuspensi dapat diklasifikasikan menjadi zat padat tersuspensi organik dan inorganik. Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan lagi menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan

tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan lagi menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya berat.

Demikian juga berdasarkan analisa data yang ada maka tidak bisa dilihat adanya pengaruh antara panjang kompartemen yang sama dan ukuran gravel yang berbeda pada reaktor dengan prosentase penurunan dan kenaikan dari masing-masing parameter.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji laboratorium, analisa data dengan metode statistik dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Terjadi penurunan konsentrasi parameter amonium rata-rata sebesar 9,67%.
2. Parameter Nitrat menunjukkan kenaikan konsentrasi rata-rata sebesar 6,49%.
3. Sedangkan untuk konsentrasi parameter TSS cenderung mengalami penurunan rata-rata sebesar 82,41%.

#### 5. 2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa masih adanya kekurangan sehingga disarankan diantaranya:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan pengukuran gas metan dan pengaturan suhu. Penurunan suhu akan menyebabkan gagalnya proses fermentasi.
2. Dalam pengambilan limbah sebaiknya dilakukan pengukuran pH terlebih dahulu. Pengaruh dari perubahan pH terhadap sistem adalah sangat besar, oleh sebab itu perubahan pH yang terjadi harus selalu dimonitor.

3. Kondisi reaktor diharapkan selalu terjaga, seperti tutup harus dalam kondisi rapat jangan sampai terjadi kontak dengan oksigen. Karena proses anaerobik pada dasarnya merupakan proses yang terjadi karena aktivitas mikroba dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas.

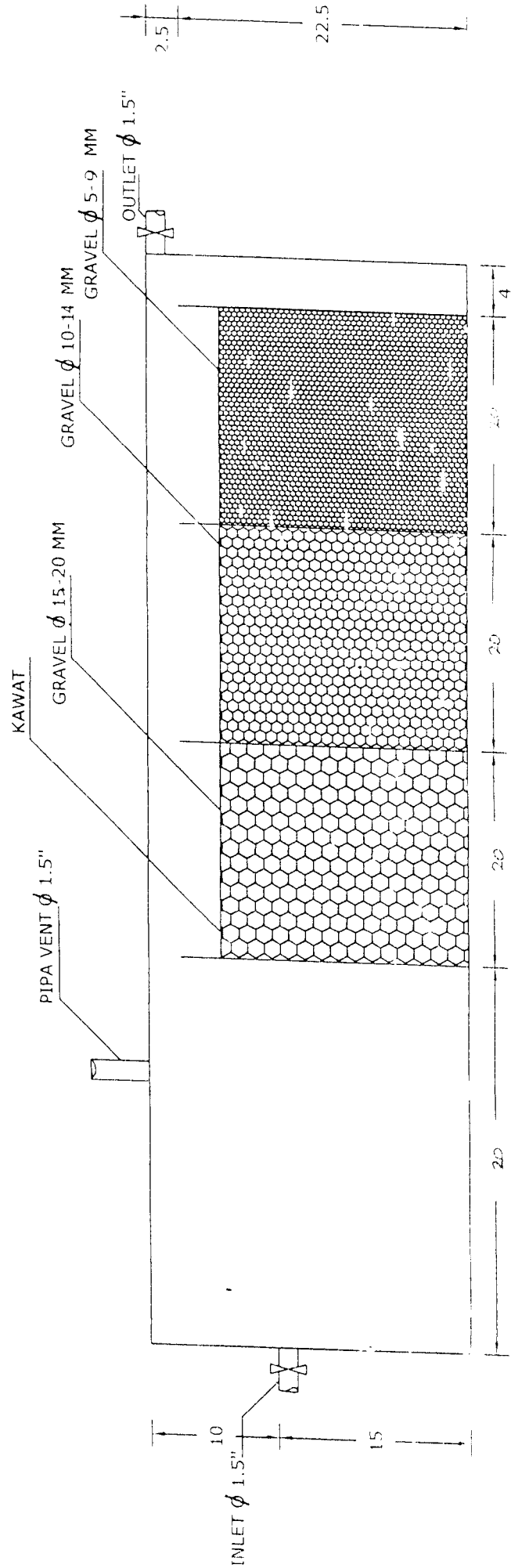
## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., Santika, S.S., 1987, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim., 2005, *Surface Water Treatment By Roughing Filter*.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Jenie, B. S. L., dan Astuti, W.P., 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Kristanto, Philips., 2002, *Ekologi Industri*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Metcalf and Eddy., 1991, *Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse*, Third Edition, McGraw-Hill, New York.
- Pranoto., 2002, *Proses Biokimia Dewats*, LPTD- BORDA, Yogyakarta.
- Rittman Bruce E., 1997, *Environmental Biotechnology*, Hill International Editions, New York.
- Sutrisno, Totok C., dan Susiastuti Eni., 1985, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta.
- SNI Kualitas Air*, 1991, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Methods for Examination of Water and Waste Water*, 18<sup>th</sup>.
- Said Gumbira E., 1996, *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*, Trubus Agriwidya untuk Dana Mita Lingkungan, Ungaran.



*Sistem Penyaluran Air Buangan.*, 2005, Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas  
Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Teknologi  
Tepat Guna, STTL, Yogyakarta.

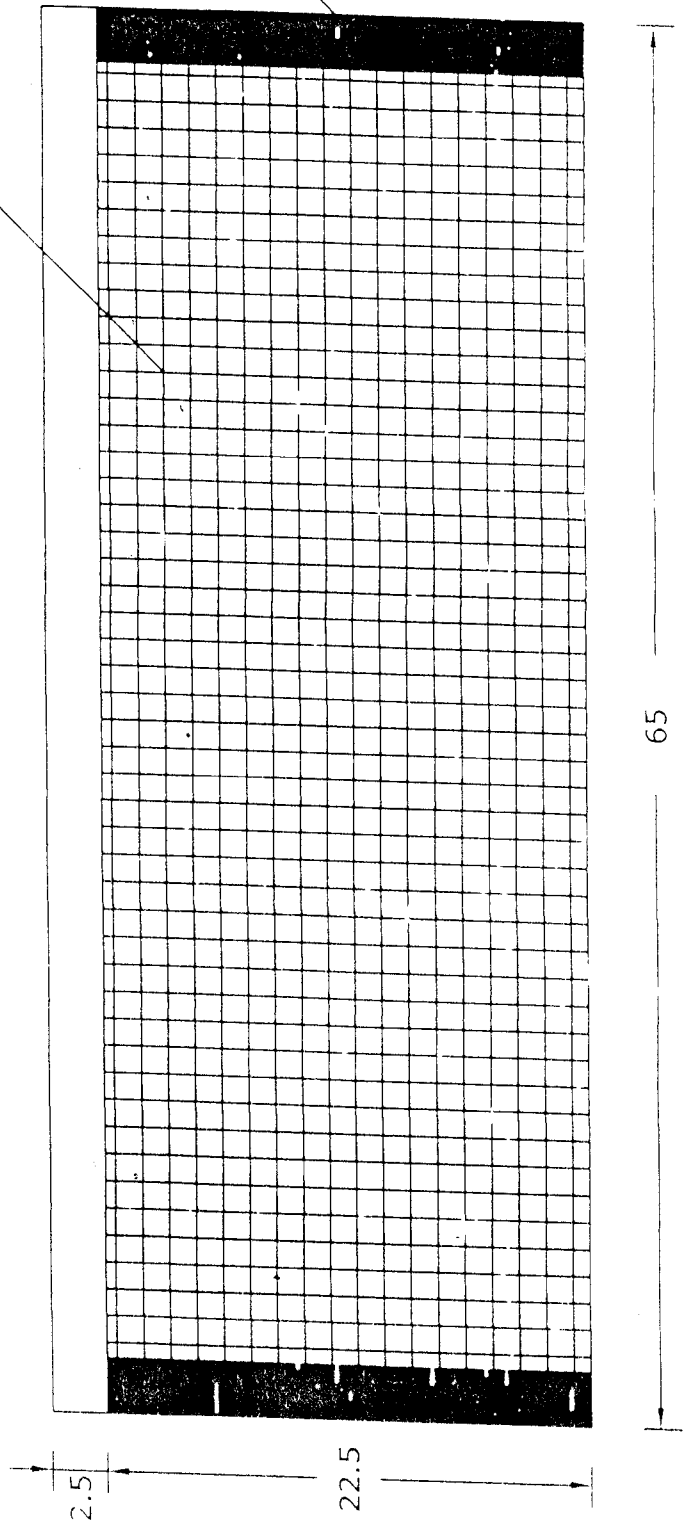
LAMPIRAN - LAMPIRAN



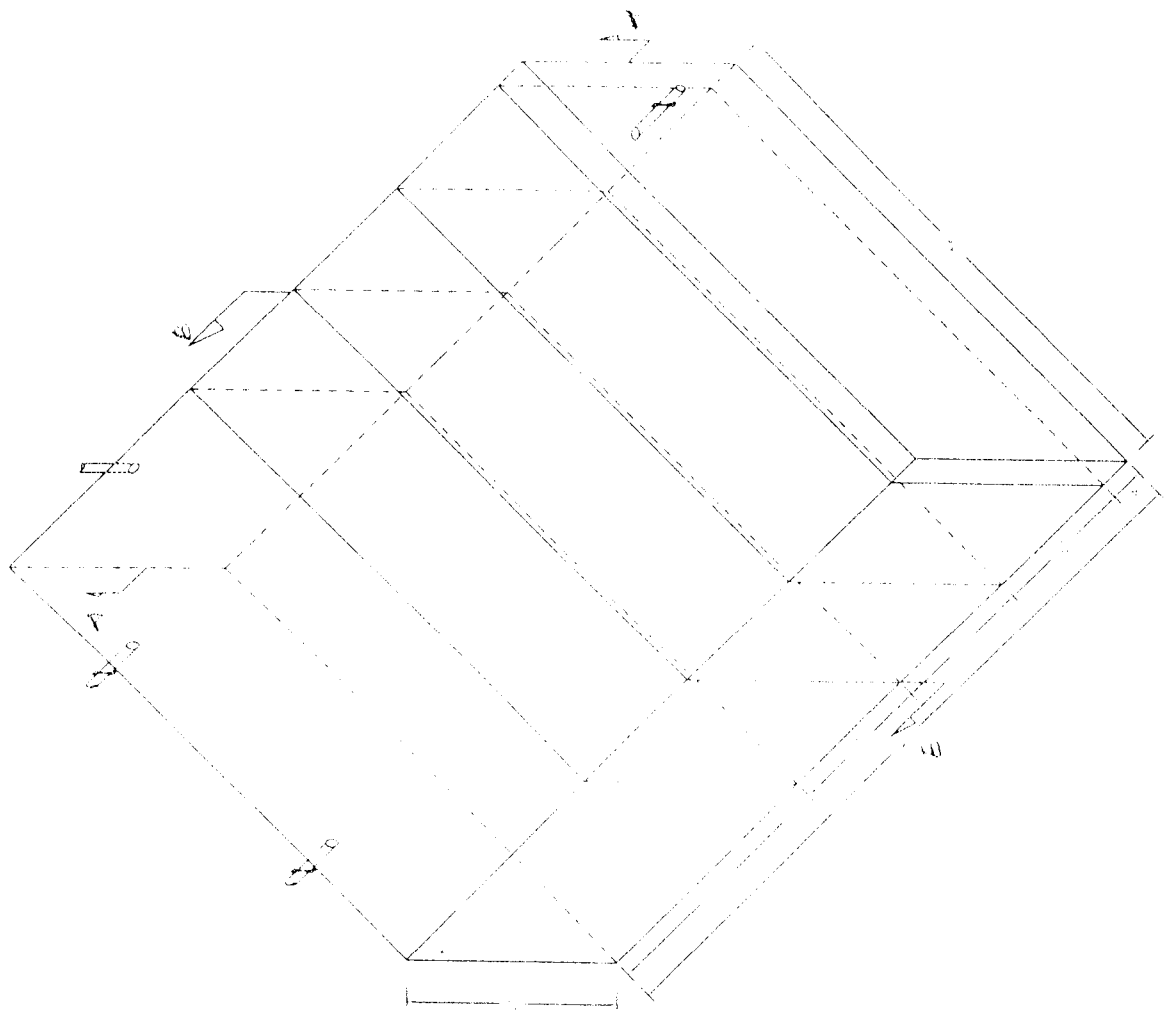
POTONGAN AA'

KAWAT SEKAT

PENJEPIT



POTONGAN BB'



**Kriteria Desain Anaerobik Roughing Filter dengan panjang kompartemen yang sama :**

$$H = 1-2 \text{ m}$$

$$W = 4-5 \text{ m}$$

$$A = 25-30 \text{ m}$$

**Dimensi :**

Lapangan :

$$L = 5 \text{ m}$$

$$W = 4 \text{ m}$$

$$H = 1,5 \text{ m}$$

Laboratorium :

$$0,83 = 85 \text{ cm}$$

$$0,66 = 65 \text{ cm}$$

$$0,25 = 25 \text{ cm}$$

# Volume kompartemen :

$$P \times L \times T = 0,85 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 0,138125 \text{ m}^3$$

# Debit yang mengalir :

$$Q = \frac{V}{HRT} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

$$= \frac{0,138125}{6}$$

$$= 0,02302 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 23,02 \text{ Lt/jam}$$

# Kecepatan tiap kompartemen :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.}$$

$$= \frac{0,02302 \text{ m}^3 / \text{jam}}{0,65 \times 0,25 \text{ m}^2}$$

$$= 0,142 \text{ m/jam}$$

# HRT tiap kompartemen :

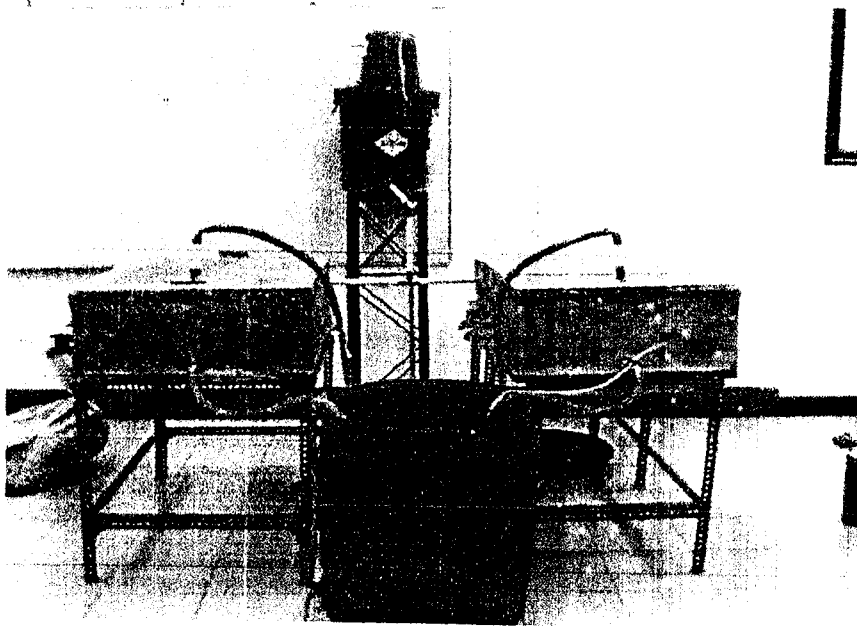
$$t = \frac{V}{Q} \dots \dots \dots \text{Persamaan 3.}$$

$$= \frac{0,20 \times 0,65 \times 0,25 \text{ m}^3}{0,03202 \text{ m}^3 / \text{jam}} = 1,4 \text{ jam}$$

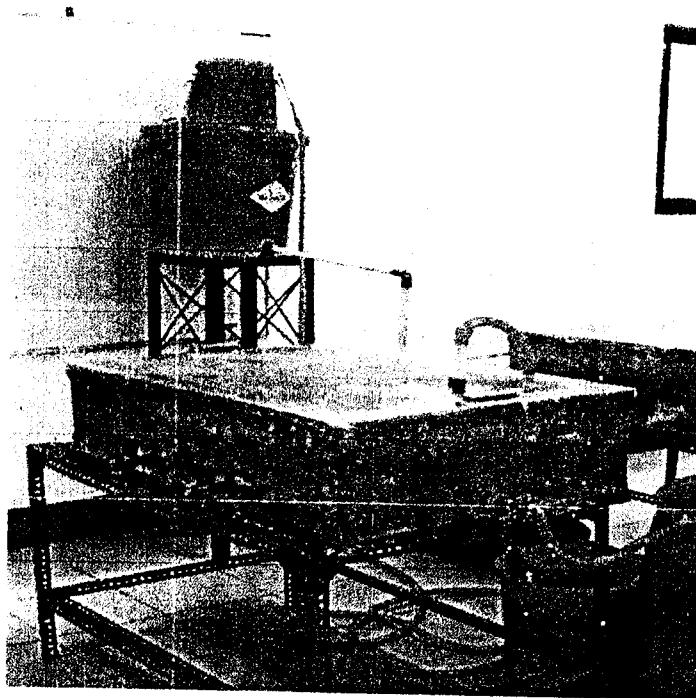
**LAMPIRAN 2**

**DOKUMENTASI**





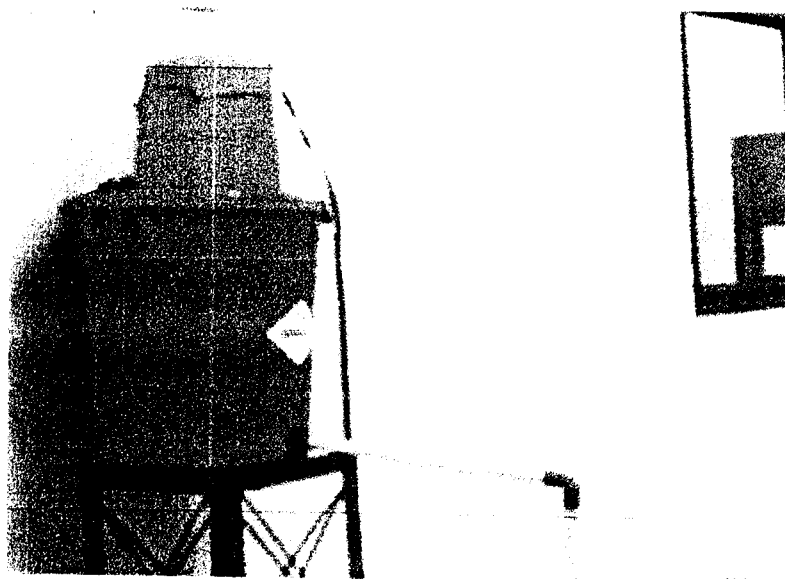
Gambar 6.1. Reaktor Penelitian



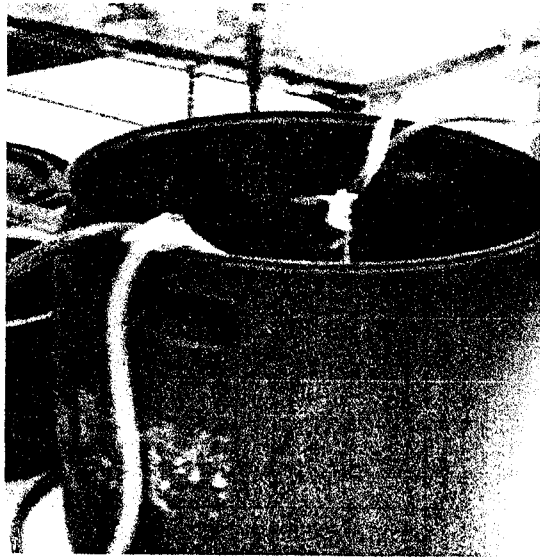
Gambar 6.2. Reaktor Anaerobik Roughing Filter Horizontal Flow



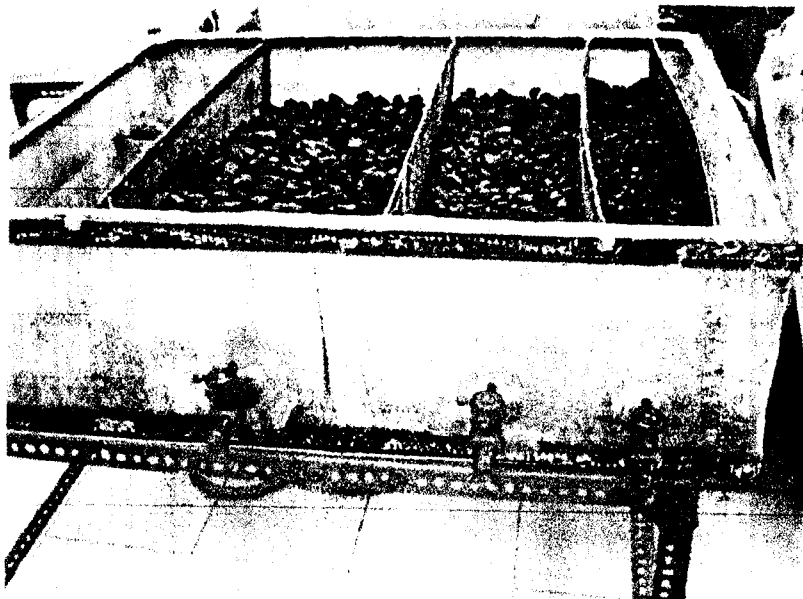
Gambar 6.3. Ember untuk Indikator Gelembung Udara



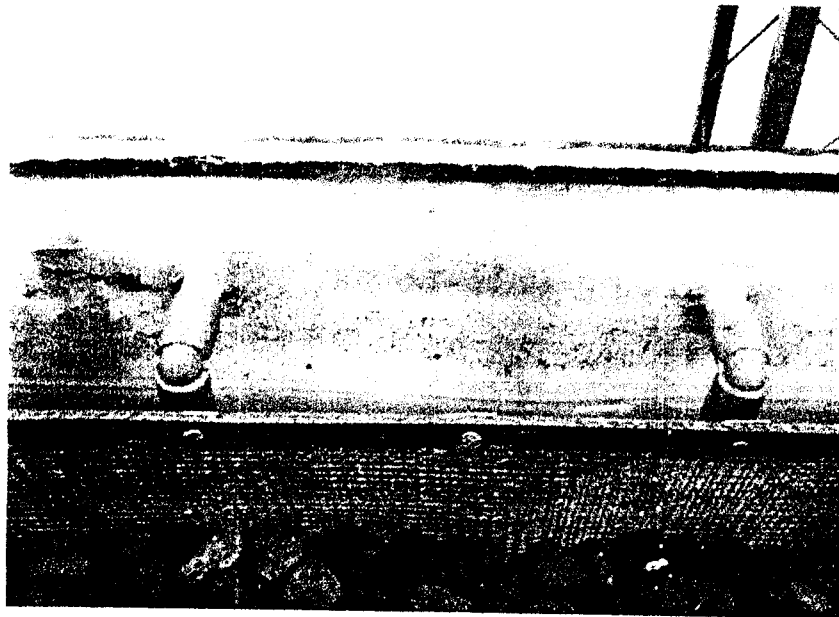
Gambar 6.4. Reservoir



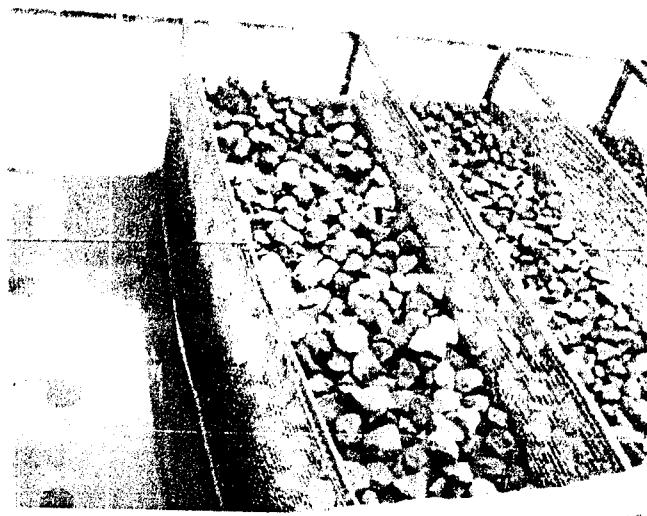
Gambar 6.5. Bak Penampung Air



Gambar 6.6. Kompartemen dan Titik Pengambilan Sampel



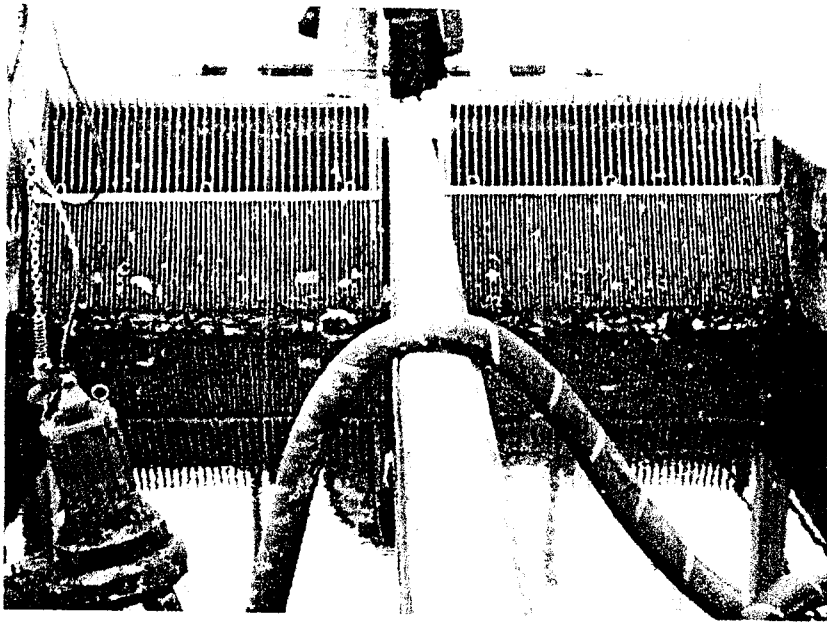
Gambar 6.7. Inlet



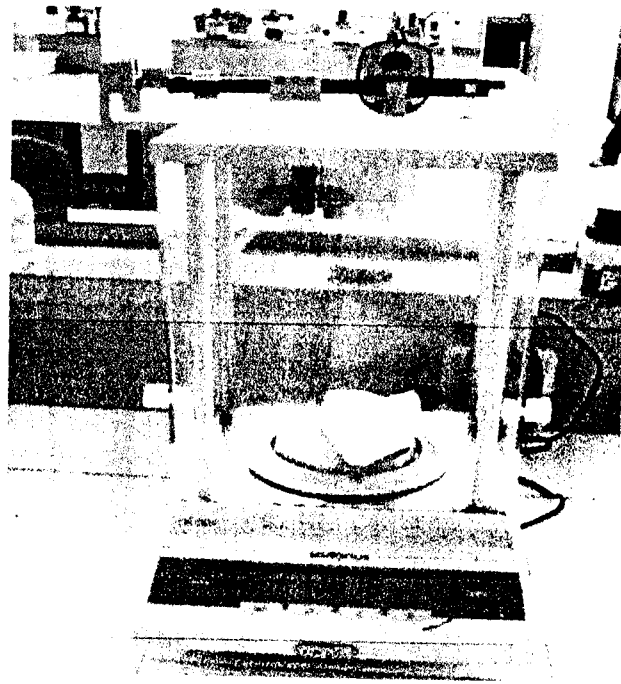
Gambar 6.8. Pipa Inlet dan Pengatur Debit



Gambar 6.9. Pengambilan Sampel di IPAL SEWON



Gambar 6.10. Grit Chamber



Gambar 6.11. Alat Pengukur Berat untuk Mengukur TSS



Gambar 6.12. Desikator

### LAMPIRAN III

Surat Keputusan Menteri Negara KLH

Nomor : KEP-03/MENKLH/II/1991

Tanggal : 1 Februari 1991

Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Yang Telah Beroperasi

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah			
			I	II	III	IV
	<b>FISIKA</b>					
	Temperatur	°C	35	38	40	45
	Zat padat terlarut	mg/L	1500	2000	4000	5000
	Zat padat tersuspensi	mg/l.	100	200	400	500
	<b>KIMIA:</b>					
	pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
	Besi terlarut	mg/L	1	5	10	20
	Mangan terlarut	mg/L	0,5	2	5	10
	Barium	mg/L	1	2	3	5
	Tembaga	mg/L	1	2	3	5
	Seng	mg/L	2	5	10	15
	Khrom hexavalen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Khrom total	mg/L	0,1	0,5	1	2
	Cadmium	mg/L	0,01	0,05	0,1	0,5
	Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,01
	Timbal	mg/L	0,03	0,1	1	2
	Stanum	mg/L	1	2	3	5
	Arsen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,5	1
	Nikel	mg/L	0,1	0,2	0,5	1
	Kobalt	mg/L	0,2	0,4	0,6	1
	Stanida	mg/L	0,02	0,05	0,5	1
	Sulfida	mg/l.	0,01	0,05	0,1	1
	Fluorida	mg/L	1,5	2	3	5
	Klorin bebas	mg/L	0,5	1	2	5
	Amoniak bebas	mg/L	0,02	1	5	20
	Nitrat	mg/L	10	20	30	50
	Nitrit	mg/L	0,06	1	3	5
	BOD <sub>5</sub>	mg/L	20	50	150	300
	COD	mg/L	40	100	300	600
	Senyawa aktif biru metilen	mg/l.	0,5	5	10	15
	Fenol	mg/L	0,01	0,5	1	2
	Minyak nabati	mg/L	1	5	10	20
	Minyak mineral	mg/L	1	10	50	100
	Radioaktivitas (**)					
	Pestisida, termasuk PCB(***)					

\*) kadar air limbah yang memenuhi persyaratan baku mutu air limbah tersebut tidak diperbolehkan dengan cara pengenceran yang airnya langsung diambil dari sumber air.  
Kadar bahan limbah tersebut adalah kadar maksimal yang diperbolehkan, kecuali pH yang meliputi juga kadar yang minimal.

\*\*\*) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.

\*\*\*\*) Limbah pestisida yang berasal dari industri yang memformulasi atau memproduksi dan dari konsumen yang mempergunakan untuk pertanian dan lain-lain tidak boleh menyebabkan pencemaran air yang mengganggu pemanfaatannya.

**LAMPIRAN 4**

**STANDART SK SNI AMONIUM**



STANDAR

SK SNI M-48-1990-03

39

METODE PENGUJIAN KADAR AMONIUM  
DALAM AIR DENGAN ALAT  
SPEKTROFOTOMETER SERAPAN NESSLER



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

## DAFTAR ISI

	halaman
I	
DESKRIPSI .....	1
1.1 Maksud dan Tujuan .....	1
1.1.1 Maksud .....	1
1.1.2 Tujuan .....	1
1.2 Ruang Lingkup .....	1
1.3 Pengertian .....	1
II	
CARA PELAKSANAAN .....	2
2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji .....	2
2.1.1 Peralatan .....	2
2.1.2 Bahan Penunjang Uji .....	2
2.2 Persiapan Benda Uji .....	2
2.3 Persiapan Pengujian .....	3
2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Amonium, $\text{NH}_4\text{N}$ .....	3
2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Amonium, $\text{NH}_4\text{N}$ .....	3
2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	3
2.4 Cara Uji .....	4
2.5 Perhitungan .....	4
2.6 Pelaporan .....	4

## I. DESKRIPSI

## 1.1 Maksud dan Tujuan

## 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar amonium,  $\text{NH}_4$  dalam air.

## 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar amonium dalam air.

## 1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian kadar amonium yang terdapat dalam air antara 0,02-5,00 mg/L  $\text{NH}_4\text{-N}$ ;
- 2) penggunaan metode Nessler dengan alat spektrofotometer pada kisaran panjang gelombang 400-500 nm.

## 1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan masuk yang biasanya merupakan garis lurus;
- 2) larutan induk adalah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah;
- 3) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembanding dalam pengujian.

## II. CARA PELAKSANAAN

### 2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

#### 2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) spektrofotometer sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190-900 nm dan lebar celah 0,2-2,0 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) pH meter yang mempunyai kisaran pH 0-14, dengan ketelitian 0,1 dan telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 3) alat penyuling yang terbuat dari gelas borosilikat dengan kapasitas labu 500 mL dan dilengkapi dengan alat pengatur suhu;
- 4) pipet mikro 100, 250, 500 dan 1000  $\mu$ L;
- 5) labu ukur 500 dan 1000 mL;
- 6) gelas ukur 100 mL;
- 7) pipet ukur 10 mL;
- 8) labu erlenmeyer 100 dan 250 mL;
- 9) gelas piala 100 mL.

#### 2.1.2 Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) amonium klorida,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;
- 2) larutan Nessler;
- 3) larutan penyangga borat;
- 4) larutan natrium hidroksida,  $\text{NaOH}$ , 6N;
- 5) larutan asam sulfat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 1N;
- 6) larutan asam borat, 2%;
- 7) kertas lakmus yang mempunyai kisaran pH 0-14.

#### 2.2 Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air SK SNI M-02-1989-F;

- 2) ukur 300 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam labu penyuling 500 mL;
- 3) tambahkan 25 mL larutan penyangga borat serta beberapa butir batu didih;
- 4) tepatkan pH menjadi 9,5 dengan penambahan larutan natrium hidroksida 6N, menggunakan alat pH meter;
- 5) hidupkan alat penyuling dan atur kecepatan penyulingan 6-10 mL/menit;
- 6) tampung air sulingan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL yang telah diisi 30 mL larutan asam borat sebanyak 120 mL atau sampai tidak mengandung amonia yang dapat diketahui dengan kertas lakmus;
- 7) encerkan menjadi 300 mL dengan penambahan air suling;
- 8) benda uji siap diuji.

### 2.3 Persiapan Pengujian

#### 2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Amonium, $\text{NH}_4\text{-N}$

Buat larutan induk 1000 mg/L  $\text{NH}_4\text{-N}$  dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) larutkan 3,819 g amonium klorida,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , yang telah dikeringkan pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 2 jam dengan 100 mL air suling di dalam labu ukur 1000 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

#### 2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Amonium, $\text{NH}_4\text{-N}$

Buat larutan baku amonium dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 0, 250, 500, 1000 dan 2500  $\mu\text{L}$  larutan induk amonium dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar amonium-N sebesar 0,0; 0,5; 1,0; 2,5 dan 5,0 mg/L  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

#### 2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar amonium;
- 2) ukur 50 mL larutan baku secara duplo dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL;
- 3) tambahkan 1 mL larutan Nessler, kocok dan biarkan proses reaksi berlangsung paling sedikit selama 10 menit;

- 4) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer baca dan catat serapan-masuknya;
- 5) apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi tahapan 2) sampai dengan 4), apabila perbedaannya lebih kecil atau sama dengan 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 6) buat kurva kalibrasi berdasarkan data tahap 4) di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

#### 2.4 Cara Uji

Uji kadar amonium-N dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) ukur 50 mL benda uji dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL;
- 2) tambahkan 1 mL larutan Nessler, kocok dan biarkan proses reaksi berlangsung paling sedikit selama 10 menit;
- 3) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan-masuknya.

#### 2.5 Perhitungan

Hitung kadar amonium-N dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan garis lurusnya dan perhatikan hal-hal berikut:

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 2) apabila hasil perhitungan kadar amonium-N lebih besar dari 5,00 mg/L, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

#### 2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaun;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) data kurva kalibrasi;
- 6) nomor contoh uji;
- 7) lokasi pengambilan contoh uji;
- 8) waktu pengambilan contoh uji;

- 9) pembacaan serapan masuk pertama dan kedua;
- 10) kadar dalam benda uji.

# STANDAR

SK SNI M-49-1990-03

## 47

METODE PENGUJIAN KADAR  
NITRAT DALAM AIR DENGAN ALAT  
SPEKTROFOTOMETER SECARA BRUSIN SULFAT



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM



DAFTAR RUJUKAN.

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1975 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14<sup>th</sup> Edition, APHA, Washington D.C.
2. Depatemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

METODE PENGAMBILAN CONTOH

UJI KUALITAS AIR DALAM AIR

DI PERUMBAH DAN PERUMBAHAN

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

" Hak Cipta dilindungi Undang-Undang "

## DAFTAR ISI

	halaman
I	DESKRIPSI ..... 1
1.1	Maksud dan Tujuan ..... 1
1.1.1	Maksud ..... 1
1.1.2	Tujuan ..... 1
1.2	Ruang Lingkup ..... 1
1.3	Pengertian ..... 1
II	CARA PELAKSANAAN ..... 2
2.1	Peralatan dan Bahan Penunjang Uji ..... 2
2.1.1	Peralatan ..... 2
2.1.2	Bahan Penunjang Uji ..... 2
2.2	Persiapan Benda Uji ..... 2
2.3	Persiapan Pengujian ..... 3
2.3.1	Pembuatan Larutan Induk Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$ ..... 3
2.3.2	Pembuatan Larutan Baku Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$ ..... 3
2.3.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi ..... 3
2.4	Cara Uji ..... 4
2.5	Perhitungan ..... 4
2.6	Pelaporan ..... 4

## I. DESKRIPSI

### 1.1 Maksud dan Tujuan

#### 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar nitrat,  $\text{NO}_3$  dalam air.

#### 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar nitrat dalam air.

### 1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian kadar nitrat yang terdapat dalam air antara 0,1-2,0 mg/L  $\text{NO}_3\text{-N}$ ;
- 2) penggunaan metode brusin dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

### 1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan masuk yang biasanya merupakan garis lurus;
- 2) larutan induk adalah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah;
- 3) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembandingan dalam pengujian.

## II. CARA PELAKSANAAN

### 2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

#### 2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) spektrofotometer sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190-900 nm dan lebar celah 0,2-2,0 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- 3) pipet mikro 250, 500 dan 1000  $\mu$ L;
- 4) labu ukur 100 dan 1000 mL;
- 5) gelas ukur 100 mL;
- 6) pipet ukur 10 mL;
- 7) labu erlenmeyer 50 mL;
- 8) gelas piala 100 dan 1000 mL.

#### 2.1.2 Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) serbuk kalium nitrat,  $KNO_3$ ;
- 2) larutan natrium arsenit,  $NaAsO_2$ , 0,5%;
- 3) larutan campuran brusin dan asam sulfanilat,
- 4) asam klorida pekat, HCl;
- 5) asam sulfat pekat,  $H_2SO_4$ ;
- 6) natrium klorida, NaCl, 30%;
- 7) air suling atau air demineralisasi yang mempunyai DHL 0,5-2,0  $\mu$ mhos/cm.

### 2.2 Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M- 02-1989-F;
- 2) ukur 50 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL;

- 3) apabila mengandung sisa klor sampai 2,0 mg/L  $\text{Cl}_2$ , tambahkan 0,05 mL larutan natrium arsenit ke dalam 50 mL contoh uji;
- 4) apabila mengandung nitrit sampai 0,50 mg/L  $\text{NO}_2\text{-N}$ , tambahkan 1 mL asam sulfanilat ke dalam 50 mL contoh uji;
- 5) benda uji siap diuji.

## 2.3 Persiapan Pengujian

### 2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$

Buat larutan induk nitrat 100 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) larutkan 721,8 mg kalium nitrat,  $\text{KNO}_3$ , dengan 100 mL air suling di dalam labu ukur 1000 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

### 2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$

Buat larutan baku nitrat dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 0,00; 0,25; 0,50; 1,00 dan 2,00 mL larutan induk nitrat dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar nitrat-N 0,00; 0,25; 0,50; 1,00 dan 2,00 mg/L.

### 2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar nitrat;
- 2) pipet 10 mL larutan baku secara duplo kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL;
- 3) tambahkan 2 mL larutan  $\text{NaCl}$  dan 10 mL larutan asam sulfat, aduk perlahan-lahan dan biarkan sampai dingin;
- 4) tambahkan 0,50 mL larutan campuran brusin-asam sulfanilat, aduk perlahan-lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi  $95^\circ\text{C}$  selama 20 menit kemudian dinginkan;
- 5) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan-masuknya;
- 6) apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi tahapan 2) sampai 5), apabila perbedaannya lebih kecil atau sama dengan 2%, rata-ratakan hasilnya;

- 7) buat kurva kalibrasi berdasarkan data langkah 5) di atas atau tentukan persamaan garis lurus nya.

#### 2.4 Cara Uji

Uji kadar nitrat-N dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 10 mL benda uji kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL;
- 2) tambahkan 2 mL larutan NaCl dan 10 mL larutan asam sulfat, aduk perlahan-lahan dan biarkan sampai dingin;
- 3) tambahkan 0,50 mL larutan campuran brusin-asam sulfanilat, aduk perlahan-lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi  $95^{\circ}\text{C}$  selama 20 menit kemudian dinginkan;
- 4) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan-masuknya.

#### 2.5 Perhitungan

Hitung kadar nitrat-N dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan garis lurus nya dan perhatikan hal-hal berikut:

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 2) apabila hasil perhitungan kadar nitrat-N lebih besar dari 2,00 mg/L, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

#### 2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) data kurva kalibrasi;
- 6) nomor contoh uji;
- 7) lokasi pengambilan contoh uji;
- 8) waktu pengambilan contoh uji;
- 9) pembacaan serapan masuk pertama dan kedua;
- 10) kadar dalam benda uji.

## **LAMPIRAN 6**

### **STANDART SK SNI TSS**

STANDAR

1997  
SK SNI M-03-1990-F

2

METODE PENGUJIAN  
KUALITAS FISIKA AIR



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM



## I. DESKRIPSI

### 1.1 Maksud dan Tujuan

#### 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian kualitas fisika air di lapangan dan laboratorium.

#### 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh hasil uji sifat fisika air.

### 1.2 Ruang Lingkup

Metode ini memuat pengertian kualitas fisika air, persyaratan pengujian sifat fisika air dan cara pengujian kualitas fisika air yang meliputi: prinsip kerja, bahan, peralatan, cara kerja dan perhitungan hasil uji.

### 1.3 Pengertian

Kualitas fisika air yang dimaksud adalah sifat fisika air seperti :

- 1) suhu air ialah derajat panas air yang dinyatakan dalam satuan panas derajat Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ );
- 2) warna ialah warna nyata dari air yang dapat disebabkan oleh adanya ion metal (besi dan mangan), humus, plankton, tumbuhan air dan limbah industri, yang tidak menggunakan zat warna tertentu setelah dihilangkan kekeruhannya, yang dinyatakan dalam satuan warna skala Pt Co;
- 3) kekeruhan ialah sifat optik dari suatu larutan, yang menyebabkan cahaya yang melaluinya terabsorpsi dan terbias dihitung dalam satuan  $\text{mg/L SiO}_2$  atau Unit Kekeruhan Nephelometri (UKN);
- 4) kejernihan ialah dalamnya lapisan air yang dapat ditembus oleh sinar matahari yang dinyatakan dalam satuan cm;
- 5) residu total ialah residu yang tersisa setelah penguapan contoh dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu tertentu secara merata dan dinyatakan dalam satuan  $\text{mg/L}$ ;
- 6) residu tersuspensi ialah berat zat padat dalam air yang tertahan pada penyaring dengan kertas saring yang berpori sebesar  $0,45 \mu\text{m}$  dan dikeringkan pada suhu tertentu secara merata yang dinyatakan dalam satuan  $\text{mg/L}$ ;
- 7) residu terlarut ialah berat zat padat yang dapat lolos melalui saringan yang berpori sebesar  $0,45 \mu\text{m}$  dan dikeringkan pada suhu tertentu

- secara merata, dan dinyatakan dalam satuan mg/L;
- 8) residu total terurai ialah bagian berat dari residu total yang terurai menjadi gas pada pemanasan dengan suhu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/L;
  - 9) residu tersuspensi terurai ialah bagian berat dari residu tersuspensi yang terurai menjadi gas pada pemanasan dengan suhu tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/L;
  - 10) residu terikat ialah bagian berat residu total atau residu tersuspensi yang tidak terurai (tetap) setelah dipanaskan pada suhu tertentu, yang dinyatakan dalam mg/L;
  - 11) residu mengendap ialah zat padat yang dapat mengendap dalam waktu tertentu, yang dinyatakan dalam mg/L atau mL/L;
  - 12) derajat keasaman (pH) ialah logaritma negatif dari aktifitas ion hidrogen dalam suatu larutan;
  - 13) Daya Hantar Listrik (DHL) ialah kemampuan dari larutan untuk menghantarkan arus listrik yang dinyatakan dalam  $\mu\text{hos/cm}$ , kemampuan tersebut antara lain tergantung pada kadar zat terlarut yang mengion di dalam air, pergerakan ion, valensi dan suhu;
  - 14) salinitas/kegaraman merupakan residu terlarut dalam air, apabila semua bromida dan iodida dianggap sebagai klorida;
  - 15) klorositi ialah kadar klor dalam satuan g/L yang digunakan pada perhitungan salinitas;
  - 16) larutan induk ialah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah, biasanya larutan induk dapat disimpan lama dengan waktu tertentu tanpa perubahan kadar;
  - 17) larutan baku ialah larutan yang langsung digunakan sebagai pembanding dalam pemeriksaan.

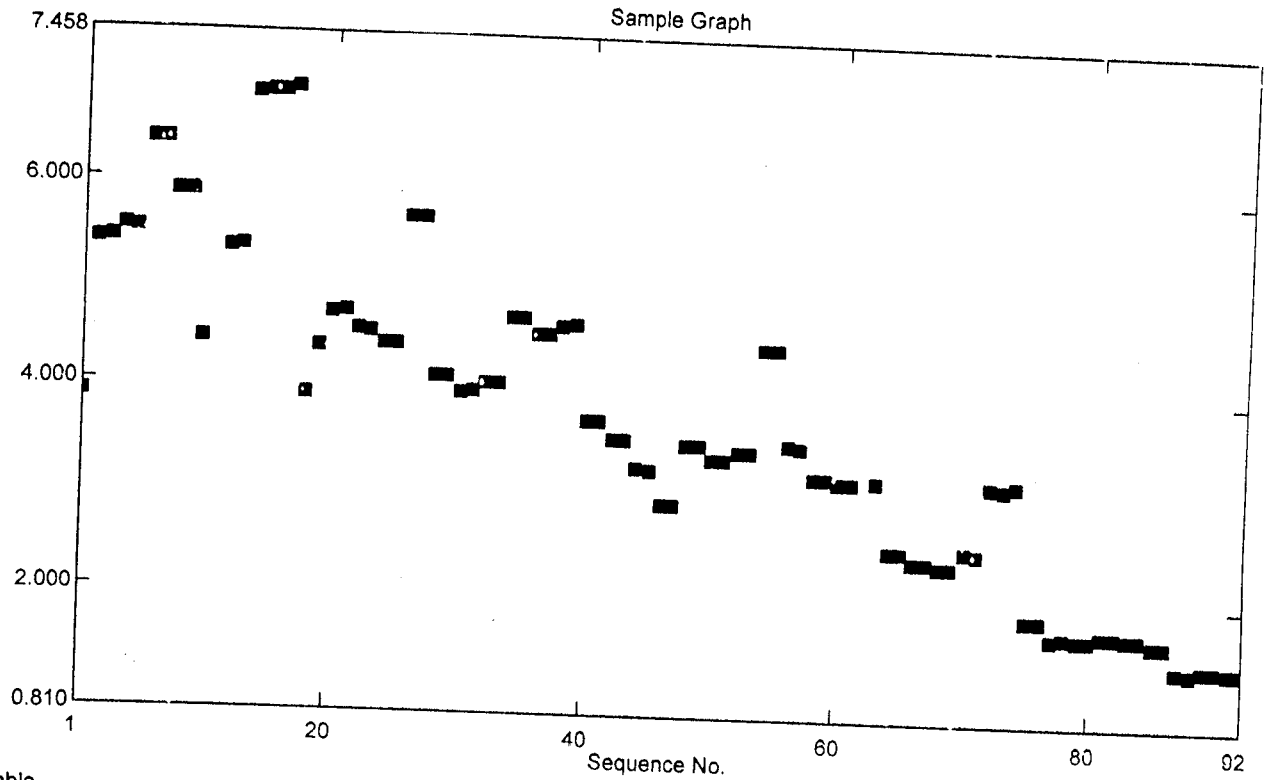
## LAMPIRAN 7

### STANDART TABLE REPORT AMONIUM

# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



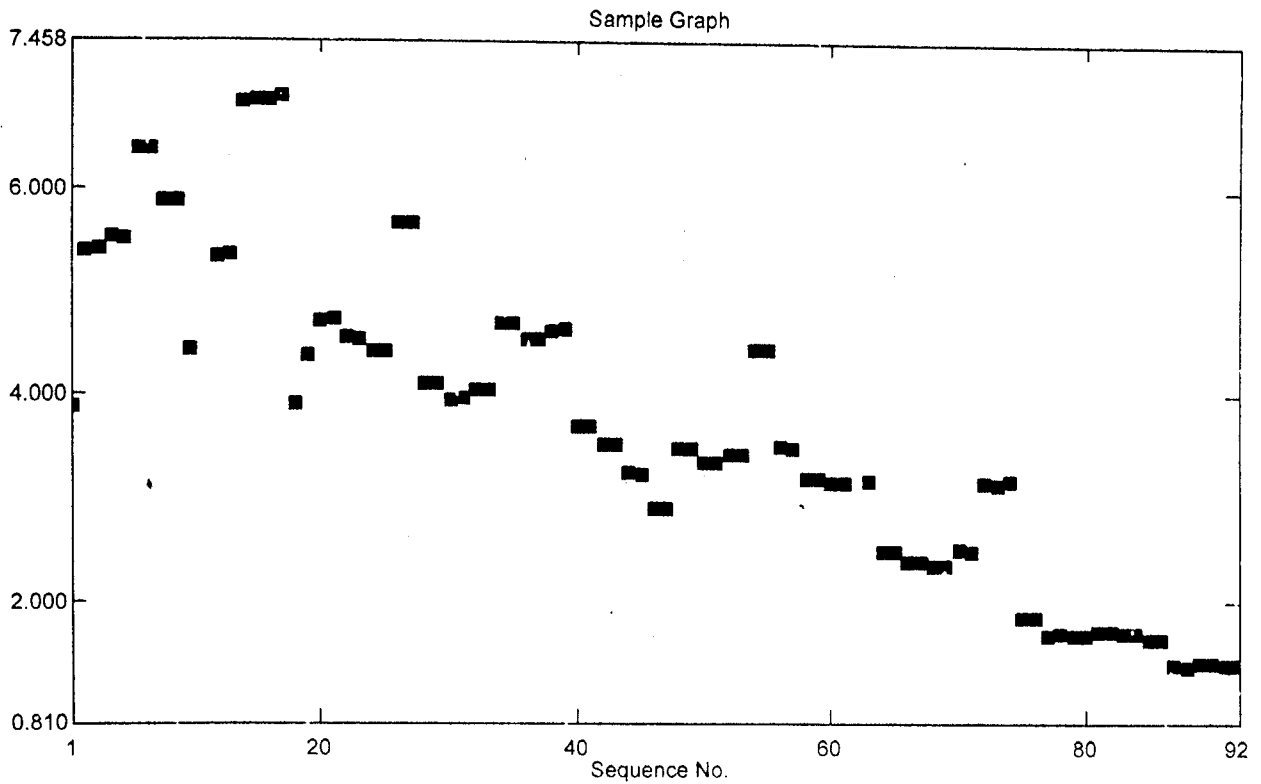
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
inlet 1	Unknown		3.887	0.634	
K1 DR 1	Unknown		5.393	0.883	
K1 DR 2	Unknown		5.403	0.885	
K2 DR 1	Unknown		5.528	0.906	
K2 Dr 2	Unknown		5.517	0.904	
K3 DR 1	Unknown		6.382	1.047	
K3 DR 2	Unknown		6.393	1.049	
Outlet DR 1	Unknown		5.886	0.965	
Outlet DR 2	Unknown		5.886	0.965	
K1 OR 1	Unknown		4.446	0.727	
K1 OR 2	Unknown	✓	5.819	0.954	
K2 OR 1	Unknown		5.340	0.875	
K2 OR 2	Unknown		5.352	0.877	
K3 OR 1	Unknown		6.848	1.124	
K3 OR 2	Unknown		6.865	1.127	
Outlet OR 1	Unknown		6.879	1.129	
Outlet OR 2	Unknown		6.904	1.134	
inlet 2	Unknown		3.917	0.639	

# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11 PM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



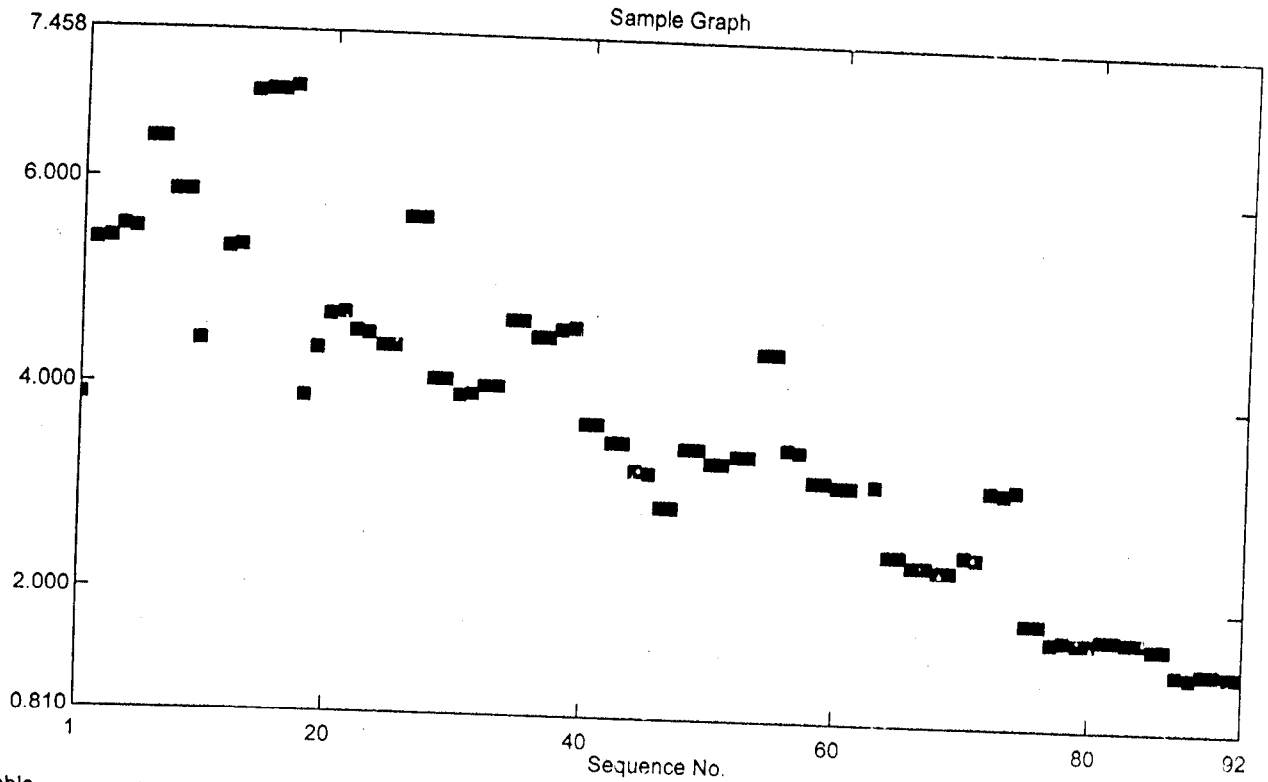
9 Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
K1 OR	Unknown		4.373	0.715	
inlet 1 4	Unknown		4.709	0.770	
inlet 2 4	Unknown		4.725	0.773	
K I DR 1 4	Unknown		4.549	0.744	
K I DR 2 4	Unknown		4.540	0.742	
K II DR 1 4	Unknown		4.413	0.721	
K II DR 2 4	Unknown		4.411	0.721	
K III DR 1 4	Unknown		5.657	0.927	
K III DR 2 4	Unknown		5.663	0.928	
outlet DR 1 4	Unknown		4.109	0.671	
Outlet DR 2 4	Unknown		4.107	0.671	
K I OR 1 4	Unknown		3.953	0.645	
K I OR 2 4	Unknown		3.968	0.648	
K II OR 1 4	Unknown		4.044	0.660	
K II OR 2 4	Unknown		4.047	0.661	
K III OR 1 4	Unknown		4.691	0.767	
K III OR 2 4	Unknown		4.693	0.768	
Outlet OR 1 4	Unknown		4.530	0.741	

# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



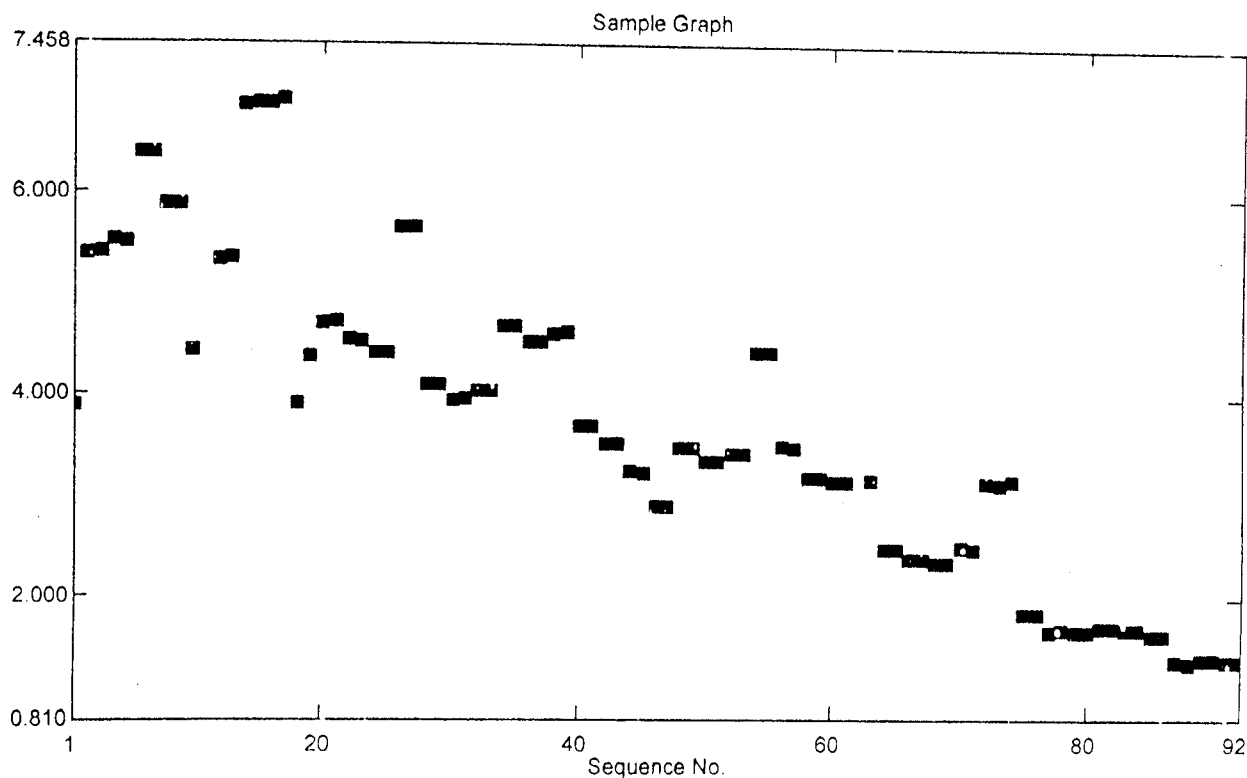
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
Outlet OR 2 4	Unknown		4.525	0.740	
in 1 8	Unknown		4.606	0.753	
in 2 8	Unknown		4.632	0.757	
K I dR 1 8	Unknown		3.688	0.601	
K I dR 2 8	Unknown		3.686	0.601	
K II dR 1 8	Unknown		3.513	0.572	
K II dR 2 8	Unknown		3.513	0.572	
K III dR 1 8	Unknown		3.242	0.527	
K II dRI 2 8	Unknown		3.234	0.526	
Out dR 1 8	Unknown		2.892	0.469	
Out dR 2 8	Unknown		2.894	0.470	
K I OR 1 8	Unknown		3.476	0.566	
K I OR 2 8	Unknown		3.473	0.566	
K II OR 1 8	Unknown		3.348	0.545	
K II OR 2 8	Unknown		3.342	0.544	
K III OR 1 8	Unknown		3.425	0.558	
K III OR 2 8	Unknown		3.422	0.557	
Out OR 1 8	Unknown		4.433	0.725	

# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11 PM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



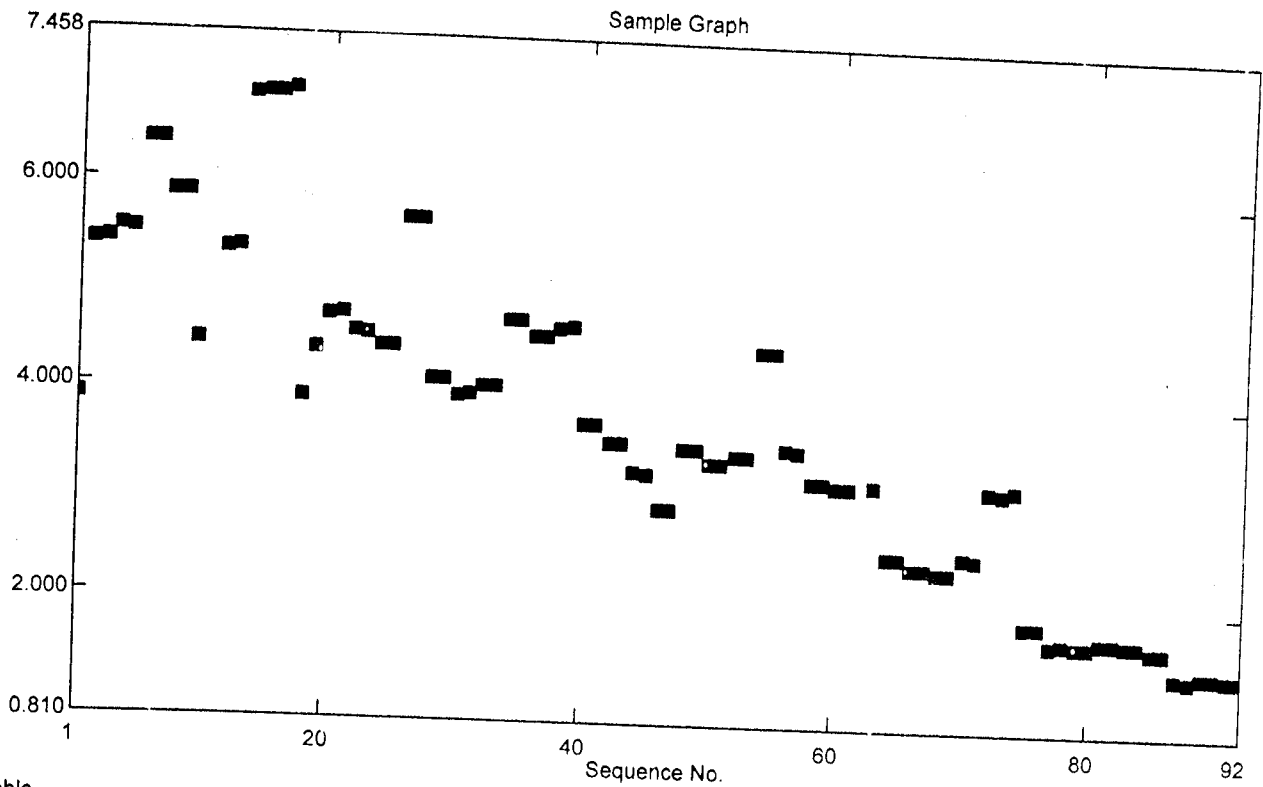
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
Out OR 2 8	Unknown		4.439	0.725	
Inlet 1 12	Unknown		3.495	0.569	
inlet 2 12	Unknown		3.486	0.568	
K I dR 1 12	Unknown		3.187	0.518	
K I dR 2 12	Unknown		3.191	0.519	
K II dR 1 12	Unknown		3.157	0.513	
K II dR 2 12	Unknown		3.153	0.513	
K III dR 1 12	Unknown	✓	3.156	0.513	
K III dR 2 12	Unknown		3.177	0.517	
Out dR 1 12	Unknown		2.491	0.403	
Out dR 2 12	Unknown		2.496	0.404	
K I OR 1 12	Unknown		2.398	0.388	
K I OR 2 12	Unknown		2.398	0.388	
K II OR 1 12	Unknown		2.343	0.379	
K II OR 2 12	Unknown		2.341	0.378	
K III OR 1 12	Unknown		2.501	0.405	
K III OR 2 12	Unknown		2.496	0.404	
Out OR 1 12	Unknown		3.140	0.510	

# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



Table

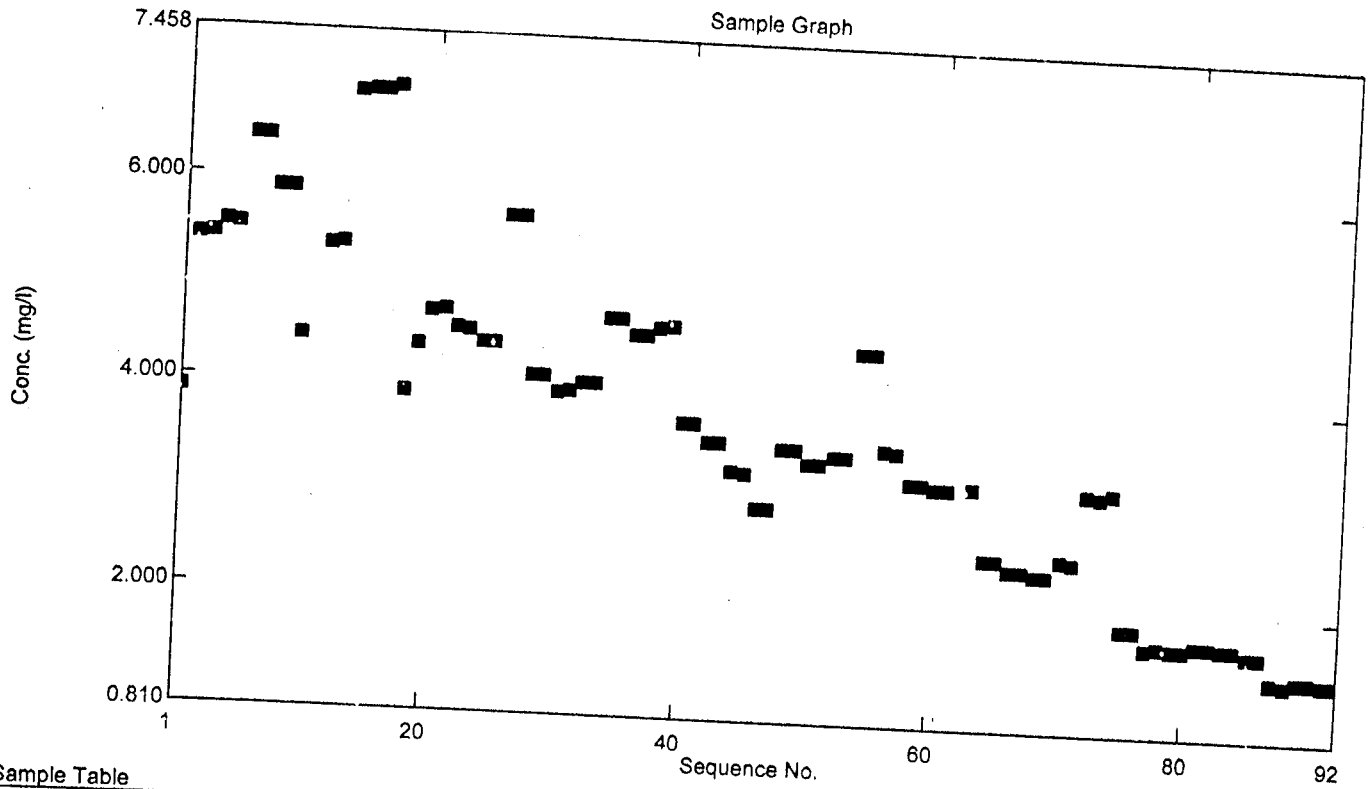
Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
Out OR 2 12	Unknown		3.139	0.510	
K III dR 3 12	Unknown		3.163	0.514	
Inlet A 16	Unknown		1.845	0.296	
Inlet B 16	Unknown		1.850	0.297	
K 1 A DR 16	Unknown		1.676	0.268	
K 1 B DR 16	Unknown		1.683	0.269	
K 2 A DR 16	Unknown		1.668	0.267	
K 2 B Dr 16	Unknown		1.665	0.266	
K 3 A DR 16	Unknown		1.712	0.274	
K3 B DR 16	Unknown		1.711	0.274	
Outlet A DR 16	Unknown		1.683	0.269	
Outlet B DR 16	Unknown		1.679	0.269	
K 1 A OR 16	Unknown		1.631	0.261	
K 1 B OR 16	Unknown		1.632	0.261	
K 2 A CR 16	Unknown		1.369	0.217	
K 2 B OR 16	Unknown		1.364	0.216	
K 3 A OR 16	Unknown		1.393	0.221	
K 3 B OR 16	Unknown		1.394	0.221	



# Sample Table Report

12/26/2005 11:52:11

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Comments
91	Outlet A OR 16	Unknown		1.376	0.219	
92	Outlet B OR 16	Unknown		1.378	0.219	
93						

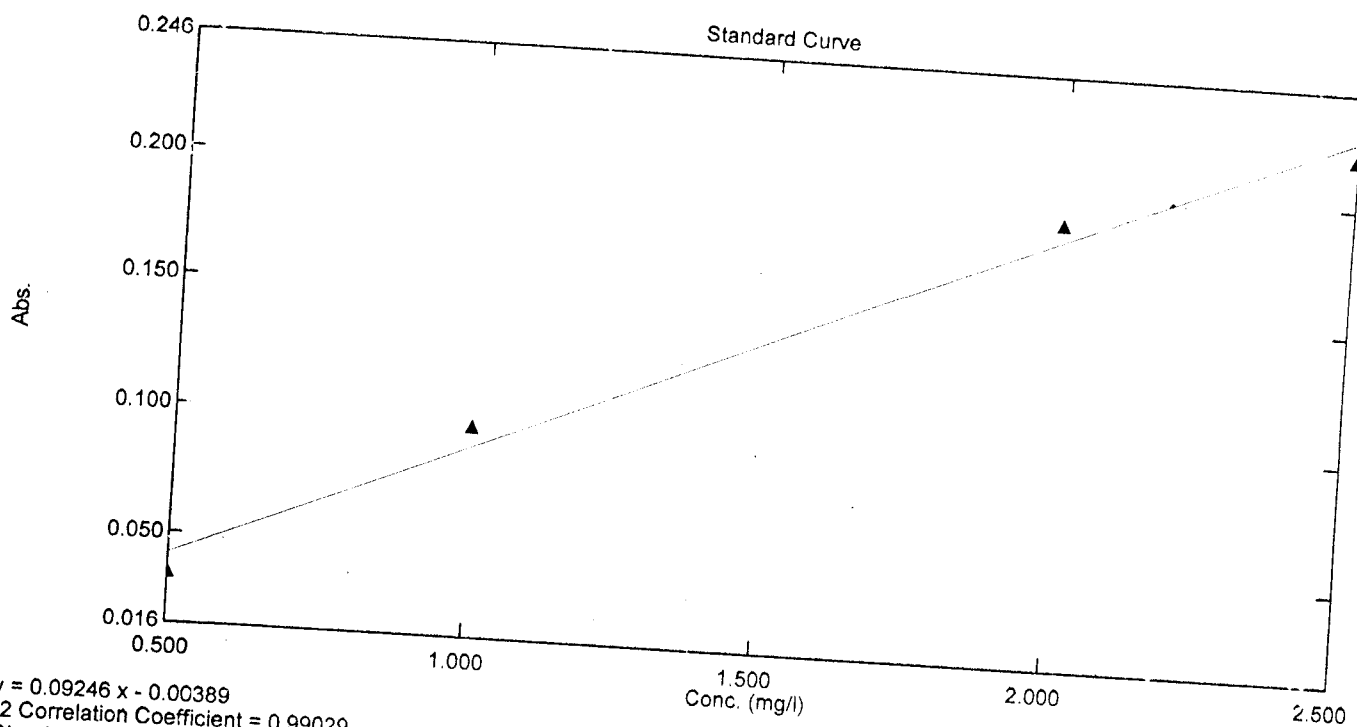
## **LAMPIRAN 8**

### **STANDART TABLE REPORT NITRAT**

# Standard Table Report

12/07/2005 00:34:15

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



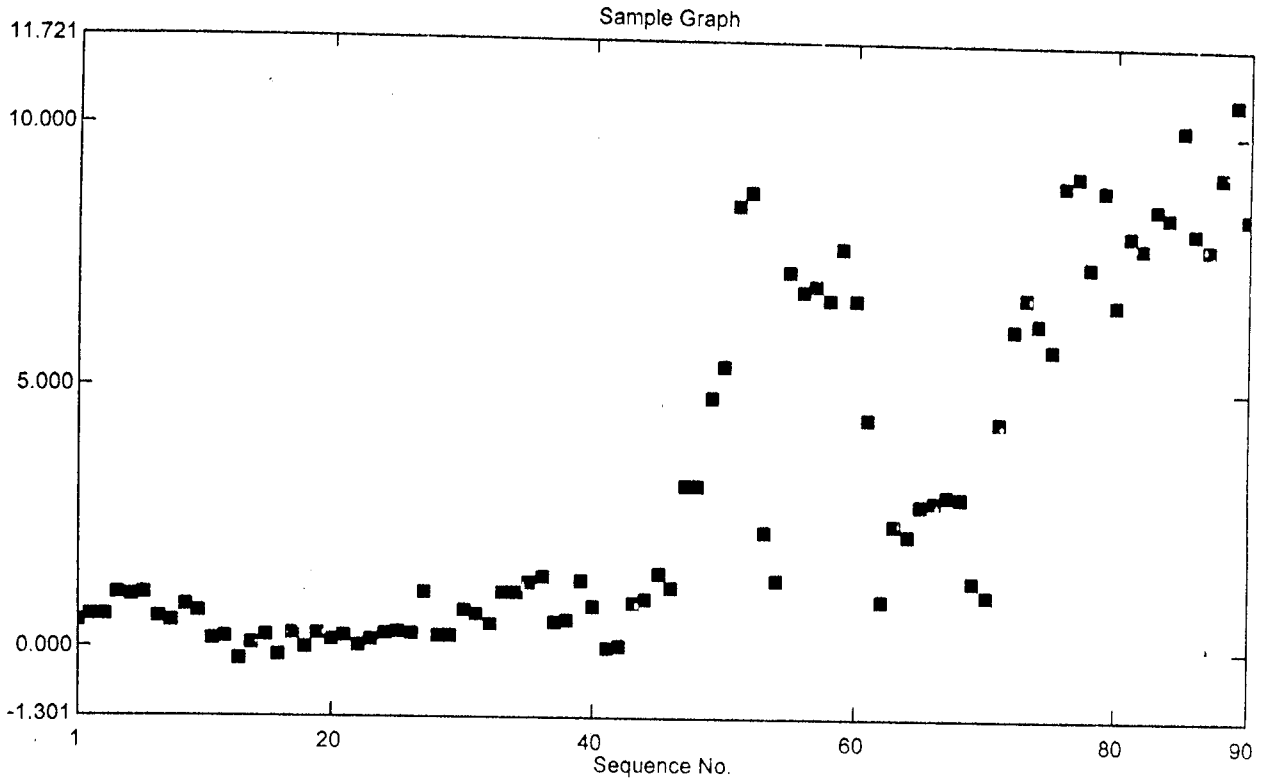
Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Wgt.Factor	Comments
1	Standar 1	Standard		0.500	0.035	1.000	
2	Standar 2	Standard		1.000	0.096	1.000	
3	Standar 3	Standard	✓	1.500	0.124	1.000	
4	Standar 4	Standard		2.000	0.188	1.000	
5	Standar 5	Standard		2.500	0.220	1.000	
6							

# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



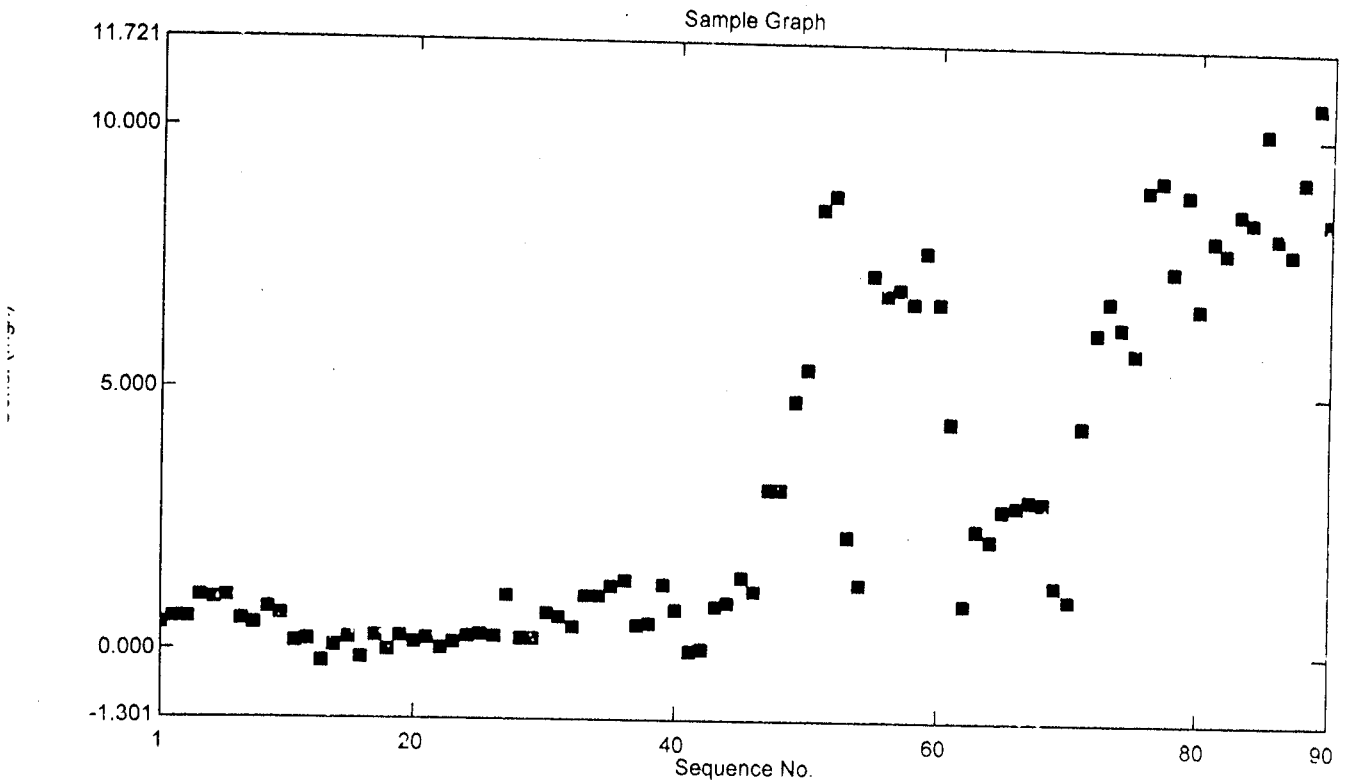
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL.410.0	Comments
	inlet 1	Unknown		0.504	0.043	
	inlet 2	Unknown		0.598	0.051	
	K I DR1	Unknown		0.608	0.052	
	K I DR2	Unknown		1.023	0.091	
	K II DR1	Unknown		0.979	0.087	
	K II DR2	Unknown		1.010	0.089	
	K III DR1	Unknown		0.579	0.050	
	K III DR2	Unknown		0.492	0.042	
	OUTLET DR	Unknown		0.816	0.072	
0	OUTLET DR	Unknown		0.701	0.061	
1	K I OR1	Unknown		0.164	0.011	
2	K I OR2	Unknown		0.193	0.014	
3	K II OR1	Unknown		-0.215	-0.024	
4	K II OR2	Unknown		0.078	0.003	
5	K III OR1	Unknown		0.212	0.016	
6	K III OR2	Unknown		-0.169	-0.020	
7	OUT OR1	Unknown		0.273	0.021	
8	OUT OR2	Unknown		-0.002	-0.004	

# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



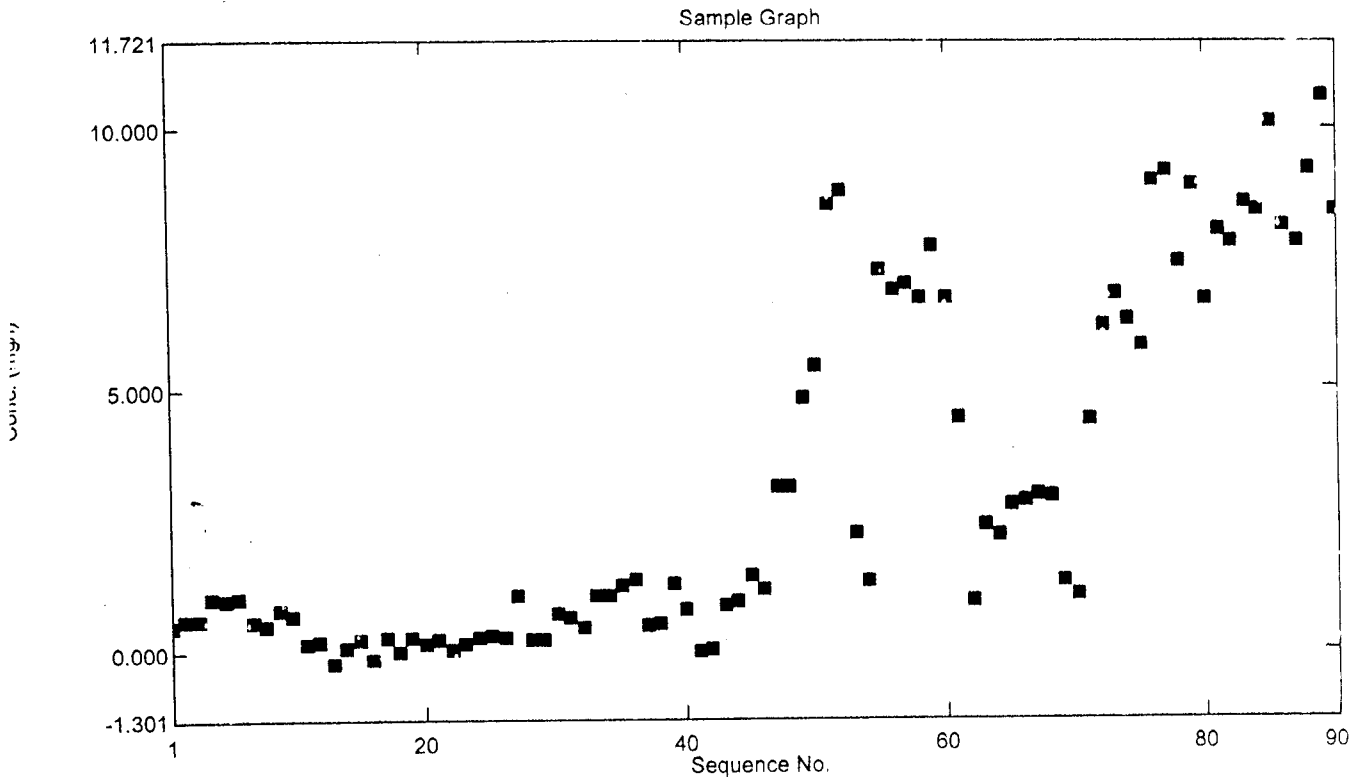
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
9	Inlet 14	Unknown		0.267	0.021	
0	Inlet 2 4	Unknown		0.146	0.010	
1	K I DR 1 4	Unknown		0.226	0.017	
2	K I DR 2 4	Unknown		0.025	-0.002	
3	K II DR 1 4	Unknown		0.134	0.009	
4	K II DR 2 4	Unknown		0.265	0.021	
5	K III DR 1 4	Unknown		0.285	0.022	
6	K III DR 2 4	Unknown		0.264	0.021	
7	Out DR 1 4	Unknown		1.059	0.094	
8	Out DR 2 4	Unknown		0.239	0.018	
9	K I OR 1 4	Unknown		0.232	0.018	
0	K I OR 2 4	Unknown		0.718	0.063	
1	K II OR 1 4	Unknown		0.648	0.056	
2	K II OR 2 4	Unknown		0.441	0.037	
3	K III OR 1 4	Unknown		1.059	0.094	
4	K III OR 2 4	Unknown		1.073	0.095	
5	Out OR 1 4	Unknown		1.275	0.114	
6	Out OR 2 4	Unknown		1.385	0.124	

# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



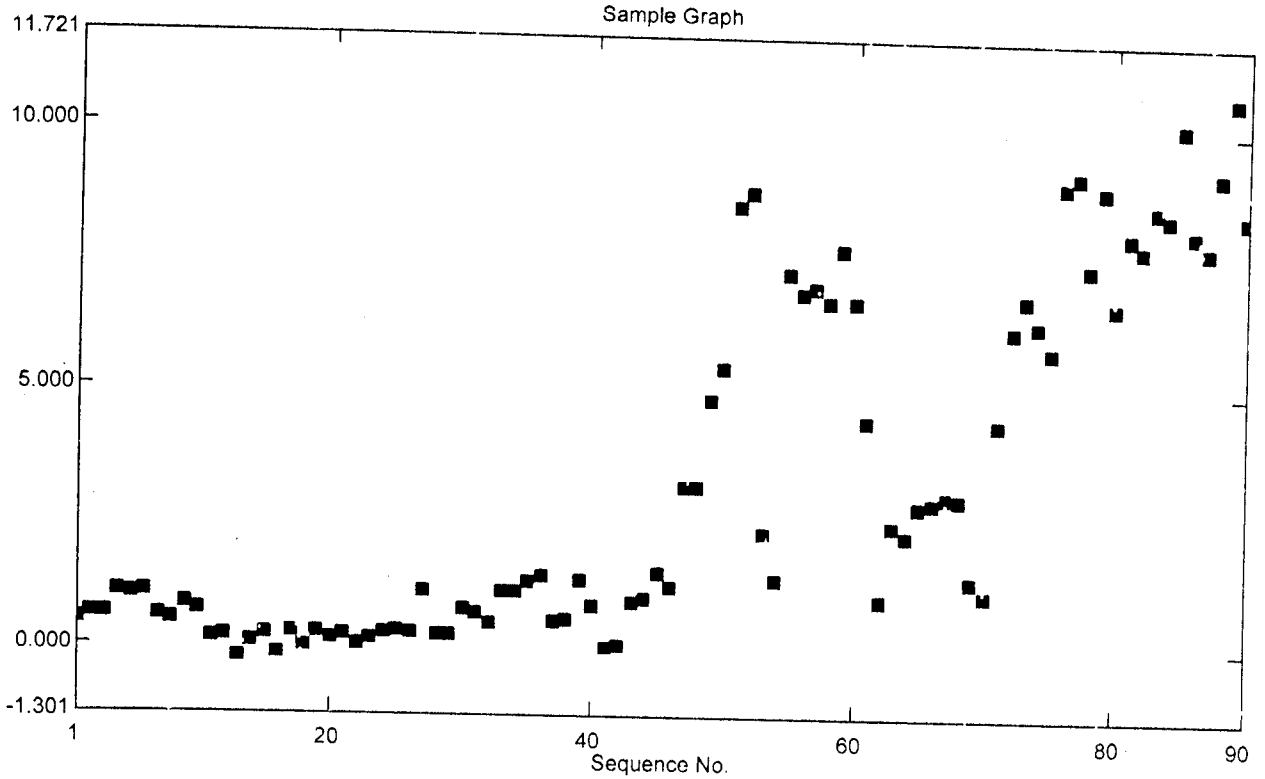
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
37	In 1 8	Unknown		0.502	0.042	
38	In 2 8	Unknown		0.529	0.045	
39	K I DR 1 8	Unknown		1.283	0.115	
40	K I DR 2 8	Unknown		0.800	0.070	
41	K II DR 1 8	Unknown		0.001	-0.004	
42	K II DR 2 8	Unknown		0.017	-0.002	
43	K III DR 1 8	Unknown		0.886	0.078	
44	K III DR 2 8	Unknown		0.943	0.083	
45	Outlet DR 1 8	Unknown		1.457	0.131	
46	Outlet DR 2 8	Unknown		1.181	0.105	
47	K I OR 1 8	Unknown		3.125	0.285	
48	K I OR 2 8	Unknown		3.125	0.285	
49	K II OR 1 8	Unknown		4.798	0.440	
50	K II OR 2 8	Unknown		5.434	0.499	
51	K III OR 1 8	Unknown		8.504	0.782	
52	K III OR 2 8	Unknown		8.763	0.806	
53	Outlet OR 1 8	Unknown		2.234	0.203	
54	Outlet OR 2 8	Unknown		1.317	0.118	

# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



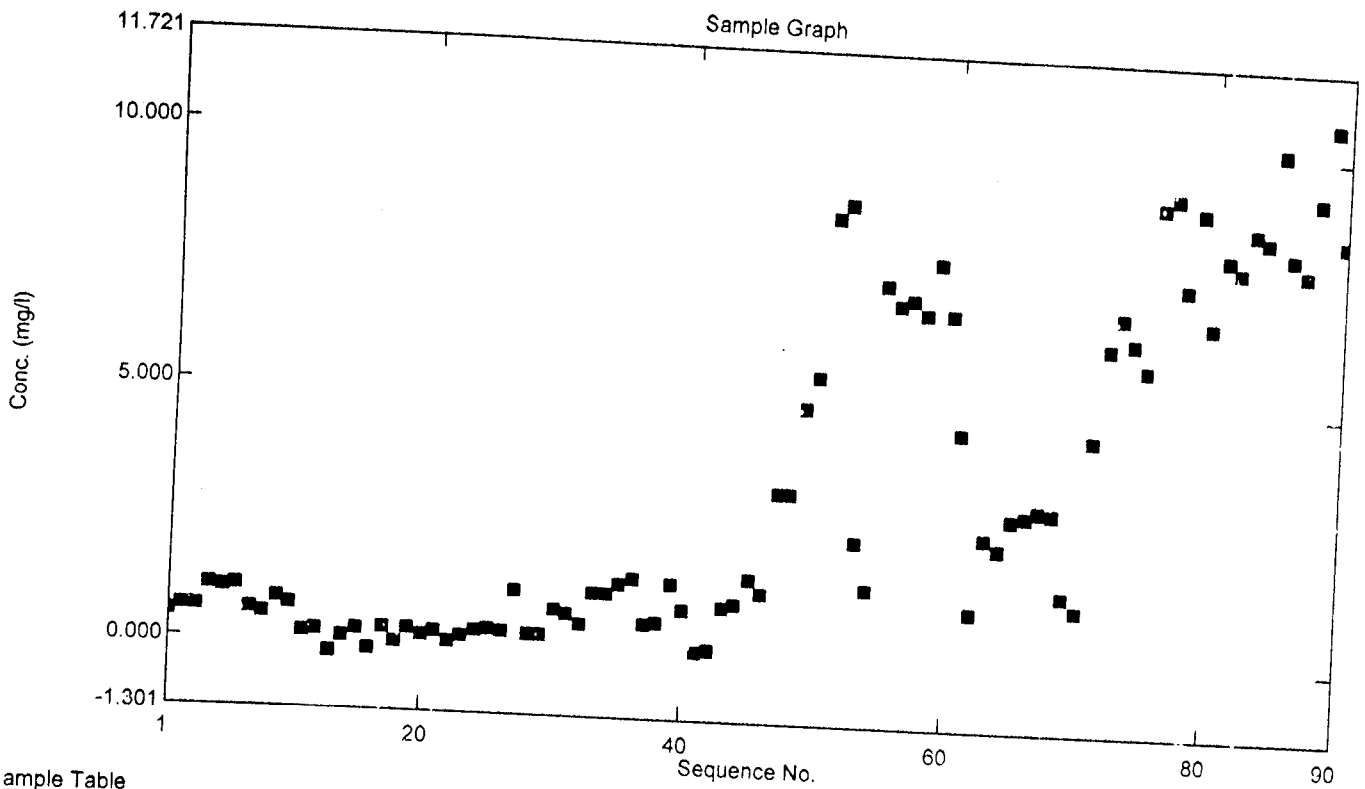
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
	K I DR 1 12	Unknown		7.235	0.665	
	K I DR 2 12	Unknown		6.890	0.633	
	K II DR 1 12	Unknown		6.992	0.643	
	K II DR 2 12	Unknown		6.721	0.618	
	K III DR 1 12	Unknown		7.726	0.710	
	K III DR 2 12	Unknown		6.732	0.619	
	Out DR 1 12	Unknown		4.444	0.407	
	Outlet DR 2 1	Unknown		0.964	0.085	
	K I OR 1 12	Unknown		2.420	0.220	
	K I OR 2 12	Unknown		2.222	0.202	
	K II OR 1 12	Unknown		2.772	0.252	
	K II OR 2 12	Unknown		2.874	0.262	
	K III OR 1 12	Unknown		2.980	0.272	
	K III OR 2 12	Unknown		2.934	0.267	
	Out OR 1 12	Unknown		1.325	0.119	
	Out OR 2 12	Unknown		1.076	0.096	
	Inlet 1 12	Unknown		4.379	0.401	
	Inlet 2 12	Unknown		6.166	0.566	

# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVPProbe\Data\OKTI NO3.pho



Sample Table

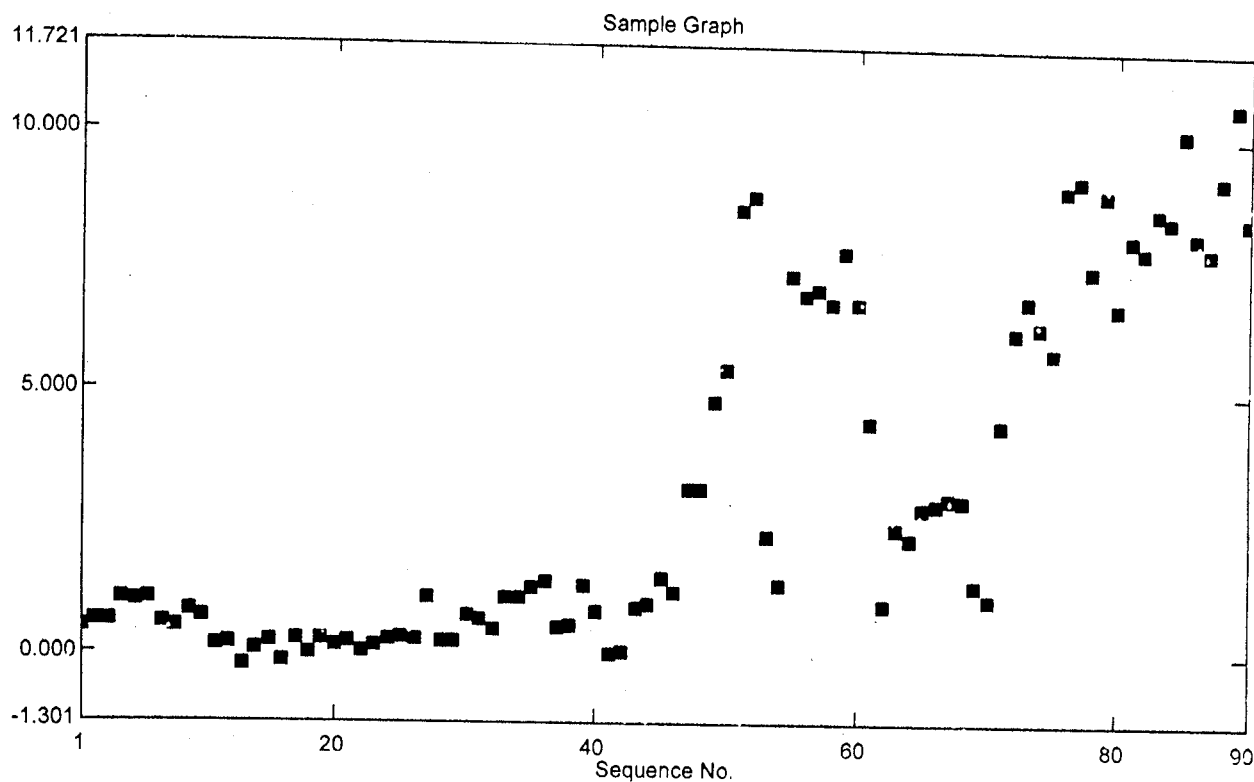
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
3	Inlet 1 16	Unknown		6.782	0.623	
4	Inlet 2 16	Unknown		6.299	0.578	
5	K I DR 1 16	Unknown		5.789	0.531	
6	K I DR 2 16	Unknown		8.988	0.827	
7	K II DR 1 16	Unknown		9.173	0.844	
8	K II DR 2 16	Unknown		7.421	0.682	
9	K III DR 1 16	Unknown		8.899	0.819	
0	K III DR 2 16	Unknown		6.691	0.615	
1	Out DR 1 16	Unknown		8.023	0.738	
2	Out DR 2 16	Unknown		7.774	0.715	
3	K I OR 1 16	Unknown		8.550	0.787	
4	K I OR 2 16	Unknown		8.393	0.772	
5	K II OR 1 16	Unknown		10.100	0.930	
6	K II OR 2 16	Unknown		8.075	0.743	
7	K III OR 1 16	Unknown		7.778	0.715	
8	K III OR 2 16	Unknown		9.185	0.845	
9	Out OR 1 16	Unknown		10.636	0.979	
0	Out OR 2 16	Unknown		8.413	0.774	



# Sample Table Report

12/24/2005 11:03:08 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\OKTI NO3.pho



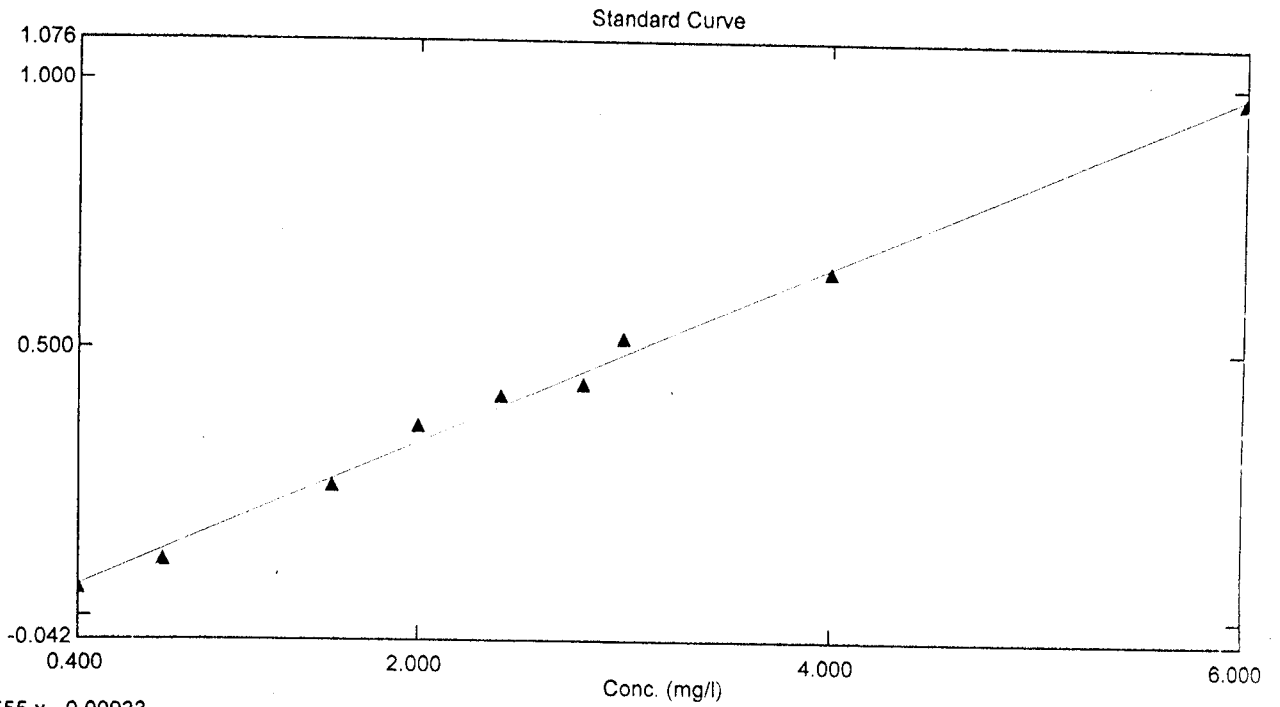
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments

# Standard Table Report

12/26/2005 11:59:31 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\DIAN A..pho



Y = 0.16555 x - 0.00933  
 Correlation Coefficient = 0.99471  
 Standard Error of Estimate = 0.02196

Standard Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420.0	Wgt.Factor	Comments
Std 1	Standard		0.400	0.051	1.000	
Std 2	Standard		0.800	0.105	1.000	
Std 3	Standard	✓	1.200	0.139	1.000	
Std 4	Standard		1.600	0.242	1.000	
Std 5	Standard		2.000	0.352	1.000	
Std 6	Standard		2.400	0.409	1.000	
Std 7	Standard		2.800	0.431	1.000	
Std 8	Standard		3.000	0.516	1.000	
Std 9	Standard		4.000	0.643	1.000	
Std 10	Standard		6.000	0.975	1.000	

## **LAMPIRAN 9**

### **UJI ANOVA SATU JALUR**

## Lampiran Uji Anova Satu Jalur

### 1. Uji Anova Satu Jalur Pada Amonium

#### 1.1 Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 1

*Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat*

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

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

$H_a : A_1 \neq A_2$

$H_0 : A_1 = A_2$

*Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik*

No	A1	A2	
1	78.04	88.19	
2	94.34	79.21	
3	92.38	69.49	
4	69.81	47.96	
5	36.95	32.63	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	371.52	317.48	689
$\Sigma X^2$	29763.08	22245.44	52008.52
$X_R$	74.304	63.496	68.9
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	27605.42	20158.71	47472.1

*Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:*

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

$$= \left[ \frac{(371.52)^2}{5} + \frac{(317.48)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(689)^2}{10} \right]$$

$$= 292.03$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{292.03}{1} = 292.03$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum X_{Ai}^2}{n_{Ai}} = 4244.39$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{4244.39}{8} = 530.55$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{292.03}{666.712} = 0.55$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)}$$

$$= F_{(1-0.05)(1, 8)}$$

$$= F_{(0.95)(1, 8)}$$

$$= 5.32$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$ :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0.55 < 5.32$  maka terima  $H_a$ , artinya tidak signifikan.

## 1.2. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

*Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat*

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

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

$H_a : A_1 \neq A_2$

$H_0 : A_1 = A_2$

*Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik*

No	A1	A2	
1	78.04	106.92	
2	94.34	80.91	
3	92.38	66.9	
4	69.81	46.84	
5	36.95	27.33	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	371.52	328.9	700.42
$\Sigma X^2$	29763.08	25394.84	55157.92
$X_R$	74.304	65.78	70.042
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	27605.42	21635.04	49240.46

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$
$$= \left[ \frac{(371.52)^2}{5} + \frac{(328.9)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(700.42)^2}{10} \right]$$
$$= 181.64$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$DK_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{181.64}{1} = 181.64$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 6099.102$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{5917.46}{8} = 739.68$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{181.64}{739.68} = 0.25$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)}$$
$$= F_{(1-0.05)(1, 8)}$$
$$= F_{(0.95)(1, 8)}$$
$$= 5.32$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,25 < 5.32$  maka terima  $H_a$ , artinya tidak signifikan.

### 1.3. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  model statistik

$H_a$  :  $A_1 \neq A_2$

$H_0$  :  $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	A1	A2	
1	78.04	137.13	
2	94.34	93.84	
3	92.38	68.47	
4	69.81	49.97	
5	36.95	27.87	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	371.52	377.28	748.8
$\Sigma X^2$	29763.08	35572.46	65335.54
$X_R$	74.304	75.456	74.88
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	27605.42	28468.04	56070.144



Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$\begin{aligned} JK_A &= \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N} \\ &= \left[ \frac{(371.52)^2}{5} + \frac{(377.28)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(748.8)^2}{10} \right] \\ &= 3.32 \end{aligned}$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{3.32}{1} = 3.32$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus.

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 9262.08$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{9262.08}{8} = 1157.76$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{3.32}{1157.76} = 0.003$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0.05)(1, 8)} \end{aligned}$$

$$= F_{(0,95)(1,8)}$$

$$= 5.32$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,003 < 5.32$  maka terima  $H_a$ , artinya tidak signifikan.

#### 1.4. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  model statistik

$H_a$  :  $A_1 \neq A_2$

$H_0$  :  $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	A1	A2	
1	78.04	137.83	
2	94.34	90.55	
3	92.38	88.72	
4	69.81	62.79	
5	36.95	27.54	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	371.52	407.43	778.95
$\Sigma X^2$	29763.08	39768.69	69531.77
$\bar{X}_R$	74.304	81.486	77.895
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	27605.42	33199.84	60676.31

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\sum X_T)^2}{N}$$
$$= \left[ \frac{(371.52)^2}{5} + \frac{(407.43)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(778.95)^2}{10} \right]$$
$$= 128.95$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{128.95}{1} = 128.95$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 8726.51$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{8726.51}{8} = 1090.81$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{128.95}{1090.81} = 0.12$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)}$$
$$= F_{(1-0.05)(1, 8)}$$
$$= F_{(0.95)(1, 8)}$$

$$= 5.32$$

*Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :*

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,12 < 5.32$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan.

## 2. Uji Anova Satu Jalur pada konsentrasi nitrat

### 2.1. Uji Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 1

*Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat*

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

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

$H_a$  :  $A_1 \neq A_2$

$H_0$  :  $A_1 = A_2$

*Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik*

No	A1	A2	
1	0.551	0.357	
2	0.2065	0.475	
3	0.5115	3.125	
4	5.2725	2.321	
5	6.5405	8.4715	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	13.085	14.750	27.823
$\Sigma X^2$	71.185	87.272	158.457
$X_R$	2.6164	2.95	2.783
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	34.23	43.513	77.462

*Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:*

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$
$$= \left[ \frac{(13.082)^2}{5} + \frac{(14.75)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(27.823)^2}{10} \right]$$

$$= 34.23 + 43.513 - 77.462 = 0.281$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.281}{1} = 0.281$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum (X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 80.714$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{80.714}{8} = 10.089$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.281}{10.089} = 0.028$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 8)} \\ &= F_{(0,95)(1, 8)} \\ &= 5.32 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0,028 < 5.32$  maka terima  $H_a$ , artinya tidak signifikan.

2.2. Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 2

Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  model statistik

$H_a$  :  $A_1 \neq A_2$

$H_0$  :  $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	A1	A2	
1	0.551	-0.0685	
2	0.2065	0.5445	
3	0.5115	5.116	
4	5.2725	2.823	
5	6.5405	9.0875	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	13.085	17.5025	30.585
$\Sigma X^2$	71.185	117.027	188.212
$X_R$	2.6164	3.5005	3.059
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	34.23	61.268	93.544

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

$$= \left[ \frac{(13.082)^2}{5} + \frac{(17.502)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(30.585)^2}{10} \right]$$

$$= 34.24 + 61.268 - 93.544 = 1.954$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{1.954}{1} = 1.954$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 92.714$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{92.714}{8} = 115.893$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{1.954}{115.893} = 0.017$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 8)} \\ &= F_{(0,95)(1, 8)} \\ &= 5.32 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0.017 < 5.32$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan.



### 2.3 Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Kompartemen 3

Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

Langkah 2. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  model statistik

$H_a$  :  $A_1 \neq A_2$

$H_0$  :  $A_1 = A_2$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

No	A1	A2	
1	0.551	0.0215	
2	0.2065	1.066	
3	0.5115	8.6335	
4	5.2725	2.957	
5	6.5405	8.4815	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	13.085	21.160	34.242
$\Sigma X^2$	71.185	156.354	227.539
$X_R$	2.6164	4.232	3.242
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	34.23	89.549	117.251

Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N}$$

$$= \left[ \frac{(13.082)^2}{5} + \frac{(21.16)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(34.242)^2}{10} \right]$$

$$= 34.23 + 89.549 - 117.251 = 6.528$$

Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{6.528}{1} = 6.528$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 103.76$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{103.76}{8} = 12.97$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{6.528}{12.97} = 0.0503$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 8)} \\ &= F_{(0,95)(1, 8)} \\ &= 5.32 \end{aligned}$$

Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0.0503 < 5.32$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan.

### 2.3 Anova Satu Jalur untuk Bagian Inlet dan Outlet

Langkah 1. Membuat  $H_a$  dan  $H_0$  dalam bentuk kalimat

$H_a$  : Ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

$H_0$  : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi bagian inlet dan kompartemen 1

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

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

$$H_0 : A_1 = A_2$$

*Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik*

No	A1	A2	
1	0.551	0.1355	
2	0.2065	1.33	
3	0.5115	1.7755	
4	5.2725	1.2005	
5	6.5405	9.5245	
Statistik			TOTAL (T)
n	5	5	N=10
$\Sigma X$	13.085	13.966	27.048
$\Sigma X^2$	71.185	97.097	168.282
$X_R$	2.6164	2.7932	5.4096
$(\Sigma X)^2/n_{Ai}$	34.23	39.010	73.159

*Langkah 4. Mencari Jumlah kuadrat antar group ( $JK_A$ ) dengan rumus:*

$$\begin{aligned}
 JK_A &= \frac{(\Sigma X_{Ai})^2}{n_{Ai}} - \frac{(\Sigma X_T)^2}{N} \\
 &= \left[ \frac{(13.082)^2}{5} + \frac{(13.082)^2}{5} \right] - \left[ \frac{(27.048)^2}{10} \right] \\
 &= 34.23 + 39.010 - 73.159 = 0.081
 \end{aligned}$$

*Langkah 5. Mencari derajat kebebasan antar group ( $dk_A$ ) dengan rumus:*

$$Dk_A = A - 1 = 2 - 1 = 1$$

Langkah 6. Mencari kuadrat Rerata antar group ( $KR_A$ ) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{0.081}{1} = 0.081$$

Langkah 7. Mencari jumlah kuadrat dalam antar group ( $JK_D$ ) dengan rumus:

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{\sum (\sum X_{Ai})^2}{n_{Ai}} = 95.042$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan dalam antar group ( $dk_D$ ) dengan rumus:

$$dk_D = N - A = 10 - 2 = 8$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat rerata dalam antar group ( $KR_D$ ) dengan rumus:

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = \frac{95.042}{8} = 11.88$$

Langkah 10. Mencari nilai  $F_{hitung}$  dengan rumus:

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{0.081}{11.88} = 0.0068$$

Langkah 11. Menentukan kaedah pengujian:

Jika  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

$F_{hitung} \leq F_{tabel}$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari  $F_{tabel}$  dengan rumus:

$$\begin{aligned} F_{tabel} &= F_{(1-\alpha)(dk_A, dk_D)} \\ &= F_{(1-0,05)(1, 8)} \\ &= F_{(0,95)(1, 8)} \\ &= 5.32 \end{aligned}$$

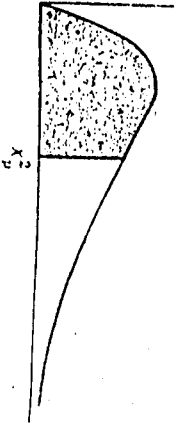
Langkah 13. Membandingkan  $F_{hitung}$  dengan  $F_{tabel}$  :

Diperoleh  $F_{hitung} < F_{tabel}$  atau  $0.0068 < 5.32$  maka terima  $H_a$  artinya tidak signifikan.

DAFTAR II

Nilai Perentil  
Untuk Distribusi  $\chi^2$

$V = dk$   
(Bilangan Dalam Radan Daftar  
Menyatakan  $\chi_p^2$ )

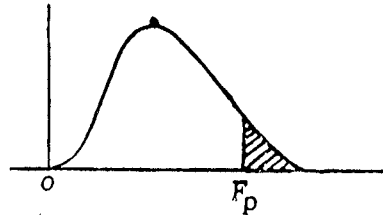


$V$	$\chi_{0.995}^2$	$\chi_{0.99}^2$	$\chi_{0.95}^2$	$\chi_{0.9}^2$	$\chi_{0.8}^2$	$\chi_{0.75}^2$	$\chi_{0.7}^2$	$\chi_{0.6}^2$	$\chi_{0.5}^2$	$\chi_{0.4}^2$	$\chi_{0.3}^2$	$\chi_{0.25}^2$	$\chi_{0.2}^2$	$\chi_{0.15}^2$	$\chi_{0.1}^2$	$\chi_{0.05}^2$	$\chi_{0.025}^2$	$\chi_{0.01}^2$	$\chi_{0.005}^2$
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	0.153	0.102	0.016	0.004	0.001	0.0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.577	0.211	0.103	0.051	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.584	0.352	0.246	0.115	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.484	0.297	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.24	6.63	4.35	2.67	1.61	1.15	0.831	0.534	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.84	5.35	3.45	2.20	1.61	1.24	0.872	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736	0.736
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.04	6.35	4.25	2.83	2.17	1.69	1.24	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.1	10.2	7.34	5.07	3.49	2.73	2.15	1.65	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.2	11.4	8.34	5.90	4.17	3.33	2.70	2.09	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.34	6.74	4.87	3.94	3.25	2.56	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.58	5.58	4.57	3.82	3.05	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.41	6.30	5.23	4.40	3.57	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.30	7.04	5.89	5.01	4.11	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57	3.57
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.79	6.57	5.63	4.66	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.55	7.26	6.26	5.23	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60
16	34.2	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.31	7.96	6.91	5.81	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14	5.14
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.67	7.56	6.41	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70	5.70
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.39	8.23	7.01	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.91	7.63	6.84	6.84	6.84	6.84	6.84	6.84	6.84
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.59	8.26	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43	7.43
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.90	8.03	8.03	8.03	8.03	8.03	8.03	8.03
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.51	8.64	8.64	8.64	8.64	8.64	8.64	8.64
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89	9.89
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.2	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.2	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8
40	66.8	63.7	59.3	53.8	47.8	41.8	35.6	30.4	23.7	22.1	20.5	18.5	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
50	79.5	76.2	71.4	67.3	63.2	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
60	92.0	88.1	83.3	79.1	74.1	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2	51.2
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.6	61.8	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	74.2	70.1	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3

Number: Table of Percentile Points of the  $\chi^2$  Distribution. Thompson, C.M. Biometrika, Vol.32 (1941).

DAFTAR I

Nilai Perentil  
Untuk Distribusi F  
(Bilangan Dalam Radan Daftar  
Menyatakan  $F_p$ ; Baris Atas Untuk  
 $p = 0,05$  dan Baris Bawah (Untuk  $p = 0,01$ )



$V_2 = dk$ penyebut	$V_1 = dk$ pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$
1	161 4052	200 4999	216 5403	225 5625	230 5764	234 5850	237 5928	239 5981	241 6022	242 6056	243 6082	244 6108	245 6142	246 6169	248 6208	249 6234	250 6258	252 6286	252 6302	253 6323	253 6334	254 6362	254 6361	254 6366
2	18.01 96.49	19.00 99.01	19.16 99.17	19.25 99.25	19.30 99.30	19.33 99.33	19.36 99.34	19.37 99.36	19.38 99.38	19.39 99.40	19.40 99.41	19.41 99.42	19.42 99.43	19.43 99.44	19.44 99.45	19.46 99.46	19.46 99.47	19.47 99.48	19.47 99.48	19.48 99.49	19.49 99.49	19.49 99.49	19.50 99.50	19.50 99.50
3	10.13 34.12	9.85 30.81	9.28 29.46	9.12 28.71	9.01 28.24	8.94 27.91	8.88 27.67	8.81 27.40	8.81 27.34	8.78 27.23	8.76 27.13	8.74 27.05	8.71 26.92	8.69 26.83	8.66 26.69	8.64 26.60	8.62 26.50	8.60 26.41	8.58 26.30	8.57 26.27	8.56 26.23	8.54 26.18	8.54 26.14	8.5 26.1
4	7.71 21.20	6.94 18.00	6.59 16.69	6.30 15.98	6.26 15.52	6.16 15.21	6.09 14.98	6.04 14.80	6.00 14.66	5.96 14.54	5.93 14.45	5.91 14.37	5.87 14.24	5.84 14.15	5.80 14.02	5.77 13.93	5.74 13.82	5.71 13.74	5.70 13.69	5.68 13.61	5.66 13.57	5.65 13.52	5.64 13.48	5.6 13.4
5	6.61 16.26	5.79 13.27	5.41 12.06	5.19 11.39	5.05 10.97	4.95 10.67	4.88 10.43	4.82 10.27	4.78 10.15	4.74 10.05	4.70 9.96	4.68 9.89	4.64 9.77	4.60 9.68	4.56 9.55	4.53 9.47	4.50 9.38	4.46 9.29	4.44 9.24	4.42 9.17	4.40 9.13	4.38 9.07	4.37 9.04	4.3 9.0
6	5.99 13.74	5.14 10.92	4.76 9.78	4.53 9.15	4.30 8.73	4.28 8.47	4.21 8.26	4.15 8.10	4.10 7.98	4.06 7.87	4.03 7.79	4.00 7.72	3.96 7.60	3.92 7.52	3.87 7.39	3.84 7.31	3.81 7.23	3.77 7.14	3.75 7.09	3.72 7.02	3.71 6.99	3.69 6.94	3.68 6.90	3.6 6.8
7	5.59 12.25	4.74 9.55	4.35 8.45	4.12 7.85	3.97 7.46	3.87 7.19	3.79 7.00	3.73 6.81	3.68 6.71	3.63 6.62	3.60 6.54	3.57 6.47	3.52 6.35	3.49 6.27	3.44 6.15	3.41 6.07	3.38 5.98	3.34 5.90	3.32 5.85	3.29 5.78	3.28 5.75	3.25 5.70	3.24 5.67	3.2 5.6
8	5.32 11.26	4.46 8.65	4.07 7.59	3.84 7.01	3.69 6.63	3.58 6.37	3.50 6.19	3.41 6.03	3.39 5.91	3.34 5.82	3.31 5.74	3.28 5.67	3.23 5.56	3.20 5.48	3.15 5.36	3.12 5.28	3.08 5.20	3.05 5.11	3.03 5.06	3.00 5.00	2.98 4.96	2.96 4.91	2.94 4.88	2.9 4.8
9	5.12 10.55	4.26 8.02	3.86 6.99	3.63 6.42	3.48 6.00	3.37 5.80	3.29 5.62	3.23 5.47	3.18 5.35	3.13 5.26	3.10 5.18	3.07 5.11	3.02 5.00	2.98 4.92	2.93 4.80	2.90 4.73	2.86 4.64	2.82 4.56	2.80 4.51	2.77 4.45	2.75 4.41	2.73 4.36	2.72 4.33	2.7 4.2

DAFTAR I (lanjutan)

$V_2 =$ dk penyebut	$V_1 =$ dk pembilang																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	20	21	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$																								
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,11	3,07	3,02	2,97	2,91	2,91	2,86	2,82	2,77	2,71	2,70	2,67	2,64	2,61	2,59	2,56	2,55	2,54	10,04	7,56	6,56	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95	4,85	4,78	4,71	4,60	4,53	4,41	4,25	4,17	4,12	4,05	4,01	3,96	3,93	3,91		
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,96	2,90	2,86	2,82	2,79	2,71	2,70	2,65	2,61	2,57	2,53	2,50	2,47	2,45	2,42	2,41	2,40	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,88	4,71	4,63	4,51	4,46	4,40	4,29	4,21	4,10	4,02	3,91	3,86	3,80	3,74	3,70	3,66	3,62	3,60	
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,72	2,69	2,61	2,60	2,51	2,50	2,46	2,42	2,40	2,36	2,35	2,32	2,31	2,30	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,65	4,50	4,39	4,30	4,22	4,16	4,05	3,98	3,86	3,78	3,67	3,59	3,51	3,42	3,37	3,30	3,26	3,22	3,20
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,81	2,77	2,72	2,67	2,63	2,60	2,55	2,51	2,46	2,42	2,38	2,34	2,32	2,28	2,26	2,24	2,22	2,21	9,07	6,70	5,71	5,20	4,86	4,62	4,41	4,30	4,19	4,10	4,02	3,96	3,85	3,78	3,67	3,59	3,51	3,42	3,37	3,30	3,27	3,21	3,18	3,16	
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,56	2,53	2,48	2,44	2,39	2,35	2,31	2,27	2,24	2,21	2,19	2,16	2,14	2,13	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,86	3,80	3,70	3,62	3,51	3,43	3,34	3,26	3,21	3,14	3,11	3,06	3,02	3,00	
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,61	2,59	2,55	2,51	2,48	2,43	2,39	2,33	2,29	2,25	2,21	2,18	2,15	2,12	2,10	2,08	2,07	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,11	4,00	3,89	3,80	3,73	3,67	3,56	3,48	3,38	3,30	3,22	3,16	3,08	3,00	2,92	2,86	2,80	2,77	2,75
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,71	2,60	2,59	2,51	2,49	2,45	2,42	2,37	2,33	2,28	2,21	2,20	2,16	2,13	2,09	2,07	2,01	2,00	1,99	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,61	3,55	3,45	3,37	3,25	3,18	3,10	3,01	2,96	2,89	2,86	2,80	2,77	2,75	
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,41	2,38	2,33	2,29	2,23	2,19	2,15	2,11	2,08	2,04	2,02	1,99	1,97	1,96	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,52	3,45	3,35	3,27	3,16	3,08	3,00	2,92	2,86	2,79	2,76	2,70	2,67	2,65	
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,61	2,46	2,41	2,37	2,31	2,29	2,25	2,19	2,15	2,11	2,07	2,04	2,00	1,98	1,95	1,93	1,92	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,85	3,71	3,60	3,51	3,44	3,37	3,27	3,19	3,07	3,00	2,91	2,83	2,78	2,71	2,68	2,62	2,59	2,57	
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,71	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,34	2,31	2,26	2,21	2,15	2,11	2,07	2,02	2,00	1,96	1,94	1,91	1,90	1,89	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,43	3,36	3,30	3,19	3,12	3,00	2,92	2,84	2,76	2,70	2,63	2,60	2,54	2,51	2,49	
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,31	2,28	2,23	2,18	2,12	2,08	2,01	1,99	1,96	1,92	1,90	1,87	1,85	1,84	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45	3,37	3,30	3,23	3,13	3,05	2,91	2,86	2,77	2,69	2,63	2,56	2,53	2,47	2,44	2,42	
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,20	2,15	2,09	2,05	2,00	1,96	1,93	1,89	1,87	1,84	1,82	1,81	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,65	3,51	3,40	3,31	3,24	3,17	3,07	2,99	2,88	2,80	2,72	2,66	2,58	2,51	2,47	2,42	2,38	2,36	
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,26	2,21	2,18	2,13	2,07	2,03	1,98	1,93	1,91	1,87	1,81	1,81	1,80	1,79	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35	3,26	3,18	3,12	3,02	2,94	2,83	2,75	2,67	2,58	2,53	2,46	2,42	2,37	2,33	2,31	
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,21	2,20	2,11	2,10	2,01	2,00	1,96	1,91	1,88	1,84	1,82	1,79	1,77	1,76	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30	3,21	3,14	3,07	2,97	2,89	2,78	2,70	2,62	2,53	2,48	2,41	2,37	2,32	2,28	2,26	

DAFTAR I (lanjutan)

$V_2 =$ dk penyebut	$V_1 =$ dk pembilang																																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$																								
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,22	2,18	2,13	2,09	2,02	1,98	1,94	1,89	1,81	1,82	1,86	1,76	1,74	1	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,25	3,17	3,09	3,03	2,93	2,85	2,74	2,66	2,58	2,49	2,41	2,36	2,33	2,27	2,23	2
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,11	2,06	2,00	1,96	1,92	1,87	1,81	1,80	1,77	1,74	1,72	1	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	3,06	2,99	2,89	2,81	2,70	2,62	2,54	2,45	2,40	2,32	2,29	2,23	2,19	2
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,10	2,05	1,99	1,95	1,90	1,85	1,82	1,78	1,76	1,72	1,70	1	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	3,02	2,96	2,86	2,77	2,66	2,58	2,50	2,41	2,36	2,28	2,25	2,19	2,15	2
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,30	2,25	2,20	2,16	2,13	2,08	2,03	1,97	1,93	1,88	1,84	1,80	1,76	1,74	1,71	1,68	1	7,66	5,49	4,60	4,11	3,79	3,56	3,39	3,26	3,14	3,06	2,98	2,93	2,83	2,74	2,63	2,55	2,47	2,38	2,33	2,25	2,21	2,16	2,12	2
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,21	2,19	2,15	2,12	2,06	2,02	1,96	1,91	1,87	1,81	1,78	1,76	1,72	1,69	1,67	1	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,95	2,90	2,80	2,71	2,60	2,52	2,44	2,35	2,30	2,22	2,18	2,13	2,09	2
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,51	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,05	2,00	1,94	1,90	1,85	1,80	1,77	1,73	1,71	1,68	1,65	1	7,60	5,52	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,08	3,00	2,92	2,87	2,77	2,68	2,57	2,49	2,41	2,32	2,27	2,19	2,15	2,10	2,06	2
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16	2,12	2,08	2,01	1,99	1,93	1,89	1,84	1,79	1,76	1,72	1,69	1,66	1,64	1	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,90	2,84	2,74	2,66	2,55	2,47	2,38	2,29	2,24	2,16	2,12	2,07	2,03	2
32	4,15	3,30	2,90	2,67	2,51	2,40	2,32	2,25	2,19	2,14	2,10	2,07	2,01	1,97	1,91	1,86	1,82	1,76	1,74	1,69	1,67	1,64	1,61	1	7,50	5,34	4,46	3,97	3,66	3,42	3,25	3,12	3,01	2,94	2,86	2,80	2,70	2,62	2,51	2,42	2,34	2,25	2,20	2,12	2,08	2,02	1,96	1
34	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49	2,38	2,30	2,23	2,17	2,12	2,08	2,05	2,00	1,95	1,89	1,84	1,80	1,74	1,71	1,67	1,64	1,61	1,59	1	7,44	5,29	4,42	3,93	3,61	3,38	3,21	3,08	2,97	2,89	2,82	2,76	2,66	2,58	2,47	2,38	2,30	2,21	2,15	2,08	2,04	1,98	1,94	1
36	4,11	3,26	2,86	2,63	2,48	2,36	2,28	2,21	2,15	2,10	2,06	2,03	1,89	1,93	1,87	1,82	1,78	1,72	1,69	1,65	1,62	1,59	1,56	1	7,39	5,25	4,35	3,89	3,58	3,35	3,18	3,04	2,91	2,86	2,78	2,72	2,62	2,54	2,43	2,35	2,26	2,17	2,12	2,04	2,00	1,94	1,90	1
38	4,10	3,25	2,85	2,62	2,46	2,35	2,26	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,96	1,92	1,85	1,80	1,76	1,71	1,67	1,63	1,60	1,57	1,54	1	7,35	5,21	4,34	3,86	3,51	3,32	3,15	3,02	2,91	2,82	2,75	2,69	2,59	2,51	2,40	2,32	2,22	2,14	2,08	2,00	1,97	1,90	1,86	1
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,01	2,00	1,95	1,90	1,84	1,79	1,74	1,69	1,61	1,61	1,58	1,55	1,53	1	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,73	2,66	2,56	2,49	2,37	2,29	2,20	2,11	2,05	1,97	1,94	1,88	1,84	1
42	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44	2,32	2,24	2,17	2,11	2,06	2,02	1,99	1,91	1,89	1,82																																	

**Lampiran.****Data TSS dari hari ke-0 sampai hari ke-16**

## TSS hari ke-0

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,1000	1,0123	0,0224	0,448	0,396
Inlet b	1,0575	1,00747	0,0172	0,344	
K 1 a	1,0829	1,0974	0,0145	0,29	0,29
K 1 b	1,0343	1,0488	0,0145	0,29	
K 2 a	1,0305	1,0473	0,0168	0,336	0,174
K 2 b	1,0801	1,0807	0,0006	0,012	
K 3 a	1,0829	1,0886	0,0057	0,114	0,143
K 3 b	1,0581	1,0652	0,0071	0,142	
Outlet a	1,0729	1,0772	0,0043	0,086	0,092
Outlet b	1,0725	1,0774	0,0049	0,098	

## TSS Hari ke-2

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,0612	1,0897	0,0085	0,17	0,125
Inlet b	1,0529	1,0569	0,009	0,08	
K 1 a	1,0305	1,0473	0,0168	0,336	0,174
K 1 b	1,0801	1,0807	0,0006	0,012	
K 2 a	1,0729	1,0772	0,0043	0,086	0,092
K 2 b	1,0725	1,0774	0,0049	0,098	
K 3 a	1,0729	1,0772	0,0043	0,086	0,092
K 3 b	1,0725	1,0774	0,0049	0,098	
Outlet a	1,0590	1,0606	0,0016	0,032	0,048
Outlet b	1,0400	1,0432	0,0032	0,064	

## TSS hari ke-4

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,0618	1,0763	0,0145	0,29	0,149
Inlet b	1,0668	1,0672	0,0004	0,098	
K 1 a	1,0544	1,0613	0,0064	0,138	0,134
K 1 b	1,0460	1,0525	0,0065	0,130	
K 2 a	1,0530	1,0570	0,004	0,08	0,074
K 2 b	1,0415	1,0449	0,0034	0,068	
K 3 a	1,0560	1,0587	0,0015	0,03	0,056
K 3 b	1,0633	1,0659	0,0026	0,052	
Outlet a	1,0918	1,0925	0,0007	0,014	0,017
Outlet b	1,0536	1,0546	0,001	0,020	

## TSS Hari ke 6

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,0326	1,0376	0,005	0,1	0,112
Inlet b	1,0498	1,0560	0,0062	0,124	
K 1 a	1,0582	1,0614	0,0032	0,064	0,063
K 1 b	1,0562	1,0593	0,0031	0,062	
K 2 a	1,0462	1,0494	0,0032	0,064	0,063
K 2 b	1,0442	1,0473	0,0031	0,062	
K 3 a	1,0678	1,0658	0,002	0,040	0,041
K 3 b	1,0381	1,0402	0,0021	0,042	
Outlet a	1,0529	1,0531	0,0002	0,004	0,01
Outlet b	1,0055	1,0428	0,0008	0,016	

## TSS Hari ke-8

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,0547	1,0588	0,0041	0,082	0,076
Inlet b	1,0402	1,0433	0,0031	0,062	
K 1 a	1,0743	1,0779	0,003	0,06	0,065
K 1 b	1,0680	1,0715	0,0035	0,07	
K 2 a	1,0337	1,0382	0,0045	0,09	0,061
K 2 b	1,0493	1,0509	0,0016	0,032	
K 3 a	1,0823	1,0837	0,0014	0,028	0,028
K 3 b	1,1100	1,1114	0,0014	0,028	
Outlet a	1,0441	1,0448	0,0007	0,014	0,009
Outlet b	1,0091	1,0092	0,0002	0,004	

## TSS Hari ke-10

Kertas saring	Beat Kosong (gr/L)	Barat Isi (gr/L)	Selisih (gr/L)	TSS (gr/L)	Rata-rata (gr/L)
Inlet a	1,0547	1,0588	0,0041	0,082	0,072
Inlet b	1,0402	1,0433	0,0031	0,062	
K 1 a	1,0337	1,0382	0,0045	0,09	0,061
K 1 b	1,0493	1,0589	0,0016	0,032	
K 2 a	1,0639	1,0659	0,0016	0,032	0,028
K 2 b	1,0782	1,0799	0,0012	0,024	
K 3 a	1,0580	1,0596	0,001	0,02	0,02
K 3 b	1,0586	1,0590	0,001	0,02	
Outlet a	1,0830	1,0834	0,0004	0,008	0,06
Outlet b	1,0524	1,0526	0,0002	0,004	