

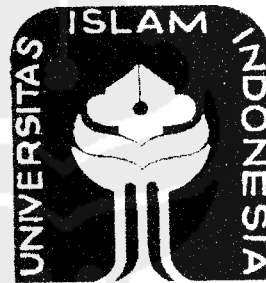
TA/TL/2006/0110

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HABIBIBENI	
TGL. TERIMA :	26 April 2007
NO. JUDDUL :	00 23 89
NO. INV. :	572000 2389 001

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN FOSFAT (PO_4) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

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

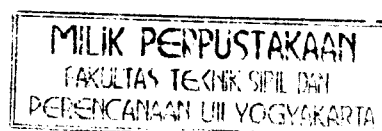


Disusun Oleh :

Nama : Irvan Amirullah

No. MHS : 02 513 017

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006**



LEMBAR PENGESAHAN
PENURUNAN KONSENTRASI *CHEMICAL OXYGEN*
***DEMAND* (COD), FOSFAT (PO_4) LIMBAH CAIR RUMAH**
SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR AEROKARBONFILTER


Nama : Irvan Amirullah

No. MHS : 02 513 017

Telah diperiksa dan disetujui oleh :


Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal : 6-9-2006

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST


Tanggal : 6-9-2006

Halaman Persembahan

Rebutlah persembahanmu dari diri yangmu Allah! dan
panjatkan, sebagai hadiah, ke-Nya, dan jadikanlah
persembahanku, segala orang yang beriman, sebagai
pentarungnya, dalam dunia dan akhirat. Amin.

Tanpa ada gunanya, untuk

Tanpa sedikit pun, untuk beramal, dan

Tanpa ada manfaatnya, untuk beramal.

Ayah, dan Ibu, dan anak-anak,

dan semua orang yang beriman.

Yang telah beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

yang beriman,

yang beriman,

yang beriman, dan beriman, dan beriman, dan beriman,

Rapatkan Barisan
Satukan Hati
Bersama Bergandeng Tangan
Derapkan Langkah
Tuk' Satu Tujuan
Syar Islam
Lewat warna dan Nuansa Seni
Smoga Allah Memberkahi
Marching Band Universitas Islam Indonesia

One Heart, One Mind, One Soul.

MB UII Luarrrr Biasa...

Go...Fight....Win...

MOTTO

*"Maka sesungguhnya beserta kesukaran ada kemudahan
Maka bila kamu telah selesai (dari suatu urusan), maka kerjakanlah (urusan yang lain)
dengan sungguh – sungguh
Dengan kepada tuhan-mu hendaknya kamu berharap"
(Q. S Al Insyiraafi: 5 - 8)*

*".....Katakanlah, " adalah semua orang – orang yang mengetahui dengan orang –
orang yang tidak mengetahui ?, sesungguhnya orang yang berakal-lah yang dapat
menerima pelajaran.
(Q. S. Az Zumari : 9)*

*"Apabila kamu tidak dapat memberikan kebaikan kepada orang lain dengan
kekayaanmu, berilah mereka kebaikan dengan wajahmu yang berseri-seri, serta akhlak
yang baik.
(Nabi Muhammad SAW)*

*" Hati yang penuh syukur, bukan saja merupakan kebijakan besar, melainkan
merupakan pusat induk segala kebajikan.
(Cicero).*

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum Wr. Wb.

Segala puji hanya bagiNya, penguasa setiap hembus nafas, pemilik jiwa yang penuh cinta, Tuhan yang teramat sayang pada hamba-hamba. Dia jadikan hamba sebagai ujian bagi hamba lainnya, Dia jadikan pula penolong bagi lainnya. Keselamatan dan keberkahan semoga selalu terlimpah, tercurah, kepada manusia terkasih, Muhammad bin Abdullah, yang selalu mengajari kita agar amanah dalam bekerja, semangat berkorban dalam berkarya, cinta dalam berusaha, semoga kesemuanya itu dapat mengilhami kita dalam menegakan syiar ISLAM, Amin.

Dengan bantuan-Nya juga sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat (PO_4) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter.**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT.
2. Rasulullah Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya.

3. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi MS. selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku pembimbing Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
5. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku pembimbing Tugas Akhir dan sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
6. Bapak Lukman Hakim, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
7. Bapak Hudori, ST, Bapak Andik Yulianto, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
8. Bapak Agus Adi Prananto, SP selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
9. Bapak Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah banyak memberi masukan dan membantu dalam analisa laboratorium.
10. Bude Untari dan keluarga, Maafkan kami bude karena sering habisin mangga di pekarangan.
11. Saudara-saudara (Pengurus 2004/2005) dan Anggota yang ada di Marching Band Universitas Islam Indonesia, Ingatlah selalu tawa, tangis bersama ku,

jangan mau kalah dengan keadaan, buktikan kalau kita bisa berprestasi di akademik maupun kejuaraan.

12. TeaM Bima-Brontokusuman Adventure yang diketuai oleh Bro Guder, Bro Gino, Osis, Ami, Etana, Heros, dan Imam Woly.
13. Comunity Aerokarbonfilter : Uba-S@pe, Achonk-Istri, Bu” Arnis, Bu*Yo-A, the best friend lah
14. Temam-teman angkatan 2002 yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
15. Teman-teman kost Bujang 127 Klabanan, (Bang Iwing, Bang Mail, Redi, Codot, Babas, Edy, Edwin, Porenk, Roby, Hery) yang selalu bercanda mengatasi suntuknya menyelesaikan laporan TA.
16. Rekan-rekan KKN Angkatan 32, SL-66 (Jupri, Nanda, Wuri, Puri, Edo, Ratih, Dwi, Jalu, Rahmat, Momo, Narto, Iwan).
17. Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

Wassalamu alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, September 2006

Penyusun

3.2.	Objek Penelitian	41
3.3.	Kerangka Penelitian	41
3.4.	Parameter dan Variabel Penelitian	43
	3.4.1 Parameter Penelitian	43
	3.4.2 Variabel Penelitian	43
3.5.	Reaktor Aerokarbonfilter	43
	3.5.1. Desain Reaktor	43
	3.5.2. Dimensi Reaktor	44
	3.5.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter	44
3.6.	Pelaksanaan Penelitian	45
3.7.	Analisa Data	47
3.8.	Reaktor Aerokarbonfilter	49

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Pengujian dan Penurunan Kadar COD dan Fosfat Setelah Proses Pengolahan	51
	4.1.1. Hasil Pengujian Kadar COD dan Fosfat Setelah Proses Pengolahan	51
	4.1.2. Penurunan Kadar COD dan Fosfat Setelah Proses Pengolahan	53
4.2.	Titik Jenuh Zeolit	58
	4.2.1. Terhadap COD	58
	4.2.1 Terhadap Fosfat	59
4.3	Effisiensi Total Reaktor	60

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran Lingkungan	4
2.1.1. Definisi Pencemaran	6
2.1.2. Macam-macam pencemaran lingkungan	6

2.2	Pencemaran Air	7
2.2.1.	Pengertian Limbah Cair	8
2.2.2.	Perubahan kualitas air	9
2.2.3.	Sumber-sumber Pencemar air	10
2.3.	Rumah Sakit	12
2.4.	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	14
2.5	Fosfat (PO_4)	15
2.6	Penanggulangan Masalah Air	18
2.6.1.	Pengendalian Bahaya Limbah	18
2.6.2.	Pengendalian pencemaran air	19
2.7.	Aerasi	20
2.7.1.	Tujuan Aerasi	21
2.7.2.	Jenis dan Tipe Aerasi	21
2.8.	Adsorpsi	24
2.9	Zeolit	28
2.9.1.	Sifat-sifat zeolit	28
2.9.2.	Komposisi zeolit	30
2.9.3.	Penggolongan Zeolit	31
2.9.4.	Pengaktifan Zeolit	32
2.10.	Pasir	33

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Lokasi Penelitian	41
------	-------------------	----

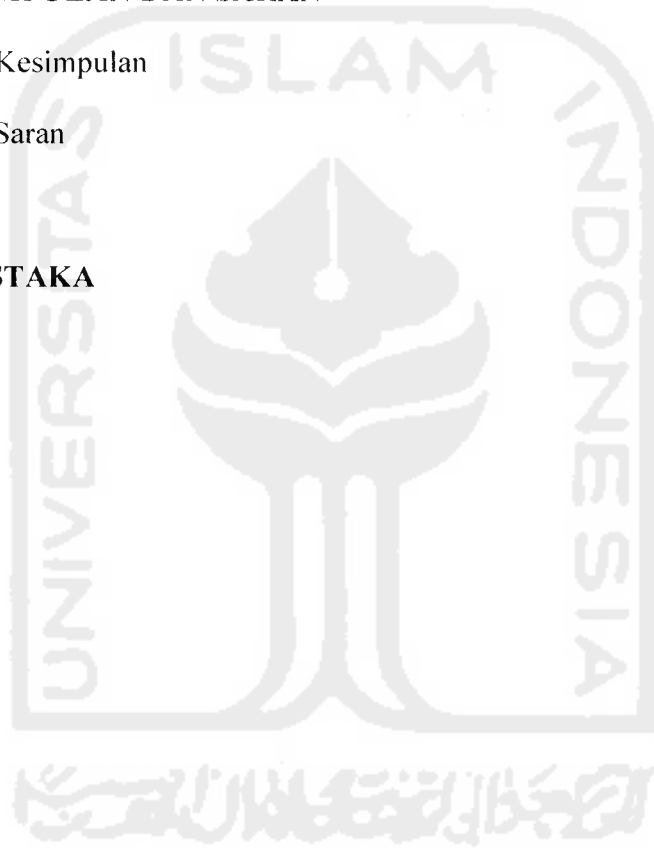
4.3.1	Terhadap Parameter COD	60
4.3.2	Terhadap Parameter Fosfat	61
4.4	Analisa Statistik	62
4.4.1	Analisa Statistik Terhadap Konsentrasi COD	62
4.4.2	Analisa Statistik Terhadap Konsentrasi Fosfat	63

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	64
5.2.	Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair rumah sakit.

Tabel 2.2. Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.

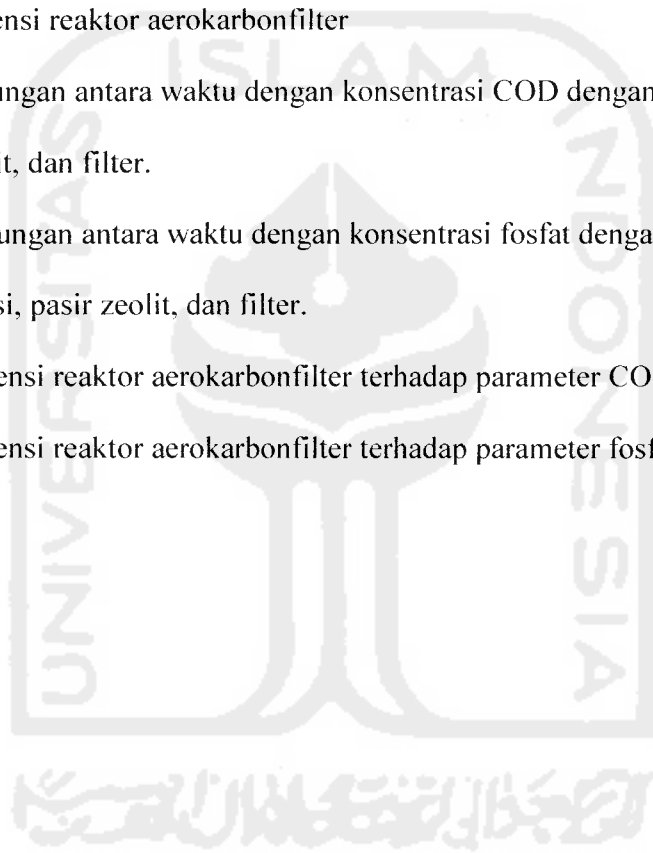
Tabel 3.1. Dimensi reaktor aerokarbonfilter

Tabel 4.1. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi COD dengan menggunakan aerasi, zeolit, dan filter.

Tabel 4.2. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi fosfat dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter.

Tabel 4.3. Efisiensi reaktor aerokarbonfilter terhadap parameter COD.

Tabel 4.4. Efisiensi reaktor aerokarbonfilter terhadap parameter fosfat.



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah.

Gambar 2.2. Diagram pengelolaan air limbah rumah sakit..

Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

Gambar 3.2. Reaktor Aerokarbonfilter.

Gambar 4.1. Trend removal COD.

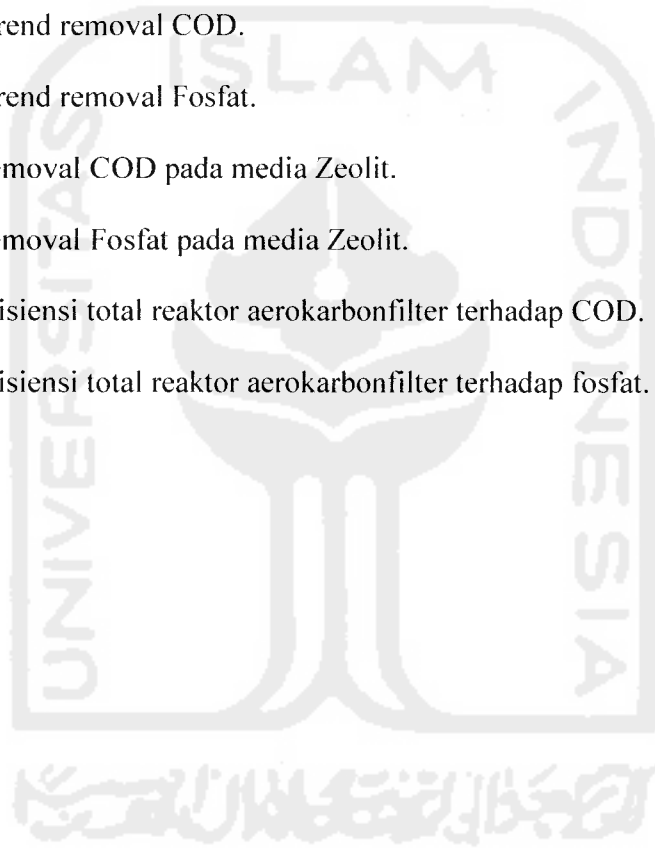
Gambar 4.2. Trend removal Fosfat.

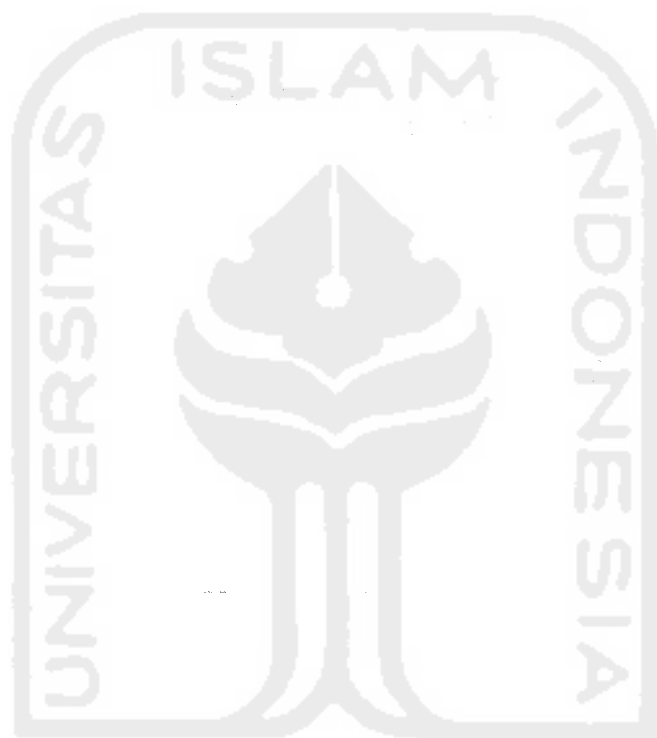
Gambar 4.3. Removal COD pada media Zeolit.

Gambar 4.4. Removal Fosfat pada media Zeolit.

Gambar 4.5. Efisiensi total reaktor aerokarbonfilter terhadap COD.

Gambar 4.6. Efisiensi total reaktor aerokarbonfilter terhadap fosfat.





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

**PENURUNAN KONSENTRASI *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN
FOSFAT (PO_4^-)
PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR AEROKARBONFILTER**

Irvan Amirullah

Intisari

Air limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang potensial, sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum. Masalah yang sering dihadapi dalam hal pengolahan limbah rumah sakit adalah terbatasnya dana yang ada untuk membangun fasilitas pengolahan limbah serta pengoperasiannya, khususnya untuk rumah sakit tipe kecil dan menengah. Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka perlu dirancang suatu teknologi proses yang diharapkan dapat digunakan untuk menangani masalah limbah rumah sakit. Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan mengalirkan limbah rumah sakit melalui proses aerasi yang menggunakan tipe *multiple tray aeration*, zeolit pada proses adsorpsi dan pasir kuarsa pada proses filtrasi, dimana teknis pengambilan sampel dilakukan dari tiap-tiap outlet pada masing-masing media dengan variasi waktu 0, 30, 60, 90, 120 menit..

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan, untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) mengalami penurunan konsentrasi pada proses aerasi yaitu pada menit ke 120 dengan efisiensi 60,9375 %, selain itu pada adsorpsi dilihat pada konsentrasi effluent pada menit ke 90 dengan efisiensi sebesar 50 %, sedangkan untuk filtrasi tidak terdapat penurunan melainkan terjadi kenaikan. Pada parameter Fosfat (PO_4^-), efisiensi terbaik pada aerasi terjadi pada menit ke- 30 dengan tingkat efisiensi sebesar 50.35 %, pada adsorpsi efisiensi sebesar 47.472 % pada menit ke- 120 dan pada filtrasi efisiensi sebesar 48.68 % pada menit ke- 60. Kualitas *effluent* pada percobaan ini telah memenuhi standar baku mutu pembuangan limbah pada parameter fosfat sedangkan untuk parameter COD belum memenuhi standart baku mutu pembuangan limbah .

Kata kunci: limbah cair rumah sakit, reaktor aerokarbonfilter, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat (PO_4^-)

**The Decrease of *Chemical Oxygend Demand (COD)* dan Fosfat (PO_4^-)
Concentration In**

Waste Water Hospital Using Aerokarbonfilter Reactor

Irvan Amirullah

Abstract

The waste water hospital there is the either one potential pollutant to environment. So that treatment before to discard. The often problems in hospital management is confined at fund for build and operate awste water treatment instalation, especially a small hospital. Based on this poblems, therefore have desaign technology to expect this problem. In the research to use combined from aeration proces, zeolit adsobsi and sand filtration. The methods this research is aeration process using multiple tray aeration, and the adsorption process using zeolit. And the filtration process using kwarsa sand, and for a taking mechanism severally outlet in other media with time interval 0, 30, 60, 90, 120 minutes. Through experiment will be know how much the decreasing of the concentration and the efficiency the aerokarbonfilter reactor to decreasing the parameters.

*From the result of the experiment, the concentration of *Chemical Oxygend Demand (COD)* to go through the removal konsentrate in aeration proces with effisiensi 60,9375 at 120 minute, in adsorbtion have effisiensi 50 % at 90 minute, and for filtration not have decrease konsentrate. In Fosfat parameters have a good effisiencyi in aeration proces at 30 minute with effisiensi 50,35 %, in adsorbtion have efficiency 47.472 % at 120 minute, and for filtration have efficiency 48.68 % at 60 minute. The quality effluent from experiment has complete the standard quality for exile waste water to fosfat concentrate and for COD concentrate not complete the standard quality for exile waste water.*

*Key word: Waste water hospital, Aerokarbonfilter reactor, *Chemical Oxygend Demand (COD)* and Fosfat (PO_4^-).*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bertambahnya jumlah penduduk membawa dampak kepada perkembangan teknologi yang menuju ke suatu teknologi baru dan canggih. Dalam era globalisasi yang tanpa disadari, menghasilkan dampak kepada manusia, seperti kuantitas / jumlah limbah yang dihasilkan semakin meningkat. Limbah merupakan suatu produk sisa dari suatu aktifitas / kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya apabila tidak dikelola secara tepat dan dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah.

Di dalam Undang-undang Republik Indonesia No.4 tahun 1982, pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai berikut: masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Jadi, terjadinya akumulasi limbah pada suatu tempat tertentu akan menyebabkan terjadinya pencemaran pada tempat tersebut.

Air limbah rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang potensial, sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum. Masalah yang sering dihadapi dalam hal pengolahan limbah rumah sakit adalah

terbatasnya dana yang ada untuk membangun fasilitas pengolahan limbah serta pengoperasiannya, khususnya untuk rumah sakit tipe kecil dan menengah.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka perlu dirancang suatu teknologi proses yang diharapkan dapat digunakan untuk menangani masalah limbah rumah sakit. Pada penelitian ini dipilih teknologi proses dengan mengkombinasikan proses-proses aerasi, adsorbent karbon aktif atau zeolit dan filtrasi pasir.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang yang ada diatas maka

- a) Apakah reaktor (aerasi, adsorbent, dan filter) dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit.
- b) Seberapa lama zeolit dapat menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit hingga mencapai titik jenuh.
- c) Seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit dengan menggunakan reaktor Aerokarbonfilter.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah:

- a) Untuk mengetahui penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit dengan menggunakan reaktor aerasi, adsorbent, dan filter.

- b) Untuk mengetahui nilai kejenuhan zeolit dalam reaktor aerokarbonfilter dalam menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit.
- c) Untuk mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat pada limbah cair rumah sakit.

1.4 Manfaat Penelitian

- a) Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat mengurangi konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat dalam pengolahan limbah cair rumah sakit.
- b) Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair rumah sakit yang memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat yang tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

- a) Reaktor yang digunakan adalah reaktor yang susunannya terdiri atas aerasi, adsorbent, dan filter.
- b) Penggunaan zeolit sebagai adsorbent sampai pada titik kejenuhan.
- c) Bahan baku berasal dari limbah cair rumah sakit PKU Muhammadiyah.
- d) Parameter yang diukur adalah: *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat.
- e) Interval waktu yang dipakai dalam pengambilan hasil uji adalah 0, 30, 60, 90, 120 menit.
- f) Penelitian dilakukan dengan menggunakan skala laboratorium

Walaupun penetapan standar air yang bersih tidak mudah, namun ada kesepakatan bahwa air yang bersih tidak ditetapkan pada kemurnian air, akan tetapi didasarkan pada keadaan normalnya. Bila terjadi keadaan menyimpang dari keadaan normal, maka hal itu berarti air tersebut telah mengalami pencemaran.

Air yang ada di bumi ini tidak pernah dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa / mineral (unsure) lain yang terlarut didalamnya. Hal ini tidak berarti semua air yang ada di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh air yang di ambil dari mata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air bersih, namun senyawa atau mineral (unsure) yang terdapat didalamnya berlainan.

seperti tampak dalam keterangan berikut ini :

- Air hujan mengandung : SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , H, C, O_2 , dan debu.
- Mata air mengandung : Na, Mg, Ca, Fe, O_2

Selain itu air juga sering kali mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum, tetapi harus direbus dulu. Pada batas-bats tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Berdasarkan uraian tersebut dapat dipahami bahwa air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Ukuran air disebut bersih dan tidak tercemar tidak ditentukan oleh kemurnian air.

2.1.1 Definisi Pencemaran

Manakala terjadi perubahan dalam sifat lingkungan hidupnya, baik perubahan alamiah, maupun perubahan yang disebabkan oleh aktivitas hidupnya, kelangsungan hidup manusia akan terancam (Soemarwoto, 1987).

Pencemaran lingkungan dapat menyebabkan terjadinya perubahan yang tidak dikehendaki, baik secara fisik, kimia, atau biologik pada udara, tanah, dan air, yang dapat menyebabkan efek bagi kehidupan manusia maupun makhluk lain, atau terjadinya keadaan yang buruk dari lingkungan hidup atau sumber daya akibat proses-proses industri (Odum, 1972).

Didefinisikan oleh Dix (1981), yang menyatakan bahwa pencemaran adalah tindakan yang disengaja yang menyebabkan terkontaminasinya lingkungan dengan buangan-buangan manusia. Dimana kerusakan lingkungan yang berupa pencemaran pada lingkungan merupakan perbuatan yang sangat merugikan, baik itu merugikan lingkungan itu sendiri namun juga merugikan bagi diri sendiri dan juga makhluk yang berinteraksi dengan lingkungan tersebut

2.1.2 Macam-macam pencemaran lingkungan.

Banyak ahli yang telah mengklasifikasikan pencemaran menjadi bermacam-macam klasifikasi dan semuanya tergantung dari apa yang ingin ditentukan.

Amsyari (1972), mengklasifikasikan pencemaran lingkungan ini dengan menjadikannya menjadi empat kelompok, yaitu: pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah dan pencemaran budaya. Sedangkan bahaya pencemarannya diklasifikasikan menjadi tersendiri sebagai: Pencemar fisik, pencemar biologik, pencemar kimia, dan pencemar budaya atau sosial.

Odum, (1972), mengklasifikasikan pencemaran lingkungan menurut sasarannya, yaitu pencemaran udara, pencemaran tanah, pencemaran air, dan lain sebagainya atau sesuai dengan jenis bahan pencemarannya seperti tanah, karbondioksida, limbah cair, dan lain-lain.

Dix, (1981), yang membagi pencemaran lingkungan menjadi empat kelompok, yaitu pencemaran udara, pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran udara.

Namun demikian secara keseluruhan ada dua bentuk dasar pencemaran, yaitu pencemaran yang tidak dapat didegradasi dan pencemaran yang mengalami degradasi (Odum, 1972)

2.2 Pencemaran Air

Air merupakan senyawa yang sangat esensial bagi hidup dan kehidupan organisme, air juga selalu berisi bermacam-macam benda, partikel-partikel baik organik maupun anorganik serta organisme. Hal ini disebabkan karena air senantiasa terbuka bagi benda-benda pengotor dan pada umumnya dapat melarutkan benda-benda tersebut (merupakan pelarut universal), karena sifat tersebut tidak ada perairan atau air yang murni, tetapi air dengan selalu akan terkandung unsure atau senyawa lain (Wardoyo, 1982; Prawiro, 1983).

Dengan terlarutnya unsur atau senyawa lain terutama unsur hara mineral, air merupakan komponen ekologi yang penting peranannya bagi kehidupan organisme. Air murni, yang hanya dapat ditemui di laboratorium, itupun tidak selalu seratus persen murni, tidak dapat mendukung kehidupan organisme dengan baik, sebaliknya jika di dalam air terkandung atau terlarut unsur serta senyawa yang bersifat racun akan

mengganggu hidup dan kehidupan manusia, nilai guna air and perairan akan menurun atau bahkan rusak (Wardoyo, 1982).

Dix (1981), menyatakan pencemaran air sebagai perubahan kualitas baik karena proses alamiah maupun akibat pencemaran manusia yang mengakibatkan air tersebut tidak dapat digunakan atau berbahaya untuk makanan, kesehatan manusia dan hewan, industri, pertanian, perikanan, maupun keperluan rekreasi.

2.2.1 Pengertian Limbah Cair

Jenis dan tingkat kandungan bahan pencemar didalam limbah cair akan sangat mempengaruhi dan menentukan karakteristik dari limbah tersebut. Karakteristik limbah cair pada perinsipnya dapat dibagi menjadi empat , yaitu (Kasmidjo, 1991)

a. Parameter kimia anorganik.

Beberapa parameter yang telah digunakan adalah: keasaman dan alkalinitas, kesadahan, logam-logam hogen, nitrogen (berupa sulfida, sulfit, sulfat, atau thio sulfat), fosfat, dan sianida. Penggunaannya dapat salah satu atau beberapa dari padanya tergantung industri asal serta tujuan monitoringnya.

b. Parameter kimia organik

Kecuali untuk memonitor senyawa organik yang bersifat racun, parameter organik biasanya dimasukkan untuk mengetahui bahan pencemar (limbah) dalam menyerap oksigen dalam proses perombakannya. Seperti BOD, COD.

c. Parameter biologi

Pencemaran biologi oleh mikrobia penyebab penyakit (patogen) biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat (MPN) bakteri bentuk Coli. Kelompok bakteri bentuk Coli sebagai indikator mikrobia patogen dikarenakan

bahwa bakteri ini berasal dari usus dan mempunyai ketahanan hidup didalam air yang cukup lama.

d. Parameter fisika

Yang termasuk didalam parameter ini antara lain : Radioaktifitas, warna, kekeruhan, suhu, total residu penguapan, daya hantar listrik, kadar zat padat tersuspensi, dan kadar zat padat terlarut.

2.2.2 Perubahan kualitas air.

Kualitas air merupakan karakteristik air yang dicerminkan oleh parameter kimia organik, kimia anorganik, fisik, biotik, dan radioaktif bagi perlindungan dan pembagian air untuk berbagai peruntukkan tertentu (Anonim, 1990)

Pencemaran air dapat disebabkan karena limbah yang masuk kedalam danau, sungai, estuaria, perairan pantai, laut bebas atau badan air lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, perlu diketahui secara mendalam tentang kandungan yang ada didalam air limbah dan juga sifat-sifatnya. Soegiharto (1987), membedakan air limbah berdasarkan atas sifatnya, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologiknya.

a. Sifat fisik air

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik air limbah tersebut. Termasuk sifat fisik yang penting antara lain adalah kandungan zat padat, kejernihan, suhu, warna dan bau, (Mahida, 1984), juga menganalisis kekeruhan dalam uji coba terhadap sifat fisik air.

b. Sifat kimia air

Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam air limbah dapat merugikan lingkungan dalam berbagai cara. Bahan kimia dan limbah dapat merubah pH, alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrien kimia (Dix, 1981)

pemeriksaan kimia air selain meliputi tolak ukur konsentrasi hidrogen ion (pH), alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrien kimia seperti zat organik, amoniak, nitrogen, nitrat, nitrit, sulfida, khlorida, dan kimia toksis juga menganalisis kandungan oksigen terlarut, BOD, dan COD. Namun demikian Mahida (1984) mengatakan bahwa penentuan konsentrasi hidrogen ion (pH), dan kebutuhan khlor bukan merupakan uji coba baku.

c. Sifat biologi air

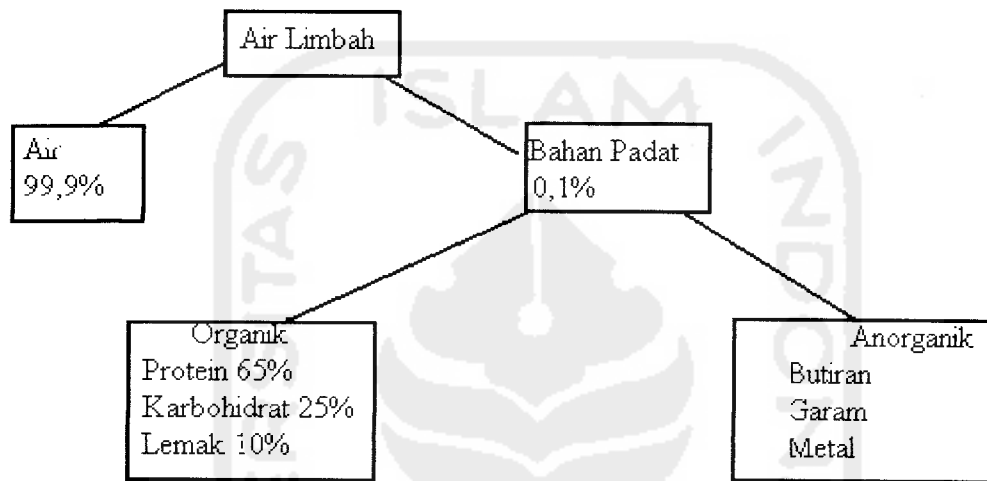
Indikator biologis didalam air dan air limbah yang digunakan sebagai indikator adanya pertumbuhan bakteri patogen.

2.2.3 Sumber-sumber pencemar air

Pencemaran yang terjadi pada lingkungan perairan berasal dari beberapa sumber. Didalam media air tawar dipenuhi oleh substansi-substansi yang berasal dari tiga sumber, yaitu pencemar-pencemar domestik, pencemar-pencemar industri, dan pencemar-pencemar pertanian. Pencemar-pencemar tersebut pada umumnya merupakan hasil dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah tersebut ada yang berupa padatan, limbah yang berupa bahan padat dibagi menjadi limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik meliputi protein, karbohidrat, dan lemak, sedangkan limbah anorganik terdiri dari butiran garam dan metal (Soegiharto, 1987).

Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan detergen dapat terurai menjadi menjadi fosfat. Limbah yang berupa

garam-garam, logam, farmasi, kosmetika, dan pestisida, umumnya larut di air. Limbah yang berasal dari perindustrian, contohnya adalah substansi-substansi organik seperti detergen, bahan farmasi, minyak-minyak, pestisida, garam-garam logam, partikel-partikel baik organik maupun anorganik yang mengendap.



Gambar 2.1 Skema pengelempokkan bahan yang terkandung didalam air limbah (Sugiharto, 1987).

Beberapa perwujudan terjadinya pencemaran air antara lain dapat dilihat dari adanya lapisan minyak dipermukaan air, limbah padat yang terapung, penurunan konsentrasi oksigen terlarut, perubahan pH, dan turbiditas, timbunan algae, dan tumbuhan air yang lain, penurunan jumlah ikan, serta adanya hepatitis yang berjangkit pada suatu daerah.(Jackson,1980).

2.3. Rumah Sakit

Rumah sakit adalah fasilitas sosial yang tak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat dan keberadaanya pun sangat diharapkan. Seiring dengan berjalanya waktu perkembangan penduduk yang pesat harus diimbangi dengan fasilitas kesehatan yang memadai. Akan tetapi semuanya itu tidak dibarengi dengan pembangunan fasilitas pengolahan limbah yang baik karena tidak dapat dipungkiri bahwa limbah rumah sakit merupakan salah satu penyumbang terjadinya pencemaran lingkungan belakangan ini, sehingga masalah pencemaran akibat limbah rumah sakit baik limbah padat maupun limbah cair sering menjadi pencetus konflik antara pihak rumah sakit dengan masyarakat yang ada disekitarnya.

Air limbah yang berasal dari rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemaran air yang potensial. Hal ini disebabkan karena air limbah rumah sakit mengandung senyawa organik yang cukup tinggi juga kemungkinan mengandung senyawa-senyawa kimia lain serta mikro-organisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat disekitarnya.

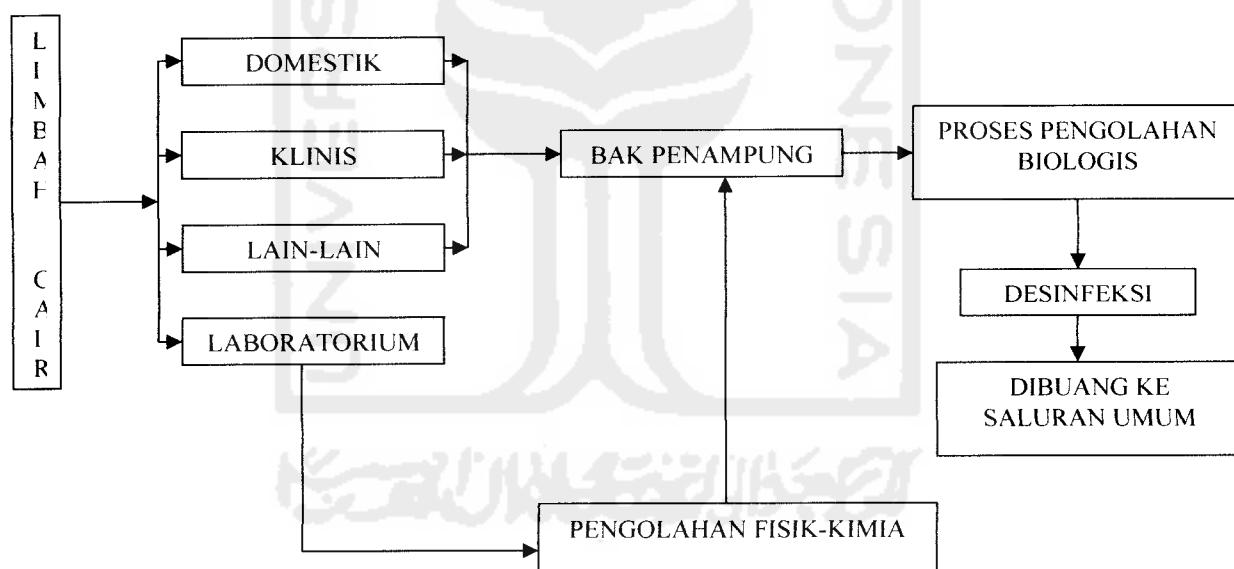
Dengan adanya pengaturan tentang mengharuskan bahwa setiap rumah sakit harus mengelola air limbah sampai standart yang diijinkan, maka kebutuhan akan teknologi pengolahan air limbah rumah sakit khususnya yang murah dan hasilnya baik perlu dikembangkan. Hal ini mengingat bahwa kendala yang paling banyak dijumpai yakni teknologi yang ada saat ini masih cukup mahal, sedangkan dilain pihak dana yang tersedia untuk membangun unit alat pengolahan air limbah tersebut sangat terbatas sekali.

Menurut definisi umum air limbah rumah sakit adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan rumah sakit yang meliputi : limbah cair domestik yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian; limbah cair

klinis yakni limbah cair yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, air limbah laboratorium dan lain-lain.

Di dalam pengolahan air limbah rumah sakit, maka yang perlu diperhatikan adalah sistem saluran pembuangan air. Saluran air limbah dan saluran air hujan harus dibuat secara terpisah. Air limbah rumah sakit dikumpulkan ke bak control dengan saluran atau pipa tertutup, selanjutnya dialirkan ke unit pengolahan. Setelah dilakukan pengolahan, air hasil olahannya dibuang kesaluran umum. Untuk air hujan dapat langsung dibuang ke saluran umum melalui saluran terbuka.

Berikut adalah diagram alir proses pengolahan limbah rumah sakit :



Gambar 2.2 :Diagram pengelolaan air limbah rumah sakit (BPPT, 1999)

Beberapa parameter pencemaran air oleh rumah sakit pada adalah warna, pH, COD, BOD, zat organik dan logam-logam berat (Fe, Cu, Zn, Cd, Pb). (Anonim, 1978).

Tabel 2.1 Karakteristik limbah cair rumah sakit

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1.	pH	-	5.8	6 – 9
2.	BOD	Mg/l	1260	50
3.	COD	Mg/l	3039.7	60
4.	TSS	Mg/l	855	100 – 400
5.	Minyak / Lemak	Mg/l	60.0	1.0 – 20.0
6.	Phenol	Mg/l	0.926	0.1 – 2.0
7.	Warna	PtCo	185	50
8.	Nitrat	Mg/l	82.17	0.06 – 5.0
9.	Fosfat	Mg/l	0.0	2.0
10.	Amoniak	Mg/l	-	0.06 – 5.0

(Sumber: Anonim, 1997)

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti meliputi *Chemical oxygen demand* (COD), Fosfat.

2.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976)

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang

sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung COD tidak dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih. Selama reaksi berlangsung (2 jam), uap direfluks dengan alt kondensor, agar zat organik volatile tidak lenyap ke luar. Perak sulfat Ag_2SO_4 ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan.

2.5 Fosfat

Tingginya busa yang terdapat di dalam pengolahan limbah tidak hanya timbul dari *Surface active agent* pada detergen. Bahan tambahan pada detergen mendukung adanya penyebab kerusakan lingkungan. Salah satunya adalah Polifosfat. Fosfat pada detergen dianggap sumber utama parameter fosfat dalam air.

Kehadiran fosfat dalam air limbah berbentuk orthofosfat (seperti HPO_4 , PO_4). Kandungan fosfat dalam air limbah dipakai dalam penentuan perencanaan perlakuan air limbah secara biologi dalam hubungannya dengan kebutuhan fosfat untuk mendukung pertumbuhan mikroba (Hammer, 1997).

Fosfat dalam air dapat berbentuk orthofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Berikut adalah bentuk dari fosfat yang terdapat dalam air :

1. Orthofosfat adalah senyawa monomer seperti H_2PO_4 , HPO_4 dan PO_4
2. Polifosfat / *Condensed Phosphates* merupakan senyawa polimer seperti $(PO_3)_6$ (Heksameta phosat), P_3O_{10} (Tripolifosfat)
3. Fosfat organis adalah fosfor yang terikat dengan senyawa-senyawa organis, sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas (Alaerts, 1987)

Bila parameter fosfat pada air sangat rendah (0.01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan alga akan terhalang. Keadaan ini dinamakan *Oligotrop*. Bila kadar nitrien dan fosfat tinggi, maka pertumbuhan tanaman dan alga tidak terendalik lagi sehingga tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam perairan pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang dicerna (digest). Keadaan ini disebut *eutrop* (Alaerts, 1987).

Bahan pembentukan utama didalam detergen adalah natrium tripolifosfat ($Na_5P_3O_{10}$). Senyawa ini tidak merupakan masalah dalam dekomposisinya di lingkungan, sebab ion P_3O_{10} akan mengalami reaksi hidrolisis perlahan didalam lingkungan untuk memproduksi orthofosfat yang tidak beracun, dengan reaksi sebagai berikut :



Fosfat mempunyai keuntungan :

- 1) Fosfat tidak beracun terhadap hewan air dan tidak mengganggu kesehatan manusia.
- 2) Fosfat bersifat aman digunakan dalam berbagai pewarna serat kain.
- 3) Fosfat bersifat aman digunakan dalam mesin cuci, tidak bersifat korosif dan tidak mudah terbakar (Srikandi, 1992)

Sumber Fosfat

Sumber Fosfat pada air limbah adalah berasal dari :

I. Pemakaian detergen

Bahan-bahan penyusun detergen antara lain:

- a. Bahan penurun tegangan permukaan
- b. Bahan penunjang

Untuk penunjang kerjanya bahan penurun tegangan permukaan

Contoh: $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (Natrium Tripolifosfat)



Jika mencuci dengan air sadah Ca_2 diikat oleh P_3O_{10} membentuk senyawa kompleks sehingga kesadahan air berkurang. Jadi air sudah tidak bisa dipakai untuk mencuci dengan detergen.

- c. Bahan pengisi

Untuk menurunkan harga, seperti Na_2CO_3 (Natrium Karbonat)

- d. Bahan Pengikat air

Untuk menjaga antara air dan sabun terjadi daya tarik menarik, sehingga air pada sabun dapat bekerja

- e. Bahan Tambahan

Untuk menambah daya guna detergen, agar kotoran yang diberi detergen tidak kembali lagi ke bahan cucian.

Contoh : Karboksimetil Selulosa (cmc)

- f. Wagi-wangian

2. Air seni

Kandungan fosfat dalam air seni adalah sebesar 2,47 mg/hari (Hary,Tome,2005)

3. Tinja

Kandungan fosfat dalam tinja adalah sebesar 1.37 mg/hari (Hary,Tome,2005)

4. Sisa makanan

Jenis analisa yang akan diuraikan di sini adalah cukup sederhana dan luwes dan terdiri dari 4 langkah bertahap yang dapat digabungkan sedemikian r sehingga unsure fosfat dapat ditentukan. Langkah tersebut adalah sebagai berikut :

- Penyaringan pendahuluan pada filter membran untuk memisahkan fosfat terlarut.
- Hidrolisa pendahuluan untuk merubah polifosfat menjadi orthofosfat.
- Peleburan pendahuluan dengan asam sulfat untuk merubah semua polifosfat serta fosfat organis menjadi ortofosfat.
- Analisa ortofosfat.

2.6 Penanggulangan Masalah Air

2.6.1 Pengendalian Bahaya Limbah

Berbagai limbah yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia meningkat dengan meningkatnya standar hidup, meningkatnya populasi, serta meningkatnya konsentrasi (kepadatan) populasi (Gutherie, 1972). Indonesia sebagai negara berkembang mengalami ketiga hal tersebut. Sehingga secara otomatis pencemaran akan terus terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun berikutnya baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas.

Dengan demikian, perlu adanya usaha pengendalian limbah. Menurut kasmidjo (1991), usaha untuk mengendalikan usaha limbah meliputi tiga kemungkinan

tahapan, yaitu memodifikasi proses agar usaha produksi tersebut tidak atau sangat mengurangi timbulnya limbah. Jika modifikasi proses memang tidak dapat lagi diterapkan barulah diambil usaha berikutnya, ialah mengambil manfaat atas limbah yang timbul (reuse) sebagai bahan mentah baru, bahan bakar, makanan, atau pupuk. Usaha kedua ini dimaksudkan agar limbah masih memiliki nilai ekonomis dan mampu memberi nilai keuntungan tambahan terhadap perusahaan, atau setidaknya agar biaya untuk mengeleminasi bahaya pencemaran oleh limbah dapat didanai dari limbah itu sendiri. Sedangkan yang ketiga merupakan alternatif yang terakhir, pemberian perlakuan dibuang terhadap limbah agar limbah semata-mata dapat dibuang dalam keadaan bebas bahaya pencemaran, tanpa mengambil manfaat daripadanya (kecuali manfaat tidak langsung jangka panjang, berupa kelestarian lingkungan). Alternatif yang terakhir ini dapat dilakukan bila bahaya pencemaran limbah memang harus diselenggarakan dengan dana tambahan yang memang sudah tidak dapat dihindarkan.

2.6.2 Penanggulangan pencemaran air

Pengolahan limbah yang dilakukan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang keperairan bebas, dapat mencegah terjadinya pencemaran dan mengurangi toksisitas limbah tersebut terhadap lingkungan. Tujuan utama pengolahan limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Mahida (1981), menyatakan bahwa pada prinsipnya pengolahan limbah adalah membuang zat pencemar yang terdapat dalam air limbah atau merubah bentuknya menjadi tidak berbahaya bagi kehidupan organisme.

Secara umum pengolahan limbah dapat dilakukan dengan tiga cara (Mahida, 1984), yaitu:

1. Pengolahan secara kimia

Proses pengolahan secara kimia, didasarkan kepada proses pengendapan zat pencemar dengan menggunakan tambahan zat kimia yang dapat mengkoagulasikan zat-zat organik didalam air buangan tersebut. Setelah itu dilakukan proses flokulasi yang dilanjutkan dengan proses netralisasi dan dibantu dengan cara fisik yaitu pengendapan (Sutamiharja dan Takuputra, 1978).

2. Pengolahan secara biologi

Proses pengolahan secara biologi dilakukan pada zat pencemar yang mudah diuraikan secara biologi (*Biodegradable*), proses-proses pengolahan tersebut dilakukan oleh mikroorganisme.

3. Pengolahan secara fisik

Pengolahan limbah secara fisik bertujuan untuk menyaring benda-benda yang digunakan dalam produksi yang ikut bersama aliran limbah.

2.7. Aerasi

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

penting agar dalam proses ini cukup berlangsung pencampuran antara air dengan udara (Walker, 1978).

2.7.1. Tujuan Aerasi

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
- c. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

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

2.7.2. Jenis dan Tipe Aerasi

Jenis-jenis aerasi

1. Memasukkan udara ke dalam air

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada di permukaan bumi akan menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada di tempat yang tinggi yang sering dikenal dengan nama awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi di mana temperatur di atas makin rendah, dalam kondisi tertentu awan ini akan berubah menjadi tetesan-tetesan air dan jatuh kembali ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir kedalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka peresapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan bumi, maka air ini akan disebut mata air. Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui tempat yang rendah (cekungan) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantaranya mengalir kelaut kembali dan kemudian mengikuti siklus hidrologi.

Sumber-Sumber Air

1. Air permukaan
2. Air tanah
3. Air atmosfer/angkasa
4. Air laut

2. Memaksakan air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Adalah cara mengontakkan air dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air. Akibat dari pemutaran ini, air akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43-123 m³ udara diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila dalam pengolahan air limbah dengan menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7-0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam Lumpur aktif.

Tipe-tipe aerator :

1. Gravity aerator:
 - Cascade
 - Incline plane
 - Vertical stack
2. Spray aerator
 - Amsterdam nozzle
 - Dresden nozzle
 - Talford nozzle, dll
3. Bubble aerator
4. Mechanical aerator

C. Aspek teoritis dari aerasi

Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tergantung pada :

- a. Sifat gas yang bersangkutan

2.8 Adsorpsi

A. Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

B. Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika (Reynolds, 1982).

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).

4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm,

sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

Adapun untuk kebutuhan adsorben dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan:

1. Persamaan Freundlich, yaitu:

$$X/M = KC_e^{1/n}$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

M = Jumlah massa adsorben (g)

C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)

K, n = Konstanta eksperimen n: 4.55 k: 0.198 (Reynolds, 1982)

2. Persamaan Langmuir, yaitu:

$$X/M = K_b C_e / 1 + C_e$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

- M = Jumlah massa adsorben (g)
- C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)
- K = Konstanta eksperimen (Reynolds, 1982)
- b = Massa adsorbat terlarut yang dibutuhkan untuk menjenuhkan massa adsorben.

Menurut Reynolds (1982), kriteria adsorpsi karbonaktif adalah sebagai berikut:

Tipe reaktor

- Carbon contrktor : *Gravity flow* atau *presurried flow*
- Sistem kontak : *Fixed bed columns*
- Sistem operasi : *Up flow* dan *down flow*

Ukuran karbon aktif

- 8 x 30 mesh : *Down flow fixed bed columns*
- 12 x 40 mesh : *Up flow fixed bed columns*

Ukuran bak karbon

- Kedalaman bak : 10 – 40 ft
- Perbandingan kedalaman bak karbon dengan diameter : 1.5 : 4 – 4 : 1
- Diameter : 12 ft

Kecepatan *Back washing*

- 10 – 20 grm/ft² : *Down flow bed* (8 x 30 mesh)
- 10 – 12 grm/ft² : *Up flow bed* (12 x 40 mesh)

Waktu *Back washing*

- 10 – 15 menit : *Down flow* dan *Up flow*

Kecepatan filtrasi

- 2 – 4 grm/ft² : *Down flow* (8 x 30 mesh)
- 6 – 10 grm/ft² : *Up flow* (12 x 40 mesh)

COD terombak (berat) / Karbon aktif (berat) : 0.2 – 0.8

2.9 Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata *zein* (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan *lithos* berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat yang membuih bila dipanaskan pada suhu 100⁰ celcius.

Zeolit adalah senyawa aluminosilat yang terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki pori-pori yang dapat diisi dengan air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta dapat menukar berbagai jenis kation tanpa merubah struktur utama penyusunnya.

Zeolit merupakan batuan yang secara kimia termasuk bahan silikat yang dinyatakan sebagai aluminosilat terhidrasi, yang merupakan hasil produksi sekunder, baik dari hasil pelapukan ataupun sedimentasi. Batuan zeolit dengan struktur berongga sebagai suatu aluminosilat yang mempunyai struktur rongga dengan rongga-rongga di dalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul-molekul air yang keduanya dapat bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dihidrasi secara reversible tanpa terjadi perubahan struktur (Barrers, 1978).

2.9.1. Sifat-sifat zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh sebab itu zeolit

dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

Sifat zeolit meliputi :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan efektif terinteraksi dengan molekul yang diadsorbsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang terbentuk apabila unit sel kristal tersebut dipanaskan

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Apabila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300° - 400° celcius maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

c. Penukaran Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini akan bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.

d. Katalis

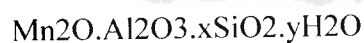
Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori besar dan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring / pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari campuran tertentu, karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar antara 2A-8A tergantung dari jenis zeolit). Volume dan ukuran ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring.

2.9.2. Komposisi zeolit

Struktur kristal zeolit dibentuk oleh ion Al-Si-O, sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah tertukar. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan Al^{3+} , sehingga rumus empiris zeolit menjadi:



Keterangan :

M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s/d 10)

y = bilangan tertentu (2 s/d 10)

Sebagai contoh adalah penurunan unit klinoptilotit yang merupakan jenis umum dijumpai yaitu : $(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_4\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$. ion K^+ dan Na^+ merupakan struktur kation dengan oksigen yang membentuk struktur tetrahedral. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Komponen utama pembangunan struktur zeolit adalah bangunan primer $(\text{SiO}_4)^{4-}$ yang mampu membentuk struktur tiga dimensi. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit, baik yang ada di permukaan maupun di dalam pori-pori menyebabkan zeolit berperan sebagai penukar ion, mengadsorpsi dan katalis.

2.9.3. Pengolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu Zeolit alam dan Zeolit sintetis.

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan tuf vulkanik, sedangkan sintetis direkayasa oleh manusia secara kimia.

1. Zeolit Alam

Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang lava, dan dalam batuan piroklasik berbutir halus (tuf). Berdasarkan proses pembentukannya zeolit alam dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :

- a. Zeolit yang terdapat di antara celah-celah atau di antara lapisan batuan. Zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain, seperti kalsit, kwarsa, renit, klorit, flourit, mineral sulfide dan lain-lain.

b. Zeolit yang berupa batuan

Zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 (tujuh) kelompok, yaitu :

- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di danau asin yang tertutup.
- Mineral zeolit yang terbentuk di dalam danau air tawar atau di dalam lingkungan air tanah terbuka.
- Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut
- Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorphose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan.
- Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktivitas hidrotermal atau air panas.
- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di dalam tanah yang bersifat alkali
- Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan atau mineralisasi yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis

2. Zeolit Sintetis

Susunan atom maupun komposisi zeolit dapat dimodifikasi, maka dapat dibuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh karena itu zeolit sintetis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang dan zeolit kadar Si tinggi.

2.9.4. Pengaktifan Zeolit

Beberapa cara pengaktifan zeolit, antara lain :

1. Cara Pemanasan

Pemanasan di sini dimaksudkan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terdapat pada zeolit yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorpsi.

2. Cara Kimia

Pengaktifan cara kimia dilakukan dengan perendaman dan pengadukan dalam suatu larutan asam (H_2SO_4) atau basa ($NaOH$) dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Selain itu juga dapat menggunakan $KMnO_4$ 1% untuk mengaktifkan zeolit tersebut.

2.10 Pasir

Ada berbagai macam cara untuk menjernihkan air. Namun, yang paling banyak dikenal adalah teknik penyaringan, pengendapan, dan penyerapan. Bahan yang dipakai untuk ketiga teknik tersebut juga beraneka ragam. Pasir, ijuk, arang batok, kerikil, tawas, bubuk kapur, kaporit, dan bahkan batu bisa dimanfaatkan secara efektif untuk menjernihkan air kotor. Biasanya bahan-bahan itu dipakai secara bersamaan. Jarang sekali orang bisa memperoleh air jernih dengan hanya memakai satu media penyaring. Kecuali tawas, bubuk kapur, dan kaporit, seluruh media penyaring tersebut bersifat mengendapkan dan menyerap bahan pencemar yang ada di dalam air. Pasir, kerikil, dan ijuk merupakan media pengendap; arang batok merupakan penyerap. dibandingkan kerikil dan ijuk, pasir dan arang batok memiliki fungsi lebih besar.

Pasir adalah media filter yang paling umum dipakai dalam proses penjernihan air, karena pasir dinilai ekonomis, tetapi tidak semua pasir dapat dipakai sebagai media filter. Artinya diperlukan pemilihan jenis pasir, sehingga diperoleh pasir yang sesuai dengan syarat-syarat media pasir. Dalam memilih jenis pasir sebagai media filter hal-hal yang diperhatikan adalah :

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir
- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

A. Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

B. Karakteristik Fisik Pasir

Karakteristik fisik pasir yang perlu diperhatikan untuk media filter antara lain adalah :

- a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan / permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut tanggung, dan bundar menyudut (Lewis, 1980). Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan

bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

Butiran pasir berukuran kasar dengan diameter > 2 mm memberikan kelolosan yang besar, sedangkan ukuran pasir berukuran halus dengan diameter 0,15-0,45 mm memberikan kelolosan yang rendah. Factor yang penting dalam memilih ukuran butiran pasir sebagai media saring adalah *effective size (ES)*

c. Kemurnian pasir

Pasir yang digunakan sebagai media saringan semurni mungkin, artinya pasir benar-benar bebas dari kotoran, misalnya lempung. Pasir dengan kandungan lempung yang tinggi jika digunakan sebagai media filter akan berpengaruh pada kualitas filtrate yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO_2 yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

C. Jenis Pasir dan Ketersediaannya

Mudah tidaknya jenis pasir yang dijadikan media filter untuk diambil sangat mempengaruhi harga dari pasir tersebut, sedangkan jumlah atau cadangan pasir hendaknya cukup untuk sejumlah kebutuhan bagi filter yang direncanakan.

Pasir yang diambil dari Sungai Progo ternyata cukup baik digunakan sebagai media filter karena mempunyai kekerasan yang tinggi juga mempunyai persediaan yang

cukup banyak. Berdasarkan hasil pemeriksaan pasir yang berasal dari Sungai Progo dapat diketahui bahwa derajat kerja sebesar 0,398 mm, derajat keseragaman sebesar 2,03 serta kelarutan sebesar 3,5% dan berat jenis sebesar 2,857 gr/cm³ (BTKL,1990).

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam, tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah, dan kekeruhan air perlu dilakukan untuk menentukan ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

Umumnya, air kotor yang akan disaring oleh pasir mengandung bahan padat dan endapan lumpur. Karena itu, ukuran pasir yang dipakai pun tidak terlalu besar. Yang lazim dimanfaatkan adalah pasir berukuran 0,2 mm - 0,8 mm.

Berdasarkan ukuran pasir, maka dapat dibedakan dua tipe saringan pasir, yakni saringan cepat dan saringan lambat. Saringan cepat dapat menghasilkan air bersih sejumlah 1,3 - 2,7 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai 0,4 mm - 0,8 mm dengan ketebalan 0,4 m - 0,7 m. Saringan pasir lambat menghasilkan air bersih 0,034 - 0,10 liter/m³/detik. Diameter pasir yang dipakai sekitar 0,2 mm - 0,35 mm dengan ketebalan 0,6 mm - 1,2 mm. Saringan pasir hanya mampu menahan bahan padat terapung. Ia tidak dapat menyaring virus atau bakteri pembawa bibit penyakit. Itulah sebabnya air yang sudah melewati saringan pasir masih tetap harus disaring lagi oleh media lain. Saringan pasir ini harus dibersihkan secara teratur pada waktu-waktu tertentu.

D. Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari dalam air, di mana padatan tersuspensi tersebut paling besar memberikan sifat keruh yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran di bagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)
2. Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)
3. Filter Bertekanan

Terdapat banyak perbedaan diantara ketiga unit operasi tersebut baik pada rancangannya atau pun pengoperasiannya. Untuk jenis filter pasir lambat maka ukuran diameter yang digunakan adalah 0.15-0.45 mm dengan ketinggian media antara 60-120 cm dan laju alir influent dalam besaran kecepatan linie pada rentang 1-2 m/jam, sedang pada filter pasir cepat ukuran media filter 0.40-0.70 mm.

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas effluent serta masa operasi saringan yaitu :

- a. Kualitas air baku, senakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. Suhu, Suhu yang baik yaitu antara 20-30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia.
- c. Kecepatan Penyaringan, Pemisahan bahan-bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata, kecepatan penyaringan tidak mempengaruhi terhadap

kualitas effluen. Kecepatan penyaringan lebih banyak terhadap masa operasi saringan. (Huisman, 1975)

- d. Diameter butiran, secara umum kualitas effluent yang dihasilkan akan lebih baik bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran-butiran halus. Jika diameter butiran yang di gunakan kecil maka yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

Tabel 2.2 Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.

Keterangan	Filter lambat	Filter cepat
Kecepatan filtrasi	0.1-0.2-0.24 m/jam	4-5-21 m/jam
Luas media filter	Luas : 2000 m ²	Sempit : 40-400 m ²
Kedalaman media	Kerikil : 30 cm Pasir : 90-110 cm Biasa berkurang 50-80 cm, karena pengerukan pasir aktif	Kerikil : 30-45 cm Pasir : 60-70 cm Tidak berkurang karena pengerukan pasir aktif
Ukuran pasir	0.25-0.3 mm	0.55 mm atau lebih
Distribusi butiran pasir dalam filter	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan terberat di bawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlubang, bercabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlubang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal – 120 cm akhir	30 cm awal - 240 cm atau 275 akhir
Kurun waktu	20-30-60 hari	12-24-72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metoda pencucian	Pengerukan lapisan kotor dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencucian	0.2-0.6 % air yang disaring	1-4-6 % air yang disaring
Persiapan pengolahan	Tidak perlu jika NTU < 50	Koagulasi, flokulasi sedimentasi
Penambahan pengolahan klorinasi :		
<ul style="list-style-type: none"> • Biaya konstruksi • Biaya operasi • Depresiasi 	Relatif murah Relatif murah Relatif rendah	Relatif mahal Relatif mahal tinggi

Sumber : Pengantar Konsep Teknologi Bersih, KRT Tjokrokusumo 1995

Saringan pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori :

1. Menurut jenis media yang dipakai.
2. Menurut sistem control kecepatan filtrasi.
3. Menurut arah aliran.
4. Menurut kaidah grafitasi/dengan tekanan.
5. menurut pretreatment yang diperlukan.

E. Mekanisme Filtrasi

Menurut Razif (1985), proses filtrasi adalah kombinasi dari beberapa fenomena yang berbeda, yang paling penting adalah :

1. *Mechanical Straining*, yaitu proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan.
2. Sedimentasi, akan mengendapkan partikel *suspended matter* yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Proses pengendapan terjadi pada seluruh permukaan pasir.
3. Adsorption adalah proses yang paling penting dalam proses filtrasi. Proses adsorpsi dalam saringan pasir lambat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran pasir saringan dan dengan bahan pelapis seperti gelatin yang pekat yang terbentuk pada butiran pasir oleh endapan bakteri dan partikel koloid. Proses ini yang lebih penting terjadi sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.

4. Aktivitas Kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

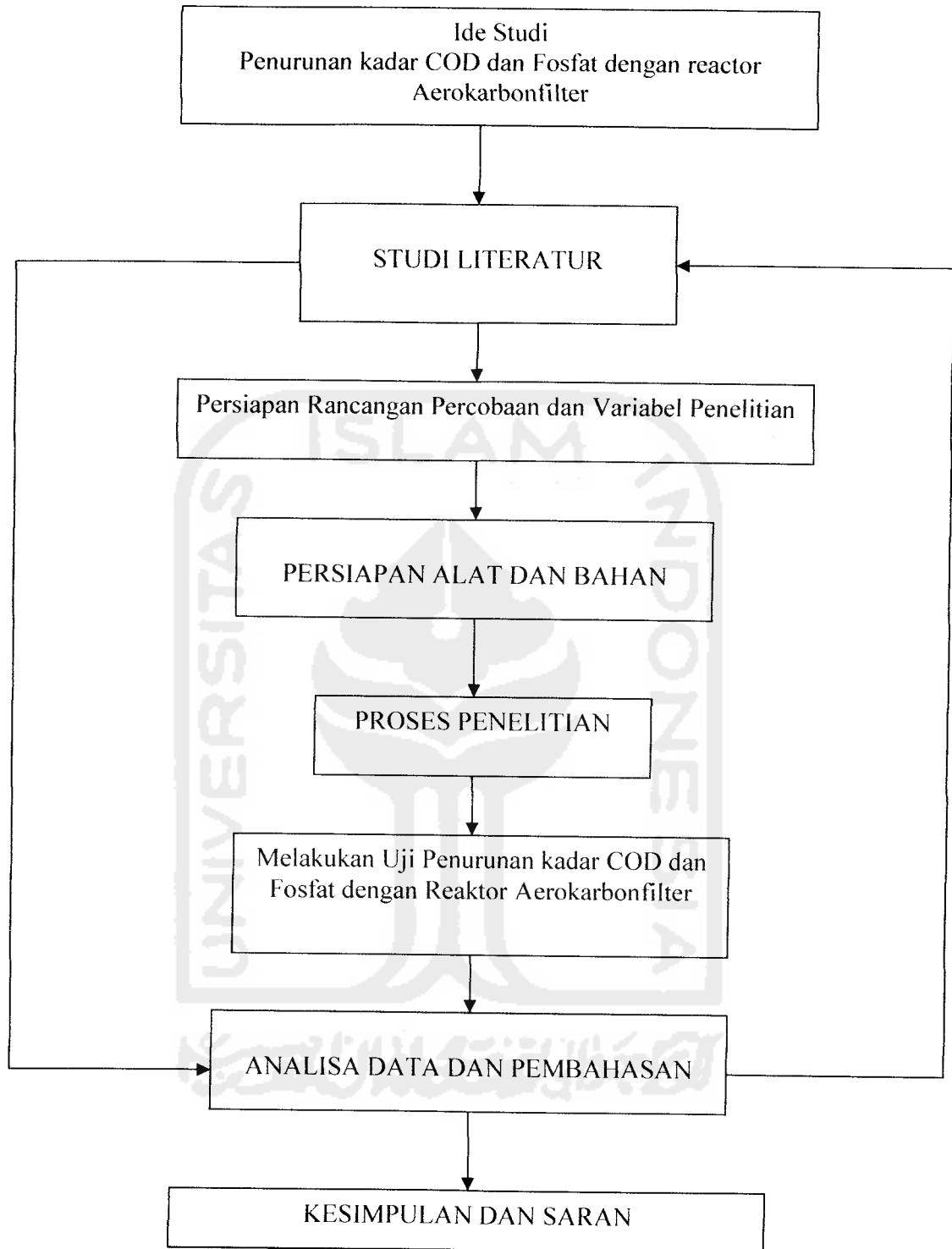
1. Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta
Merupakan tempat pengambilan sampel limbah.
2. Laboratorium Rancang Bangun
Merupakan tempat pembuatan reaktor aerokarbonfilter.
3. Laboratorium Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (Dinas KIMPRASWIL)
Merupakan tempat penelitian dan pemeriksaan air sampel untuk mengetahui penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), Fosfat (PO_4).

3.2 Objek Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair medis Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta.

3.3 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram penelitian , yaitu pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

- b. Konsentrasi gas pada fase gas, dimana tergantung pada tekanan relatif 'p' pada fase gas
- c. Temperatur
- d. Impurities

Rumus Aerasi

$$(C_s - C_e) = (C_s - C_o)e^{-KLa \cdot t}$$

dimana :

- KLa = Koefisien mass transfer, l/s
- C_s = Konsentrasi jenuh, mg/l
- C_e = Konsentrasi pada saat t, mg/l
- C_o = Konsentrasi pada saat t=0, mg/l

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

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

3.4 Parameter dan Variabel Penelitian

3.4.1 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan pengujian parameter limbah cair rumah sakit yang meliputi:

- COD
- Fosfat

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Parameter yang diteliti adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), Fosfat.
2. Variabel penelitian adalah perbandingan efektifitas pasir zeolit yang akan digunakan pada reaktor aerokarbonfilter.
3. Nilai efisiensi reaktor Aerokarbonfilter.

3.5 Reaktor Aerokarbonfilter

3.5.1. Desain Reaktor

Perencanaan pembuatan reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Aerasi

Aerasi yang digunakan adalah tipe multipletray aerasi. Jumlah tray 4 buah dengan jarak tiap tray 0,1 m.

2. Zeolit

Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir zeolit alam. Pasir zeolit memiliki ketebalan 0,3 m.

3. Pasir

Media penyaring yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa. Tipe saringan pasir cepat dengan diameter pasir 0,4 - 0,8 mm dan ketebalan 0,3 m.

3.5.2. Dimensi Reaktor

Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, zeolit, dan filter pasir.

Tabel 3.1 Dimensi reaktor

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers. yang digunakan
Panjang	L	0.4	m	
Lebar	W	0.4	m	
Tinggi pasir	Tp	0.3	m	
Tinggi zeolit	Tk	0.3	m	
Tinggi tray aerasi	Tt	4×0.1	m	
Luas area	A	0.25	m	$L \times W$
Volume zeolit	Vk	0.25	m	$A \times Tk$
Volum reaktor	Vr	0.25	m	$A \times Tp$
Debit	Q	0.01	Lt/dt	

3.5.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

- a) Gergaji besi
- b) Cutter
- c) Penggaris

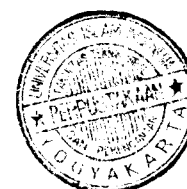
- d) Spidol
 - e) bor
2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, antara lain:

- a) Kaca
- b) Akrilik
- c) Besi siku
- d) Pipa PVC
- e) Sekrup
- f) Selang plastik
- g) Gate valve
- h) Pompa
- i) Lem
- j) Ember
- k) Media penyaring
 - a. Pasir Kuarsa
 - b. Zeolit

3.6. Metode Pelaksanaan Penelitian

Reaktor yang dirancang adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri dari aerasi, karbon aktif dan pasir. Tipe aerasi dengan menggunakan tipe multipletray aeration, yang terdiri atas 4 tray dengan ketinggian tiap tray 10 cm. Sedangkan adsorpsi yang digunakan adalah pasir zeolit, dengan ketebalan yang sama 30 cm. Selanjutnya tipe saringan pasir cepat dengan menggunakan media pasir kuarsa dengan ketebalan 30 cm.



3.6.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Proses dilaksanakan di Laboratorium, pada pelaksanaan proses ini digunakan menggunakan zeolit pada jenis adsorpsi.

Cara Kerja

1. Air baku ditampung di bak penampungan sehingga terjadi proses homogenisasi dari air limbah tersebut
2. Pengukuran parameter COD, Fosfat Pada air baku
3. Air dipompakan menuju pipa yang bercabang-cabang dan berlubang-lubang, sehingga air akan keluar dengan memancar dan melalui lubang-lubang tray aerasi sehingga terjadi kontak dengan udara (aerasi).
4. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
5. Air jatuh di permukaan zeolit dan terjadi adsorpsi zat-zat pencemar
6. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
7. Air akan menuju filter pasir dan terjadi penyaringan oleh pasir
8. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
9. Setelah semua proses selesai selanjutnya sample hasil percobaan diperiksa di Laboratorium BPKL untuk diketahui hasilnya.

3.6.2 Pemeriksaan Hasil Penelitian

Seperti yang dijelaskan pada bagan pelaksanaan penelitian, sample-sampel yang telah mengalami proses akan dianalisa di Laboratorium Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (Dinas Kimpraswil).

Analisa Data

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi limbah awal dengan konsentrasi limbah setelah dilakukan proses dengan menggunakan persamaan *Overall Efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana: η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang sedang diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat removal) maupun data pendukung. Sedangkan untuk memudahkan dalam pengolahan data, maka dipergunakan software statistik, misalnya analisa varians (ANOVA).

Analisa data dilakukan untuk setiap bagian atau sistem, yaitu tray aerasi, adsorbent zeolit, *sand filter* serta total sistem (aerokarbonfilter). Untuk mengetahui efisiensi dari masing-masing sistem tersebut dilakukan cara sebagai berikut :

Efisiensi Tray Aerasi

Untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem tray aerasi terhadap parameter uji dilakukan dengan cara :

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji (COD dan PO_4) di inlet dan outlet 1 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan :

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Efisiensi Zeolit

Untuk mengetahui tingkat efisiensi zeolit terhadap parameter uji dilakukan dengan cara :

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji (COD dan PO₄) di inlet dan outlet 2 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Efisiensi Sand Filter

Untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem *sand filter* terhadap parameter uji dilakukan dengan cara :

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji (COD dan PO₄) di inlet dan outlet 3 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Efisiensi Aerokarbonfilter

Untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem aerokarbonfilter terhadap parameter uji dilakukan dengan cara :

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji (COD dan PO₄) di inlet dan outlet 3 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan:

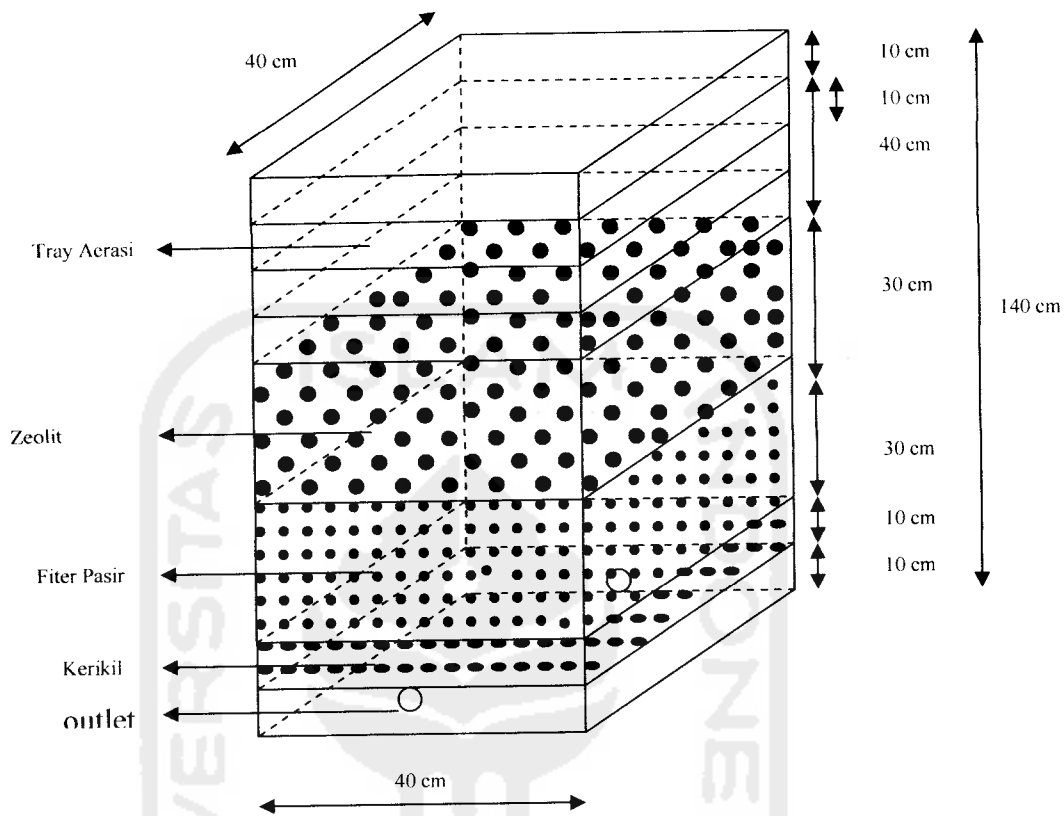
$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana: η = Overall Eficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)

3.8 Gambar Reaktor Aerokarbonfilter



Gambar 3.2 Reaktor Aerokarbonfilter

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reaktor yang digunakan yakni, aerakarbonfilter dalam hal menurunkan konsentrasi COD dan Fosfat serta waktu jenuh dari adsorben dalam mengadsorpsi bahan pencemar tersebut.

Reaktor yang digunakan tersusun dari tiga media yakni, aerasi, zeolit, dan pasir silika. Pemeriksaan sample dilakukan dengan variasi waktu 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit. Sedangkan pengambilan sample dilakukan pada outlet tiap media tersebut dengan durasi waktu yang disebut di atas serta inlet yang diambil dari bak penampungan limbah.

Pengujian awal dilakukan pada bak penampung inlet untuk kemudian dibandingkan dengan konsentrasi outlet yang keluar dari tiap-tiap media proses. Sedangkan untuk mengetahui tingkat efisiensi dari tiap media digunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\%$$

Dimana C_0 : konsentrasi inlet (mg/l)

C_1 : konsentrasi outlet (mg/l)

4.1 Hasil Pengujian Kadar COD dan Fosfat Setelah Proses Pengolahan

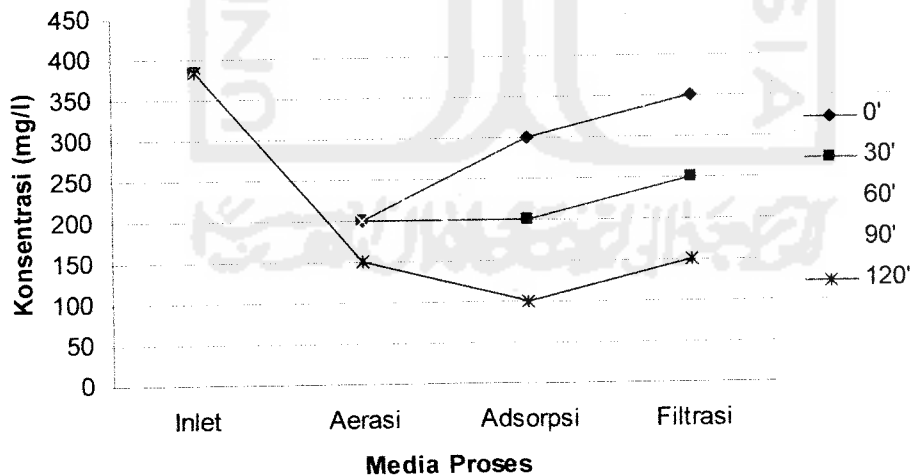
4.1.1 Hasil Pengujian dan Penurunan Kadar COD pada Media Aerasi, Zeolit, dan Pasir Kuarsa

Tabel 4.1. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi COD dengan menggunakan aerasi, zeolit, dan filter.

Waktu (Menit)	Media					
	Aerasi		Zeolit		Filtrasi	
	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)
Inlet	384	0	a*)	0	b*)	0
0	200	47.9167	300	-	350	-
30	200	47.9167	200	0	250	-
60	250	34.8958	150	40	225	-
90	200	47.9167	100	50	200	-
120	150	60.9375	100	33.3333	150	-

(Sumber : Hasil uji lab)

- : tidak terjadi penurunan
- a*) : nilai konsentrasi pada outlet aerasi
- b*) : nilai konsentrasi pada outlet zeolit



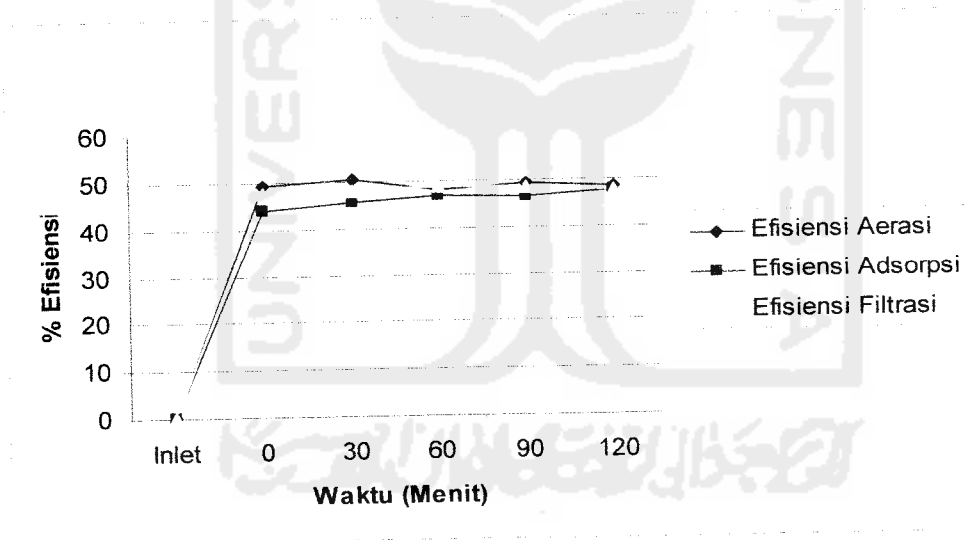
Gambar 4.1 Grafik Removal COD

Tabel 4.2. Hubungan antara waktu dengan konsentrasi fosfat dengan menggunakan aerasi, pasir zeolit, dan filter

Waktu (Menit)	Media					
	Aerasi		Zeolit		Filtrasi	
	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/l)	Efisiensi (%)
Inlet	1.867	0	1.8668	a*)	1.8668	b*)
0	0.947	49.28755	1.0481	43.856	0.9806	47.472
30	0.927	50.35355	1.0146	45.65	0.975	47.772
60	0.975	47.77159	0.9949	46.706	0.9579	48.688
90	0.949	49.15899	1.0053	46.148	0.967	48.2
120	0.967	48.20013	0.9806	47.472	0.9764	47.697

(Sumber : Hasil uji lab)

- : tidak terjadi penurunan
- a*) : nilai konsentrasi pada outlet aerasi
- b*) : nilai konsentrasi pada outlet zeolit



Gambar 4.2 Grafik Removal Fosfat

4.1.1.2 Penurunan Kadar COD dan Fosfat Pada Proses Aerasi, Adsorpsi, dan

Filtrasi

a. Aerasi

Aerasi bertujuan untuk melarutkan oksigen kedalam air. Pada penelitian ini teknik aerasi yang digunakan adalah *Multiple Tray Aerasi* yang tersusun atas empat tray. Pada tiap tray terdapat lubang-lubang untuk memperluas permukaan air sehingga oksigen yang terlarut diharapkan akan lebih banyak. COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi senyawa organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Proses penguraian sebagian besar zat organik melalui tes COD dioksidasi sebagai berikut :

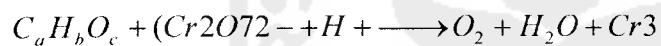


Table 4.1 menunjukkan untuk menit ke 0, kadar COD menjadi 200 mg/l atau terjadi efisiensi sebesar 47.91 % ini terjadi juga pada menit ke 30. Peningkatan efisiensi lebih disebabkan karena oksigen terlarut dalam air limbah. Meningkatnya oksigen yang terlarut dalam air limbah digunakan oleh mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah untuk menguraikan bahan organik dalam limbah tersebut. Pada proses aerasi efisiensi perombakan bahan organik tergantung dari nisbah C : N limbah, jumlah dan tipe mikroba serta faktor lingkungan seperti pH, temperatur dan tersedianya oksigen. (Theresia, 1994). Namun pada menit ke-60 konsentrasi COD menjadi 250 mg/l atau mengalami penurunan efisiensi sebesar 34,89 % jika dibandingkan dengan efisiensi pada menit ke 0 dan menit ke - 30. Penurunan tingkat efisiensi ini dapat disebabkan oleh perbedaan impuritas. Impuritas dalam limbah menghalangi difusi oksigen,

impuritis ini menyebabkan perubahan harga kL (Koefisien Distribusi) (Topo Widodo, dkk, 2005). Menurut Eckenfelder (2000) koefisien transfer oksigen (kLa), yang biasanya digunakan untuk menghitung laju transfer gas, dipengaruhi oleh karakteristik variabel yang bersifat fisis dan kimiawi dari sistem aerasi dan karakteristik air limbah.

Pada menit ke – 90 konsentrasi COD mengalami penurunan dari 250 mg/l menjadi 200 mg/l dan pada menit ke – 120 terjadi penurunan menjadi 150 mg/l.

Pada umumnya unsur fosfat yang tersuspensi tidak mempunyai peran tersendiri. Konsentrasi fosfat awal atau inlet pada penelitian ini sebesar 2.1734 mg/l. Perlakuan pengambilan sampel sama seperti pada pengukuran konsentrasi BOD yakni di ambil pada outlet aerasi, zeolit dan filtrasi, dengan durasi waktu 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Pada Tabel 4.2 menunjukkan konsentrasi fosfat pada menit ke- 0 pada outlet aerasi adalah 0.947 mg/l atau memiliki efisiensi 49.287 %. Pada menit ke-30 terjadi kenaikan efisiensi sebesar 50.35 %, dan pada menit ke-60, menit ke-90, dan menit ke-120 konsentrasi fosfat menjadi naik masing-masing 0.975 mg/l (efisiensi 47.77 %.), 0.949 mg/l (efisiensi 49.158 %), dan 0.967 (efisiensi 48.20 %). Dari data tersebut terjadi kenaikan efisiensi dari menit ke- 30. Efisiensi ini sebenarnya tergantung dari luas kontak udara dengan limbah. Perombakan fosfat dapat dilakukan oleh bakteri aerob dengan bantuan oksigen yang disuplai dari proses aerasi (anonim 1999). Hal lain yang dapat menyebabkan kenaikan pada aerasi adalah nilai inlet yang berubah-ubah, disamping itu terbentuknya zat kimia baru yang memerlukan oksigen sebagai oksidator bisa menyebabkan berkurangnya oksigen untuk menurunkan konsentrasi fosfat. Biasanya kekeruhan dan warna dari suatu limbah dapat mempengaruhi pengukuran akan tetapi

jika ditambah dengan reagen-reagen kecuali kalium antimonil tartrat dan asam asorbik maka gangguan itu dapat teratasi (Alaerts ; Santika 1984)

b. Zeolit Sebagai Media Adsorbent

Inlet pada menit ke-0, untuk parameter COD sebesar 200 mg/l. Inlet ini merupakan outlet dari proses aerasi pada menit ke-0. Setelah melewati media zeolit pada menit ke-0, konsentrasi COD mengalami perubahan , yakni 300 mg/l. Hal ini bisa terjadi jika kadar klorida sampai 2000 mg/l di dalam sampel dapat mengganggu kinerja dari katalisator Ag_2SO_4 , dan pada keadaan tertentu turut teroksidasi oleh dikromat (Anonim 1984). Tidak tercapainya hasil yang maksimal disebabkan oleh waktu kontak yang dibutuhkan oleh media adsorpsi. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup yang berkisar antara 10-15 menit (Reynolds, 1992) ini lebih sedikit jika dibandingkan dengan kondisi yang paling baik dari proses adsorpsi adalah 40-60 menit (Anggraini, 1997). Sedangkan pada menit ke-30 konsentrasi COD menjadi 200 mg/l. Tingkat efisiensi yang paling tinggi pada penggunaan zeolit sebagai media adsorpsi ini terjadi pada menit ke-90, dengan efisiensi sebesar 50 %. Pada sampling selanjutnya terjadi penurunan tingkat efisiensi penyerapan, seperti yang terjadi pada menit ke - 120, dimana efisiensi penyerapan menjadi 33.33 %. Penurunan tingkat efisiensi ini mungkin mengindikasikan bahwa zeolit sudah mulai mengalami titik jenuh, namun itu perlu diteliti lebih lanjut. Kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi bahan organik belum banyak diteliti. Zeolit mempunyai sifat sangat fleksibel yang artinya dapat diubah sedemikian rupa sesuai kebutuhan. Hal ini disebabkan karna zeolit mempunyai kation yang dapat dipertukarkan dengan kation lain. Namun menurut Xiaojian et al (1991) menyimpulkan bahwa adsorben yang telah jenuh dengan polutan organik dapat diregenerasi dengan

menggunakan mikroorganisme. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa zeolit dapat mengadsorpsi bahan organik dan mikroorganisme dapat tumbuh di media adsorbent tersebut (Syamsiah, 2001). Zeolit mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran pori zeolit. Proses adsorpsi oleh zeolit terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga zeolit, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat. Mekanisme adsorpsi dimulai dengan bergeraknya spesies adsorbat dari larutan menuju permukaan luar partikel zeolit. Adsorbat tersebut masuk ke dalam rongga-rongga pada permukaan zeolit dan akhirnya terjebak ke dalam rongga zeolit (Aprilita, 2000).

Pada Tabel 4.2, tingkat efisiensi penyerapan fosfat oleh zeolit mengalami kenaikan. Pada menit ke-0 konsentrasi fosfat sebesar 1.0481 mg/l atau efisiensi sebanyak 43.85 %. Tingkat efisiensi pada menit ke- 30 dan menit ke- 60 mengalami kenaikan, masing-masing sebesar 45.65 % dan 46.706 %. Pada menit ke- 90, turun menjadi 46.148 %, dan pada menit ke- 120 terjadi kenaikan efisiensi sebesar 47.472 %. Naik turunnya efisiensi ini bisa juga disebabkan oleh sifat fosfat itu sendiri yang apabila bereaksi dengan krom (IV) dan nitrit serta NO_2 akan mengganggu proses penyerapan dari zeolit itu sendiri. Menurut Benefield (1982) tingkat adsorpsi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah derajat keasaman atau pH. pH mempunyai pengaruh yang sangat besar pada proses adsorpsi, karena pH menentukan tingkat ionisasi larutan. Asam organik dapat diadsorpsi dengan mudah pada pH rendah, sebaliknya basa organik dapat diadsorpsi pada pH tinggi. Hal lain yang bisa digunakan sebagai alasan mengapa terjadinya perbedaan konsentrasi yaitu, jika dalam air limbah tersebut terdapat kation berupa NH_4^+ maka zeolit tersebut cenderung mengutamakan penyerapan pada kation

tersebut dari pada anion yang dalam hal ini adalah fosfat, (Jurnal penelitian VOL. 10 No. 1, April 1998). Pengolahan air dengan penyaring zeolit semestinya diaktivasi dengan cara pemanasan atau direaksikan dengan NaOH. Dan setelah dilakukan proses penyerapan limbah, zeolit garus diregenerasi kimia bisa dengan memakai asam, basa atau garam, sedangkan regenerasi memakai NaHClO_3 dapat mengembalikan 90 % kemampuan pertukaran ion. Regenerasi memakai basa lebih baik dari pada asam ataupun garam. Regenerasi dengan pemanasan paling baik dilakukan pada 600°C selama 2 jam.

c. Pasir Kuarsa Sebagai Media Filtrasi

Proses yang terjadi pada media pasir kuarsa adalah penyaringan atau filtrasi. Filtrasi dimaksudkan untuk menyaring zat-zat organik yang ada di dalam limbah. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir kuarsa dan kerikil dibagian bawah untuk menopang pasir. Inlet yang masuk ke media filtrasi merupakan outlet dari media adsorpsi. Fungsi dari pasir itu sendiri hanya mampu menyaring zat besi, mangan, warna serta kekeruhan. Disamping itu juga mampu menghilangkan amoniak dan polutan organik (BPPT 1999). Lain halnya jika pasir tersebut dikombinasikan dengan endapan zeolit jenis kabasit dan filipsit hal ini sesuai dengan penelitian di Jepang.

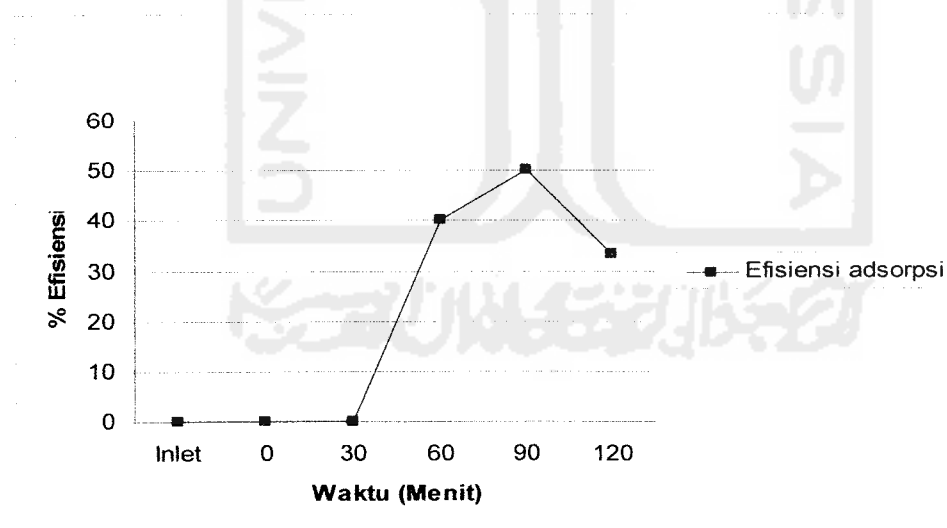
Pada Tabel 4.1, terlihat bahwa filtrasi tidak cukup mampu mendegradasikan COD. Hal ini bisa disebabkan oleh adanya zat organik yang terkandung pada zeolit ikut terbawa oleh aliran limbah. Zat organik ini terbawa oleh limbah yang mengalir dikarenakan zeolit pada umumnya cenderung menyerap logam yang terkandung pada limbah dan melepaskan zat organik yang ada di rongga zeolit tersebut. Selain itu juga pasir kuarsa yang digunakan tidak terlalu bersih setelah proses pencucian, sehingga polutan organik yang tertinggal ikut terbawa pada proses *running*.

Pada Tabel 4.2, tingkat efisiensi fosfat hanya terjadi dari menit ke-0 sampai menit ke – 60 yang masing-masing sebesar 47.47 % sampai 48.68 %. Pada menit ke-90 dan menit ke-120 terjadi penurunan efisiensi masing-masing sebesar 48.2 % dan 47.697 %, perbedaan efisiensi yang terjadi pada pasir sebenarnya tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan efisiensi sebelumnya. Fluktuasi dari efisiensi ini mungkin disebabkan oleh kekeruhan dan warna pada sampel yang bisa juga mengganggu analisa (Alaerts;Santika 1984). Menurut IR. Darmanto (1990). Dalam penelitiannya mendapatkan bahwa saringan hanya dapat mereduksi kekeruhan yang dihasilkan oleh limbah deterjen.

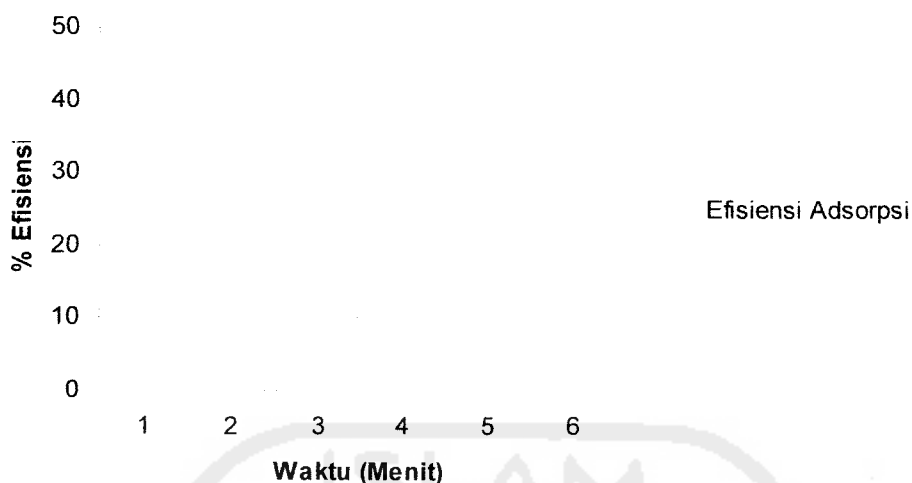
4.2 Titik Jenuh Zeolit

4.2.1 Grafik Hasil Pengujian Terhadap Parameter COD dan Fosfat

Untuk memudahkan analisis terhadap titik jenuh zeolit, maka prosentase removal pada media tersebut dibuat grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4.3. Removal COD pada media Zeolit.



Gambar 4.4. Removal Fosfat pada media Zeolit

Dari gambar 4.3, di atas terlihat bahwa zeolit pada menit ke-60 baru memberikan tingkat adsorpsi. Tingkat efisiensi untuk parameter COD mencapai puncaknya pada menit ke- 90, sedangkan menit ke- 120, tingkat efisiensi menurun terus hingga mencapai 13 %. Jadi dapat dikatakan zeolit tersebut mengalami titik jenuh pada menit ke-90.

Sedangkan gambar 4.4, menunjukkan pola yang berbeda dengan gambar 4.3. Efisiensi adsorpsi oleh zeolit pada menit ke- 0 sampai menit ke- 60 terjadi kenaikan akan tetapi pada menit ke- 90, mengalami penurunan. Sedangkan pada menit ke-120, efisiensi penyerapan mengalami peningkatan.

Dari kedua gambar di atas menunjukkan bahwa zeolit sudah mulai mengalami titik jenuh pada menit ke- 90 untuk penurunan konsentrasi COD dan sudah mulai mengalami titik jenuh pada menit ke- 60 untuk penurunan konsentrasi fosfat.

Namun mengingat zeolit yang digunakan dalam penelitian ini cukup banyak, yakni 27 kg dan debit yang cukup kecil sekitar 0.01 l/dtk, serta konsentrasi pencemar yang tidak terlalu tinggi, maka cepatnya zeolit mencapai titik jenuh hanya dalam waktu 60 menit,

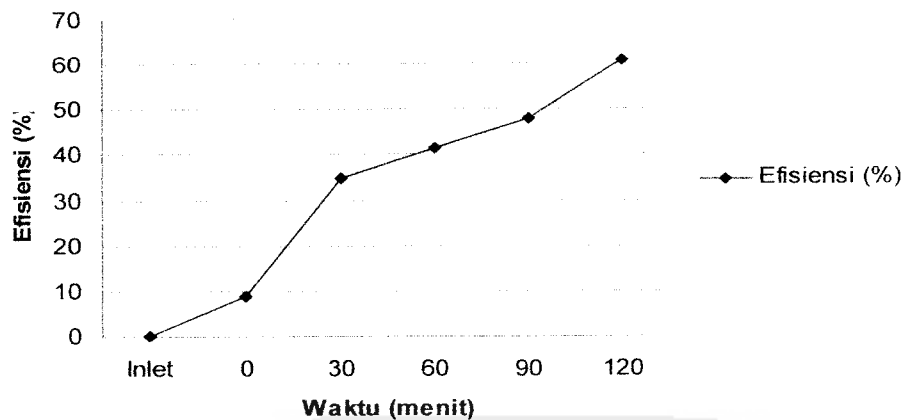
dapat disebabkan karena pengaliran air limbah yang tidak merata ke seluruh zeolit selama proses *running*, menyebabkan air limbah hanya kontak dengan sekian zeolit yang dilewatinya. Penyebab lain yang mungkin dapat mempercepat terjadinya kejenuhan pada zeolit yakni, karakteristik air limbah yang mengandung berbagai macam polutan pencemar, sehingga pori – porinya tidak hanya di isi oleh parameter-parameter dalam penelitian ini, tetapi pori-pori tersebut juga terisi oleh pencemar lain yang ada dalam limbah sampel.

4.3 Efisiensi Total Reaktor Aerokarbonfilter Terhadap Parameter COD dan Fosfat

4.3.1 Efisiensi Reaktor Aerokarbonfilter Terhadap Parameter COD

Tabel 4.3 Efisiensi Reaktor Aerokarbonfilter untuk parameter COD

Waktu (Menit)	Konsentrasi		Efisiensi (%)
	Inlet (mg/l)	Oulet (mg/l)	
Inlet	384	0	0
0	384	350	8.85417
30	384	250	34.8958
60	384	225	41.4063
90	384	200	47.9167
120	384	150	60.9375



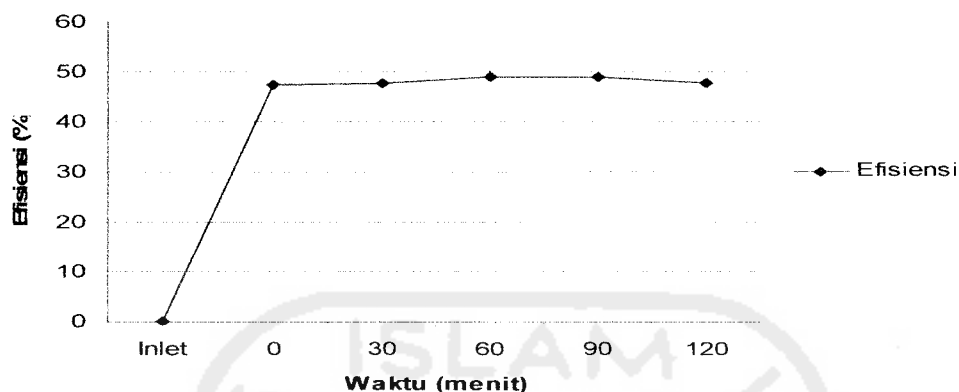
Gambar 4.5. Efisiensi total reaktor aerokarbonfilter terhadap COD

Dari hasil perbandingan antara konsentrasi pada inlet awal dengan konsentrasi pada outlet yang diambil pada media filtrasi menunjukkan bahwa efisiensi reaktor aerokarbonfilter terhadap COD dari beberapa waktu pengambilan sampel menunjukkan adanya kenaikan dan mampu mencapai efisiensi sebesar 60,9375 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa reaktor tersebut mampu menurunkan konsentrasi COD.

4.3.2 Efisiensi Total Reaktor Aerokarbonfilter Terhadap Parameter Fosfat

Tabel 4.4 Efisiensi Reaktor Aerokarbonfilter untuk parameter Fosfat

Waktu (Menit)	Konsentrasi		Efisiensi (%)
	Inlet (mg/l)	Oulet (mg/l)	
Inlet	1.8668	0	0
0	1.8668	0.9806	47.4716
30	1.8668	0.975	47.7716
60	1.8668	0.9579	48.6876
90	1.8668	0.967	48.7558
120	1.8668	0.9764	47.6966



Gambar 4.6. Efisiensi total reaktor aerokarbonfilter terhadap fosfat.

Dari data pengamatan menunjukkan bahwa efisiensi reaktor aerokarbonfilter terhadap fosfat berkisar dibawah 50 %. Hasil outlet di filtrasi dengan interval waktu yang telah ditentukan tidak terlihat perbedaan konsentrasi yang begitu besar. Dengan efisiensi yang terlihat pada gambar 4.6 dapat dikatakan bahwa reaktor tersebut mampu menurunkan konsentrasi fosfat yang berasal dari limbah cair medis rumah sakit.

4.4 Analisa Statistik

Data hasil penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter akan dilakukan uji statistik yaitu dengan analisa statistik. Perhitungan analisa statistik dapat dilihat pada lampiran :

4.4.1 Uji ANOVA Terhadap Konsentrasi COD

Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{hitung} > F_{tabel}$

$12,10 > 3,11$

Menyimpulkan

$F_{hitung} > F_{tabel}$ maka hipotesis nol tidak dapat diterima. Ini berarti bahwa konsentrasi COD pada Inlet dengan konsentrasi COD pada outlet pada tiap-tiap sampling terjadi perbedaan yang signifikan.

4.4.2 Uji ANOVA Terhadap Konsentrasi Fosfat

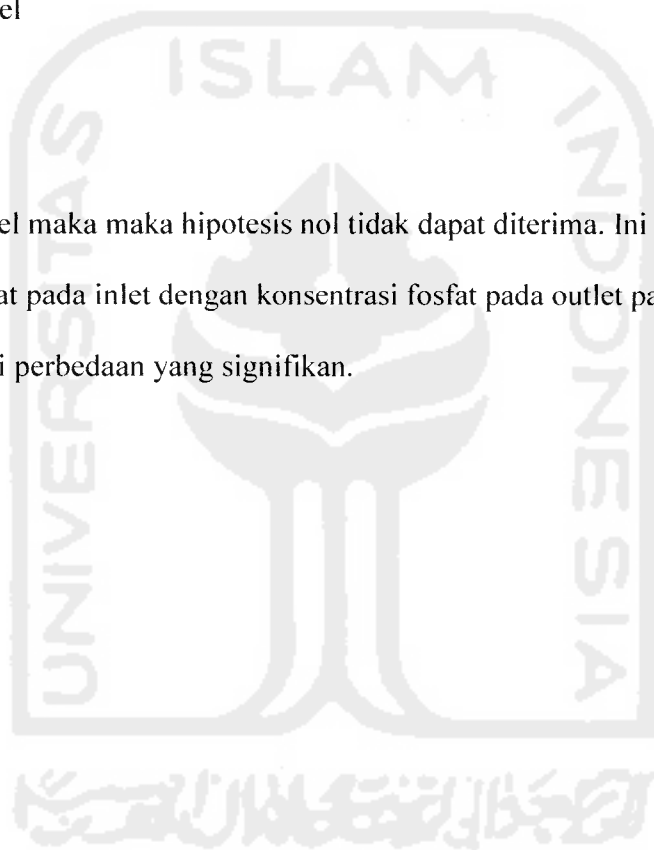
Dari perhitungan analisa statistik maka diperoleh data sebagai berikut :

$F_{hitung} > F_{tabel}$

$$408,11 > 3,11$$

Menyimpulkan

$F_{hitung} > F_{tabel}$ maka hipotesis nol tidak dapat diterima. Ini berarti bahwa konsentrasi fosfat pada inlet dengan konsentrasi fosfat pada outlet pada tiap-tiap sampling terjadi perbedaan yang signifikan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisis, dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian tersebut:

1. Reaktor Aerokarbonfilter yang terdiri dari aerasi, adsorbent, dan filter mampu menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat (PO_4^-) yang berasal dari limbah cair medis rumah sakit.
2. Dari hasil analisis yang dilakukan menunjukkan titik jenuh zeolit untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) terjadi pada menit ke-90, sedangkan untuk parameter Fosfat (PO_4^-) terjadi pada menit ke-60.
3. Besarnya efisiensi maksimum penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Fosfat (PO_4^-) masing-masing sebesar 60,9375 % dan 50.35 %.

5.2 Saran

1. Kurang meratanya pengaliran yang terjadi pada media zeolit dan pasir kuarsa menyebabkan proses adsorpsi dan penyaringan tidak berjalan dengan sempurna, sehingga diperlukan upaya penyempurnaan dalam reaktor aerokarbonfilter.
2. Waktu kontak yang kecil pada reaktor terutama pada media adsorpsi menyebabkan proses penyerapan oleh zeolit tidak berjalan dengan baik, sehingga dibutuhkan penyempurnaan mengenai pengaturan aliran limbah.
3. Untuk pengukuran fosfat, sebaiknya wadah yang digunakan untuk menampung terbuat dari kaca atau bahan gelas, jika yang digunakan adalah wadah dari plastik maka plastik tersebut mampu menyerap fosfat tersebut.

4. Pasir kuarsa yang telah dibilas, sebaiknya dilakukan uji terhadap kandungan organik pada pasir tersebut.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. 1984, Metodologi Penelitian Air, Usaha Nasional Indonesia, hal. 86-102, 149-244
- Amsyari, F. 1997, Prinsip-prinsip masalah pencemaran lingkungan, khali Indonesia, Jakarta hal; 50-52
- Gutherie, R.K., 1972, Food Sanitation, Second Printing, The Avi Publishing Company, Inc. Investport, Connecticut.
- Jackson, M.W., 1980, Handbook of Acute toxicity of chemicals to fish and aquatic invertebrates. Departement of the intvario fish and wild animal service / Resource publications 137, Washington.
- Kartikasari, Vita. 1992, Pengolahan Limbah Batik Dengan Enceng gondok dan Kayambang, UGM, Yogyakarta
- Kasmidjo, R.B., 1991, Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan dan Industri Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta
- Mahida, C.F. 1981. Biology of Fresh Water Pollution, Long Man, London and New York.
- Odum, E.P., 1972, Fundamentals of ecology , third edition, WB Saunders Company, London.
- Reynolds, Tom D., 1982. Unit Operations and Process in Environmental Engineering, Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California, USA, pp. 165 – 166.
- Santaniello, R.M., 1971, Water Quality Criteria and Standart for Industrial Pollution Control Handbook, H.F, Lund (ed), Mc Graw-Hill Inc., New York.

LAMPIRAN PERHITUNGAN

ANALISA DATA

1 Analisa data dengan Metode Anova (*Analisis of Variances*).

1.1 Parameter COD

Langkah 1

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Ho : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Masukan data-data uji laboratorium ke dalam bentuk tabel seperti di bawah ini :

Media	Inlet	0'	30'	60'	90'	120'
n	(A1)	(A2)	(A3)	(A4)	(A5)	(A6)
Aerasi	384	200	200	250	200	150
Zeolit	384	300	200	150	100	100
Pasir	384	350	250	225	200	150
Jumlah	1152	850	650	625	500	400

Lanjutan

Media	Inlet	0'	30'	60'	90'	120'
n	(A ² ₁)	(A ² ₂)	(A ² ₃)	(A ² ₄)	(A ² ₅)	(A ² ₆)
Aerasi	147456	40000	40000	62500	40000	22500
Zeolit	147456	90000	40000	22500	10000	10000
Pasir	147456	122500	62500	50625	40000	22500
Jumlah	442368	252500	142500	135625	90000	55000

Dari tabel di atas dapat diambil kesimpulan :

$$T A_1 : 1152$$

$$T A_2 : 850$$

$$T A_3 : 650$$

$$T A_4 : 628$$

$$T A_5 : 500$$

$$T A_6 : 400$$

$$\Sigma X^2 : 1117993$$

$$k : 6$$

$$N : 18$$

$$n : 3$$

$$G : 4177$$

Langkah 4

Penentuan Derajat Kebebasan dengan alpha 0.05 :

$$\begin{aligned} \text{dk } SS_t &= N - 1 \\ &= 18 - 1 \\ &= 17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dk } SS_b &= k - 1 \\ &= 6 - 1 \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dk } SS_w &= N - k \\ &= 18 - 6 \\ &= 12 \end{aligned}$$

Langkah 5

Penentuan F table, dengan alpha 0.05 maka :

F (5 , 12) = 3,11 (lihat tabel distribusi F pada lampiran)

Langkah 6

Menentukan nilai F hitung :

$$SS_t = \sum X^2 - \frac{G^2}{N}$$
$$= 1117993 - \frac{4177^2}{18} = 148696.94$$

$$SS_b = \sum \frac{T^2}{n} - \frac{G^2}{N}$$
$$= \left(\frac{1152^2}{3} + \frac{850^2}{3} + \frac{650^2}{3} + \frac{625^2}{3} + \frac{500^2}{3} + \frac{400^2}{3} \right) - \frac{4177^2}{18} = 121613.611$$

$$SS_w = SS_t - SS_b$$
$$= 148696.94 - 121613.611 = 27083.32$$

$$MS_b = \frac{SS_b}{dkSS_b}$$
$$= \frac{121613.611}{5} = 27322.72$$

$$MS_w = \frac{SS_w}{dkSS_w}$$
$$= \frac{27083.32}{12} = 2256.943$$

$$F \text{ hitung} = \frac{MS_b}{MS_w}$$
$$= \frac{27322.72}{2256.943} = 12.10$$

Langkah 7

Dengan membandingkan antara nilai F table dan nilai F hitung di atas maka, F hitung > F table.

Langkah 8

Dengan melihat langkah 7 berarti konsentrasi COD pada Inlet dengan konsentrasi COD pada outlet pada tiap-tiap sampling terjadi perbedaan yang cukup signifikan.

1.2 Parameter Fosfat

Langkah 1

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Ho : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet

Langkah 2

$A1 = A2$

$A1 \neq A2$

Langkah 3

Masukan data-data uji lab kedalam bentuk tabel seperti di bawah ini :

Media	Inlet	0'	30'	60'	90'	120'
n	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Aerasi	1.8668	0.9467	0.9268	0.975	0.9491	0.967
Zeolit	1.8668	1.0481	1.0146	0.9949	1.0053	0.9806
Pasir	1.8668	0.9806	0.975	0.9579	0.967	0.9764
Jumlah	5.6004	2.9754	2.9164	2.9278	2.9214	2.924

(Lanjutan)

Media n	Inlet (A ² ₁)	0' (A ² ₂)	30' (A ² ₃)	60' (A ² ₄)	90' (A ² ₅)	120' (A ² ₆)
Aerasi	3.4849	8.96E-01	8.59E-01	9.50E-01	9.01E-01	9.35E-01
Zeolit	3.4849	1.10E+00	1.0294	0.9898	1.0106	0.9615
Pasir	3.4849	9.62E-01	9.50E-01	0.9175	9.35E-01	9.53E-01
Jumlah	10.4547	2.96E+00	2.84E+00	2.86E+00	2.85E+00	2.85

Langkah 4

Ikuti langkah-langkah seperti pada parameter COD di atas dengan memasukan nilai-nilai yang ada di table pada langkah 3.

Dengan memasukan data-data yang ada pada table langkah di atas maka :

Penentuan Derajat Kebebasan dengan alpha 0.05 :

$$dk SS_t = 17$$

$$dk SS_b = 5$$

$$dk SS_w = 12$$

Langkah 5

Penentuan F table, dengan alpha 0.05 maka :

$$F(5, 12) = 3,11 \text{ (lihat tabel distribusi F pada lampiran)}$$

Langkah 6

Menentukan nilai F hitung :

$$SS_t = 1.9887$$

$$SS_b = 1.977$$

$$SS_w = 0.0116$$

$$MS_b = 0.3954$$

$$MS_w = 0.00096$$

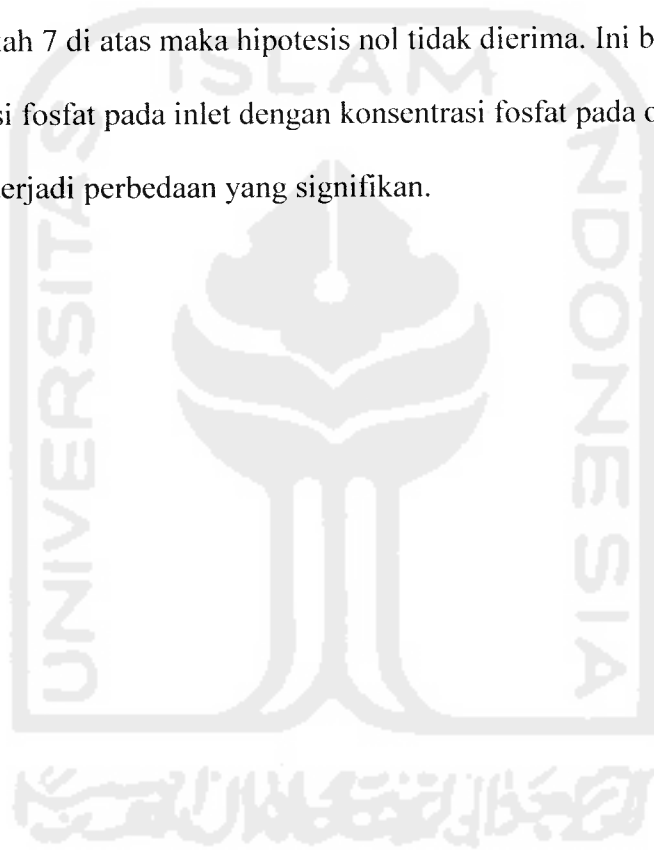
$$F_{hitung} = 408.11$$

Langkah 7

Dengan membandingkan antara nilai F table dan nilai F hitung di atas maka, $F_{hitung} > F_{table}$.

Langkah 8

Dari langkah 7 di atas maka hipotesis nol tidak diterima. Ini berarti bahwa konsentrasi fosfat pada inlet dengan konsentrasi fosfat pada outlet pada tiap-tiap sampling terjadi perbedaan yang signifikan.



LAMPIRAN

DOKUMENTASI REAKTOR





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

Jalan Ring Road Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta Telp./Fax. (0274) 489622

HASIL ANALISA AIR

Asal Contoh : Ruslan

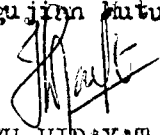
Mhs. UII Yogyakarta

Tgl. Terima : 27 Juli 2006

NO.	Sample	Fenol (mg/L)	Phospht (mg/L)
1.	Inlet	82,186	0,866
2.	0' I	22,884	0,947
3.	II	69,460	1,048
4.	III	25,264	0,931
5.	30' I	64,619	0,927
6.	II	58,668	1,015
7.	III	41,439	0,975
8.	60' I	68,325	0,975
9.	II	61,889	0,995
10.	III	51,588	0,958
11.	90' I	74,946	0,949
12.	II	68,657	1,005
13.	III	71,157	0,967
14.	120' I	64,951	0,967
15.	II	78,256	0,981
16.	III	68,854	0,976

Yogyakarta, 29 Juli 2006

Penyelia Pengujian Mutu Air.


WAHYU HIDAYAT, BSc



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

Jl. Arteri Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta, Telp. (0274) 489622

HASIL ANALISA LIMBAH CAIR.

Asal contoh :

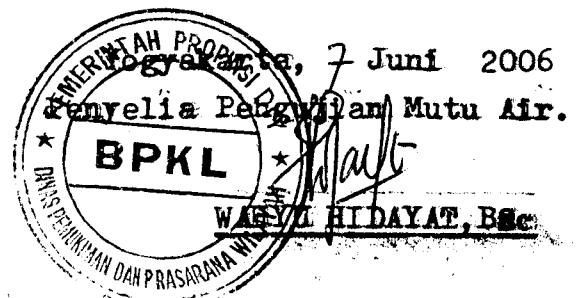
Mahasiswa UII Yogyakarta.

Tgl.terima : 31 Mei 2006

NO.	Sampel	Konsentrasi :				
		pH	B. O. D (mg/L)	C O D (mg/L)	Phospat (mg/L)	Fenol (mg/L)
1.	Inlet	7,10	101	384	0,491	0,0027
2.	I - 0'	7,11	96	200	0,483	0,0018
3.	I - 30'	7,07	70	200	0,495	0,0014
4.	I - 60'	7,04	113	250	0,481	0,0013
5.	I - 90'	7,02	98	200	0,488	0,0003
6.	I - 120'	7,05	98	150	0,465	0,0004
7.	II - 0'	6,99	96	300	0,494	0,0001
8.	II - 30'	6,99	83	200	0,427	tt
9.	II - 60'	6,97	70	150	0,424	tt
10.	II - 90'	6,98	68	100	0,465	tt
11.	II - 120'	7,04	88	100	0,509	0,0011
12.	III - 0'	7,00	72	350	0,450	0,0012
13.	III - 30'	7,02	51	250	0,440	0,0003
14.	III - 60'	7,01	56	225	0,478	tt
15.	III - 90'	7,01	60	200	0,474	0,0026
16.	III - 120'	7,01	45	150	0,473	0,0024

Keterangan :

tt = tidak terdeteksi



CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Tanggal	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
			Pemb I	Pemb II
1.	3/8 '06	- Caku lagi perbaiki - COD → sesuai atau memerum- kan COD - Waktu defensi ?		
	23/8 '06	- Kenapa COD bisa naik setelah proses filtrasi dll? - Perbaiki dan lengkapi dgn yg lainnya - segera menghidupin saja lagi? - kondisi air memuncak mungkin masalahnya adalah... - saat ini... - saat ini... - saat ini...		
4.		Perbaikan seperti HR Kallan		
5.	28/8 '06	→ Baku seperti hand deck		
6.	28/8 '06	- Abstrak - Grafik - Luas } diperbaiki		

29/8 '06 - Laporan
Jurnal

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	irvan Amirullah	02513017	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Kadar COD dan Phospate (PO4) Pada Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter

PERIODE : II

TAHUN : Genap 2005/2006

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Mei	Juni	Juli	Agt	Sep	Nov
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	■
6	Sidang - sidang					■	■
7	Pendadaran						■

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Kasam, MT
 DOSEN PEMBIMBING II : Eko Siswoyo, ST
 DOSEN PEMBIMBING III :

Yogyakarta, 20 Juni 2006
 Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :