

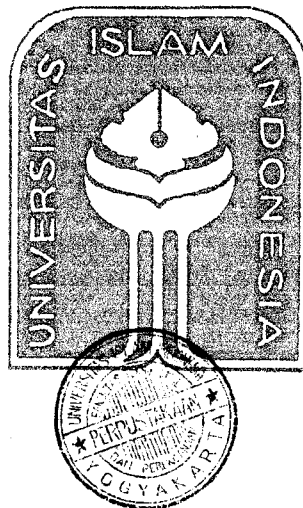
NO : TA / TL / 2006 / 0122

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HABISAN/BEKI	
TGL. TERIMA :	26 April 2007
NO. JUDUL :	00 2392
NO. INV. :	512000239 2007
NO. INDUK :	

**PELURUNAN KONSENTRASI AMONIA (NH_3) DAN PHOSFAT
(PO_4) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN
MENGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER DENGAN
KOMBINASI PECAHAN GENTENG**

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

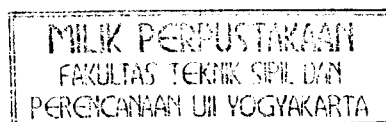


Oleh :

Nama : Pratomo Sugiharto
NIM : 02513020
Program Studi : Teknik Lingkungan

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

2006



LEMBAR PENGESAHAN

**PENURUNAN KONSENTRASI AMONIA (NH₃) DAN PHOSPAT
(PO₄) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN
MENGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER DENGAN
KOMBINASI PECAHAN GENTENG**

Disusun Oleh

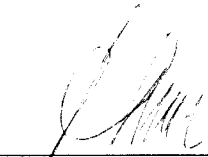
Nama : Pratomo Sugiharto

NIM : 02513020

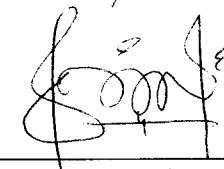
Yogyakarta, 2006

Telah
Disetujui dan Disepakati :

Dosen Pembimbing I
Ir. H. Kasam, MT


Tanggal: 14-11-2006

Dosen Pembimbing II
Eko Siswoyo, ST


Tanggal: 14-11-2006

ABSTRAK

Masalah pencemaran lingkungan menunjukkan gejala yang sangat serius , khususnya masalah pencemaran air. Agar air limbah rumah sakit yang dihasilkan dari kegiatan keseharian di rumah sakit tidak mencemari lingkungan, maka dibuat Instalasi Pengolahan Air Limbah. Akan tetapi diperlukan suatu teknologi yang lebih efisien guna mencapai hasil yang maksimal yaitu Aerokarbonfilter dengan Kombinasi Pecahan Genteng yang diharapkan mampu menurunkan parameter phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3) sebesar 80% - 95%. Karena pospate dan amonia merupakan polutan yang berbahaya dan tidak dapat terurai.

Penelitian “ **PENURUNAN KONSENTRASI AMONIA (NH_3) DAN PHOSPAT (PO_4) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN AEROKARBONFILTER DENGAN KOMBINASI PECAHAN GENTENG**” dilakukan dengan menggunakan limbah cair dari inlet yang merupakan saluran pusat dari 3 penjuru (loundry, medis, domestik). Pada reaktor ini menggunakan debit 0,01 L/det dan terdiri dari 4 zona yaitu: zona aerasi, karbon aktif, zona pecahan genteng, filter. Untuk pengambilan sampel dilakukan pada outlet tiap zona pada menit 0, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit.

Dari hasil penelitian didapat konsentrasi inlet 9,3 mg/L untuk amonia dan 0,844 mg/L untuk phospat, dan outlet rata-rata tiap zona adalah sebagai berikut 6,543mg/L untuk amonia dan 0,739 mg/L untuk phospat dengan efisiensi 29,642 % untuk amonia 12,401 % untuk phospat. Adanya penurunan phospat dikarenakan adanya proses aerasi dan adsorpsi pada zona pecahan genteng sedangkan penurunan amonia terjadi karena proses aerasi, adsorpsi oleh karbon aktif dan adsorpsi pecahan genteng.

Kata Kunci : Reaktor Aerokarbonfilter, Pecahan Genteng, Adsorpsi, Karbon aktif, Penurunan Konsentrasi Phospat, Penurunan Konsentrasi Amonia

KATA PENGANTAR

Kepada ALLAH SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang peneliti bersujud syukur atas segala rahmad dan nikmat yang telah diberikan – Nya, sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “***PENURUNAN KONSENTRASI AMONIA (NH₃) DAN PHOSPAT (PO₄) PADA LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER DENGAN KOMBINASI PECAHAN GENTENG*** “ dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir sebagai syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta, sebagai tempat menuntut ilmu saat ini.

Peneliti menyadari bahwa kesalahan dan kekurangan dari pada kesempurnaan dalam penyusunan skripsi ini, namun dengan segala kemampuan yang dimiliki peneliti mencoba dan berusaha menyusun skripsi ini sebaik mungkin dengan penuh harapan skripsi ini berguna bagi siapapun.

Melalui kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada bapak Eko Siswoyo, ST selaku pencetus ide reactor Aerokarbonfilter sekaligus dosen pembimbing II, bapak H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I, Bapak H. Ibnu Singgih Pranoto, ST, MSi selaku pencetus ide pemanfaatan genteng yang semuanya telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan serta petunjuk yang sangat berguna dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini. Rasa terima kasih sedalam-dalamnya penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan Rakhmat dan Hidayah-Nya kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan.
2. Prof. Ir. Dr . Ruzardi . MT. Phd. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi selaku kepala Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I, terimakasih atas bimbingan dan nasehatnya.
5. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku dosen pembimbing II, terimakasih atas bimbingan, ide, dan sarannya.
6. Bapak H. Ibnu Singgih Pranoto, ST, MSi, selaku konsultan TA dan pencetus ide pemanfaatan genteng dalam menurunkan phospat.
7. Ayah, Bunda dan Adinda serta keluarga besar Sadiar Karto Witono tercinta, terimakasih atas doa, dorongan moral dan materiil dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Papae dan Mamae keluarga besar Andi Irwan, terimakasih atas doa dan dorongannya dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Novita Ernawati, *Thanks for your love, pray and you are my Inspiration in my life*
10. Bapak Agus Adi P, selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Terimakasih atas bantuannya.
11. Teman Gang CPA (*Candi Party Abies*) Andi, Hanung, Black, Dodo, Heru bin Sastro, Mangan bin Qicriet, Ucok binti Udin, dab maturnuwun sanget ya.

Skripsi ini kupersembahkan sebagai tanda baktiku

Kepada

Ayah dan Ibu, adikku serta Keluarga Besar Sadiar Karto Witono Tersayang

Tak lupa

Untuk seseorang yang Tercinta "ER"

MOTTO

“ Ikutilah apa-apa yang diturunkannya kepadamu dari Allah SWT dan janganlah kamu ikuti pemimpin kamu selain DIA. Sedikit sekali diantaramu yang mengambil pelajaran “. (Q.s. Al-Aarraaf;7:3)

“ Janganlah kamu menunggu sesuatu yang tidak pasti, lebih baik lakukan apa saja yang kamu bisa dan jangan buang kesempatan karna itu tidak datang untuk kedua kali”. (Aconk's Mine)

“ Bila kamu bingung atau tidak bisa menjawab pertanyaan maka tutuplah kedua matamu dan sebut nama Allah 3x, nama Ayah dan Ibu 3x, niscaya kamu bisa”. (Aconk's Mine)

DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Rumah Sakit	5
2.2 Parameter Amonia (NH ₃)	10
2.2.1 Sifat-sifat Amonia	11
2.2.2 Sumber Amonia	12
2.2.3 Pengaruh Amonia Terhadap Lingkungan	12
2.3 Parameter Phospat (PO ₄)	13

2.3.1	Sumber Phospat	14
2.4	Penanggulangan Masalah Air Limbah	16
2.4.1	Pengemdalian Bahaya Limbah	16
2.4.2	Penanggulangan Pencemaran Air	17
2.5	Peranan Aerasi, Karbon aktif, dan Filter Pasir dalam Pengolahan Limbah Rumah Sakit	18
2.5.1	Pengolahan Secara Aerob	18
2.5.2	Aerasi	19
2.5.3	Jenis-Jenis Media Penyaring	22
2.5.4	Adsorbsi	23
2.5.5	Karbon Aktif	27
2.5.6	Genteng Tanah Liat	36
2.5.7	Pasir Kuarsa	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian	43
3.2	Objek Penelitian	43
3.3	Variabel yang Diteliti	43
3.4	Reaktor Aerokarbonfiletr	43
3.4.1	Desain Reaktor Aerokarbonfilter	43
3.4.2	Dimensi Reakto Aerokarbonfilter	44
3.4.3	Pembuatan Reaktor Aerokarbonfiletr	46
3.5	Analisa Kualitas Sampel	46
3.6	Analisa Data	47

3.7	Diagram Alir Langkah Penelitian	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	51
4.2	Hasil Pengujian Konsentrasi PO_4 dan NH_3	52
4.2.1	Hasil Pengujian Konsentrasi Amonia (NH_3) dan Phospat (PO_4)	52
4.3	Pembahasan Hasil Penelitian	54
4.3.1	Zona Aerasi	54
4.3.1.1	Amonia pada Zona Aerasi	54
4.3.1.2	Phospat pada Zona Aerasi	56
4.3.2	Adsorpsi oleh Karbon Aktif	58
4.3.2.1	Proses Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Amonia ...	58
4.3.2.2	Proses Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Phospat ...	59
4.3.3	Pecahan Genteng dan Pasir Kuarsa sebagai Adsorban II dan Media Filtrasi	61
4.3.3.1	Pengaruh terhadap Konsentrasi Amonia	61
4.3.3.2	Pengaruh terhadap Konsentrasi Phospat	63
4.4	Efisiensi Total Removal Reaktor	65
BAB V KASEMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	67
	Daftar Pustaka	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit	9
Tabel 3.1	Dimensi Reaktor Aerokarbonfilter	45
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Terhadap Parameter Amonia (NH ₃) ...	52
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Terhadap Parameter Phospat (PO ₄) ...	53
Tabel 4.3	Efisiensi Total Parameter Amonia (NH ₃)	65
Tabel 4.4	Efisiensi Total Parameter Pospat (PO ₄)	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	3.1	Reaktor Aer karbon Filter	49
Gambar	3.2	Diagram Alir Penelitian	50
Gambar	4.1	Konsentrasi Amonia pada Berbagai Zona	52
Gambar	4.2	Konsentrasi Phospat pada Berbagai Zona	53
Gambar	4.3	Inlet Aerasi	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Analisa Laboratorium Pengukuran Amonia (SK SNI M-48-1990 – 03)	71
.....
Lampiran II	Analisa Laboratorium Pengukuran Phospat dalam Air (SK SNI M-52-1990-03)	76
.....
Lampiran III	Analisa Data Laboratorium Secara Statistik dengan Menggunakan Metode t – Test	82
.....
Lampiran IV	Hasil Uji Laboratorium Parameter Amonia (NH ₃) dan Phospat (PO ₄)	99
Lampiran V	Jurnal Tugas Akhir	100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin besar dan tak seimbang membawa dampak kepada perkembangan teknologi, khususnya suatu teknologi baru dan canggih di dalam era globalisasi yang mana tanpa dilandasi etika dalam menghargai lingkungan sekitar yang akan menghasilkan dampak kepada manusia dan makhluk hidup lain seperti kuantitas / jumlah limbah yang dihasilkan semakin meningkat. Limbah dan polutan merupakan suatu produk sisa atau hasil dari suatu aktifitas / kegiatan manusia yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya, apabila tidak dikelola secara tepat maka dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan baik udara, air, maupun tanah.

Permasalahan lingkungan hidup akan terus muncul dan selalu ada secara serius di bumi, selama penduduk bumi tidak segera memikirkan dan mengutamakan bagaimana cara untuk mengatasinya. Hal ini ditujukan untuk keselamatan dan keseimbangan lingkungan hidup itu dan untuk kehidupan yang layak bagi manusia dan makhluk hidup itu sendiri. Demikian juga di Negara kita Indonesia, permasalahan lingkungan hidup seolah-olah seperti tak terjamah dan terlupakan dan sering di singkirkan tanpa memikirkannya seiring dengan semakin meningkatnya perkembangan penduduk dan perkembangan teknologi di era globalisasi seperti sekarang ini.

Definisi pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya

tatanan lingkungan akibat 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 kegunaannya.(UU RI No.4 tahun 1982) Jadi, terjadinya penambahan secara akumulasi limbah baik padat, cair, gas pada suatu tempat atau daerah tertentu akan menyebabkan terjadinya pencemaran pada tempat atau daerah tersebut.

Limbah cair dari 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. Salah satu jenis pencemaran yang disebabkan oleh limbah domestik adalah pencemaran organik yang dihasilkan dari rumah sakit. Dua akibat utama berkenaan dengan pencemaran organik adalah penyebaran penyakit dan deoksigenisasi sungai (hilangnya kadar oksigen dalam air akibat limbah cair) yang dapat mematikan berbagai biota air.

Berdasarkan alasan dan pertimbangan bahasan diatas, maka perlu direncanakan suatu teknologi atau alat yang diharapkan dapat menangani masalah limbah rumah sakit. Pada penelitian ini dipilih karena proses baru dengan mengkombinasikan proses-proses aerasi, filtrasi karbon aktif, pecahan genting dan filtrasi pasir.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang tersebut diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a) Apakah reaktor Aerokarbonfilter dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dan Phospate (PO_4) pada limbah cair rumah sakit.

- b) Berapa lama pecahan genteng dan karbon aktif dapat menurunkan konsentrasi Amonia dan Phospate pada limbah cair rumah sakit hingga mencapai titik jenuh?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah:

- a) Untuk mengetahui besarnya penurunan konsentrasi Amonia dan Phospate pada limbah cair rumah sakit dengan menggunakan reaktor Aerokarbonfilter dengan pecahan Genteng.
- b) Untuk mengetahui nilai kejenuhan karbon aktif dan kemampuan genteng dalam menetralisasi pada reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi Amonia dan Phospate pada limbah cair rumah sakit.

1.4 Manfaat Penelitian

- a) Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana dengan pemanfaatan alat tradisional yang dapat mengurangi konsentrasi Amonia dan Phospate dalam pengolahan limbah cair rumah sakit.
- b) Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair rumah sakit yang memiliki konsentrasi Amonia dan Phospate yang tinggi dan tidak stabil.

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 dengan 4 tray, karbon aktif, dan filter pasir dengan campuran pecahan genteng.

- b) Penggunaan Karbon aktif sebagai *absorban* sampai pada titik kejenuhan.
- c) Bahan baku berasal dari limbah cair rumah sakit PKU Muhammadiyah yang berasal dari inlet (pertemuan 3 jurusan : laundry, gizi, medis).
- d) Parameter yang diukur adalah: Amonia dan Phospate.
- e) Interval waktu yang dipakai dalam pengambilan hasil uji adalah 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan skala laboratorium

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian mengenai pengukuran parameter Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3) pada air limbah, adalah untuk mengetahui konsentrasi Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3) pada air sampel dari air limbah rumah sakit dan air hasil pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter dengan kombinasi pecahan genteng. Dan untuk mengetahui nilai efisiensi dari reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3). Serta untuk mengetahui titik jenuh *Carbon* Aktif sebagai adsorben. Pemeriksaan air sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UII.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumah Sakit

Secara umum beberapa pengertian limbah cair yang dikemukakan oleh para ahli antara lain sebagai berikut:

- a. Salvato (1982) : air limbah (*waste water*) adalah air bekas dari masyarakat, rumah tangga, dan berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya.
- b. Tchobanoglaus (1972) : air limbah adalah air yang berasal dari air bersih masyarakat sesudah dicemari berbagai macam penggunaannya.
- c. Metcalf dan Eddy (1991) menyebutkan sebagai berikut : air limbah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari pemukiman, perkantoran, dan industri, bersama-sama dengan air tanah, serta air hujan yang mungkin ada.
- d. Menurut Bell (1977) sumber limbah cair berasal:
 1. Air limbah domestik, berasal dari rumah tangga, perkantoran, pusat perdagangan, rumah sakit dan mengandung berbagai bahan antara lain: kotoran, urine dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri dan virus.
 2. Air limbah industri, banyak mengandung bahan pelarut, mineral, logam berat, zat pewarna, nitrogen, sulfida, fosfat, dan zat lain yang bersifat toxic.
 3. Air limbah dari daerah pertanian, banyak mengandung kotoran hewan, herbisida, pestisida.

Pengertian limbah cair rumah sakit secara umum 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, dan lain-lainnya; air limbah laboratorium dan lainnya. (Bakti Husada, 1995)

Mengingat arti akan Rumah sakit adalah fasilitas sosial yang tak mungkin dapat dipisahkan dengan masyarakat dan keberadaanya pun sangat diharapkan. Rumah sakit digolongkan menjadi beberapa kelas. Antara lain kelas A, B, C. Dengan berjalannya waktu dan kemajuan teknologi maka perkembangan penduduk yang pesat harus diimbangi dengan fasilitas kesehatan yang memadai. Akan tetapi semuanya itu tidak disertai dengan perkembangan dan kemajuan fasilitas pengolahan limbah yang baik. Hal ini tidak dapat dipungkiri bahwa dengan naiknya kelas dan semakin canggihnya peralatan di suatu rumah sakit maka semakin kompleks pula jenis dan kandungan limbah rumah sakit. Limbah rumah sakit merupakan salah satu penyumbang terjadinya pencemaran lingkungan, sehingga masalah ini baik berupa limbah padat maupun limbah cair sering menjadi pencetus konflik antara pihak rumah sakit dengan masyarakat dan lingkungan alam yang ada disekitarnya. (Kusnoputranto, Hartoyo, 1993).

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 pathogen yang dapat menyebabkan penyakit terhadap masyarakat disekitarnya. (Kusnoputranto, Hartoyo, 1993)

Selain hal diatas limbah cair dari rumah sakit merupakan limbah yang dominan. Pembuangan limbah cair rumah sakit yang begitu saja ke lingkungan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negatif yang antara lain (Kusnopranto, Hartoyo, 1993):

a. Gangguan terhadap kesehatan masyarakat.

Adanya mikrobiologis patogen maupun bahan kimia beracun dalam limbah yang ikut ke dalam air limbah kemungkinan akan menyebabkan penyakit terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya yang menggunakan, menganalisis, hidup disekitar badan air, baik itu air tanah, air permukaan, air laut yang telah tercemar oleh limbah tersebut. Contoh:

- 1 *Mycrobacterium Tuberculosis* yang menyebabkan penyakit TBC yang kemungkinan penyebarannya melalui air limbah.
- 2 Virus yang menyebabkan penyakit polio yang biasanya terdapat dalam effluent pengolahan secara kaportisasi.
- 3 *Ascaris SP.* Menyebabkan penyakit cacingan yang terdapat di air buangan dan lumpur.

b. Gangguan terhadap kehidupan biotik.

Adanya polutan yang berlebihan terhadap fisik air permukaan/ bahan air dapat mengganggu proses *self purification* karena kadar air *Disolved Oksigen* (DO) yaitu oksigen yang terlarut dalam air berkurang terhadap air tanah mikroba patogen dapat menginfiltrasi ke tanah sampai jarak 10-15 meter kearah aliran air tanah. Sedangkan bahan kimia berbahaya dan beracun dapat menginfiltrasi ke tanah mencapai jarak 95 m.

c. Gangguan terhadap estetika

Aspek bau dan warna sering menimbulkan masalah hal ini tergantung dari sumber limbah, contoh:

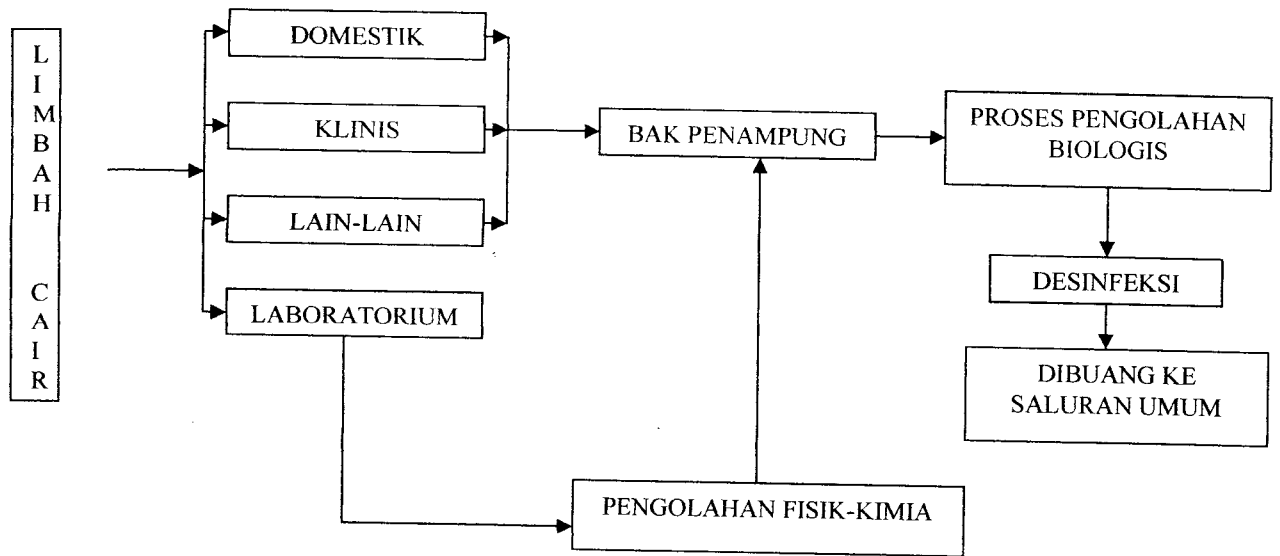
1. Limbah cair dari laundry berbau detergen dan amis, karena adanya fraksi darah, warnanya keruh kadang berwarna merah kecoklatan.
2. Limbah cair dari dapur berwarna keruh keputihan dan kehijauan dan berbau menyengat.

Oleh karena itu limbah cair rumah sakit perlu diperlakukan secara benar agar tidak mengganggu keseimbangan ekosistem.

Dengan adanya peraturan yang mengharuskan setiap rumah sakit harus dapat mengolah dan mengelola 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 sering dijumpai adalah biaya pengadaan alat dan biaya perawatan alat. 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. (Rumah sakit Islam Jakarta,1997)

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. (Bakti Husada, 1995)

Berikut adalah diagram alir proses pengolahan limbah rumah sakit :



Gambar 2.1 :Diagram Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit
(Sistem Standar Oprasional Rumah Sakit,1984)

Beberapa tolak ukur pencemaran air oleh rumah sakit 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	30 – 300
3.	COD	mg/L	3039.7	60 – 600
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.	Fosphate	mg/L	0.0	2.0
10.	Amonia	mg/L	-	0.06 – 5.0

(Sumber: Anonim, 1997)

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti meliputi Amoniak dan *Phosphate*.

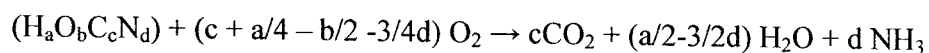
2.2 Amonia (NH₃-N)

Amonia (NH₃-N) pada rumah sakit berasal dari bagian perawatan medis dan termasuk limbah medis, pengertian dari ammonia itu sendiri adalah suatu zat atau senyawa kimia yang mempunyai sifat asam dan berbau menyengat serta bila dalam perairan akan menyebabkan penurunan kualitas hidup dan kehidupan organisme di perairan. Zat ini biasanya berasal dari larutan pembersih atau desinfektan yang digunakan untuk membersihkan ruangan dan alat operasi/bedah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi selain itu perlu juga pengontrolan terhadap kadar amonia yang rutin dilakukan.

Amoniak merupakan nitrogen yang menjadi NH₄⁺ pada Ph rendah dan disebut Amonium. Amoniak sendiri berada dalam keadaan tereduksi (-3). Keseimbangan ion NH₄⁺ dengan gas Aminia di dalam air, dinyatakan sebagai berikut:



Amoniak dalam air permukaan berasal dari air seni dan tinja juga dari oksidasi zat organis (H_aO_bC_cN_d) secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau buangan industri dan penduduk (Alaerts,1984). Sesuai reaksi sebagai berikut:

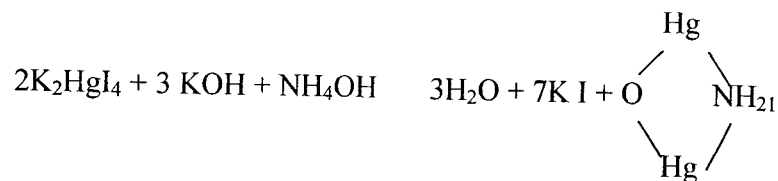


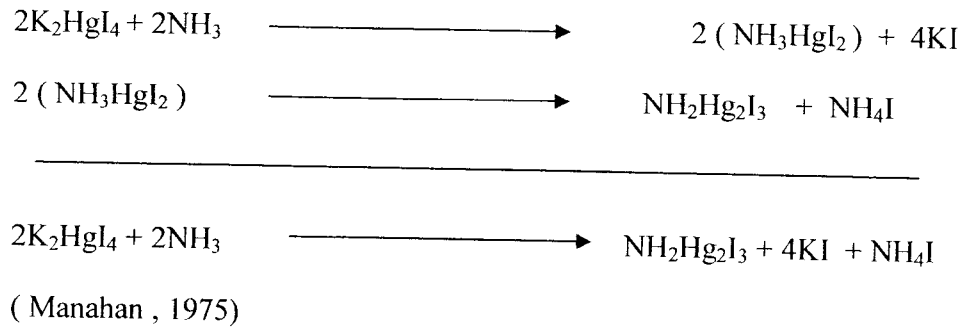
(Persamaan 3.2)

(Satmoko Wicaksono, 2001)

2.2.1. Sifat-Sifat Amonia

1. Amoniak adalah suatu zat kimia yang tidak menunjukkan adanya warna, ini merupakan suatu karakteristik. Dan jika diberi cahaya kemampuan warna akan sedikit nampak berupa gas yang terlarut dalam air, tetapi gas yang tercampur mempunyai ikatan lebih dari 16 berupa Amoniak (Tchobanoglous, 1979).
2. Merupakan gas yang mudah menguap, berbau busuk (menyengat) dan tidak berwarna, mudah dicirikan dan sangat mudah larut dalam air, kira-kira 700 liter gas ini melarut dalam 1 liter zat pada tekanan kamar. Kelarutan dalam air menghasilkan alkali lemah, titik leleh $77,8^{\circ}\text{C}$ dan titik didih $33,4^{\circ}\text{C}$ (Hadyana, 1986).
3. Bersifat basa karena dapat membirukan lakmus merah.
4. Amoniak apabila dilarutkan dalam air akan membentuk Amonium hidroksida pada derajat asam ± 7 (Tchobanoglous, 1979).
5. Amoniak dalam keadaan basa apabila ditambah reagen nessler (suatu larutan K_2HgI_4 yang alkalis) akan terbentuk senyawa koloid berwarna merah kecoklatan yang mempunyai rumus empiris $(\text{NH}_2\text{Hg}_2\text{I}_3)$, kalau terdapat banyak Amoniak akan terjadi endapan coklat (Hendardji, 1953), dengan reaksi seperti berikut:





2.2.2 Sumber Amonia

Amoniak dalam air permukaan dapat bersal dari:

1. Air seni

Kandungan amoniak dalam air seni sebesar 27,40 mg/l (Hari, Tome, 2005).

2. Tinja.

Kandungan amoniak dalam tinja sebesar 3,84 mg/l (Hari, Tome, 2005).

3. Oksidasi zat organis secara mikrobiologi yang berasal dari air alam.

4. Dipengaruhi oleh bentuk teroksidasi dan tereduksi unsur-sentawa dalam wetlands pad potensial Redoks Transformator.

2.2.3 Pengaruh Amonia terhadap Lingkungan

Pengaruh buruk amoniak terhadap lingkungan dalam konsentrasi 50 ppm yang tanpa menggunakan proteksi akan menyebabkan iritasi pada mata dan menyebabkan gangguan pada membran pernapasan (Mantell, 1974).

Dalam konsentrasi yang rendah yaitu 0,037 mg/l menimbulkan bau yang menyengat dan mengurangi estetika (Ariens, 1978).

Hal lain adanya Amoniak dalam air buangan yang langsung dibuang dalam badan air akan menimbulkan tumbuhan air yang kemudian akan menutupi permukaan air, sehingga transmisi sinar matahari terhalang dan fotosintesis tidak dapat berjalan, sehingga mematikan kehidupan air (Slamet Riyadi, 1984)

2.3 Phospate

Tingginya busa yang terdapat di dalam pengolahan limbah tidak hanya timbul dari *Surface Active Agent* pada detergen. Sulfatan atau bahan tambahan pada detergen mendukung adanya kerusakan lingkungan, selain itu bahan itu tidak dapat terurai secara sempurna. Salah satunya adalah *Polifospat.Fosphate* pada detergen dianggap sumber utama parameter *fosphat* dalam air .

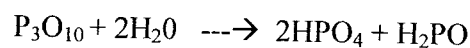
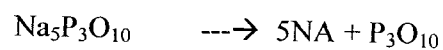
Kehadiran *Fosphate* dalam air limbah berbentuk *Orthophofat* (seperti $\text{HPO}_4, \text{PO}_4$). Kandungan *Fosphate* dalam air limbah dipakai dalam penentuan perencanaan perlakuan air limbah secara biologi dalam hubungannya dengan kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan mikroba (Hammer, 1997).

Fospate dalam air dapat berbentuk *Orthofosphat*, *Polifosphat* dan *Fosphat* organis. Berikut adalah bentuk dari Fosphat yang terdapat dalam air :

1. *Orthofosphat* adalah senyawa monomer seperti $\text{H}_2\text{PO}_4, \text{HPO}_4$ dan PO_4
2. *Polifhosphat / Condensed Phosphates* merupakan senyawa polimer seperti $(\text{PO}_3)_6$ (*Heksameta phosat*), P_3O_{10} (*Tripolifosphat*)
3. *Fosphate* organis adalah fosfor yang terikat dengan senyawa-senyawa organis, sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas (Alaerts, 1987)

Bila parameter *fosphate* pada air sangat rendah (0.01 mg P/l), pertumbuhan tanaman dan alga akan terhalang. Keadaan ini dinamakan *Oligotrop*. Bila kadar nutrisi 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 pembentuk utama didalam detergen adalah *natrium tripolifosfat* ($\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$). 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 :



Fosphate mempunyai keuntungan :

1. Phosphate 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)

2.3.1 Sumber Phosphate

Sumber Phosphate pada air limbah adalah berasal dari :

1. Pemakaian detergen

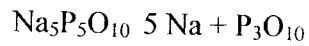
Bahan-bahan penyusun detergen antara lain:

- 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. Wangi-wangian

2. Air seni, kandungan Phosphate dalam air seni adalah sebesar 2,47 mg/hari (Hary, Tome, 2005)

3. Tinja, kandungan Phosphate dalam tinja adalah sebesar 1.37 mg/hari (Hary, Tome, 2005)

4. Sisa makanan

2.4 Penanggulangan Masalah Air

2.4.1 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.

2.4.2 Penanggulangan Pencemaran Air

Pengolahan limbah yang dilakukan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke perairan 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 atau sisa-sisa bahan yang digunakan dalam produksi yang ikut bersama aliran limbah.

2.5 Peranan Aerasi, Karbonaktif, dan Filter Pasir dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit.

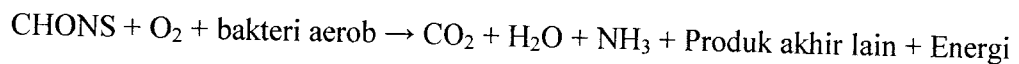
2.5.1 Pengolahan Secara Aerob

Proses pengolahan secara aerob didefinisikan sebagai pengelolaan dengan kondisi ada oksigen, tempat dimana mikroorganisme akan menguraikan air limbah.

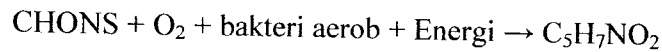
Dengan penyediaan udara yang cukup dan keadaan lingkungan yang seimbang maka air limbah yang mengandung bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme aerob menjadi CO_2 , H_2O dan sel-sel baru dalam keadaan ada oksigen: penguraian ini terjadi dalam tiga tahap, yaitu:

1. Oksidasi sebagian limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
2. Sebagian limbah diubah menjadi serat sel baru dengan mempergunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.
3. Sel-sel baru akhirnya memakan selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel.

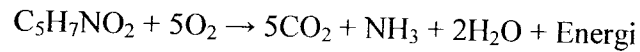
1. Oksidasi



2. Persenyawaan



3. Respirasi Endogen



Penguraian dilakukan oleh sejumlah bakteri. Proses metabolisme oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling berkaitan didalam membantu pertumbuhan bakteri. Selama sumber nutrisi cukup dan oksigen tidak berkurang maka bakteri akan berkembang dengan baik dan akan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik.

2.5.2 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 percampuran antara air dengan udara (Walker, 1978).

a) Tujuan Aerasi

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO₂)
- c. Menghilangkan hidrogen sulfida (H₂S), metana (CH₄) 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.

b) Jenis dan Tipe-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.(Agustjik,1991)

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. (Agustjik,1991)

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
- 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 memaksimumkan luas kontak. Misal untuk aerator cascade, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk spray aerator, nozle yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
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. (Agustjik,1991)

2.5.3 Jenis-Jenis Media Penyaring

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 aktif dan pecahan genteng merupakan penyerap. dibandingkan kerikil dan ijuk, pasir, arang batok dan pecahan genteng memiliki fungsi lebih besar.

2.5.4 Adsorbsi

a) Pengertian Adsorbsi

Adsorbsi 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 sorbsi, baik adsorbsi sebagai sorbsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorbsi. (Guntoro, 2004)

Adapun adsorbsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

1. Adsorbsi 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 teradsorbsi di atas permukaan adsorben.

2. 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 (Benefil, 1982):

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

2.5.5 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang akan membentuk amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya

serap yang lebih baik. Keaktifan menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas.

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m per gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan.

Karbon aktif untuk semua tujuan, dan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan butiran (*granular*). Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (*decolorisasi*), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk absorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan didalam media larutan khususnya untuk *deklorinasi* air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir (Smisek, 1970). Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

a) Struktur Karbon

Arang, kokas dan karbon aktif disebut *amorf*. Penyelidikan dengan sinar X menunjukkan bahwa karbon amorf mempunyai sifat kristal yang tidak tertentu, yang tidak menunjukkan sudut dan permukaan kristal seperti bentuk *rombis*, *monoklin*, dan lain-lain. Dari penyelidikan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa karbon amorf terdiri

dari pelat-pelat datar dimana atom C (*Carbon*) tersusun dalam sisi *heksagon* dan setiap atom karbon yang lainnya. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Dengan menghilangkan hidrokarbon pada permukaannya, permukaan akan menjadi lebih luas, sehingga daya serap akan menjadi lebih besar. Pada grafit, pelat-pelat ini lebih dekat satu sama lainnya dan terikat dengan cara tertentu, yang tidak dijumpai pada karbon kristal.

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan *gaya van der Waals* yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 *Angstrom*. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 *Angstrom*. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit.

Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikro kristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang sering kali merupakan gugus *heterosiklis* yang berasal baik dari bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif. Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorben dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, macropori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokkan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikro porinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2 – 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikropori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut *Duninin* mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm.

Radius efektif mikropori lebih kecil dari pada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikroporinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95% dari luas permukaan seluruhnya.

b) Struktur Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awan elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidakteraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, seperti oksigen dan hidrogen. Elemen-elemen ini dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya proses karbonisasi, atau pula dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi. Demikian pula adanya kandungan abu yang bukan bagian organik dari produk. Untuk tiap-tiap jenis karbon aktif kandungan abu dan komposisinya ada bermacam-macam. Adsorpsi elektrolit dan non elektrolit dari larutan dari karbon aktif, juga dipengaruhi oleh adanya sejumlah kecil abu. Adanya oksigen dan hidrogen mempunyai pengaruh besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini berkombinasi dengan atom-atom karbon membentuk gugus-gugus fungsional tertentu. Gugus yang biasanya terdapat pada permukaan atom adalah : (1) gugus karboksilat, (2) gugus hidroksi fenol, (3) gugus kuinon tipe karbonil (4) normal lakton, (5) lakton tipe fluoresein, (6) asam karboksilat anhidrit dan peroksida siklis.

c) Daya Serap Karbon Aktif

Proses adsorpsi terjadi pada bagian permukaan antara padatan-padatan, padatan-cairan, cairan-cairan, atau cairan gas. Adsorpsi dengan bahan padat seperti karbon, tergantung pada luasan permukaannya.

Sifat daya serap karbon aktif terbagi atas dua jenis, yaitu daya serap fisika dan daya serap kimia. Keduanya dapat terjadi atau tidaknya perubahan kimia yang terjadi antara zat yang mengadsorpsi (*adsorben*). Beberapa teori yang menerangkan tentang gejala daya serap yang sebenarnya, belum cukup untuk mengemukakan tentang terjadinya daya serap pada karbon aktif.

Karbon aktif dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik, tetapi mekanisme penyerapan senyawa tersebut belum semua diketahui dengan jelas. Mekanisme penyerapan yang telah diketahui antara lain penyerapan golongan fenol dan aldehyd aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehyd maupun derivatnya terserap oleh karbon karena adanya peristiwa donor-akseptor elektron. Gugus karbonil pada permukaan karbon bertindak sebagai donor elektron. Karena ada peristiwa tersebut, maka inti benzena akan berikatan dengan gugus karbonil pada permukaan berikut :

1. Dengan adanya pori-pori mikro antar partikuler yang sangat banyak jumlahnya pada karbon aktif, akan menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan adanya daya serap. Selain itu distribusi ukuran pori merupakan faktor penting dalam menentukan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 angstrom efektif untuk menyerap warna.

2. Pada kondisi yang bervariasi ternyata hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini dapat terjadi karena permukaan karbon dianggap heterogen, sehingga hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang lebih aktif, yang disebut pusat aktif.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisika dan kimia adsorben, antara lain : luas permukaan ukuran pori, komposisi kimia
- b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul komposisi kimia.
- c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
- d. Sistem waktu adsorpsi.

d) Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif telah banyak diteliti, dan dalam pustaka telah didapat data yang cukup banyak. Diantaranya dituliskan bahwa karbonisasi untuk memperoleh karbon yang baik untuk diaktivasi harus dilakukan pada temperatur dibawah 600°C . Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur $900-1000^{\circ}\text{C}$, dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi karbon aktif yang diperoleh.

Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yaitu :

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses ini merupakan proses pembentukan arang dari bahan baku. Secara umum, karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara,

sampai temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya mempunyai luas permukaan beberapa meter persegi per gram.

Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi *pirolitik* bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan adsorpsi yang kecil. Oleh karena itu karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain, yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl. Perbandingan garam dengan bahan baku adalah penting untuk menaikkan sifat-sifat tertentu dari karbon.

2. Proses aktivasi

Secara umum , aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara 700-1100⁰C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Smisek, 1970). Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon.

Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (internal area), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepeler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori.

Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu:

- a) Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO, yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
- b) Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringakan.

Biasanya proses aktivasi fisika merupakan awal dari proses aktivasi kimia.

Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut: penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon, dan ikomposisi tar yang juga memperluas pori-pori.

Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

e) Penggunaan Karbon Aktif

Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemucat, penyerap gas, penyerap logam, menghilangkan polutan mikro misalnya zat organik, detergen, bau, senyawa phenol dan lain sebagainya. Pada saringan arang aktif ini terjadi

proses adsorpsi, yaitu proses penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh permukaan arang aktif. Apabila seluruh permukaan arang aktif sudah jenuh, atau sudah tidak mampu lagi menyerap maka kualitas air yang di saring sudah tidak baik lagi, sehingga arang aktif harus di ganti dengan arang aktif yang baru.

2.5.6 Genteng Tanah Liat

Genteng adalah salah satu struktur bangunan yang terbuat dari tanah liat melalui sistem pres atau cetak yang sering digunakan sebagai pelindung atau berteduh. Genteng sendiri memiliki sifat fisik dan mineralogi. fase mineral berperan terhadap sifat fisik badan genteng. Sifat fisik badan genteng tersebut dapat diketahui dari pengujian densitas, pengujian penyusutan, pengujian beban lentur, pengujian penyerapan air dan pengujian perembesan air. Sifat mineralogi yang mempengaruhi sifat fisik badan genteng dapat diketahui dari pengamatan petrografi, pengamatan hasil X-RD (X-Ray Diffractometry) dan pengamatan hasil SEM (Scanning Electron Microscopy).

Genteng yang terbuat dari lempung mempunyai syarat antara lain harus kedap air, adapun sifat dari bahan tersebut tergantung pada perbandingan campuran adonan yaitu kurus atau gemuk (Antono, 1978)

Lempung terdiri dari butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat plastisitas dan kohesi. Badan genteng sebagai benda uji dibuat berkomposisi lempung dan pasir kemudian dibakar pada suhu awal 150 °C, kemudian setelah hilang asap putih maka suhu dinaikan menjadi 650°C. Setelah keadaan tersebut tercapai, kecepatan penuh pembakaran sampai selesai dengan tahapan suhu antara 750°C, 850°C, 900°C, dan 1000°C. Dengan waktu kurang lebih 6 (enam) jam sampai 12 jam

Dimensi dan bentuk poongan Geneng adalah (5 x 5) Cm² dan (3 x 3) Cm²

Untuk dapat menghasilkan genteng yang memenuhi persyaratan S11, maka komposisi tiap komponen dalam adonan (dalam % berat): maksimum jumlah lempung 90 % dan pasir 10 %. Komposisi optimum tersebut dibakar pada suhu 750 °C dan pengaruh fase metakaolin menghasilkan genteng dengan densitas sebesar 14.19 gr; cm³ dan beban lentur sebesar 463.9 kgf atau termasuk dalam mutu genteng kelas bawah. Tidak dapat menghasilkan genteng dengan mutu yang lebih baik. Cara ini juga ama dalam pembuatan Bata merah pejal akan tetapi pada pembuatan bata tidak mengalami pengepresan.

Tujuan menggunakan kombinasi genteng ini untunk mengabsorbsi limbah khususnya parameter phospat, hal ini mempengaruhi tanah yang digunakan dalam membuat genteng yaitu menggunakan tanah lempung dari daerah Godean dengan kadar Fe (besi) adalah 5% sampai 6% yang diharapkan mampu mengikat PO₄ (phospat).

2.5.7 Pasir

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 , 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 SiO₂ 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 ataupun 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 effluent. 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.

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

- a. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII Yogyakarta.
- b. Balai Pengujian Konstruksi dan Lingkungan (BPKL), Dinas Pemukiman dan Prasarana Wilayah Yogyakarta

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan limbah cair rumah sakit PKU Muhammadiyah yang berasal dari inlet (pertemuan 3 jurusan : laundry, gizi, medis).

3.3 Variabel Yang Diteliti

Variabel-variabel penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Parameter yang diteliti adalah Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3).
- b. Variabel penelitian adalah perbandingan inlet dan outlet dari tiap-tiap parameter pada masing-masing media proses dalam reaktor serta waktu jenuh *Carbon* aktif.

3.4 Reaktor Aerokarbonfilter

3.4.1 Desain reactor

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

a. Aerasi

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

b. Carbon Aktif

Ketebalan Carbon Aktif dalam reaktor 40 cm.

c. 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.

d. Pecahan Genteng

Media Ini digunakan sebagai adsorbent pokok setelah carbon aktif dengan kandungan Fe untuk mengikat PO₄. dengan ketebalan 10 cm.

3.4.2 Dimensi Reaktor Aerokarbonfilter

Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, carbon aktif, pecahan genteng dan filter pasir. Perhitungan dimensi reaktor dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini.



Tabel 3.1. Dimensi Reaktor Aerokarbonfilter

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers.yang digunakan
panjang	L	0.3	M	
lebar	W	0.3	M	
tinggi pasir	Tp	0.4	M	
Tinggi zeolit	Tk	0,4	M	
Tinggi tray aerasi	Tt	4 x 0,1	M	
luas area	A	0,12	M	L x W
volum reaktor	Vr	0,12	M	Ax(Tp+Tk+Tt)
debit	Q	0,01	L/detik	

Cara Kerja :

1. Pengukuran parameter Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3) pada air baku
2. Air baku ditampung pada sebuah bak penampung (ember) yang terletak diatas.
3. Air mengalir menuju pipa yang bercabang-cabang dan berlubang-lubang, sehingga air akan keluar dengan memancar dan terjadi kontak dengan udara (aerasi)
4. Air jatuh di permukaan karbon aktif dan terjadi adsorbsi zat-zat pencemar,
5. Air jatuh menuju pecahan genteng dan kemudian filter pasir dan terjadi penyaringan oleh pasir
6. Pengukuran parameter Phospat (PO_4) dan Amonia (NH_3). Pada effluent.

3.4.3 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 plastic
- g) Media penyaring
 - a. Pasir Kuarsa
 - b. Carbon aktif
 - c. Lubang aerasi
- h) Selan plastik
- i) Gate Valve
- j) Pompa
- k) Lem
- l) Ember

3.5 Analisa Kualitas Sampel

Analisa kualitas air sampel yang dilakukan sesuai dengan SNI dan ATHA , yaitu

1. Cara uji kadar Phospat (PO_4) dalam air sampel : (ATHA 1998, section 4500 – td),
(lihat lampiran).

2. Cara uji kadar Amonia (NH₃) dalam air sample : (SNI. 06 – 2479 – 1991), (lihat lampiran).

3.6 Analisa Data

Untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reactor yang akan diteliti, maka dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil pengamatan, baik data utama (tingkat removal) maupun data pendukung.

Sedangkan untuk memudahkan pengolahan data, maka dipergunakan uji statistic, misalnya dengan analisa varians (T - test).

Analisa dilakukan untuk tiap bagian/sistem, yaitu tray aerasi, carbon aktif, dan *sand filter* serta total sistem (*Aerokarbonfilter*). Untuk mengetahui efisiensi dari masing- masing sistem tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1) Efisiensi Tray Aerasi

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

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

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

2) Efisiensi Carbon aktif

Untuk mengetahui tingkat efisiensi carbon aktif terhadap parameter uji di lakukan dengan cara :

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji di inlet (outlet 1) dan outlet 2 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan :

$$\eta = \frac{(C_0 - C_2)}{C_0} \times 100\%$$

3) Efisiensi Sand Filter

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

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji di inlet (outlet 2) dan outlet 3 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan:

$$\eta = \frac{(C_0 - C_3)}{C_0} \times 100\%$$

4) Efisiensi Pecahan Genteng :

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

- Mengukur kadar masing-masing parameter uji di inlet (outlet 2) dan outlet 3 (lihat gambar reaktor)
- Menghitung besarnya efisiensi removal dengan persamaan:

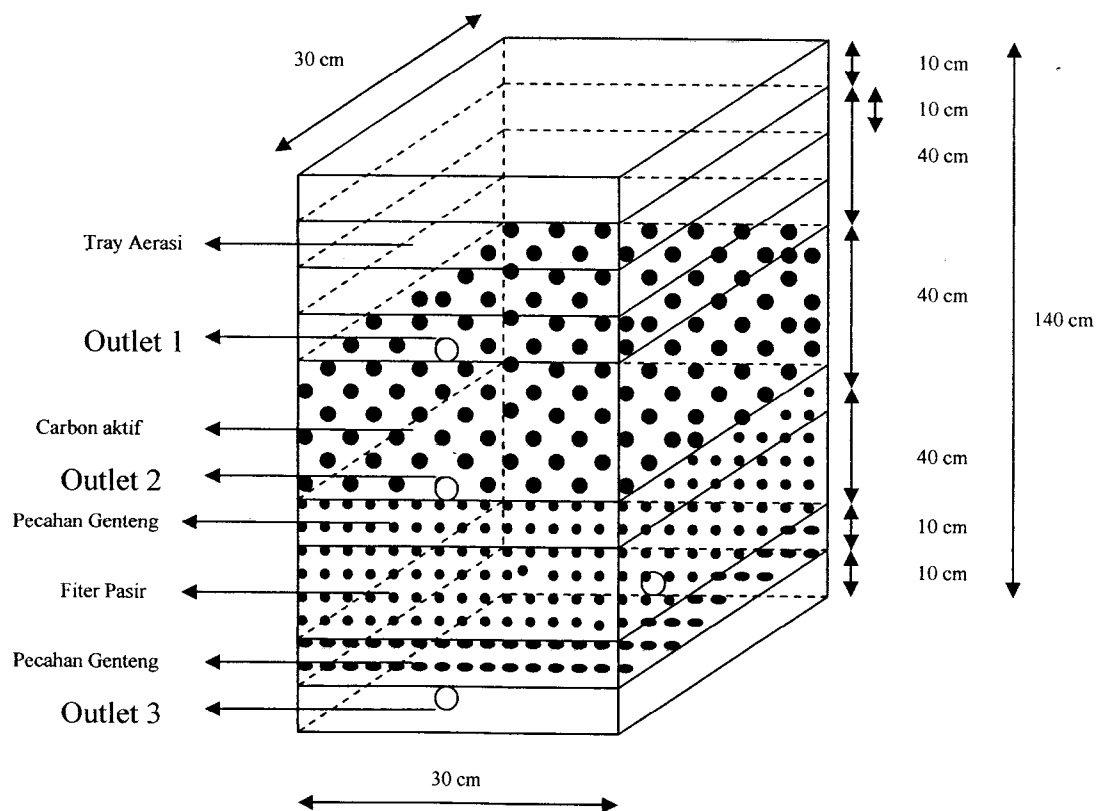
$$\eta = \frac{(C_0 - C_3)}{C_0} \times 100\%$$

5) Efisiensi Aerokarbonfilter :

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

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

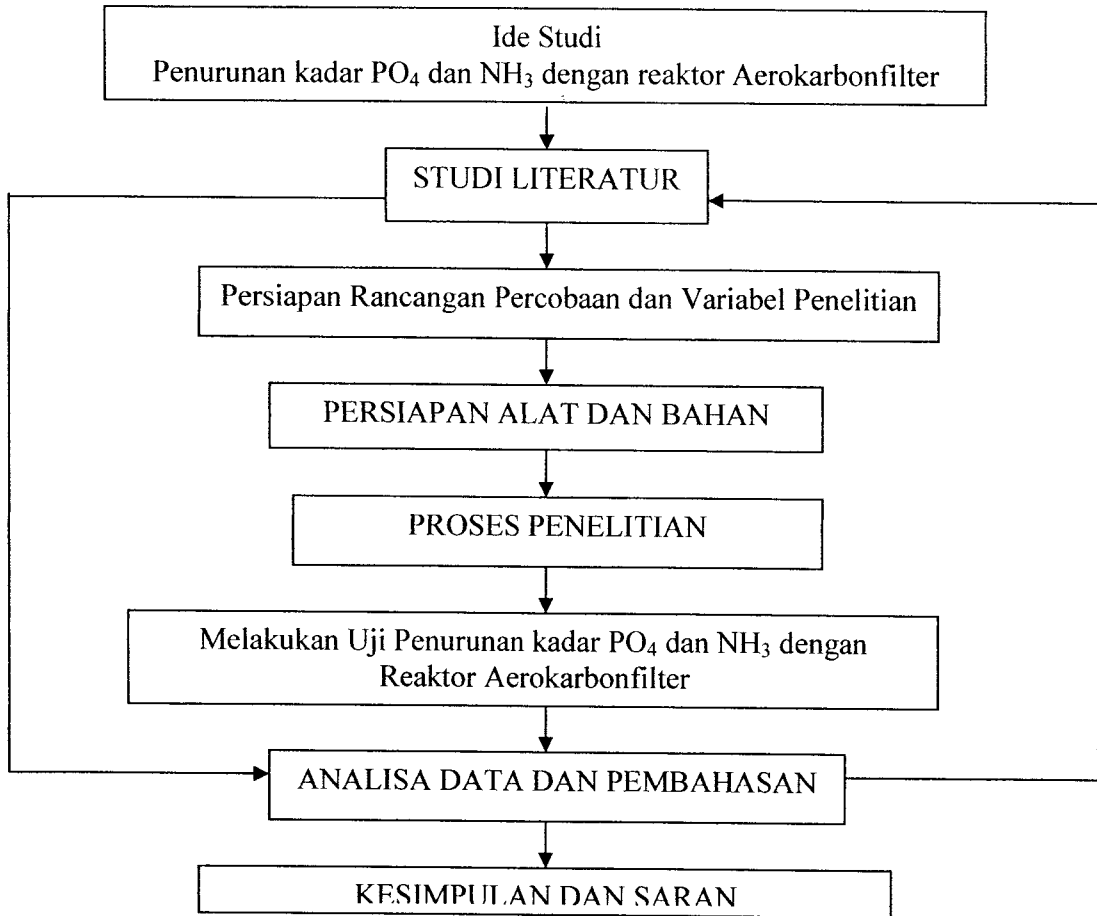
$$\eta = \frac{(C_0 - C_3)}{C_0} \times 100\%$$



Gambar 3.1 Reaktor Aerokarbonfilter

3.7 Diagram Alir Penelitian

Cara dan perlakuan akan penelitian air limbah akan di jelaskan secara garis besar dengan metode grafik yang tersaji sebagai berikut :



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui tingkat efisiensi dari reactor yang digunakan yakni, aerakarbonfilter dalam hal menurunkan konsentrasi PO_4 dan NH_3 serta waktu jenuh dari adsorben dalam mengadsorpsi bahan pencemar tersebut.

Reaktor yang digunakan tersusun dari empat media yakni, *aerasi*, *zeolit*, pacahan genteng, dan pasir silica. Pemeriksaan sample dilakukan dengan variasi waktu 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 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 atau 0 menit pada variasi waktu dilakukan pada bak penampung inlet untuk kemudian dibandingkan dengan konsentrasi outlet yang keluar dari tiap-tiap media proses. Sedangkan 0 menit pada zona aerasi diambil pada outlet zona aerasi guna mengetahui konsentrasi kedua parameter pada menit awal setelah keluar dari zona aerasi, begitu pula pada zona-zona berikutnya. Jadi waktu 0 menit adalah waktu atau menit awal setelah sampel keluar dari outlet tiap zona. 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)

4.2 Hasil Pengujian Kadar PO₄ dan NH₃

4.2.1 Hasil Pengujian Kadar Amonia (NH₃) dan Phospat (PO₄)

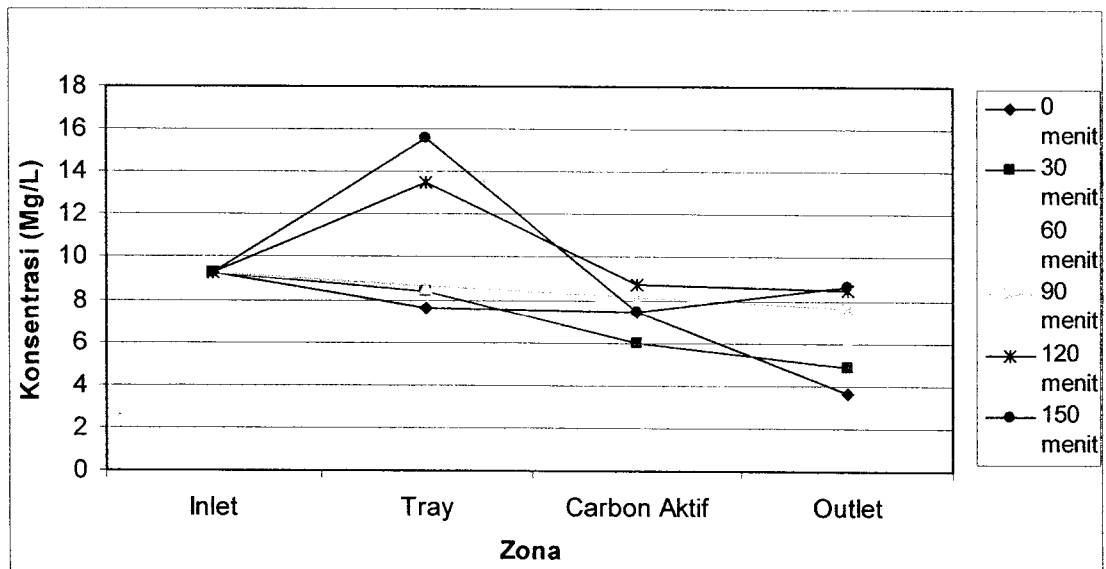
Tabel 4.1 Hasil Percobaan Terhadap Parameter Amoniak (NH₃)

Waktu menit	Inlet	Aerasi		Karbon aktif		Filter & Pecahan Genteng	
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %
0	9,3	7,62	18,064	7,45	2,231	3,63	51,275
30	9,3	8,4	9,677	6	28,57	4,85	19,167
60	9,3	8,58	7,742	7,85	8,51	6,03	23,185
90	9,3	8,64	7,097	8,15	5,67	7,59	6,871
120	9,3	13,5	-45,161	8,7	35,56	8,52	2,069
150	9,3	15,6	-67,742	7,4	52,56	8,64	-16,757

(Sumber : Hasil uji lab) - : tidak terjadi penurunan

a*) : nilai konsentrasi pada outlet aerasi

b*) : nilai konsentrasi pada outlet Carbon Aktif



Gambar 4.1 Konsentrasi Amonia (NH₃) pada berbagai Zona

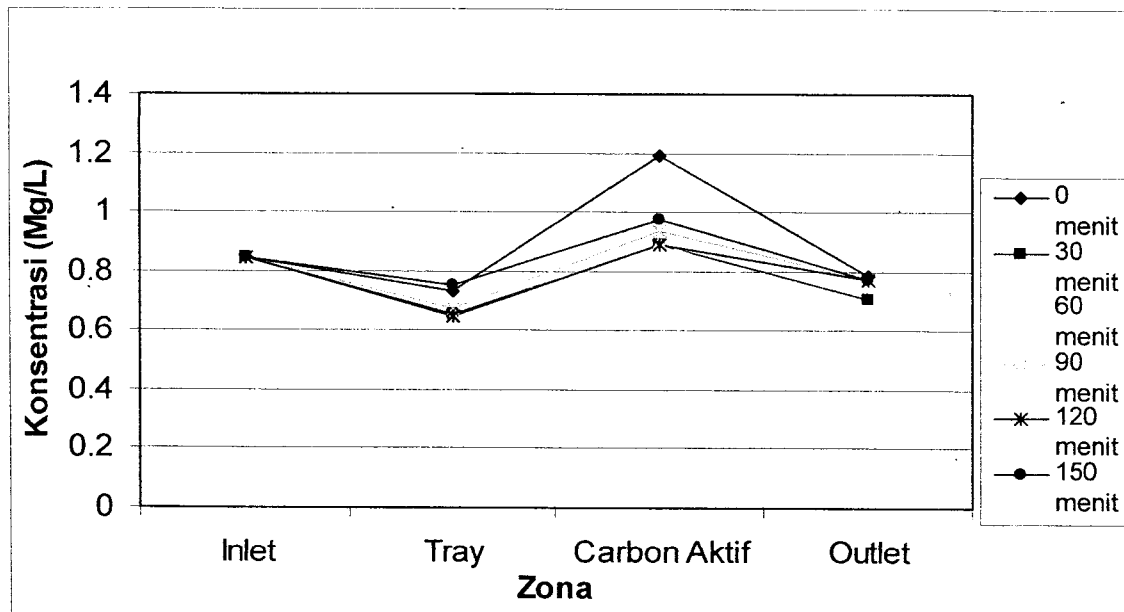
Tabel 4.2 Hasil Percobaan Parameter Phospat (PO_4)

Waktu menit	Inlet	Aerasi		karbon aktif		Filter & Pecahan Genteng	
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi %
0	0,844	0,732	13,270	1,188	-62,295	0,783	34,091
30	0,844	0,652	22,749	0,891	-36,656	0,706	20,763
60	0,844	0,648	23,223	0,893	-37,808	0,633	29,115
90	0,844	0,674	20,142	0,936	-38,872	0,772	17,521
120	0,844	0,647	23,341	0,888	-37,249	0,77	13,288
150	0,844	0,753	10,782	0,976	-29,615	0,772	20,901

(Sumber : Hasil uji lab) - : tidak terjadi penurunan

a*) : nilai konsentrasi pada outlet aerasi

b*) : nilai konsentrasi pada outlet Carbon Aktif



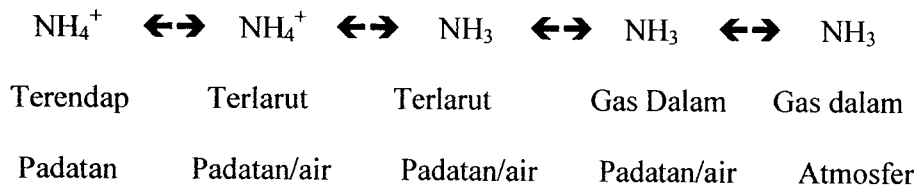
Gambar 4.2 Konsentrasi Phospat (PO_4) pada berbagai Zona

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

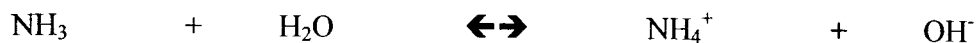
4.3.1 Zona Aerasi

4.3.1.1 Amonia pada Zona Aerasi

Aerasi bertujuan untuk melarutkan oksigen kedalam air. Pada penelitian ini teknik aerasi yang digunakan adalah 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. Amonia (NH_3) di perairan merupakan salah satu parameter kimia perairan yang penting karena amonia merupakan bentuk terbanyak dari N-anorganik dalam air. Tingginya kadar amonia menunjukkan tingginya kadar bahan organik yang mudah terurai (Uhlmann, 1979) atau senyawa anorganik hasil perombakan mikroorganisme dengan menggunakan oksigen O_2 . Dalam keadaan aerob senyawa ini Amonia dapat menyebabkan keadaan menjadi semakin reduktif. (Boyd,1992). Proses aerasi setelah penggenangan atau penampungan dapat menyebabkan peningkatan kadar amonia total (NH_3 dan NH_4^+), dengan kesetimbangan dalam air adalah sebagai berikut :

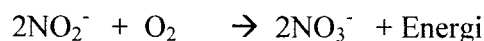
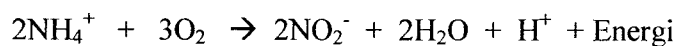


Amonia dalam larutan mengalami hidrolisis sebagai berikut :



Kesetimbangan ini tergantung pada PH dan temperatur larutan jika PH dan Temperatur rendah(suhu kamar) maka NH_3 turun dan NH_4^+ akan naik (Colt and Armstrong, 1976,cit. Purnomo, 1988; Boyd, 1989; Chaimberlain, 1989). Dalam proses areasi terjadi penurunan PH yang juga mempengaruhi kenaikan NH_3 (Tiyatmo,Bambang, 1995). Peristiwa

tersebut terjadi pada menit ke-120 dan ke-150 dengan efisiensi removal -45,161 % dan -67.742 % ,Selain itu meningkatnya kadar N pada penampungan limbah akibat aerasi pada pompa juga menyebabkan proses nitrifikasi bertambah sehingga terjadi akumulasi amonium (Hesse,1972). Amonium dalam larutan mengalami kesetimbangan menjadi NH₃, sehingga saat awal setelah proses homogenasi atau pengadukan kadar NH₃ dan NH₄ menjadi meningkat. (Tiyatmo,Bambang, 1995). Proses nitrifikasi dapat menurunkan NH₃ pada kondisi aerobik dengan tambahan *aeration* dapat mempermudah jalur O₂ untuk bernitrifikasi dengan bakteri (walupun itu merupakan kemungkinan kecil untuk keberadaan bakteri). Proses nitrifikasi ini NH₃ ditransformasikan menjadi gas NO₂ dan akhirnya menjadi NO₃ pada kondisi aerobik (Tiyatmo,Bambang, 1995). Dengan persamaan reaksi:



Sesuai dengan reaksi kimia dan penjabaran diatas maka proses aerasi menyebabkan penurunan kadar amonia dalam limbah cair rumah sakit. pernyataan ini terbukti pada Tabel 4.1 yang menunjukkan kadar amonia mulai naik di menit ke- 0 yaitu , sampai dengan menit ke-90, sehingga menimbulkan efisiensi removal dari awal 18,064%, 9,677%, 7,742%, 7,097% . Akibat adanya proses aerasi dan kontak oksigen (O₂). Sesuai dengan keadaan nyata dalam laboratorium kadar amonia pada inlet zon aerasi menurun di tiap 30 menit penurunan inlet terjadi pada menit ke- 60 inlet semakin kecil sampai dengan menit ke- 150, masalah ini disinyalir terjadinya proses aerasi pada pompa dan keadaan dari limbah yang kurang homogen dalam pengadukannya.

Maka untuk mengambil nilai aman peneliti mengambil nilai terbesar yang terdapat pada inlet menit ke- 0 sebesar 9,3 mg/L. Terjadi penurunan amonia pada dan tidak adanya pengaruh waktu pada analisa statistik hanya saja pada pengaruh perlakuan dengan ditunjukkanya tidak terdapat perbedaan yang sangat seknifikan pada perhitungan statistik.

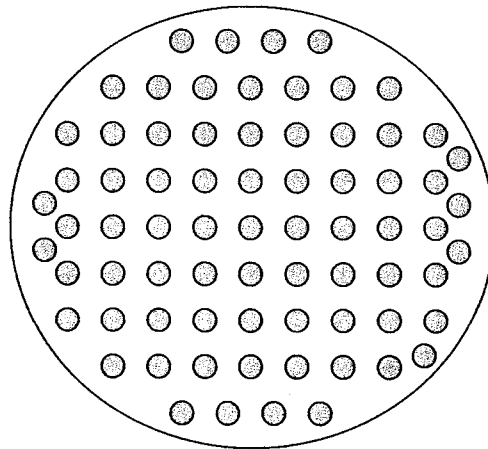
Pada menit ke – 0, 30, 60, 90 dan kenaikan terjadi pada menit ke-120, 150. dengan konsentrasi inlet adalah 9,3 mg/L, standart Deviasi (s) adalah $1,9459 \times 10^{-15}$ mg/L pada inlet dan 3,310 mg/L pada outlet serta varian $3,78653 \times 10^{-30}$ mg/L pada inlet dan 10,95756 mg/L pada outlet dengan tanpa menghasilkan nilai korelasi (0). Bila nilai t hitung (- 0,61147) dibandingkan dengan nilai *alpha* (0,05) maka tidak terjadi perbedaan perlakuan pada sampel dan berarti waktu tidak mempengaruhi pada perlakuan sampel, hal ini dipengaruhi dari jumlah (Σ) inlet yang lebih kecil dari jumlah (Σ) outlet dengan nilai (r) adalah 0.

4.3.1.2 Phospat pada Zona Aerasi

Pengaruh yang ditimbulkan dari proses aerasi adalah kontak oksigen terhadap air baku. Dalam hal ini parameter phospat yang digunakan sebagai patokan pengukuran. Ditinjau dari sifat phospat yang termasuk golongan senyawa *inert* yaitu sulit terurai dengan senyawa apapun. Senyawa Phospat dalam kehidupan ditunjukkan dari proses penyerapan partikel Liat. Kehadiran oksigen mampu mengurangi ksifat ke inert-an yang dimiliki oleh PO₄ yang berpengaruh terhdap kadarnya. Dan terbukti dengan adanya endapan yang dapat dilihat dalm waktu lama. (BGS *et al.*, 1996 *dalam* Kiersch, 2000). Unsur P adalah penyusun phospat yang sering didapat pada tiap limbah cair rumah sakit.

Hasil Penelitian Gilbertson et al., (1979 dalam Lagon 1990) melaporkan bahwa konsentrasi total total fosfor meningkat yang terbawah dalam aliran permukaan pengolahan limbah rumah sakit tanpa proses aerasi sebesar 4.0 mg/L untuk total P dibanding pengolahan dengan aerasi 0.40 mg/L untuk total P.

Sesuai dengan pernyataan diatas, maka proses aerasi menyebabkan terjadinya penurunan kadar Phospat yang terendah terjadi pada menit ke-0 yaitu 13.27 % dan menit ke-150 yaitu 10.78% terbukti pada tabel 4.2. selain itu penurunan terbesar dimulai pada menit ke-30 yaitu 22.75% sampai dengan ke-120 yaitu 23.34%. Terjadinya penurunan terkecil pada menit ke-150 karena adanya penyumbatan endapan pada inlet proses aerasi yang berbentuk lingkaran.



Gambar 4.3 Inlet Aerasi

Sehingga menyebabkan terjadinya penurunan tingkat aerasi dan debit yang masuk dalam zona aerasi.

Terjadi penurunan akan tetapi untuk standar deviasi, varians, dan korelasi adalah 0 (nol) pada inlet sedangkan pada outlet adalah 0,0465mg/L untuk standar deviasi, 0,00217 mg/L untuk varians dan tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada konsentrasi tiap inlet dan outlet. Hal ini berarti nilai t hitung (1,1469) dibandingkan dengan nilai α (0,05) maka

tidak terjadi perbedaan perlakuan pada sampel dan berarti waktu tidak mempengaruhi pada perlakuan sampel dengan melihat persamaan dan ketetapan $-1,8112 \leq t\text{-hitung} \leq 1,812$.

4.3.2 Adsorpsi oleh Karbon Aktif

4.3.2.1 Proses Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Amonia

Inlet pada menit ke-0, untuk parameter NH₃ sebesar 7,68 mg/l. Inlet ini merupakan outlet dari proses aerasi pada menit ke- 0. Setelah melewati media karbon aktif pada menit ke- 0, konsentrasi NH₃ mengalami perubahan , yakni 7,45 mg/l. Sedangkan pada menit ke-30 terjadi penurunan konsentrasi NH₃ menjadi 6 mg/l. Tingkat efisiensi yang paling tinggi pada penggunaan karbon aktif sebagai media adsorpsi ini terjadi pada menit ke-0, dengan efisiensi sebesar 2,2309 %. Pada sampling selanjutnya terjadi penurunan tingkat efisiensi penyerapan, seperti pada menit ke-30, efisiensi penyerapan menjadi 28,57 %, pada menit ke-60 efisiensi penyerapan menjadi makin kecil yaitu 8,51 %,efisiensi terkecil terdapat pada menit ke-90 yaitu 3,67%. pada menit selanjutnya terjadi kenaikan efisiensi yang meningkat kembali pada menit ke- 120 dan ke-150 yaitu 35.56% dan 52.56%. keadaan Penurunan tingkat efisiensi ini terjadi dimulai dari menit ke-30 karena terjadinya kejenuhan pada karbon aktif serbuk yang terbungkus kain mulai tersumbat oleh flok-flok dari limbah dan terjadi penggenangan, namun itu perlu diteliti lebih lanjut . Terjadinya penurunan kadar NH₃ pada media karbon aktif dapat disebabkan oleh adanya aktivitas adsorpsi. Pengaruh dari besarnya molekul penyusun senyawa menyebabkan mudah terserap terlebih dahulu dari pada PO₄ (Cheremisinoff,1978).

Penurunan dimulai dari menit ke 0 sampai menit ke-150 dengan perlakuan yang sama dan terdapat perbedaan yang sangat kecil antara standar deviasi inlet dan outlet yaitu : 3,310220536 mg/L pada inlet dan 0,916196849mg/L pada outlet. Dan pada varians terdapat perbedaan yang cukup signifikan yaitu : 10,95756 mg/L untuk Inlet dan 0,839416667mg/L untuk outlet sedangkan pada korelasi yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan perlakuan karena memiliki jarak mendekati dengan *alpha* (0,05) yaitu 0,008702421 mg/L dengan waktu yang tidak berpengaruh terhadap perhitungan analisa data.

4.3.2.2 Proses Adsorpsi Karbon Aktif terhadap Phospat

Pada Tabel 4.3, konsentrasi Phospat (PO₄) pada menit ke- 0 sebesar 1,88 mg/L dengan tidak terjadi efisiensi tingkat efisiensi sedikitpun hal ini dikarenakan zat kimia yang digunakan dalam aktivasi arang adalah H₃PO₄ sebagai bahan pengaktif dan oksidasi gas. Dan secara kimia dapat menarik logam Zn, Fe, Mn, Cl, PO₄ dan SO₄ yang terdapat dalam air limbah. Fungsi dari karbon aktif sebenarnya adalah untuk menjernihkan air limbah industri pulp kertas (Pari, 1996). Arang aktif yang diaktivasi dengan bahan pengaktif NH₄HCO₃ menghasilkan arang aktif yang memenuhi Standar Jepang dengan daya serap yodium lebih dari 1050 mg/g dan rendemen arang aktifnya sebesar 38,5 % (Pari, 1999).

Dalam penelitian ini waktu kontak antara PO₄ dengan karbon aktif 1,30 menit, sedikitnya waktu kontak antara karbon aktif dengan limbah yang mengandung PO₄ dan keadaan kain pembungkus karbon aktif serbuk ini menyebabkan karbon aktif tidak dapat mengadsorpsi senyawa PO₄. sedangkan waktu kontak yang diperlukan karbon aktif

untuk menyerap zat organik supaya kadarnya turun adalah lebih dari 4 menit dan untuk adsorpsi sempurna adalah 10 – 15 menit (Reynolds,1982)

Sesuai dengan sifat-sifatnya karbon aktif maka didapat permasalahan sebagai berikut. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi bahan organik belum banyak diteliti. 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 karbon aktif dapat mengadsorpsi bahan organik dan mikroorganisme dapat tumbuh di media adsorbent tersebut (Syamsiah, 2001). Karbon aktif mampu menyerap molekul lain yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran porinya. Proses adsorpsi oleh karbon aktif terjadi karena terjebaknya molekul adsorbat dalam rongga karbon aktif, sedang pada sisi aktifnya terjadi karena interaksi antara sisi tersebut dengan molekul adsorbat. Menurut Dr. Anto Tri Sugiarto, dan Suherman, M.Si., Zat-zat *polutan* akan dihilangkan permukaan karbon aktif. Apabila seluruh permukaan karbon aktif ini sudah jenuh, atau tidak mampu lagi menyerap maka proses penyerapan akan berhenti, dan pada saat ini karbon aktif harus diganti dengan karbon aktif baru atau didaur ulang dengan cara dicuci. Air yang keluar dari filter karbon aktif untuk selanjutnya dapat dibuang ke sungai dengan aman. Mekanisme adsorpsi dimulai dengan bergerakanya spesies adsorbat dari larutan menuju permukaan luar partikel karbon aktif. Adsorbat tersebut masuk ke dalam rongga-rongga pada permukaan karbon aktif dan akhirnya terjebak ke dalam rongga karbon aktif (Aprilita, 2000). Bila karbon aktif menyerap molekul yang lebih besar terlebih dahulu maka akan menutupi pori sehingga menyulitkan molekul yang ukuran lebih kecil untuk masuk dalam pori sehingga

mempengaruhi proses adsorpsi.(Cheremisinoff,1978). Hal ini dibuktikan bahwa molekul untuk NH_3 lebih besar dan reserap terlebih dahulu dari pada molekul PO_4 .

Kenaikan kadar atau konsentrasi phospat (PO_4) pada hasil penelitian meningkat dan tidak ada efisiensi dikarenakan adanya proses pencucian yang menggunakan detergen atau sabun yang mengandung sulfatan dan LDE power yang menjadi sumber phospat. Sehingga pada proses running zat sulfatan atau LDE power tersebut yang menempel pada dinding reaktor menjadi ikut terlarut dalam limbah, sehingga memacu penambahan konsentrasi phospat. Penyebaran air limbah yang tidak merata menyebabkan waktu dalam terjadinya pejuhan media karbon aktif tersebut dan menyebabkan perbedaan hasil yang keluar dari media karbon aktif itu sendiri.

Berbagai metode seperti penukar ion, penyerapan dengan karbon aktif (Rama, 1990) dan pengendapan secara elektrolisis telah dilakukan untuk menyerap bahan pencemar beracun dari limbah, tetapi cara ini membutuhkan biaya yang sangat tinggi dalam pengoperasiannya.

Terjadi kenaikan dan perbedaan yang tidak begitu signifikan antara konsentrasi pada inlet dan outlet ditiap 30 menit.dengan standar deviasi : 0,0465 mg/L pada inlet dan 0,11595 mg/L untuk outlet, sedangkan untuk Varians adalah 0,00217 mg/L untuk inlet dan 0,013445 mg/L pada outlet. Dengan varian adalah 0. dan t tidak mempengaruhi perhitungan data analisa.

4.3.3 Pecahan Genteng dan Pasir Kuarsa sebagai Adsorban II dan Media Filtrasi

4.3.3.1 Pengaruh terhadap kadar Amonia

Proses yang terjadi pada media pecahan genteng dan media pasir kuarsa adalah adsorban II setelah karbon aktif dan filtrasi. Adsorban dimaksudkan untuk mengadsorb sisa dari outlet karbon aktif yang tidak mampu terserap oleh karbon aktif dan Filtrasi dimaksudkan untuk menyaring zat-zat organik yang ada di dalam limbah. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir kuarsa dan pecahan genteng dengan ukuran (3 x 3)Cm dan (5 x 5)Cm di bagian atas pasir. Inlet yang masuk ke media filtrasi merupakan outlet dari media adsorpsi I (karbon aktif). Ukuran molekul amonia (NH_4) yang besar sebagian besar telah terserap oleh karbon aktif atau adsorban I sehingga tinggal molekul ukuran kecil yang ikut larut ke dalam zona pecahan genteng. Karena masih awal dan yang masuk inlet zona filtrasi adalah molekul kecil maka tidak terjadi penurunan pada menit ke- 0. sedangkan pada menit ke-150 telah terjadi penutupan sebagian pori dari pecahan genteng bagian atas akibat dari kekeruhan dari karbon aktif dalam bentuk serbuk yang ikut larut dan menyumbat pori dan merubah warna limbah serta terjadi kejenuhan dari pecahan genteng bagian bawah dalam menyerap amonia (NH_3) karena ketebalannya hanya 2 Cm pada lapisan genteng bagian bawah,

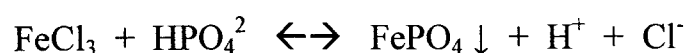
Pada Tabel 4.1, terlihat bahwa filtrasi cukup mampu menyaring zat-zat organik yang melewatinya. Pada menit ke- 0 dan menit ke- 150, media filtrasi dan adsorban II tidak mampu meremoval konsentrasi NH_3 , hal ini dikarenakan pecahan genteng masih banyak mengandung O_2 (porus) sehingga meningkatkan kadar NH_3 (Beny Puspantoro,1984) dan pada menit ke- 150 pecahan genteng di indikasi sudah mengalami kejenuhan dikarenakan telah tertutup oleh molekul PO_4 dan pada menit ke- 30, BOD dapat turun menjadi 51 mg/l atau ter-removal sebesar 38,55 %. Tingkat efisiensi yang paling tinggi terjadi pada menit ke- 120, dimana BOD dapat diremoval oleh media filtrasi

hingga mencapai 48,86 %. Penurunan konsentrasi BOD ini dapat terjadi karena tersaringnya zat-zat organik oleh pasir.

Untuk zona ini memang terjadi penurunan yang stabil dan sangat kecil dan hampir tidak ada perlakuan yang menyimpang karena memiliki nilai korelasi 0,01946 mg/L dan tidak jauh beda dengan *alpha* (0,05). dengan standar deviasi 0,91619 mg/L pada inlet dan 2.050266 mg/L pada outlet, sedangkan untuk varians adalah 0,83942 mg/L untuk inlet dan 4.2034 mg/L pada outlet. dalam perhitungan waktu pengambilan tidak mempengaruhi analisa data.

4.3.3.2 Pengaruh terhadap kadar Phosphate

Tabel 4.2 terlihat bahwa konsentrasi PO₄ pada menit ke- 0 sebesar 0,783 mg/L dengan tingkat efisiensi sebesar 34,09 %. Pada menit ke- 30 konsentrasi PO₄ menjadi 0,706 mg/L dengan efisiensi sebanyak 20,76 %. Sedangkan pada menit ke-60 dan menit ke-90 konsentrasi PO₄ sebesar 0.633 mg/L dan 0,772 mg/L dengan efisiensi masing-masing sebesar 29,11 % dan 17,52 %. Pada menit ke-120 dan menit ke- 150 konsentrasi PO₄ menjadi 0,77 mg/L dan 0,772 mg/L atau terremoval sebesar 13,2 % dan 20,9%. penurunan PO₄ pada media ini relatif stabil dan tidak ada kenaikan dan penurunan yang drastis. Pemasalahan ini dipengaruhi oleh adanya kandungan garam mineral Fe yang konsentasinya mencapai 5 % sampai dengan 6,5 % yang terdapat pada pecahan genteng. Hal ini mampu mengendapkan PO₄ dengan persamaan reaksi :



Setelah pengendapan tersebut flok yang ada tersaring oleh pasir kuarsa sehingga mendapatkan hasil yaitu penurunan kadar PO₄ dan kejernihan dari limbah yang dihasilkan

dari proses filtrasi. Seperti yang dijelaskan di atas PO₄ merupakan senyawa aromatik yang mudah di degradasi oleh mikroba.

Dari proses filtrasi diatas pasir kuarsa hanyalah sebagai penangkap flok atau sebagai penghamba flok unuk turun ke media outlet.

Terjadi penurunan dan perbedaan yang tidak begitu signifikan antara konsentrasi pada inlet dan outlet ditiap 30 menit. Ditunjukkan dengan dengan standar deviasi : 0,1159 mg/L pada inlet dan 0,05899 mg/L untuk outlet, sedangkan untuk Varians adalah 0,01344 mg/L untuk inlet dan 0,00347 mg/L pada outlet. Ditunjukkan oleh nilai varian adalah 0,06889 mg/L yang mendekati *alpha* (0,05). Dengan waktu yang tidak mempengaruhi perhitungan data analisa.

4.4 Efisiensi Removal Total Reaktor

Tabel 4.3 Efisiensi Total Parameter Amonia (NH₃)

Waktu menit	Inlet	Filter & Pecahan Genteng	Efisiensi Total Reaktor %
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	
0	9,3	3,63	60,968
30	9,3	4,85	47,849
60	9,3	6,03	35,161
90	9,3	7,59	18,387
120	9,3	8,52	8,387
150	9,3	8,64	7,097

Tabel 4.4 Efisiensi Total Parameter Phospate (PO₄)

Waktu menit	Inlet	Filter & Pecahan Genteng	Efisiensi Total Reaktor %
	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	
0	0,844	0,783	7,227
30	0,844	0,706	16,351
60	0,844	0,633	25
90	0,844	0,772	8,531
120	0,844	0,77	8,768
150	0,844	0,772	8,531

Dengan melihat Tabel 4.3 penurunan yang terjadi pada parameter NH₃ relatif semakin menurun dan tampak signifikan pada menit ke-90. Hal ini menunjukkan bahwa mulai adanya kejenuhan pada reaktor. Diawali dari zona aerasi pada menit ke-120 dan ke-150 sudah mengalami kenaikan yang sangat drastis, pada zona karbon aktif akan mengalami kejenuhan diatas menit ke-150 sama juga pada zona filtrasi kejenuhan terjadi pada menit diatas menit ke-150.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter dengan kombinasi pecahan genteng yang difungsikan untuk menurunkan kadar amonia (NH_3) dan phosphate (PO_4) dengan waktu pengambilan sampel dan penelitian sampel adalah 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, maka didapat hasil :

1. Dari hasil penelitian didapat bahwa reaktor aerokarbonfilter dengan kombinasi pecahan genteng mampu menurunkan konsentrasi amonia (NH_3) sebesar 60,968%; 47,849%; 35,161%; 18,387%; 8,387%; 7,097% dan fosfat (PO_4) sebesar 7,227%; 16,351%; 25%; 8,351%; 8,768%; 8,351% walaupun terjadi penurunan dan kenaikan yang tidak merata di tiap zona.
2. Pada penelitian ini ternyata pecahan genteng yang masih baru yang berasal dari tanah desa Godean dengan kandungan Fe 5 % - 6,5 % belum mencapai atau mempunyai titik jenuh karena ternyata waktu 150 menit dalam penelitian ini belum mampu atau kurang mencapai titik jenuh sehingga perlu penambahan waktu lagi. Untuk kedua parameter dan karbon aktif mempunyai titik jenuh lebih dari 150 menit,

5.2 Saran

- a. Upaya dalam penambahan koagulan pada limbah cair rumah sakit sehingga mempermudah dalam penurunan PO_4 senyawa dalam bentuk inert khususnya fosfat dapat turun bila sudah dalam bentuk endapan.

- b. Perlunya pengawasan dan pengukuran lantai dalam peletakan reaktor
- c. Waktu tinggal pada zona karbon aktif , filtrasi dan genteng sebagai adsorban II kurang lama .
- d. Perlunya pengukuran melalui waterpast pada lantai dalam peletakan reaktor sehingga air mampu turun secara merata pada tiap zona.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts,G. 1984, *Metodologi Penelitian Air*, Usaha Nasional Indonesia, hal. 86-102,149-244
- Amsyari,F. 1997, *Prinsip-prinsip Masalah Pencemaran Lingkungan*, Khalia Indonesia, Jakarta hal; 50-52
- Anonim, 1999, *Pemanfaatan Batu Bata sebagai Media Saring*, STTI, YLH, Yogyakarta
- Bambang Triyatmo, 1995, *Dampak Aerasi terhadap Konsentrasi Amonia*, DepDikBud, GAMA Press, Yogyakarta
- Dix, H.M. 1981, *Environmental Pollution, Atmosphere, Land, Water and Noise*, John wiley and sons, chichers,P.
- Gintings, P, 1995, *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Penerbit: Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- 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 aquatics invertebrates*. Departement of the intvario fish and wild animal service / Resource publications 137, Washington.

Mahida, C.F. 1981. *Biology of Fresh Water Pollution*, Long Man, London and NewYork.

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.

Sri Winarni, Ir,1989, *Karakteristik Rembesan Genteng dari Campuran Lempung dan Pasir*, DepDikBud, GAMA Press, Yogyakarta

Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Wardana, 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit: Andi Offset, Yogyakarta

LAMPIRAN I

ANALISA LABORATORIUM PENGUKURAN AMINIA

(SK SNI M – 48 – 1990 – 03)

1.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

1.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan tersiri atas :

- 1) *Spektrofotometer* ($\lambda = 190 - 900\text{nm}$)
- 2) pH meter
- 3) Alat penyuling dengan kapasitas 500mL (*Gelas Borosilikat*)
- 4) Pipet mikro 100, 250, 500 dan 1000 μL
- 5) Labu ukur 500 dan 1000 mL
- 6) Gelas ukur 100mL
- 7) Pipet ukur 10 mL
- 8) Labu *Erlenmeyer* 100 dan 200 mL
- 9) Gelas piala 100 mL

1.1.2 Bahan Penunjang Uji

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

- 1) Amonium klorida, NH_4Cl
- 2) Larutan Nessler
- 3) Larutan penyangga borat



- 4) Larutan natrium hidroksida, NaOH, 6N
- 5) Larutan asam sulfat H₂SO₄, 1N
- 6) Larutan Asam Borat, 2%
- 7) Kertas lakmus

1.2 Persiapan Benda Uji

- a) Sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air SK SNI M – 02 – 1989 - F
- b) Ukur 300 mL, contoh uji secara duplo dan masukkan kedalam labu penyuling 500 mL.
- c) Tambahkan 25 mL larutan penyangga borat dan beberapa butir batu didih
- d) Tepatka pH menjadi 9,5 dengan menambahkan larutan natrium hidroksida 6N, menggunakan alat pH Meter.
- e) Hidupkan alat Penyulingan dan atur kecepatan penyulingan menjadi 6 – 10 mL/ menit
- f) Tampung air sulingan kedalam labu elenmeyer 200 mL yang telah didisi 30 mL larutan borat sebanyak 120 mL ataau sampai tidak mengandung amonia yang dapat diketahui menggunakan ketas lakmus
- g) Encerkan menjadi 300 mL dengan aquades.
- h) Benda uji siap diuji

1.3 Persiapan Pengujian

1.3.1 Pembuatan Larutan Induk Amonium, NH₄-N

Buat Larutan Induk 1000mL $\text{NH}_4\text{-N}$ dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Larutkan 3,819 g Amonium clorida, NH_4Cl yang telah dikeringkan pada suhu 100°C selama 2 jam dengan 100 mL air suling dalam labu ukur 1000 mL
- b) Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera

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

Buat larutan baku amonium dengan tahapan sebagai berikut

- a) Pipet 0, 250, 500, 1000, dan 2500 μL larutan induk amonium dan masukkan masing-masing kedalam kedalam labu ukur 500 mL
- b) Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar amonium -N sebesar 0,0; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$

1.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Optimalkan Spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan
- b) Ukur 50 mL larutan baku secara duplo dan masukkan dalam labu erlenmeyer 100mL
- c) Tambahkan 1 mL larutan Nessler, kocok dan biarkan proses reaksi berlangsung paling sedikit selam 10 menit.
- d) Masukkan kedalam kuvet pada spektrofotometer baca dan catat serapan mesuknya
- e) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar 2% periksa keadaan alat dan ulangi tahap b sampai d.

- f) Buat kurva kalibrasi berdasarkan data tahapan dan tentukan persamaan garis lurus

1.4 Cara Uji

Uji kadar amonium – N dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Ukur benda uji 50 mL dan masukkan ke dalam labu erlemeyer 100 mL
- b) Tambahkan 1 mL larutan Nessler, kocok dan biarkan sampai 10 menit
- c) Masukkan ke dalam kuvet spektrofotometer, baca dan catat

1.5 Perhitungan

Hitung kadar dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan linear dan perhatikan hal berikut :

- a) Selisih kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 2% pada pengukuran duplo
- b) Apabila hasil pengukuran konsentrasi amonium – N lebih besar dari 5,00 mg/L ulangi pengujian dengan pengenceran benda uji.

1.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut :

- a) Parameter yang diperiksa
- b) Nama pemeriksa
- c) Tanggal pemerisaan
- d) Nomor laboratorium

- e) Data kurva kalibrasi
- f) Nomor contoh uji
- g) Lokasi pengambilan sampel
- h) Waktu pengambilan sampel
- i) Pembacaan serapan masuk pertama dan kedua
- j) Hadar dalam benda uji

LAMPIRAN II

ANALISA LABORATORIUM PENGUKURAN PHOSPAT DALAM AIR

(SK SNI M – 52 – 1990 – 03)

1.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

1.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan tersiri atas :

- a) *Spektrofotometer* ($\lambda = 190 - 900\text{nm}$)
- b) Pemanas listrik kapasitas 300°C
- c) Pipet ukuran 1, 5, 10 dan 25 nL
- d) Labu ukur 100 dan 1000 mL
- e) Gelas ukur 100mL
- f) Pipet ukur 10 mL
- g) Labu mikro Kjeldahl 250 mL
- h) Gelas piala 100 mL

1.1.2 Bahan Penunjang Uji

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

- a) Kristal kalium dihidrogen fosfat bebas air, KH_2PO_4
- b) Larutan indikator fenolftalin, 0,5 %
- c) Larutan natrium hidroksida, NaOH , 1N
- d) Asam sulfat, H_2SO_4 , pekat

- e) Larutan asam sulfat H_2SO_4 , 5N
- f) Larutan kalium antimonil tartrat, $K(SbO)C_4H_4O$
- g) Larutan amonium molibdat, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, $\pm 0,03$ M
- h) Larutan asam askorbat, 0,01M
- i) Larutan campuran
- j) Asam nitrat HNO_3 , pekat
- k) Aquades

1.2 Persiapan Benda Uji

1.2.1 Pengujian Orthophosphat Terlarut

Dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Sediakan sampel
- b) Ukur sampel 50 mL secara duplo dan masukkan kedalam gelas ukur 100 mL
- c) Benda uji siap diujikan

1.2.2 Pengujian Phospat Total

Lakukan proses peleburan dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Sediakan sample yang mau diperiksa
- b) Kocok sampel sampai homogen dan ukur sampai 100 mL kemudian masukkan dalam labu mikro kjeldahl, tambahkan 5 butirbau didih.
- c) Tambah 1 mL H_2SO_4 pekat dan 5 mL HNO_3 pekat.
- d) Panaskan campuran tersebut sampai volumenya menjadi 1 mL, terus panaskan sampai larutan tidak berwarna

- e) Dinginkan dan tambahkan 20 mL aquades.
- f) Ambahkan 1 tetes (0,05 mL) larutan indikator fenolftalin, netralkan dengan cara menambahkan tetes demi tetes larutan NaOH 1 N hingga berwarna merah muda.
- g) Jika larutan campuran itu keruh lakukan penyaringan dan bilas labu mikro Kjeldahl.
- h) Pindahkan sampel tersebut kedalam labu ukur 100 mL dan tambahkan aquades tepat tanda tera.
- i) Ukur 50 mL larutan tersebut dan masukkan kedalam gelas piala 100 mL
- j) Sampel siap diuji.

1.3 Persiapan Pengujian

1.3.1 Pembuatan Larutan Induk PO₄

Buat larutan induk fosfat 500 mg/L PO₄³⁻ P dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Larutkan 2,195 g kalium dihidrogen fosfat bebas air, KH₂PO₄ dengan 100 mL, air suling dalam labu ukur 100 mL.
- b) Tambahkan aquades sampai tanda tera

1.3.2 Pembuatan Larutan Baku Fosfat

Tahapan pembuatan adalah sebagai berikut :

- a) Pipet 2 mL larutan induk PO₄ dan masukkan kedalam labu ukur 100 mL
- b) Tambahkan air suling sampai tepat tanda tera, larutan ini mengandung 10 mg/L PO₄³⁻ P.

- c) Pipet 5,10, 20 dan 25 mL larutan ini mengandung 10 mg/L PO_4^{3-} P dan dimasukkan kedalam labu ukur 250 mL
- d) Tambahkan air suling sampai tepat tanda tera, sehingga diperoleh kadar PO_4 0,2; 0,4; 0,8 dan 1 mg/L PO_4^{3-} P.

1.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Optimalkan Spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan
- b) Ukur 50 mL larutan baku secara duplo dan masukkan dalam labu erlenmeyer 100mL
- c) Tambahkan 8 mL larutan Campuran dan kocok dan biarkan proses reaksi berlangsung paling sedikit selama 10 menit.
- d) Masukkan kedalam kuvet pada spektrofotometer dengan λ : 880 nm baca dan catat serapan masuknya pada kisaran waktu 10-30 menit
- e) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar 3% periksa keadaan alat dan ulangi tahap a sampai d. Dan apabila terjadi perbedaan serapan masuk lebih kecil atau sama dengan 3% rata-ratakan .
- f) Buat kurva kalibrasi berdasarkan data tahapan d tentukan persamaan garis lurus

1.4 Cara Uji

1.4.1 Uji Orthophospat

Lakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Tambahkan 1 tetes indikator fenolftalin kedalam sampel uji, jika timbul warna merah, teteskan H₂SO₄, 5N tetes demi tetes sampai warna hilang.
- 2) Tambahkan 8 mL larutan campuran dan aduk.
- 3) Masukkan kedalam kurvet spektrofotometer terbaca dan catat dengan panjang gelombang 880 nm dalam kisaran waktu 10-30 menit
- 4) Apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar 3% periksa keadaan alat dan ulangi tahap a sampai d. Dan apabila terjadi perbedaan serapan masuk lebih kecil atau sama dengan 3% rata-ratakan .
- 5) Apabila benda uji keruh atau berwarna lakukan pengujian ulang dengan penambahan larutan campuran tanpa larutan asam askorbat dan kalium antimonil tartrat gunakan sebagai koreksi.

1.4.2 Uji fosfat Total

Lakukan pengujian fosfat total sama seperti pada pengujian orthophospat

1.5 Perhitungan

Hitung kadar fosfat didalam di dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus dan perhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Selisih kadar maksimum yang diperebolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 3%, rata-ratakan hasilnya.
- b) Bila hasil perhitungan orhofosfa aau fosfat total lebih besar dari 1 mg/L, maka ulangi pengujian dengan cara pengenceran benda uji.
- c) Untuk benda uji yang berwarna,kadar fosfa dapa dihitung sebagai berikut.
 1. Hitung serapan masuknya dengan rumus :

Serapan masuk = A – B

Dimana :

A = serapan masuk benda uji yang ditambahkan larutan campuran

B = serapan masuk benda uji yang ditambahkan larutan campuran yang tidak mengandung larutan asam askorba dan kalium antimonil tartrat

2. Kadar orfhopospat dapat dihitung dengan menggunakan kurva kalibrasi atau persamaan garis lurus.

1.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut :

- a) Parameter yang diperiksa
- b) Nama pemeriksa
- c) Tanggal pemerisaan
- d) Nomor laboratorium
- e) Data kurva kalibrasi
- f) Nomor contoh uji
- g) Lokasi pengambilan sampel
- h) Waktu pengambilan sampel
- i) Pembacaan serapan masuk pertama dan kedua
- j) Kadar dalam benda uji

LAMPIRAN III

ANALISA DATA LABORATORIUM SECARA STATISTIK DENGAN MENGUNAKAN METODE t-TEST

t-Test untuk Analisa PO4 pada Media Aerasi

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	0,844	0,732	0,617808	0,71234	0,53582
30	0,844	0,652	0,550288	0,71234	0,50742
60	0,844	0,648	0,546912	0,71234	0,50742
90	0,844	0,674	0,568856	0,71234	0,50742
120	0,844	0,647	0,546068	0,71234	0,50742
150	0,844	0,753	0,635532	0,71234	0,50742
Σ	5,064	4,106	3,465464	4,27402	3,07294
Xr	0,844	0,684333333			
Standar Deviasi (s)	0	0,046590414		0	
Varians (S)	0	0,002170667			
Korelasi (r)	0				

Langkah 4 : Mencari t hitung

1.146865097

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6+6-2=10$, sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < 1,146865097 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1). Dilihat dari besarnya t hitung terdapat perbedaan perlakuan pada tiap sampel
- 2). Waktu pengambilan tidak mempengaruhi analisa data
- 3). Nilai inlet yang sama dan kecil mempengaruhi t hitung

t-Test untuk Analisa PO4 pada Media Karbon aktif

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

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

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	0,732	1,188	0,869616	0,535824	1,411344
30	0,652	0,891	0,580932	0,425104	0,1807134
60	0,648	0,893	0,578664	0,419904	0,1763194
90	0,674	0,936	0,630864	0,454276	0,2063667
120	0,647	0,888	0,574536	0,418609	0,1752335
150	0,753	0,976	0,734928	0,567009	0,3214992
Σ	4,106	5,772	3,96954	2,820726	2,4714762
Xr	0,68433	0,962			
Standar Deviasi (s)	0,04659	0,11595			
Varians (S)	0,002171	0,013445			
Korelasi (r)	0				

Langkah 4 : Mencari t hitung

-1,242503368

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n1 + n2 - 2 = 6+6-2=10$ Sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < -1,242503368 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1). Nilai korelasi mempengaruhi nilai t hitung sehingga menunjukkan adanya perbedaan perlakuan.
- 2). Waktu pengambilan tidak mempengaruhi analisa data
- 3). Nilai negatif menunjukkan adanya kesalahan dalam perlakuan

t-Test untuk Analisa PO4 pada Media Filter dan Pecahan Genteng

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi PO4 pada inlet dan outlet.

Langkah 2: Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	1,188	0,783	0,930204	1,411344	0,613089
30	0,891	0,706	0,629046	0,793881	0,63024704
60	0,893	0,633	0,565269	0,797449	0,63592491
90	0,936	0,772	0,722592	0,876096	0,7675442
120	0,888	0,77	0,68376	0,788544	0,62180164
150	0,976	0,772	0,753472	0,952576	0,90740104
Σ	5,772	4,436	4,284343	5,61989	4,17600783
Xr	0,962	0,73933			
Standar Deviasi (s)	0,11595	0,05899			
Varians (S)	0,01345	0,00348			
Korelasi (r)	0,06889				

Langkah 4 : Mencari t hitung

1,559697506

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

tabel

atau $-1,812 < 1,559697506 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1). Dilihat dari besarnya t hitung dapat menunjukkan adanya perbedaan perlakuan pada tiap sampel
- 2). Waktu pengambilan tidak mempengaruhi analisa data
- 3). Nilai inlet yang sama dan kecil mempengaruhi t hitung

T-test untuk Analisa NH3 pada Media Aerasi

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)(X1)	Outlet (mg/L)(X2)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	9,3	7,62	70,866	86,49	58,0644
30	9,3	8,4	78,12	86,49	7480,5201
60	9,3	8,58	79,794	86,49	7480,5201
90	9,3	8,64	80,352	86,49	7480,5201
120	9,3	13,5	125,55	86,49	7480,5201
150	9,3	15,6	145,08	86,49	7480,5201
Σ	55,8	62,34	579,762	518,94	37460,6649
Xr	9,3	10,39			
Standar Deviasi (s)	1,9459E-15	3,310220536			
Varians (S)	3,78653E-30	10,95756			
Korelasi (r)	0				

Langkah 4 : Mencari t hitung

-0,611467445

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < -0,61146744 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1). Tidak terjadi perbedaan perlakuan pada tiap contoh sampel
- 2). Besarnya E Pada inlet mempengaruhi nilai korelasi (r)
- 3). Waktu tidak berpengaruh pada analisa data ini

T-test untuk Analisa NH₃ pada Media Karbon Aktif

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH₃ pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH₃ pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

Ha : $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho : $\mu_1 = \mu_2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1 ²	X2 ²
0	7,62	1,45	11,049	58,0644	2,1025
30	8,4	6	50,4	70,56	4978,7136
60	8,58	7,85	67,353	73,6164	5419,374349
90	8,64	8,15	70,416	74,6496	5572,56278
120	13,5	8,7	117,45	182,25	33215,0625
150	15,6	7,4	115,44	243,36	59224,0896
Σ	62,34	39,55	432,108	702,5004	108411,9053
Xr	10,39	6,59167			
Standar Deviasi (s)	3,31022	2,679443			
Varians (S)	10,95756	7,1794167			
Korelasi (r)	0,00870				

Langkah 4 : Mencari t hitung

1,877423673

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n_1 + n_2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \geq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < 1,887423673 > 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak.

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1) Terjadi sedikit perbedaan perlakuan pada tiap sampel dapat dilihat dari selisih nilai t
- 2). Nilai korelasi lebih kecil dari alpha maka perlakuan terhadap sampel sempurna
- 3). Waktu tidak berpengaruh pada analisa data ini

T-test untuk Analisa NH3 pada Media Filter dan Pecahan Genteng

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

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

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	1,45	3,63	5,2635	2,1025	13,1769
30	6	4,85	29,1	36	1296
60	7,85	6,03	47,3355	61,6225	3797,332506
90	8,15	7,59	61,8585	66,4225	4411,948506
120	8,7	8,52	74,124	75,69	5728,9761
150	7,4	8,64	63,936	54,76	2998,6576
Σ	39,55	39,26	281,6175	296,5975	18246,09161
Xr	6,591666667	6,543333333			
Standar Deviasi (s)	2,67944335	2,050226			
Varians (S)	7,179416667	4,20342667			
Korelasi (r)	0,028408286				

Langkah 4 : Mencari t hitung

0,029568495

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n1 + n2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < 0.029568495 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1) Terjadi sedikit perbedaan perlakuan pada tiap sampel dapat dilihat dari selisih nilai t
- 2). Nilai korelasi lebih kecil dari alpha maka perlakuan terhadap sampel sempurna
- 3). Waktu tidak berpengaruh pada analisa data ini

T-test untuk Analisa PO4 total pada reaktor Aerokarbonfilter

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

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

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	0,844	0,783	0,660852	0,712336	0,613089
30	0,844	0,706	0,595864	0,712336	0,507422577
60	0,844	0,633	0,534252	0,712336	0,507422577
90	0,844	0,772	0,651568	0,712336	0,507422577
120	0,844	0,77	0,64988	0,712336	0,507422577
150	0,844	0,772	0,651568	0,712336	0,507422577
Σ	5,064	4,436	3,743984	4,274016	3,150201884
Xr	0,844	0,739333333			
Standar Deviasi (s)	0	0,058990395			
Varians (S)	0	0,003479867			
Korelasi (r)	0				

Langkah 4 : Mencari t hitung

0,666481401

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0,05$)

2. $dk = n1 + n2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 < 0,66648 < 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1) Terjadi sedikit perbedaan perlakuan pada tiap sampel dapat dilihat dari selisih nilai t
- 2). Nilai korelasi lebih kecil dari alpha maka perlakuan terhadap sampel sempurna
- 3). Waktu tidak berpengaruh pada analisa data ini

T-test untuk Analisa NH3 total pada reaktor Aerokarbonfilter

Langkah 1: Membuat Ha dan Ho dalam bentuk kalimat

Ha : Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi NH3 pada inlet dan outlet.

Langkah 2 : Membuat Ha dan Ho model statistik

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

Ho : $\mu 1 = \mu 2$

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

Menit ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	X1*X2	X1^2	X2^2
0	9,3	3,63	33,759	86,49	13,1769
30	9,3	4,85	45,105	86,49	7480,5201
60	9,3	6,03	56,079	86,49	7480,5201
90	9,3	7,59	70,587	86,49	7480,5201
120	9,3	8,52	79,236	86,49	7480,5201
150	9,3	8,64	80,352	86,49	7480,5201
Σ	55,8	39,26	365,118	518,94	37415,7774
Xr	9,3	6,543333333			
Standar Deviasi (s)	1,9459E-15	2,050226004			
Varians (S)	3,78653E-30	4,203426667			
Korelasi (r)	1,42816E-09				

Langkah 4 : Mencari t hitung

2,223138252

Langkah 5 : Menentukan kaidah pengujian

1. Taraf signifikansinya ($\alpha = 0.05$)

2. $dk = n1 + n2 - 2 = 6+6-2=10$

sehingga diperoleh t tabel = 1,812

3. Kriteria pengujian dua pihak

jika : $-t \text{ tabel} \leq t \text{ hitung} \leq + t \text{ tabel}$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 6 : Membandingkan t tabel dengan t hitung

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

atau $-1,812 \leq 2,2231 \leq 1,812$, maka Ho diterima dan Ha ditolak

Langkah 7 : Kesimpulan

- 1) Terjadi sedikit perbedaan perlakuan pada tiap sampel dapat dilihat dari selisih nilai t
- 2). Nilai korelasi lebih kecil dari alpha maka perlakuan terhadap sampel sempurna
- 3). Waktu tidak berpengaruh pada analisa data ini



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 A'R

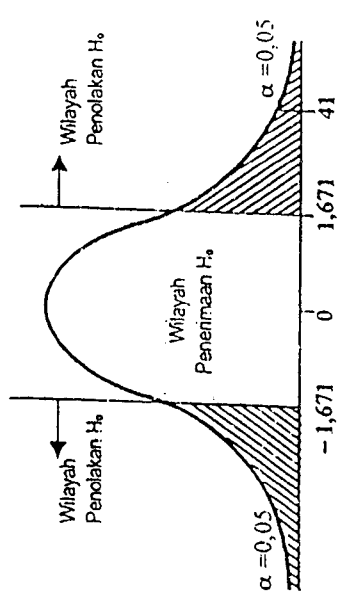
Asal Contoh : Pratomo
Mhs.UII Yogyakarta
Tgl . Terima : 26 Juli 2006

No	Sampel	Kode	Amoniak (mg/L NH3)	Phospat (mg/L PO4)
1	Inlet	0'	9.3	0.609
2	"	30'	7.8	0.594
3	"	60'	8.2	0.609
4	"	90'	6.2	0.617
5	"	120'	4.32	0.594
6	"	150'	4.95	0.844
7	Outlet	0'	3.63	0.783
8	"	30'	4.85	0.706
9	"	60'	6.03	0.633
10	"	90'	7.59	0.772
11	"	120'	8.52	0.77
12	"	150'	8.64	0.772
13	Tray	0'	7.62	0.732
14	"	30'	8.4	0.652
15	"	60'	8.58	0.648
16	"	90'	8.64	0.674
17	"	120'	13.5	0.647
18	"	150'	15.6	0.753
19	CA	0'	7.45	1.188
20	"	30'	6	0.891
21	"	60'	7.85	0.893
22	"	90'	8.15	0.936
23	"	120'	8.7	0.888
24	"	150'	7.4	0.976

Yogyakarta, Juli 2006
Penyelia Pengujian Mutu Air .

WAHYU HIDAYAT, BSc
NIP. 110021897

Ternyata $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq t_{tabel}$ atau $-2 < 41 > 2$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.



Gambar 17. Uji Dua Pihak

Langkah 6. Kesimpulan

H_a : Kualitas mengajar guru SD Tahun 2003 sama dengan 70% dari rata-rata nilai ideal diterima. Sedangkan H_0 : Kualitas mengajar guru SD Tahun 2003 tidak sama dengan 70% dari rata-rata nilai ideal ditolak.

Jadi, Kualitas mengajar guru SD Tahun 2003 sama dengan 70% dari rata-rata nilai ideal itu benar terjadi bahkan lebih

3. PERBANDINGAN DUA VARIABEL BEBAS (UJI)

Tujuan Uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Tujuannya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata rata sampel, rumus uji t dua variabel sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

- r = Nilai korelasi X_1 dengan X_2
- n = Jumlah sampel
- \bar{X}_1 = Rata-rata sampel ke-1
- \bar{X}_2 = Rata-rata sampel ke-2
- S_1 = Standar Deviasi sampel ke-1
- S_2 = Standar Deviasi sampel ke-2
- S_1 = Varians sampel ke-1
- S_2 = Varians sampel ke-2

CONTOH: JUDUL PENELITIAN "PERBEDAAN ANTARA KINERJA PEGAWAI SWASTA DENGAN PNS DI PROVINSI PAPUA BARAT"
Data sebanyak 30 pegawai diambil secara acak sebagai berikut:

No.	KINERJA		KINERJA		KINERJA	
	Pegawai Swasta (X_1)	PNS (X_2)	Pegawai Swasta (X_1)	PNS (X_2)	Pegawai Swasta (X_1)	PNS (X_2)
1	77	40	11	87	60	55
2	99	48	12	87	47	61
3	77	54	13	77	60	46
4	77	34	14	90	70	61
5	55	48	15	81	61	58
6	88	68	16	55	47	50
7	120	67	17	98	68	68
8	87	67	18	98	68	75
9	87	75	19	87	74	75
10	50	56	20	87	75	75
			21	44	55	
			22	22	94	61
			23	77	46	
			24	55	61	
			25	76	58	
			26	65	50	
			27	90	68	
			28	80	75	
			29	89	75	
			30	96	75	

LANGKAH-LANGKAH MENJAWAB

Langkah 1. Membuat H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kinerja pegawai swasta dengan PNS di Provinsi Papua Barat.
 H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan Perbandingan antara kinerja pegawai swasta dengan PNS di Provinsi Papua Barat

Langkah 2. Membuat H_a dan H_0 model statistik:

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$
 $H_0: \mu_1 = \mu_2$

Langkah 3. Mencari rata-rata (\bar{x}): standar deviasi (s): varians (S) dan korelasi. Setelah dihitung dengan menggunakan kalkulator FX 3600, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Rata-rata : $\bar{x}_1 = 81,07$ $\bar{x}_2 = 60,37$
 Standar deviasi : $s_1 = 16,48$ $s_2 = 11,53$
 Varians : $S_1 = 271,59$ $S_2 = 132,94$
 Korelasi : $r = 0,44$

Langkah 4. Mencari t_{hitung} dengan rumus:

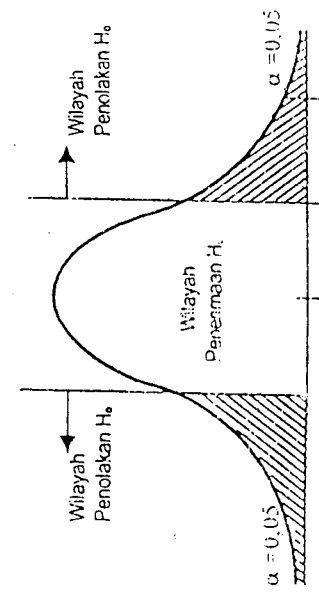
$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right) + \frac{S_2}{n_2}}} = \frac{81,07 - 60,37}{\sqrt{\frac{271,59}{30} + \frac{132,94}{30} - 2(0,44)\left(\frac{16,48}{\sqrt{30}}\right)\left(\frac{11,53}{\sqrt{30}}\right)}} = 6,9$$

Langkah 5. Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikansinya ($\alpha = 0,05$)
- $dk = n_1 + n_2 - 2 = 30 + 30 - 2 = 58$ sehingga diperoleh $t_{tabel} = 2,004$ (interpolasi)
- Kriteria pengujian dua pihak
 Jika: $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak

Langkah 6. Membandingkan t_{hitung} dengan t_{tabel}

Ternyata $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$, atau $-2,004 < 6,9 > 2,004$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.



Gambar 18. Uji Dua Pihak

Langkah 7. Kesimpulan

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kinerja pegawai swasta dengan PNS di Provinsi Papua Barat DITERIMA. Sedangkan H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan Perbandingan antara kinerja pegawai swasta dengan PNS di Provinsi Papua Barat DITOLAK.

Jadi, ada perbedaan bahwa : kinerja pegawai swasta lebih unggul dari pada PNS bila dilihat dari nilai rata-ratanya. Dengan demikian hasil data ini dapat diberlakukan untuk populasi.

9. ANOVA SATU JALUR (ONEWAY - ANOVA)

Anava atau *analysis of variance* (anova) adalah tergolong analisis komparatif lebih dari dua variabel atau lebih dari dua rata-rata. Tujuannya ialah untuk membandingkan lebih dari dua rata-rata. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi artinya data sampel dianggap dapat mewakili populasi.

Anova lebih dikenal dengan Uji - F (Fisher Test), sedangkan arti variansi atau varians itu asal-usulnya dari pengertian konsep "Mean Square" atau Kuadrat Rerata (KR) rumus sistematisnya :

$$KR = \frac{JK}{dk}$$

Dimana:
 JK = Jumlah Kuadrat (some of square)
 dk = derajat Kebebasan (degree of freedom)

Menghitung nilai anova atau F_{hitung} dengan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{V_A}{V_D} = \frac{KR_A}{KR_D} = \frac{JK_A : dk_A}{JK_D : dk_D} = \frac{\text{Varians Antar Group}}{\text{Varians Dalam Group}}$$

Varians Dalam Group dapat juga disebut Varians Kesalahan (Varians Galat). Lebih lanjut dapat dinumuskan :

$$JK_A = \sum \frac{(\sum X_{ij})^2}{n_{ij}} - \frac{(\sum X_{..})^2}{N} \quad \text{untuk } dk_A = A - 1$$

$$JK_D = \sum X_{ij}^2 - \sum \frac{(\sum X_{ij})^2}{n_{ij}} \quad \text{untuk } dk_D = N - A$$

$$\frac{(\sum Y_i)^2}{N} = \text{sebagai faktor koreksi}$$

N = Jumlah Keseluruhan sampel (jumlah kasus dalam penelitian)
A = Jumlah Keseluruhan group sampel

Langkah-langkah uji anova satu jalur

Diasumsikan bahwa data dipilih secara acak, berdistribusi normal, dan variannya homogen.

Langkah 1. Membuat H_0 dan H_a dalam bentuk kalimat :

Langkah 2. Membuat H_0 dan H_a dalam bentuk statistik :

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik :

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

$$JK_A = \frac{\sum (\sum Y_{i.})^2}{n_{i.}} - \frac{(\sum Y_{..})^2}{N} = \left(\frac{(\sum Y_{1.})^2}{n_{1.}} + \frac{(\sum Y_{2.})^2}{n_{2.}} + \frac{(\sum Y_{3.})^2}{n_{3.}} \right) - \frac{(\sum Y_{..})^2}{N}$$

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

$$dk_A = A - 1$$

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

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

Langkah 7. Mencari Jumlah Kuadrat Dalam antar group (JK_D) dengan rumus :

$$JK_D = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_{i.})^2}{n_{i.}} = (\sum Y_{11}^2 + \sum Y_{12}^2 + \sum Y_{13}^2) - \left(\frac{(\sum Y_{1.})^2}{n_{1.}} + \frac{(\sum Y_{2.})^2}{n_{2.}} + \frac{(\sum Y_{3.})^2}{n_{3.}} \right)$$

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

$$dk_D = N - A$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat Rerata Dalam antar group (KR_D) dengan rumus :

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D}$$

Langkah 10. Mencari nilai F_{hitung} dengan rumus : $F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D}$

Langkah 11. Menentukan Kaidah Pengujian

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya signifikan
Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak signifikan

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus :

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

Cara mencari F_{tabel} : dk_A = pembilang
 dk_D = penyebut

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

Tabel Ringkasan Anava Satu Jalur

Sumber Variansi (SV)	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar group (A)	A - 1	$\frac{\sum (\sum Y_{i.})^2}{n_{i.}} - \frac{(\sum Y_{..})^2}{N}$	$\frac{JK_A}{dk_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	$\alpha = 0,05$
alam group (D)	N - A	$\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_{i.})^2}{n_{i.}}$	$\frac{JK_D}{dk_D}$		
Total	N - 1	$\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_{..})^2}{N}$			Keterangan:

Langkah 14. Simpulkan

CONTOH: PENELITIAN DENGAN JUDUL "PERBEDAAN ANTARA HASIL BELAJAR DIKLATPIM-Tingkat 2, DIKLATPIM- Tingkat 3, DAN DIKLATPIM- Tingkat 4 DI LAN PEJOMPONGAN JAKARTA PUSAT"

Data sebagai berikut:	6	8	5	7	7	6	8	7	6	7	= 11 orang
Diklatpim Tingkat 2 (A_1) =											
Diklatpim Tingkat 3 (A_2) =	5	6	6	7	5	5	5	6	5	6	7
Diklatpim Tingkat 4 (A_3) =	6	9	8	7	8	9	6	6	9	8	8
											= 12 orang

Pertanyaan: Buktikan apakah terdapat perbedaan yang signifikan ?

Langkah-langkah menjawab uji anova satu jalur

Diasumsikan bahwa data dipilih secara acak, berdistribusi normal, dan variannya homogen.

Langkah 1. membuat H_0 dan H_a dalam bentuk kalimat :

H_0 : Ada perbedaan yang signifikan antara hasil belajar Diklatpim Tingkat 2, Diklatpim Tingkat 3, dan Diklatpim Tingkat 4 di LAN Pejompongan Jakarta Pusat

H_a : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil belajar Diklatpim Tingkat 2, Diklatpim Tingkat 3, dan Diklatpim Tingkat 4 di LAN Pejompongan Jakarta Pusat

Langkah 2. Membuat H_0 dan H_a model statistik :

$$H_0: A_1 = A_2 = A_3$$

$$H_a: A_1 = A_2 = A_3$$

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik:

No.	HASIL BELAJAR			TOTAL (T)
	A ₁	A ₂	A ₃	
1.	6	5	6	
2.	8	6	9	
3.	5	6	8	
4.	7	7	7	
5.	7	5	8	
6.	6	5	6	
7.	6	5	6	
8.	8	6	6	
9.	7	5	9	
10.	6	6	8	
11.	7	8	6	
12.	-	7	8	
n	11	12	12	N = 35
ΣX	73	71	90	234
ΣX^2	493	431	692	1616
\bar{X}	6,64	5,92	7,5	6,69
$(\Sigma X)^2/n$	484,45	420,08	675	1564,46
Varians (S)	0,85	0,99	1,13	

Langkah 4. Mencari Jumlah Kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus

$$JK_A = \frac{(\Sigma X_1)^2}{n_1} - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n_2} + \frac{(71)^2}{12} + \frac{(90)^2}{12} - \frac{(234)^2}{35} = 1574,53 - 1564,46 = 10,07$$

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

$$dk_A = A - 1 = 3 - 1 = 2$$

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

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = \frac{10,07}{2} = 5,04$$

Langkah 7. Mencari Jumlah Kuadrat Dalam antar group (JK_B) dengan rumus:

$$JK_B = \Sigma V^2 - \frac{(\Sigma V)^2}{n} = (493 + 431 + 692) - \left(\frac{(73)^2}{11} + \frac{(71)^2}{12} + \frac{(90)^2}{12} \right) = 1616 - 1574,53 = 36,47$$

Langkah 8. Mencari derajat kebebasan Dalam antar group (dk_B) dengan rumus:

$$dk_B = N - A = 35 - 3 = 32$$

Langkah 9. Mencari Kuadrat Rerata Dalam antar group (KR_B) dengan rumus:

$$KR_B = \frac{JK_B}{dk_B} = \frac{36,47}{32} = 1,14$$

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

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_B} = \frac{5,04}{1,14} = 4,42$$

Langkah 11. Menentukan Kaidah Pengujian

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H₀ artinya signifikan
 Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H₀ artinya tidak signifikan.

Langkah 12. Mencari F_{tabel} dengan rumus:

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

$$F_{tabel} = F_{(1-0,05)(2, 32)}$$

$$F_{tabel} = F_{(0,95)(2, 32)}$$

$$F_{tabel} = 3,30$$

Cara mencari = F_{tabel} 2 = pembilang
 32 = penyebut.

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

Setelah dikonsultasikan dengan Tabel F kemudian dibandingkan antara F_{hitung} dengan F_{tabel} Ternyata F_{hitung} lebih besar dan pada F_{tabel} atau 6,61 > 3,30, maka tolak H₀ artinya signifikan.

Tabel Ringkasan Anava Satu Jalur

Sumber Variansi (SV)	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F _{hitung}	F _{tabel}
Antar group (A)	2	10,07	5,04	6,61	3,30
Dalam group (B)	32	36,47	1,14		
Total	34	46,54			

Keterangan:
 6,61 > 3,30, signifikan.

Langkah 14. Simpulkan

Ternyata F_{hitung} lebih besar dari pada F_{tabel} atau 6,61 > 3,30, maka tolak H₀ dan H_a diterima artinya ada perbedaan yang signifikan antara hasil belajar Diklatpim Tingkat 2, Diklatpim Tingkat 3, dan Diklatpim Tingkat 4 di LAN Pejompongan Jakarta Pusat.

10- ANOVA DUA JALUR (TWO WAYS - ANOVA)

Anova dua jalur digunakan untuk menguji hipotesis perbandingan lebih dari dua sampel dan setiap sampel terdiri atas dua jenis atau lebih secara bersama-sama.

Dalam kasus ini ada tiga hipotesis yang akan diuji, yaitu (1) kemungkinan terjadi interaksi, (2) tidak terjadi interaksi, dan (3) tidak ada interaksi terhadap sesuatu yang dibandingkan.

LANGKAH-LANGKAH UJI ANOVA DUA JALUR

Diasumsikan bahwa data dipilih secara acak, berdistribusi normal, dan variannya homogen.

- Langkah 1. Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat :
- Langkah 2. Membuat H_a dan H_o model statistik:
- Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik:
- Langkah 4. Mencari Jumlah Kuadrat Total (JK_T) dengan rumus:

$$JK_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^b \frac{(\sum Y_{ij})^2}{N}$$

Langkah 5. Mencari Jumlah Kuadrat antar Group A (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \left(\sum \frac{(\sum Y_{i.})^2}{n_i} \right) - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$$

Langkah 6. Mencari Jumlah Kuadrat antar Group B (JK_B) dengan rumus:

$$JK_B = \left(\sum \frac{(\sum Y_{.j})^2}{n_j} \right) - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$$

Langkah 7. Mencari Jumlah Kuadrat antar Group A dan B (JK_{AB}) dengan rumus:

$$JK_{AB} = \left(\sum \frac{(\sum Y_{ij})^2}{n_{ij}} \right) - \left(\frac{(\sum Y_T)^2}{N} \right) - JK_A - JK_B$$

Langkah 8. Mencari Kuadrat Dalam (residu) antar group (JK_D) dengan rumus

$$JK_D = JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB}$$

Langkah 9. Mencari derajat kebebasan: dk_A , dk_B , dk_{AB} , dk_D , dk_T) dengan rumus.

$$\begin{aligned} dk_A \text{ (BARIS)} &= b - A \\ dk_B \text{ (KOL. OM)} &= k - A \\ dk_{AB} \text{ (INTERAKSI)} &= (dk_A) \cdot (dk_B) \\ dk_D \text{ (RESIDU)} &= N - (b) \cdot (k) \\ dk_T \text{ (TOTAL)} &= N - 1 \end{aligned}$$

Langkah 10. Mencari Kuadrat Rerata antar group (KR_A ; KR_B ; KR_{AB} ; KR_D) dengan rumus:

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A}; \quad KR_B = \frac{JK_B}{dk_B}; \quad KR_{AB} = \frac{JK_{AB}}{dk_{AB}} \quad \text{dan} \quad KR_D = \frac{JK_D}{dk_D}$$

Langkah 11. Mencari nilai F_{hitung} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing group dengan rumus

$$F_A = \frac{KR_A}{KR_D}; \quad F_B = \frac{KR_B}{KR_D}; \quad \text{dan} \quad F_{AB} = \frac{KR_{AB}}{KR_D}$$

Langkah 12. Mencari nilai F_{tabel} (F_A ; F_B ; F_{AB}) masing-masing group dengan rumus

$$\begin{aligned} F_A \text{ (tabel)} &= F_A (\alpha) (dk_A; dk_D) \\ F_B \text{ (tabel)} &= F_B (\alpha) (dk_B; dk_D) \\ F_{AB} \text{ (tabel)} &= F_{AB} (\alpha) (dk_{AB}; dk_D) \end{aligned}$$

Langkah 13. Menentukan Kaidah Pengujian

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_o artinya signifikan
 Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka terima H_o artinya tidak signifikan

Langkah 14. Membuat tabel ringkasan anova dua jalur :

Sumber Variansi (SV)	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Rerata (KR)	F hitung	F tabel
Antar group (A) Baris	b - 1	$\frac{\sum (\sum Y_{i.})^2}{n_i} - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$	$\frac{JK_A}{dk_A}$	$\frac{KR_A}{KR_D}$	t.t. 0,05 t.t. 0,01
Dalam group (B) Kolom	k - 1	$\frac{\sum (\sum Y_{.j})^2}{n_j} - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$	$\frac{JK_B}{dk_B}$	$\frac{KR_B}{KR_D}$	
Dalam group (AB) Interaksi	(dk _A)(dk _B)	$\frac{\sum (\sum Y_{ij})^2}{n_{ij}} - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$	$\frac{JK_{AB}}{dk_{AB}}$	$\frac{KR_{AB}}{KR_D}$	
Dalam group (D) Residu	N - (b)(k)	$JK_T - JK_A - JK_B - JK_{AB}$	$\frac{JK_D}{dk_D}$	-	-
Total	N - 1	$\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_T)^2}{N}$	-	-	-

Langkah 15. Kemudian Simpulkan

CONTOH: PENELITIAN DENGAN JUDUL "PERBEDAAN ANTARA TAMBAHAN BERAT MAKANAN PADA KAMBING DAN SAPI DI DINAS PETERNAKAN KABUPATEN SUMBAWA"
Data sebagai berikut:

TAMBAHAN BERAT MAKANAN KAMBING DAN SAPI			
KAMBING		SAPI	
MAKANAN	BERAT	MAKANAN	BERAT
X ₁	X ₂	X ₃	A ₄
19	25	70	35
20	16	65	45
38	30	75	50
35	37	89	80
34	30	70	65
25	20	50	60

Pertanyaan: Buktikan apakah perbedaannya yang signifikan ?

LANGKAH-LANGKAH MENJAWAB UJI ANOVA DUA JALUR

Diasumsikan bahwa data dipilih secara acak, berdistribusi normal, dan variannya homogen.

Langkah 1. Membuat H_a dan H₀ dalam bentuk kalimat :

H₀: Ada perbedaan yang signifikan antara tambahan berat makanan pada kambing dan sapi di Dinas Peternakan Kabupaten Sumbawa.

H_a: Tidak ada perbedaan yang signifikan antara tambahan berat makanan pada kambing dan sapi di Dinas Peternakan Kabupaten Sumbawa.

Langkah 2. Membuat H_a dan H₀ model statistik:

H₀: X₁ = X₂ = X₃ = X₄

H_a: X₁ ≠ X₂ = X₃ = X₄

Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik:

TAMBAHAN BERAT MAKANAN KAMBING DAN SAPI									
KAMBING		MAKANAN		BERAT		SAPI		BERAT	
MAKANAN	BERAT	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₃ ²	X ₄ ²	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁	X ₂
19	25	70	4900	35	1225	19	361	25	625
20	18	324	65	4225	45	2025	20	400	18
38	1444	30	900	75	5625	50	2500	35	1225
35	1225	37	1369	89	7921	80	6400	34	1156
34	1156	30	900	70	4900	65	4225	25	625
TATISTI	25	625	20	400	50	2500	60	3600	6
n	6	6	6	6	6	6	6	6	6
ΣX ₁₋₄	171	160	419	335	1085	171	160	419	335
ΣX ₁₋₄ ²	5211	4518	30071	19975	59775	5211	4518	30071	19975
ΣX ₁₋₄ ³	28,5	26,7	69,8	55,8	45,21	28,5	26,7	69,8	55,8
ΣX ₁₋₄ ⁴	-	160	-	335	-	160	160	419	495
ΣX ₁₋₄ ⁵	171	-	-	-	-	171	-	-	-
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Langkah 4. Mencari Jumlah Kuadrat Total (JK_T) dengan rumus:

$$JK_T = \frac{(\sum Y_i)^2}{N} = \frac{(\sum Y_1^2 + \sum Y_2^2 + \sum Y_3^2 + \sum Y_4^2)}{N} = \left(\frac{\sum Y_1^2 + \sum Y_2^2 + \sum Y_3^2 + \sum Y_4^2}{N} \right)$$

$$= \frac{59775 + 1085^2}{24} = 10723,96$$

Langkah 5. Mencari Jumlah Kuadrat antar Group A (JK_A) dengan rumus:

$$JK_A = \left(\frac{\sum (\sum Y_{1j})^2}{n_{1j}} \right) - \left(\frac{(\sum Y_1 + \sum Y_2 + \sum Y_3 + \sum Y_4)^2}{N} \right)$$

$$= \left(\frac{(171+160)^2}{12} + \frac{(419+335)^2}{12} \right) - \left(\frac{1085^2}{24} \right) = 56506,41 - 4905,04 = 7455,37$$

Langkah 6. Mencari Jumlah Kuadrat antar Group B (JK_B) dengan rumus:

$$JK_B = \left(\frac{\sum (\sum Y_{2j})^2}{n_{2j}} \right) - \left(\frac{(\sum Y_1 + \sum Y_2 + \sum Y_3 + \sum Y_4)^2}{N} \right)$$

$$= \left(\frac{(171+419)^2}{12} + \frac{(160+335)^2}{12} \right) - \left(\frac{1085^2}{24} \right) = 49427,08 - 4905,04 = 376,04$$