

**PENURUNAN FOSFAT DENGAN PENAMBAHAN KAPUR (LIME),  
TAWAS DAN FILTRASI ZEOLIT PADA LIMBAH CAIR  
( STUDI KASUS RS BETHESDA YOGYAKARTA )**



**Tesis**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-2 pada  
Program Studi Ilmu Lingkungan

**Sudi Setyo Budi**

**L4K003013**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2006**

**TESIS**

**PENURUNAN FOSFAT DENGAN PENAMBAHAN KAPUR (LIME),  
TAWAS DAN FILTRASI ZEOLIT PADA LIMBAH CAIR  
( STUDI KASUS RS BETHESDA YOGYAKARTA )**

Disusun oleh

**Sudi Setyo Budi**

**L4K 003 013**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 21 Pebruari 2006  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui ,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng**

**Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA**

Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan ,

**Prof. Dr. Sudharto. P. Hadi, MES.**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENURUNAN FOSFAT DENGAN PENAMBAHAN KAPUR (LIME), TAWAS  
DAN FILTRASI ZEOLIT PADA LIMBAH CAIR  
( STUDI KASUS RS BETHESDA YOGYAKARTA )**

Disusun oleh

**Sudi Setyo Budi**

**L4K 003 013**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 21 Pebruari 2006

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

**Ketua**

**Tanda Tangan**

**Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng**

.....

**Anggota**

**1. Dr.Ir. Setia Budi Sasongko,DEA**

.....

**2. Ir. Sumarno, M.Si**

.....

**3. Ir.Agus Hadiyanto.MT**

.....

## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Aabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Semarang,   Maret 2006

Penulis

**Sudi Setyo Budi**

**L4K 004 013**

Judul Tesis : Kinetika Biodegradasi Koprostanol Oleh Bakteri Terseleksi Dari Air Dan Sedimen Pada Lingkungan Sungai, Muara, Dan Perairan Pantai (Studi Kasus: Jakarta, Semarang, Dan Jepara)

Nama Mahasiswa : AMELYA NILA ANDINI

Nomor Mahasiswa : L4K003001

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Konsentrasi : Managemen Lingkungan

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal – Juli 2005  
Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Tonny Bachtiar, M.Sc.**

**Dr. Ir. Agus Sabdono, M.Sc.**

Penguji I

Penguji II

***Dra. Siti Harnina Bintari, M.S.***

**Dr. Ir. Purwanto, DEA**

Mengetahui ,  
Ketua Program  
Magister Ilmu Lingkungan ,

**Prof. Dr. Sudharto. P. Hadi, MES.**

## BIODATA PENULIS



Sudi Setyo Budi, lahir di Pati pada tanggal 5 Pebruari 1972.lulus SMA tahun 1991 dan melanjutkan pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Tujuh Belas Agustus 1945 (UNTAG) Semarang selesai pada tahun 2001.

Selama menempuh pendidikan S1 penulis aktif didalam kegiatan Organisasi Kemahasiswaan. Pada tahun 1998 Penulis menjabat sebagai Kepala Desa (Lurah) pada pemilihan kepala Desa di Kabupaten Pati, Jawa Tengah Sampai sekarang dan melanjutkan pendidikan pasca sarjana (S2) di Program Magister ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang .Tesis dengan judul "Penurunan Kadar Fosfat dengan Penambahan Kapur,Tawas dan Filtrasi Zeolit" ( Studi Kasus Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta ), telah berhasil diselesaikan pada tahun 2006.

## KATA PENGANTAR

Tesis ini disusun untuk memenuhi tugas akhir pada Program Pasca Sarjana Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang. Tesis ini merupakan rangkaian akhir dari persyaratan dalam mencapai gelar kesarjanaan Program Pasca Sarjana (S2) yang telah diseminarkan dan mendapatkan tanggapan, koreksi dan penyempurnaan.

Tesis yang berjudul Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime) Tawas Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair ( Studi Kasus Rs Bethesda Yogyakarta ).

telah mendapatkan bimbingan serta arahan guna penyempurnaan isi dan tulisan sekaligus persetujuan dari dosen pembimbing dan penguji.

Untuk itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat :

1. Prof. Dr. Sudharto. P.Hadi, MES sebagai Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan;
2. Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng sebagai dosen pembimbing I;
3. Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA sebagai dosen pembimbing II;
4. Para dosen, pengelola dan karyawan Program Magister Ilmu Lingkungan yang membimbing dan memberikan bantuan dan saran dalam menyelesaikan penelitian ini;
5. Bapak, ibu dan semua saudaraku tercinta untuk semua doa, kesabaran, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tesis ini;
6. Teman-teman Magister Ilmu Lingkungan angkatan 2003 kelas reguler yang telah memberikan kenangan;
7. Serta rekan-rekan lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang memberikan semangat dan bantuan dalam penyelesaian tesis ini.

Semoga segala kebaikan dan ketulusan Bapak/Ibu/Saudara dalam membantu penyelesaian tesis ini mendapatkan imbalan dari Allah SWT, Amien.

Penulis,

Sudi Setyo Budi

## INTISARI

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah rumah sakit yang mengandung fosfat tinggi melebihi melebihi baku mutu yang ditetapkan akan menyebabkan problem lingkungan hidup. Kadar bahan pencemaran fosfat dari limbah cair rumah sakit yang melebihi baku mutu yang ditetapkan, untuk itu perlu dilakukan penanganan bahan pencemar fosfat limbah cair rumah sakit agar tidak mencemari lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas penurunan kadar fosfat limbah cair rumah sakit Bethesda Yogyakarta sebelum dan setelah melalui perlakuan penambahan larutan kapur dan larutan tawas serta filtrasi zeolit.

Penelitian dilakukan pada limbah cair Rumah Sakit Bethesda dan uji laboratorium dilaksanakan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pembrantasan penyakit menular (BBTKL-PPM) Yogyakarta, meliputi sanitasi rumah sakit, yaitu pada sistem pengolahan dan pengelolaan pencemaran Rumah Sakit Bethesda. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan analisa *design pre test and post test design* dan hasilnya akan diuji secara diskriptif analitis dengan korelasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai R pada masing-masing konsentrasi setelah flokulasi dan koagulasi adalah  $R_{0,0015 \text{ ppm}} = 0,975$ ;  $R_{0,0020 \text{ ppm}} = 0,981$ ;  $R_{0,0025 \text{ ppm}} = 0,992$ . Hubungan terendah pada konsentrasi 0.0015 ppm dan hubungan tertinggi pada konsentrasi 25 ml, jadi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 0.0025 ppm yang paling efektif. Sedangkan nilai R pada masing-masing konsentrasi setelah filtrasi adalah  $R_{0,0015 \text{ ppm}} = 0,895$ ;  $R_{0,0020 \text{ ppm}} = 0,979$ ;  $R_{0,0025 \text{ ppm}} = 0,990$ . Hubungan terendah pada konsentrasi 0.0015 ppm dan hubungan tertinggi pada konsentrasi 0.0025 ppm, jadi dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 0.0025 ppm yang paling efektif.

**Kata Kunci:** fosfat, kapur, tawas, zeolit, limbah cair

## ABSTRACT

Hospital in its activity using many materials which potentially contaminate environment. Contamination which because of consist hospital waste of phosphate will cause environment problem. Phosphate contamination materials rate of hospital liquid waste have exceeded standard quality of which is specified. For that require to be conducted by handling of contamination materials of house liquid waste phosphate in order not to contaminate environment.

This research aim to know storey; level of efektifitas degradation of liquid waste phosphate rate of Bethesda Yogyakarta hospital before and after passing treatment of condensation calcify addition and alum condensation and also zeolite filtration.

Research have been done at liquid waste of Bethesda Hospital and laboratory test executed in The mayor technical center of Environment Health and Epidemic control (BBTKL-PPM Yogyakarta, covering hospital sanitation, that is at processing system and management of Bethesda Hospital contamination. Method in this research is eksperimental with analysis of *pre test design and post test design* which is its result will test by diskriptif analytical with correlation.

Result of research indicate that R value at each concentration after of flokulasi and koagulasi is  $R_{0.0015 \text{ ppm}} = 0,975$ ;  $R_{0.0020 \text{ ppm}} = 0,981$ ;  $R_{0.0025 \text{ ppm}} = 0,992$ . Lowest link at concentration of 0.0015 ppm and highest link at concentration of 0.0025 ppm, can be concluded that concentration of 0.0025 ppm is most effective. While R value at each concentration after filtrasi is  $R_{0.0015 \text{ ppm}} = 0,895$ ;  $R_{0.0020 \text{ ppm}} = 0,979$ ;  $R_{0.0025 \text{ ppm}} = 0,990$ . Lowest link at concentration of 0.0015 ppm and highest link at concentration of 0.0025 ppm, become can be concluded that concentration of 0.0025 ppm is most effective.

Keyword: phosphate, chalk, alum, zeolite, liquid waste.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
ABSTRAK / INTISARI .....	ix
BAB I      PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Kegunaan Penelitian .....	4
BAB II      TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Rumah Sakit .....	5
2.1.1. Pengertian Limbah Cair Rumah Sakit .....	9
2.1.2. Klasifikasi Rumah Sakit .....	9
2.1.3. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit .....	10
2.1.4. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit .....	11
2.1.5. Unit-Unit Pengolahan Air Limbah RS Bethesda .....	13
2.2. Fosfat .....	16
2.2.1. Pemisahan Fosfat .....	16
2.3. Koagulasi dan Flokulasi .....	18
2.3.1. Koagulasi .....	18
2.3.2. Flokulasi.....	19
2.4. Kapur .....	19
2.5. Sifat-Sifat Tawas Dan Penggunaannya .....	22
2.6. Zeolit.....	23
2.6.1. Sifat Zeolit .....	25

	2.6.2. Jenis Zeolit .....	26
	2.6.3. Aktivasi Zeolit .....	29
	2.7. Originalitas Penelitian.....	29
BAB III	METODE PENELITIAN.....	30
	3.1. Rancangan Penelitian .....	30
	3.2. Ruang Lingkup .....	31
	3.3. Lokasi Penelitian.....	31
	3.4. Variabel Penelitian .....	31
	3.5. Jenis dan Sumber Data.....	31
	3.6. Instrumen Penelitian .....	31
	3.6.1. Bahan .....	31
	3.6.2. Alat .....	32
	3.6.3. Tahapan Persiapan .....	33
	3.6.4. Pelaksanaan Penelitian .....	33
	3.7. Teknik Pengambilan Sampel.....	33
	3.7.1. Pengambilan Sampel.....	33
	3.7.2. Periode Pengambilan Sampel .....	33
	3.7.3. Pemeriksaan Sampel.....	34
	3.8. Teknik Pengumpulan Data .....	34
	3.9. Teknik Analisa Data .....	34
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
	4.1. Hasil Penelitian dan Analisis Hasil.....	36
	4.2. Pembahasan .....	40
	4.3. Analisa Data .....	43
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	44
	5.1. Kesimpulan .....	44
	5.2. Saran .....	44
	DAFTAR PUSTAKA .....	45

## DAFTAR TABEL

	Halaman
1.Klasifikasi Fosfat.....	17
2.Klasifikasi Zeolit .....	26
3.Perbedaan Mineral Alam dan Zeolit Sintetik.....	28
4.Keadaan Limbah cair RS Bethesda Yogyakarta sebelum Pengolahan (Asli) .....	36
5.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi / Flokulasi	36
6.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi.....	38
7.Hasil Analisis Regresi Sebelum Filtrasi .....	43
8.Hasil Analisis Regresi Setelah Filtrasi .....	43

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.Pola Klasifikasi Fosfat .....	17
2.Rancangan Penelitian .....	29
3.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi/Flokulasi Pada Tawas 0.0015 ppm .....	37
4.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi/Flokulasi Pada Tawas 0.0020 ppm .....	37
5.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi/Flokulasi Pada Tawas 0.0025 ppm .....	38
6.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi/Flokulasi Pada Tawas 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, 0.0025 ppm.....	38
7.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi Pada Tawas 0.0015 ppm .....	39
8.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi Pada Tawas 0.0020 ppm .....	39
9.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi Pada Tawas 0.0025 ppm .....	40
10.Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi Pada Tawas 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, 0.0025 ppm.....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

1. Hasil Pengolahan Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta ..... 47
2. Penambahan Tawas (Kadar Fosfat sebelum Filtrasi ) Regression (Konsentrasi 0,0015 ppm, 0,0020 ppm, dan 0,0025 ppm), Penambahan Tawas (Kadar Fosfat setelah Filtrasi ) Regression (Konsentrasi 0,0015 ppm, 0,0020 ppm, dan 0,0025 ppm) 51
3. Foto-foto Penelitian 57
4. Peta Yogyakarta 60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Rumah sakit dalam kegiatannya banyak menggunakan bahan-bahan yang berpotensi mencemari lingkungan. Sumber-sumber pencemaran yang terdapat di rumah sakit berasal dari kegiatan dapur, laundry, rawat inap, laboratorium, kamar mayat, ruang operasi, asrama dll. Di samping itu kegiatan rumah sakit juga menghasilkan limbah cair yang bersifat infeksius, racun dan bahan berbahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitarnya maupun dalam lingkungan rumah sakit itu sendiri.

Rumah sakit Bethesda merupakan rumah sakit dengan type B berlokasi di Jalan Jenderal Sudirman NO.70 Yogyakarta. Limbah rumah sakit yang mengandung fosfat akan menyebabkan problem lingkungan hidup yaitu menyebabkan Eutrofikasi. Definisi dasarnya adalah pencemaran air yang disebabkan munculnya nutrient yang berlebihan ke dalam ekosistem air. Air dikatakan eutrofik jika konsentrasi phosphorus (TP) dalam air berada pada rentang 35-100 g/l. Kondisi eutrofik sangat memungkinkan algae tumbuh berkembang biak dengan pesat (bloom) akibat dari ketersediaan fosfat berlebihan serta kondisi lain yang memadai. Hal ini bisa dikenali dengan warna air menjadi kehijauan, berbau tidak sedap dan kekeruhan menjadi sangat meningkat. Banyaknya enceng gondok yang bertebaran dimana-mana juga disebabkan dari fosfat yang sangat berlebihan ini. Akibatnya, kualitas air di banyak ekosistem air menjadi sangat menurun.

Problem eutrofikasi baru disadari pada dekade awal abad ke-20 saat algae banyak tumbuh di ekosistem air. Problem ini disinyalir akibat langsung dari aliran limbah yang mengandung fosfat tinggi. Melalui penelitian panjang di AS para peneliti akhirnya bisa menyimpulkan bahwa fosfor merupakan elemen kunci diantara nutrient utama lainnya seperti: Carbon (C), Nitrogen (N), dan Fosfor (P) didalam proses eutrofikasi. Menyadari bahwa fosfatlah yang menjadi penyebab terjadinya eutrofikasi, maka perhatian para saintis dan kelompok masyarakat pecinta lingkungan hidup semakin meningkat terhadap masalah ini. Ada kelompok yang condong memilih cara-cara penanggulangan melalui pengolahan limbah cair yang mengandung fosfat, seperti: detergen, ada juga yang melarang secara tegas keberadaan fosfat dalam detergen. Sebenarnya jumlah fosfat yang diperlukan oleh blue-green algae makhluk hidup air penyebab algae bloom untuk tumbuh ternyata hanya dengan konsentrasi 10 ppb (part per billion) fosfor saja blue-green algae sudah bisa tumbuh. Tidak heran jika algae bloom terjadi di banyak ekosistem air. Dalam waktu 24 jam saja populasi algae bisa berkembang dua kali lipat dengan ketersediaan fosfor yang berlebihan akibat limbah fosfat diatas.

Dewasa ini persoalan eutrofikasi tidak hanya dikaji secara lokal dan temporal, tetapi juga menjadi persoalan global yang rumit untuk diatasi sehingga menuntut perhatian serius banyak pihak secara terus-menerus. Eutrofikasi merupakan contoh kasus dari problem yang menuntut pendekatan lintas disiplin ilmu dan lintas sektoral.

Negara-negara kawasan Eropa juga memiliki komite khusus dengan nama Scientific Committee on Fosfates in Europe yang memberlakukan The Urban Waste Water Treatment Directive yang berfungsi untuk menangani problem fosfat dari limbah cair dan cara penanggulangannya. Mereka juga memiliki jurnal ilmiah European Water Pollution Control, disamping Environmental Protection Agency/EPA yang memberlakukan peraturan dan pengawasan ketat terhadap pencemaran lingkungan. Pemecahan problem ini di Indonesia sangat menuntut peran serta masyarakat, saintis, praktisi dan pemerintah menjadi tugas yang mendesak untuk menyelamatkan sumber daya air dari bencana eutrofikasi serta memelihara dan mengolahnya untuk kebutuhan generasi sekarang dan yang akan datang.

Rumah sakit itu berfungsi sebagai sarana kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat berfungsi sebagai tempat pendidikan, tempat mencetak tenaga kesehatan dan sarana penelitian. Untuk itu perlu pengelolaan lingkungan rumah sakit secara cermat sehingga output tidak menimbulkan dampak terhadap masyarakat. Jangan sampai rumah sakit yang dianggap sarana untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, justru menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat disekitarnya maupun masyarakat yang menggunakannya (nosokomial). Pada saat ini rumah-rumah sakit yang ada melakukan pengolahan limbahnya pada Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) tetapi ada juga yang hanya secara konvensional (septic tank dan peresapan) dan bahkan tanpa pengolahan (langsung dibuang ke lingkungan). Karena itu perlu upaya secara terus menerus untuk meningkatkan budaya dan pola pikir agar faktor lingkungan menjadi prioritas utama dalam melakukan pengelolaan rumah sakit. Karena kita ketahui bahwa limbah rumah sakit merupakan bahan dan sumber pencemar yang sangat kompleks karena limbahnya bisa mengandung kuman ksius, logam berat (karsinogenik) maupun radioaktif. Oleh karena itu untuk penanganan limbah rumah sakit yang dihasilkan harus dikelola sesuai dengan karakteristik dan volume limbah sehingga dapat meminimalkan dampak negatif yang dihasilkan sehingga lingkungan dapat menerima dan diuraikan (self purification).

Kaitannya dengan kesehatan, yang perlu kita waspadai adalah zat-zat kimia yang bersifat peresisten (yang tidak dapat untuk jangka waktu yang lama didalam lingkungan). Karena tidak dapat terurai secara alamiah maka terjadi akumulasi di dalam organisme dan lingkungan serta terjadinya biomagnifikasi/rantai makanan, ini yang sangat dikhawatirkan karena berdampak terhadap kesehatan masyarakat.

Pengolahan limbah cair yang sekarang dilakukan rumah sakit Bethesda meliputi bak penangkap lemak, bak Pre treatment laundry, bak penampung awal terpadu, bak equalisasi, bak an aerob, bak penampung awal, bak pengendapan, sand filter, kolam ikan, digester, pengering lumpur. Pengelolaan yang dilakukan mencakup penyimpanan, pengumpulan, pengolahan, penimbunan hasil pengolahan. Penanganan IPAL rumah sakit Bethesda belum sempurna oleh karena itu, maka rumah sakit Bethesda sangat membutuhkan sarana instalasi limbah cair tersebut agar parameter limbah cair yang melebihi baku mutu khususnya fosfat dapat ditangani.

Unit-unit yang ada di rumah sakit

1. Rawat Jalan

- a. Poliklinik (umum, gigi, KIA dan KB)
- b. Spesialistik (penyakit dalam, bedah, obsteriginekologin, kesehatan anak, syaraf, kesehatan jiwa, paru, THT, mata, kulit dan kelamin serta rehabilitasi medik.
- c. Sub spesialistik (bedah syaraf, bedah orkologi, bedah plastik, bedah ortopedi dan bedah rekonstruksi, bedah urologi dan bedah digestik).

2. Rawat inap

- a. Perawatan Umum
- b. Spesialistik (penyakit dalam, bedah obsterigine, kologin, kesehatan anak, syaraf, kesehatan jiwa, paru, THT, mata kulit dan kelamin, dan rehabilitasi medik).
- c. Sub spesialistik (bedah syaraf, bedah orkologi, bedah plastik, bedah ortopedi dan bedah rekonstruksi, bedah urologi dan bedah digestik).

3. Pelayanan gawat darurat

4. Pelayanan rehabilitasi medik

- a. Fisik (rehabilitasi sistem radiovaskuler, rehabilitasi sistem pernafasan, rehabilitasi sistem neuromuskuler dan lekomotor.
- b. Rehabilitasi mental spiritual
- c. Prothese dan ortotik

5. Pelayanan penunjang

Yaitu laboratorium, radiologi, USG, CT-Scan, farmasi, kamar operasi, pelayanan sterilisasi, haimodialisa, pengolahan makanan dan gizi, kamar bersalin dan beddah sentral.

6. Penunjang umum

Yaitu administrasi, instalasi pemeliharaan saran, pendidikan dan penelitian dan informasi.

## **1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

### **Identifikasi**

- Limbah cair Rumah Sakit mengandung bahan pencemar yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitarnya
- Parameter fosfat yang terkandung dalam limbah cair Rumah sakit melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Dari latar belakang dan identifikasi maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

Apakah kadar bahan pencemar yang fosfat yang terkandung dalam limbah rumah sakit dapat diturunkan sehingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Meneliti tingkat efektifitas larutan kapur, larutan tawas dan zeolit untuk menurunkan kadar fosfat dalam limbah cair Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta.

## **1.4 Kegunaan Penelitian**

Untuk membantu pihak pengelola rumah sakit dalam rangka penanganan limbah cair khusus parameter fosfat sehingga tidak mencemari lingkungan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

## 2.1. Rumah Sakit

Rumah Sakit adalah integrasi organisasi sosial dan kesehatan yang berfungsi melayani masyarakat dengan pelayanan kesehatan secara menyeluruh baik kuratif maupun preventif serta pelayanan penderita berobat jalan mencakup lingkungan keluarga, disamping juga merupakan pusat latihan tenaga kesehatan dan tempat untuk mengadakan pelatihan medis.

Rumah sakit merupakan bagian integral dari pelayanan kesehatan secara menyeluruh, sering dikenal sebagai bentuk pelayanan yang berorientasi pada pelayanan kuratif saja, tetapi untuk mencapai tujuan pembangunan bidang kesehatan, maka rumah sakit diharapkan berangsur akan berkembang ke arah pelayanan kesehatan paripurna yang mencakup upaya peningkatan, pencegahan, pengobatan dan pelayanan kesehatan.

Rumah sakit akan menghasilkan limbah yang bersifat infeksius, toxic dan radioaktif dalam melakukan kegiatannya sehingga perlu adanya upaya penyehatan lingkungan rumah sakit. Tujuannya untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari bahan buangan atau limbah rumah sakit serta mencegah meningkatnya infeksi nosokomial di lingkungan rumah sakit. Salah satu upaya penyehatan lingkungan rumah sakit tersebut adalah peraturan pemerintah tentang adanya suatu satuan kerja yang bertanggungjawab terhadap penyehatan lingkungan rumah sakit yaitu Instalasi Sanitasi melalui SK Menkes No. 548/Menkes/VI/1994 tanggal 13 Juni 1994.

Pada tahun 1899 dr.J.G.Scheurer mendirikan Rumah Sakit Petronella di kampung Gondokusuman, dengan kapasitas awal 150 tempat tidur dan dikelola sepenuhnya oleh gereja-gereja Gereformed di Amsterdam. Rumah Sakit Petronella disebut juga sebagai rumah sakit Dokter Tulung/Pitulung karena tidak memungut biaya perawatan rumah sakit. Ketika menerima subsidi dari pemerintah, Rumah Sakit Petronella pun bernama resmi Het Zendingziekenhuis Petronella Voor on en minvermogenden (Rumah Sakit Petronella untuk orang-orang yang kurang dan tidak mampu).

dr.Scheurer kembali ke Belanda pada tahun 1906 dan kepemimpinan RS Petronella selama 36 tahun berikutnya dibagi rata oleh tiga orang dokter, yaitu dr. Pruys, dr. J. Offringa dan dr. K.P.Groot. Dalam kurun waktu 1924-1925, semasa kepemimpinan dr.J.Offringa, kapasitas rumah sakit yang semula 150 tempat tidur ditingkatkan menjadi 475 tempat tidur.

Sewaktu terjadi perang antara Sekutu dan Jepang, pasien-pasien Petronella dipindahkan ke rumah sakit darurat di Pingit (sekarang asrama Polisi) dan Rumah Sakit Petronella dipindahkan kembali ke Gondokusuman dan berganti nama menjadi Jogjakarta Tjoo Bjoin (Rumah Sakit Pusat Jogjakarta) dan dipimpin oleh orang Jepang. Setelah proklamasi kemerdekaan, Rumah Sakit Jogjakarta Tjoo Bjoin direbut dari Jepang dan berganti nama menjadi Rumah Sakit Pusat, dengan dr. Lucas Gerard Johannes Samallo sebagai dokter

pertama berbangsa Indonesia yang memimpinya. Supaya umum mengetahuinya bahwa Rumah Sakit Kristen, maka berdasarkan hasil rapat Dewan Pimpinan YAKKUM (Yayasan Kristen Untuk Kesehatan Umum) selaku pengawas yang berpusat di Surakarta, tanggal 28 Juni 1949, rumah sakit secara resmi berdiri dan beroperasi di Yogyakarta dengan nama **Rumah Sakit Bethesda**.

### **Lokasi**

Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta terletak pada sebidang tanah yang mempunyai luas 61.935 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan mencapai 25.412 m<sup>2</sup> dan tanah kosong dalam kompleks 36.423 m<sup>2</sup>.

Rumah Sakit Bethesda terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta tepatnya di jalan Jenderal Sudirman No. 70, Kotamadya Yogyakarta, dengan batas-batas:

- Utara : Jalan Jenderal Sudirman
- Selatan : Universitas Kristen Duta Wacana dan Komplek DKT
- Timur : Jalan Dr. Wahidin
- Barat : Jalan Johar Norhadi

### **Struktur Organisasi Rumah Sakit Bethesda**

Struktur organisasi RS Bethesda Yogyakarta sesuai dengan Surat Keputusan Dewan Pimpinan Yayasan Kristen Untuk Kesehatan Umum (DP-YAKKUM) No. 1714 / K.uk RS BETH /1996 tanggal 23 Maret 1996 dan kemudian diberlakukan di RS Bethesda dengan Surat Keputusan Direktur No.3880/K.966/1997 tanggal 22 Juli 1997 tentang organisasi dan tata kerja RS Bethesda Yogyakarta yang terdiri dari:

- Direktur
- Wakil Direktur Pelayanan Medik
- Wakil Direktur Penunjang Medik
- Wakil Direktur Keuangan
- Wakil Direktur Personalia dan Umum
- Bidang Satuan Pengawasan Intern
- Bidang Sekretariat
- Bidang Perencanaan, Penelitian dan Pengembangan
- Bidang Pelayanan Keluarga Berencana RS Bethesda
- Bidang Sosial Pastoral
- Bidang usaha Peningkatan Kesehatan Masyarakat (UPKM)
- Bidang Pendidikan SPK dan Bidan
- Bidang Pelayanan Kesehatan (YANKES) Lempuyangwangi

## **Bahan Polutan Rumah Sakit Bethesda**

Bahan polutan yang ada dapat diamati dengan jelas dari setiap kegiatan yang dilakukan RS Bethesda Yogyakarta. Bahan polutan yang ada merupakan hasil dari berbagai aktivitas yang menimbulkan dampak dan kemungkinan bahan polutan yang ada antara lain:

1. Limbah cair berupa:
  - Darah, alkohol, asam sulfat (merupakan specimen laboratorium).
  - Air buangan dari kamar mandi, WC, dan wastafel.
  - Kotoran lemak
  - Deterjen
2. Limbah padat berupa:
  - Specimen laboratorium padatan
  - Perban/kasa
  - Spet suntikan
  - Kapas darah
  - Sisa makanan
  - Kertas
  - Plastik
  - Kaca
  - Sisa amputasi
  - Sisa persalinan
  - Sisa operasi
  - Sisa outopsi
  - Sisa insenerasi
3. Limbah gas berupa:
  - Gas dari sisa pembakaran di Instalasi Gizi
  - Asap dari pembakaran di Instalasi Incenerator
  - Uap air atau kondensat dari Instalasi Laundry

## **Utilitas**

### **1. Pengadaan Air**

Air bersih merupakan kebutuhan mutlak yang tidak dapat dilepaskan dari kegiatan setiap rumah sakit dimanapun juga. Mengingat bahwa rumah sakit merupakan tempat tindakan pelayanan dan perawatan orang sakit, maka kualitas dan kuantitas air yang digunakan untuk

kebutuhan rumah sakit harus selalu dipertahankan agar tidak dapat mengakibatkan sumber infeksi baru bagi penderita , pengunjung dan karyawan.

Jumlah dari kebutuhan air bersih untuk RS Bethesda diperkirakan  $\pm 875 \text{ m}^3$  per harinya, untuk itu pihak RS Bethesda menggunakan 5 (lima) buah pompa dengan daya 10 pk dan 7,5 pk, yang diletakkan di dalam sumur berkedalaman 30 sampai 40 meter, dengan sistem otomatis. Yang kemudian di pompa water tower yang berjumlah 2 buah.

## **2. Pengadaan Listrik**

Pencahayaan atau listrik digunakan di semua ruangan yang ada, baik untuk bekerja maupun untuk penyimpanan barang atau peralatan elektronik, demikian juga untuk ruang tidur pasien atau bangsal, taman dan untuk pelayanan penerangan umum lainnya.

Pengadaan listrik di RS Bethesda berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 5500 kVa. Selain menggunakan sumber listrik PLN, RS Bethesda juga menggunakan 2 buah genset yang mempunyai daya 500 kVa dan 375 kVa. Genset beroperasi secara otomatis apabila suplai listrik dari PLN tidak berjalan atau padam.

## **3. Pengadaan Transportasi**

Pengadaan mobil operasional terdiri dari:

- Mobil ambulance : 4 buah
- Mobil jenazah : 1 buah
- Mobil kijang : 3 buah
- Mikrobus : 2 buah
- Minibus : 1 buah
- Sedan : 2 buah
- Open Cup : 1 buah

Dengan tenaga sopir 11 orang

## **4. Fasilitas Pemadam Kebakaran**

Pengadaan fasilitas untuk pemadam kebakaran berupa:

- a. Hydrant, yang ditempatkan di 16 titik yang dianggap dapat mewakili seluruh areal bangunan RS Bethesda.
- b. Tabung pemadam kebakaran sejumlah 64 buah  
Pihak RS Bethesda juga bekerjasama dengan Dinas Pemadam Kebakaran Kodya dan KODAM IV/Diponegoro.

### **2.1.1. Pengertian Limbah Cair Rumah Sakit**

Limbah cair rumah sakit merupakan limbah cair dari semua sumber pembuangan misalnya kloset, kamar mandi, tempat pencucian pakaian, dapur, ruang bedah dan ruang lain dalam bangunan kecuali limbah cair radiologi.

Limbah cair rumah sakit adalah limbah cair yang berasal dari rumah sakit baik yang berasal dari dapur, ruang laboratorium, ruang pasien, ruang operasi dan lainnya. Limbah tersebut dapat berupa sisa darah, urine, tinja, sisa obat, sisa bahan kimia/radiologi, air bekas pencucian dan lain-lain. Macam jumlah dan kadar zat pencemar yang dihasilkan dari setiap sumber tersebut bervariasi tergantung kegiatan/aktivitasnya dan bahan yang digunakan.

### **2.1.2. Klasifikasi Rumah Sakit**

Secara umum industri rumah sakit dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu;

1. Berdasarkan status kepemilikan /pengelolaan
  - a. Rumah Sakit Negeri/ Pemerintah, yang dikelola oleh Depkes dan merupakan milik pemerintah (pusat atau daerah), Departemen Hankam dan BUMN.
  - b. Rumah Sakit Swasta, yang dikelola oleh yayasan.
2. Berdasarkan macam/jenis penyakit yang ditangani
  - a. Rumah Sakit Umum (RSU), yang menangani hampir semua penyakit/memberikan pelayanan kesehatan yang bersifat dasar, spesialisik dan subspecialistik.
  - b. Rumah Sakit khusus, yang menangani hanya 1 (satu) atau beberapa jenis penyakit tertentu.

RSU masih dibagi lagi menjadi beberapa type/kelas RSUP (RSU Pemerintah) dapat diklasifikasikan menjadi RSU type A, B, C dan D. Sedangkan RSU Swasta dibagi atas Kelas Utama, Madya, dan Pratama. Benang merah yang menghubungkan RSUP DAN RSU Swasta adalah paralelisasi antara Type B dan Kelas Utama, Type C dan Kelas Madya serta Type D dan Kelas Pratama. Sedangkan Rumah Sakit Bethesda tergolong RSU Kelas Utama.

Keputusan Menkes RI No. 983/SK/Menkes/XI/92 menyebutkan bahwa RSU Type A adalah RSU yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis spesialisik luas dan subspecialistik luas. RSU Type B atau Kelas Utama adalah RSU yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis sekurang-kurangnya 11 spesialisik dan subspecialistik terbatas. RSU Type C atau Kelas Madya adalah RSU yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis spesialisik dasar. Terakhir RSU Type D atau Kelas Pratama adalah RSU yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis dasar.

### **2.1.3. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit**

Dalam melakukan kegiatan pelayanan kesehatan rumah sakit akan menghasilkan limbah cair. Untuk mengetahui jenis limbah yang dihasilkan yang digunakan sebagai dasar cara pengolahannya maka perlu diketahui sumber-sumber yang menghasilkan limbah rumah sakit.

Sumber-sumber limbah rumah sakit meliputi:

1. Ruang Perawatan berasal dari: Kamar mandi, wastafel, Spoelhock, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang exudat pasien, floor drain, pantry.
2. Ruang Rawat Jalan: Kamar mandi, Wastafel, Spoelhock, urinoir, tempat cuci instrumen medik.
3. Ruang Rawat Darurat: Kamar mandi, Wastafel, Spoelhock, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang exudat pasien, floor drain, pantry.
4. Ruang Operasi: Kamar mandi, Wastafel, Spoelhock, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang exudat pasien, floor drain, pantry.
5. Instalasi Laboratorium Klinik/Patologi Anatomi: Kamar mandi, tempat cuci preparat.
6. Ruang Dapur: Kamar mandi, tempat cuci sayur/buah, tempat cuci beras, tempat cuci alat-alat dapur.
7. Ruang Laundry: tempat rendaman linen kotor, buangan dari pembilas mesin cuci, buangan pembilas air panas.
8. Unit Radiologi: wastafel, kamar mandi, tempat cuci film.
9. Ruang Haemodialisa: Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci instrumen medik.
10. Ruang Kamar Jenazah/Autopsi: Kamar mandi, Wastafel, tempat pembedahan mayat/autopsi, tempat mencuci jenazah, tempat cuci instrumen medik.
11. Fasilitas Sosial (Kafetaria, Masjid): Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci perabot makan, tempat wudlu, urinoir.
12. Pemukiman (Rumah Dinas, Asrama): Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci perabot makan.
13. Unit Perkantoran/Perpustakaan: Kamar mandi, Wastafel, urinoir.

### **Sumber Penghasil Limbah RS Bethesda**

Limbah rumah sakit adalah semua air buangan yang berasal dari aktivitas instalasi-instalasi rumah sakit yang kemungkinan besar mengandung mikroorganisma, parasit, bahan kimia beracun dan radio aktif. Adapun sumber-sumbernya adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair alur barat

Limbah cair dari alur barat lebih didominasi oleh air buangan yang berasal dari ruang-ruang rawat inap (kamar mandi/WC, wastafel) dan di tambah buangan dari asrama putra AKPER RS Bethesda, yang disalurkan melalui assenering baik assenering DKP maupun assenering pihak RS Bethesda sendiri menuju instalasi pengolahan air limbah. Air limbah ini mengalir

secara gravitasi dengan 13 bak kontrol di titik-titik tertentu guna mengawasi lancar tidaknya aliran.

## 2. Limbah cair alur timur

Limbah cair alur timur memiliki karakteristik pencemar yang lebih kompleks, karena seluruh kegiatan RS Bethesda yang berada di bagian timur seperti ruang rawat inap, kantor, ruang farmasi, laboratorium, ruang radiologi dan lain-lain yang menghasilkan limbah, menyalurkan air buangnya ke saluran assenering alur timur baik secara gravitasi maupun dengan bantuan pompa.

## 3. Instalasi gizi (dapur)

Kegiatan instalasi gizi yaitu melayani kebutuhan makanan pasien maupun karyawan sehingga dari kegiatan ini juga dihasilkan limbah cair, yang mengandung minyak, lemak dan detergen untuk kemudian diolah secara bertingkat.

## 4. Laundry

Laundry juga merupakan salah satu instalasi penting yang umum dimiliki oleh setiap rumah sakit tidak terkecuali RS Bethesda. Dari laundry ini dihasilkan limbah cair dengan kandungan detergen yang tinggi sehingga memiliki pH dan suhu yang tinggi.

### **2.1.4. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit**

Air limbah pada intinya dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu sifat fisik, kimia dan biologis.

#### a. Sifat Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah dilihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, bau, warna dan temperatur.

Komposisi limbah cair rumah sakit sebagian besar terdiri dari 99,9 % dan sisanya terdiri dari partikel-partikel tidak terlarut 0,1 %. Partikel-partikel padat terdiri dari zat organik 70 % dan anorganik 30 %. Zat organik terdiri dari 65 % protein, 25 % karbohidrat dan 10 % lemak. Zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (degradabel) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme yang lainnya.

## b. Sifat Kimia

Sifat kimia dalam air limbah dapat diketahui dengan adanya zat kimia air buangan. Adapun zat kimia yang penting dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

### 1. Bahan Organik

Air limbah dengan pengotoran sedang, maka sekitar 75 % dari benda-benda tercampur dan 40 % dari zat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik, yang dijumpai dalam air limbah bersisik 40-60 % adalah protein, 25-50 % berupa karbohidrat serta 10 % lainnya berupa lemak.

### 2. Bahan Anorganik

Sedangkan zat organik yang penting peranannya di dalam mengontrol air limbah adalah:

- pH
- Kadar Klor
- Alkalinitas
- Kadar Sulfur
- Zat beracun
- Logam berat seperti: Ni, Mg, Pb, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe dan Hg
- Metan
- Hidrogen
- Fosfor
- Gas seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$

## c. Sifat Bakteriologis

*Sifat bakteriologis pada air buangan perlu diketahui untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Mikroorganisme yang penting dalam air limbah dan air permukaan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:*

1. Protista, meliputi: bakteri, jamur, protozoa dan algae
2. Binatang dan tanaman

Dari klasifikasi tersebut diatas, protozoa dan algae sangat penting di dalam proses dekomposisi atau stabilisasi bahan-bahan organik

## 2.1.5. Unit-unit Pengolahan Air Limbah RS Bethesda

### **1. Instalasi penampung awal**

Instalasi penampung awal berfungsi untuk menampung keseluruhan limbah dari RS Bethesda yang berasal dari cucian, dapur mauun rawat inap.

### **2. Bak ekualisasi**

Bak ekualisasi berfungsi untuk mencampur limbah dari berbagai sumber sehingga menjadi limbah yang homogen dengan waktu tinggal 27 jam.

### **3. Instalasi anaerob biofilter**

Instalasi anaerob biofilter berfungsi untuk menguraikan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan bantuan bakteri yang ada pada biofilter. Waktu tinggal dalam bak ini 16 jam.

### **4. Instalasi aerob**

Instalasi aerob berfungsi untuk menguraikan senyawa-senyawa kompleks yang lolos dari pengolahan sebelumnya menjadi senyawa yang lebih sederhana, pada proses ini penambahan oksigen dilakukan dengan bantuan blower. Waktu tinggal dalam bak 8 jam.

### **5. Instalasi pengendapan (settling)**

Instalasi pengendapan (settling) berfungsi untuk memberi kesempatan lumpur agar mengendap. Waktu tinggal dalam bak pengendapan 7 jam.

### **6. Instalasi penampung hasil**

Instalasi penampung hasil berfungsi untuk menampung limbah yang telah mengalami pengolahan (limbah terolah). Limbah ini dipompakan ke instalasi sand filter dan sebelumnya dilakukan disinfeksi dengan memberikan kaporit melalui sistem injeksi/suntikan dengan tujuan membunuh bakteri patogen. Waktu tinggal dalam bak 7 jam.

### **7. Instalasi sand filter**

Instalasi sand filter berfungsi untuk menyaring limbah sehingga diperoleh kualitas yang lebih baik lagi.

### **8. Instalasi fish pond**

Instalasi fish pond atau kolam ikan berfungsi untuk tempat penampungan limbah terolah yang telah tersaring di sand filter. Kolam ikan ini dilengkapi dengan pancuran air.

### **9. Instalasi digester dan biogas**

Instalasi digester dan biogas berfungsi untuk menampung semua lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah.

### **10. Instalasi pengering lumpur (drying bed)**

Instalasi pengering lumpur berfungsi untuk menampung endapan lumpur dari digester untuk dikeringkan.

## 2.2. Fosfat

Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk organik. Sebagai ortophosfat anorganik atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Dari konsentrasi rata-rata fosfor keseluruhan sebanyak 10 mg/l berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10 % dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10 % hingga 20 % lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70 % dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder.

Bentuk-bentuk penting fosfat dalam air limbah adalah pospor organik, polyphosfat dan orthophosfat. Polyphosfat banyak digunakan dalam pembuatan detergen sintetis.

Komponen fosfat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dan adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis.

Sedangkan menurut Juli Sumirat, detergen dapat mempermudah absorpsi racun pada ikan melalui insang dan bersifat persisten sehingga terjadi akumulasi.

Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk, yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Poliphosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan detergen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai macam jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti karat dan anti kerak pada pemanas air (boiler).

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah ( $<0,01$  mg/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhambat, keadaan ini dinamakan "oligotrop".

Pembuangan limbah yang banyak mengandung fosfat ke dalam badan air dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebih yang disebut "eutrophication", sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Pada keadaan "eutrotop" tanaman dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang mencerna (digest) dan pada siang hari pancaran sinar matahari ke dalam air akan berkurang, sehingga proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen juga berkurang.

Banyak metode yang telah diusulkan untuk pembuangan kelebihan fosfat. Metode yang paling efektif meliputi pengendapan kimiawi. Senyawa-senyawa fosfat dapat dibuang dengan penambahan koagulan, misalnya alum, kapur, ferrichlorida atau ferrous sulfat. Bahan-bahan kimia itu dapat ditambahkan sebelum pengendapan primer, alum dan garam-garam besi dapat dimasukkan ke dalam tanki aerasi selama proses lumpur diaktifkan atau bahan-bahan kimia itu dapat dimasukkan pada suatu tahap pengolahan primer. Sebagian besar dari bahan organik tersebut dibuang, begitu pula fosfatnya, sehingga dihasilkan pengurangan beban pada proses pengolahan biologis. Walaupun demikian, lumpur yang diproduksi jumlahnya lebih besar. Bila bahan-bahan kimia dimasukkan langsung ke dalam tanki aerasi dari suatu instalasi lumpur yang diaktifkan, maka pengolahan kimiawi dan biologis terjadi bersama-sama, sehingga hanya sedikit peralatan tambahan yang dibutuhkan. Pengendapan kimiawi, terutama yang menggunakan kapur, kadang-kadang dikerjakan pada tahap ketiga setelah pengolahan biologis guna pembuangan fosfat serta peningkatan pH buangan dalam persiapan bagi proses pembuangan ammonia-nitrogen.

Reaksi kimia dari proses pengendapan secara kimiawi antara fosfat dengan alum, garam besi dan kapur adalah sebagai berikut:

**Pengendapan dengan alum:**



**Pengendapan dengan garam besi:**



**Pengendapan dengan kapur:**



**2.2.1. Pemisahan Fosfat**

Secara umum analisa fosfat meliputi 2 (dua) langkah :

- a. Merubah bentuk fosfor menjadi ortofosfat yang larut.
- b. Menentukan secara kolorimetris ortofosfat yang larut.

Pemisahan fosfor kedalam berbagai bentuk telah luas didefinisikan secara analitis, tetapi telah dipilih pembedaan analisa, sehingga dapat dipergunakan untuk tujuan interpretasi. Pemisahan "yang dapat disaring" (atau "terlarut") dari "partikel" fosfat tergantung filter membran 0,45 µm yang dipergunakan. Pemilihan filtrasi dengan membran melebihi ketebalan filtrasi dilakukan karena kemungkinan diperoleh lebih besar atau pemisahan ukuran partikel dengan teknik pemisahan membran. Penyaringan pendahuluan dengan filter serat gelas dapat dilakukan untuk mempercepat proses penyaringan. Tidak dapat dituntut bahwa penyaringan

melalui filter membran 0,45 µm dapat memisahkan dengan sebenarnya antara fosfat yang tersuspensi dengan yang terlarut.

Penggunaan istilah “yang dapat disaring” (lebih baik “yang larut”) untuk menguraikan bentuk fosfat yang ditentukan dalam filtrat yang melalui membran 0,45 µm. Fosfat yang dapat langsung diperiksa secara kolorimetris tanpa hidrolisa pendahuluan atau perombakan secara oksidatif dan dianggap sebagai “ortofosfat”.

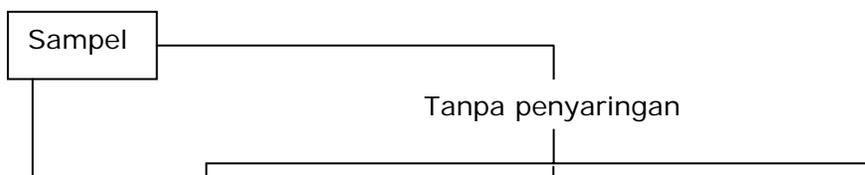
Tetapi perlu diingat bahwa sebagian kecil dari fosfat terikat yang ada tidak dapat menghindari cara hidrolisa ini dan dilaporkan sebagai bagian dari ortofosfat. Ortofosfat terdapat dalam bentuk terlarut dan partikel.

Hidrolisa dengan asam pada temperatur mendidih untuk mengubah fosfat dalam bentuk terlarut dan partikel menjadi ortofosfat yang dapat disaring. Hidrolisa tidak dapat dihindarkan untuk membebaskan fosfat dari senyawa organik, tetapi faktor ini telah dikurangi seminimum mungkin (sangat sesuai untuk hidrolisa fosfat terikat) dengan bijaksana memilih kekuatan asam lebih disukai terhadap “fosfat terikat” pada teknik ini.

Bagian-bagian fosfat yang diubah menjadi ortofosfat hanya dengan perombakan oksidatif terhadap bahan organik disebut fosfat organik/terikat secara organik. Kekuatan oksidasi yang diperlukan untuk konversi tergantung pada bentuk dan jumlah dari fosfat organik yang ada. Seperti ortofosfat dan fosfat dari hidrolisa asam, fosfat organik terdapat dalam larutan dan partikel. Didalam praktek, fosfat total yang dapat dalam sampel dapat dipisahkan pada analisa dengan penyaringan kedalam bagian yang disaring dan partikel. Biasanya terdapat sedikit variasi, yang tergantung pada fosfat terlarut dan tersuspensi. Keseluruhannya ada tiga bagian (total, terlarut, dan tersuspensi) dan masing-masing secara analisis dibagi menjadim tiga tipe kimiawi seperti telah diuraikan diatas yaitu ortofosfat fosfat yang dapat dihidrolisa dengan asam fosfat organik . Dua belas fosfat tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Fosfat

Tipe Kimiawi	F I S I K		
	Total	Terlarut	Partikel
Total	a. Total fosfat terlarut dan tidak terlarut.	e. Total fosfat terlarut .	i. Total fosfat partikel
Orto	b. Total ortofosfat terlarut dan partikel	f. Ortofosfat terlarut.	j. Ortofosfat partikel.
Yang dapat dihidrolisa oleh asam.	c. Total fosfat yang dapat dihidrolisa oleh asam, terlarut dan partikel.	g. Total fosfat terlarut yang dapat dihidrolisa	k. Fosfat partikel yang dapat dihidrolisa oleh asam
Organik	d. Total fosfat organik terlarut dan partikel	h. Fosfat organik terlarut.	l. Fosfat partikel organik.



**Gambar 1.** Pola Klasifikasi Fosfat

### **2.3. Koagulasi dan Flokulasi**

#### **2.3.1 Koagulasi**

Koagulasi adalah dicampurkannya koagulan dengan pengadukan secara cepat guna mendistabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan masa inti partikel, kemudian membentuk jonjot mikro (mikro flok).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi sebagai berikut :

a. Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Bila suhuair diturunkan , maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses kagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

b. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda satu sama lainnya.

c. Jenis Koagulan

Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas daripada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran.

d. Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi yaitu : pengaruh anion lebih besar daripada kation. Dengan demikian ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi.

e. Tingkat kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

f. Dosis koagulan

Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik.

g. Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnyaflok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang terbentuk.

h. Alkalinitas

Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air (Tjokrokusumo, 1992). Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasilkan ion hidroksida pada reaksi hidrolisis koagulan.

### 2.3.2. Flokulasi

Flokulasi adalah pengadukan perlahan terhadap larutan jonjot mikro yang menghasilkan jonjot besar dan kemudian mengendap secara cepat (Tjokrokusumo, 1995).

Ada dua jenis proses flokulasi yaitu :

a. Flokulasi perikinetik

Flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbukan molekul-molekul air, akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel lebih sangat kecil  $1 < 100$  milimikron (Sank R.K, 1986).

b. Flokulasi orthokinetik

Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak media (air) misalnya pengadukan (Sank R.K, 1986). Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lainnya dikeal sebagai gradien kecepatan, dengan notasi G. Dengan adanya perbedaan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula akibatnya akan terjadi tumbukan atau kontak antar partikel.

#### 2.4. Sifat-Sifat Kapur (lime) dan Penggunaannya.

Kapur (lime) secara umum terdapat dalam dua bentuk yaitu  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ .  $\text{CaO}$  adalah bahan mudah larut dalam air dan menghasilkan gugus hidroksil yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$ . yang bersifat basa dan disertai keluarnya panas yang tinggi. Menurut Tarmiji, 1986, penggunaan dari kapur antara lain dibidang kesehatan lingkungan untuk pengolahan air kotor, air limbah maupun industri lainnya. Pada pengolahan air kotor, kapur dapat mengurangi kandungan bahan-bahan organik. Cara kerjanya adalah kapur ditambahkan untuk mereaksikan alkalibikarbonat serta mengatur pH air sampai sehingga menyebabkan pengendapan. Proses pengendapan ini akan berjalan secara efektif apabila pH air antara 6 – 8 (Considine).

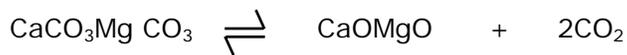
Hydrate lime dihasilkan dari reaksi quicklime ( $\text{CaO}$ ) dengan air, sehingga terbentuk  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Sifat-sifat fisik dan kimia Hydrate lime :

- a. Bentuk kristal, powder
- b. Warna, sebagian besar umumnya berwarna putih dan pada tingkat tinggi dapat berwarna abu-abu.
- c. Kepadatan, Kalsium Hydrated lime memiliki tingkat kepadatan kira-kira  $2,3 \text{ g/cm}^3$
- d. Kelarutan, tingkat kelarutan dari kira-kira  $1,85 \text{ Ca(OH)}_2/\text{l}$  air pada suhu  $0^\circ\text{C}$  sampai  $0,7 \text{ g/l}$  pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .
- e. Netralisasi asam , Hydrate lime siap bereaksi dengan asam dan gas sehingga tentu saja berkemampuan menetralsasi asam.

- f. pH, karena kalsium hidroksida adalah termasuk basa kuat, konsentrasi 0,10 g Ca(OH)<sub>2</sub>/l dapat memberi pH kira-kira 11,3 pada suhu 25°C. Pada larutan 25°C, kandungan 1,8/l memberikan pH sebesar 12,7.

Penggunaan berbagai keperluan maka batuan kapur dari alam biasanya akan mengalami proses pembakaran terlebih dahulu yang disebut "calcination". Hasil dari proses ini antara lain adalah CaO ditambah CO<sub>2</sub> yang keluar sebagai gas. Selain CaO juga MgO serta molekul-molekul lainnya tergantung pada batuan kapur yang asli dari alam. Contoh reaksi yang terjadi pada proses "calcination" ini apabila batuan kapur dari alam berkombinasi sebagai kombinasi dari kalsium dan Magnesium Karbonat adalah sebagai berikut:

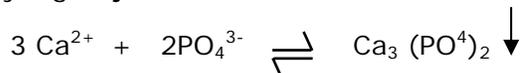


Calcium Oxide (CaO) adalah merupakan bahan yang mudah larut dalam air dengan mengeluarkan panas yang tinggi (Highly exothermically).

Selain itu, reaksi antara CaO dan air akan menghasilkan gugus hidroksil Ca(OH)<sub>2</sub> yang bersifat basa dengan reaksi sebagai berikut:



Karena sifat-sifat kapur dapat digunakan sebagai pengendap terhadap fosfat maka reaksi yang terjadi adalah



### **Penggunaan Kapur**

Kapur telah dikenal sebagai bahan yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan diantaranya dipakai pada bidang-bidang industri misalnya industri kimia, kertas, dan lain-lainnya, sebagai bahan bangunan, pertanian dan lain-lain.

Khusus di sektor lingkungan kapur dapat berguna dalam:

- a. Proses pengolahan air, air kapur dapat berguna sebagai bahan penurun kesadahan, menetralkan keasaman, memperkecil kadar silika, mangan, fluorida dan bahan-bahan organik. Selain itu dapat juga mengurangi kadar BOD dengan cara menyerap antara 40% sampai 50% bahan organik terlarut maupun tidak terlarut.

- b. Proses pengolahan air bekas, kapur dapat berfungsi antara lain dalam pengendalian keasaman digester, penyerapan bau (deodorant) dan sebagai desinfektan.
- c. Proses pengolahan buangan industri besi/baja, kapur digunakan untuk menetralkan asam sulfat bebas (free sulfuric acid) dan mengendapkan garam-garam besi yang terdapat pada limbah industri tersebut.
- d. Kapur dapat digunakan untuk mengurangi gas SO<sub>2</sub> yang keluar dari pembakaran batu bara atau minyak yang mengandung sulfur yang tinggi melalui suatu proses yang disebut "wet scrubbing".
- e. Pada peternakan ayam, kapur dapat digunakan untuk mengeringkan serta mengurangi bau kotoran ayam yang berceceran di lantai kandang. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai "geomedical" untuk mencegah parasit-parasit dan banyak penyakit ayam. Dosis yang biasa dipakai pada peternakan ayam adalah sekitar 1 lb (0,45 kg) Hydrates Lime [Ca(OH)<sub>2</sub>] pada setiap 3-5 ft<sup>2</sup> (2,79-4,65 m<sup>2</sup>) lantai yang mengandung kotoran ayam.  
Kapur juga dapat dipergunakan sebagai penghilang fosfor dalam air, disini kapur berfungsi sebagai bahan koagulan, karena salah satu cara penghilangan fosfor dalam air adalah pengendapan kimiawi.

## 2.5. Sifat-Sifat Tawas dan Penggunaannya

Persenyawaan Aluminium Sulfat (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) atau sering disebut tawas adalah suatu jenis koagulan yang sangat populer secara luas digunakan, sudah dikenal bangsa Mesir pada awal tahun 2000 SM. Alum atau tawas sebagai penjernih air mulai diproduksi oleh pabrik pada awal abad 1500.

Alum atau tawas merupakan bahan koagulan, yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran serta mudah penyimpanannya.

Reaksi yang terjadi jika alum dimasukkan ke dalam air, yaitu terjadi proses hidrolisis, yang sangat dipengaruhi oleh nilai pH yang bersangkutan. Range pH untuk jenis koagulan alum adalah sebesar 5,5 sampai 7,8.

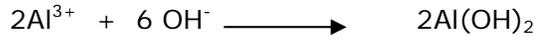
Alum yang dilarutkan ke dalam air akan bereaksi dengan kapur atau bahan lain seperti Soda Abu atau Natrium Bikarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), reaksi yang akan terjadi reaksi hipotik. Reaksi tersebut antara ion Al dengan ion OH. Alum tersebut akan larut di dalam air dengan reaksi sebagai berikut:



Ionisasi dari air sendiri akan terbentuk ion hidroksida sebagai berikut:

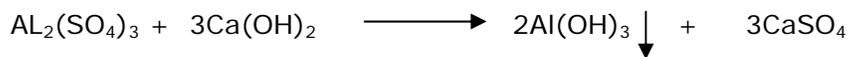


Kemudian terjadi reaksi antara ion  $\text{Al}^{3+}$  dengan ion hidroksida sebagai berikut:



Pengikatan ion hidroksida tersebut di dalam air akan menurunkan alkalinitas air sehingga sebaiknya digunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan nilai alkalinitas seperti kapur, soda abu atau soda kaustik (Natrium Oksida)

Reaksi yang terjadi:



Oleh karena tawas /alum mempunyai sifat koagulan dalam larutan maka bila tawas bersenyawa dengan limbah yang mengandung unsur fosfat, sehingga terjadi reaksi



Pengendapan dapat terjadi apabila hasil kali  $\{\text{Al}^{3+}\}$  dan  $\{\text{PO}_4^{3-}\}$  lebih besar dari  $K_{sp}$   $\text{AlPO}_4$ ,  $K_{sp}$   $\text{AlPO}_4$  sebesar  $6,3 \cdot 10^{-19}$ .

Dengan demikian supaya terjadi pengendapan hasil kali konsentrasi yang bereaksi harus lebih besar dari pada  $K_{sp}$  nya.

## 2.6. Zeolit

Zeolit adalah suatu aluminosilikat yang mempunyai struktur berpori dengan saluran dalam rangka kristal, yang di dalamnya ditempati oleh molekul air dan ion ion logam alkali. Unit dasar pembentuk zeolit adalah  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  yang membentuk tetrahedral. Unit unit tersebut saling berikatan membentuk jaringan anionik dalam tiga dimensi. Perbandingan antara Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 100:1. Struktur yang paling stabil adalah zeolit yang perbandingan Si dan Al nya adalah 1:1. Dengan sifat di atas maka zeolit dapat bekerja sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorpsi selektif atau penolakan molekul karena adanya penolakan molekul karena adanya perbedaan dalam ukuran molekul dan faktor lainnya

Selanjutnya dari hasil pengujian terhadap beberapa aspek yang ada kaitannya dengan pertukaran ion pada zeolit (Komar bersama rekan, 1985) menjelaskan bahwa:

- Kecepatan pertukaran kation dalam zeolit dipengaruhi oleh besar butiran zeolit.

- Zeolit yang diaktifkan maupun yang tidak diaktifkan menyerap ion amonium dari air buangan lebih kecil dari pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Hal ini dikarenakan dalam air buangan zeolit selain menyerap ion amonium juga menyerap ion lain seperti  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan lain-lain.
- Kapasitas penyerap zeolit akan bertambah dengan bertambahnya berat zeolit.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (hot spring). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impurities lainnya. Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia dipasarkan masih dalam bentuk alam terutama pada pemupukan bidang pertanian.

Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Cronstedt ketika menemukan Stilbit yang bila dipanaskan seperti batuan mendidih (boiling stone) karena dehidrasi molekul air yang dikandungnya. Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai molecular materials. Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible. Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk tetrahedral ( $\text{TO}_4$ ) disebut unit bangun primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan unit bangun sekunder.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabarsit dan erionit. Zeolit sintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan Mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/ $\text{AlPO}_4$  (Zeolite Sielving Materials/Aluminium Fosfat) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup zeolit, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat. Berdasarkan UBS semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetik.

Kemampuan pertukaran ion (adakalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan

digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (Kemampuan Tukar Kation). KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 g zeolit dalam kondisi kesetimbangan. KTK dari zeolit bervariasi dari 1,5 – 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak bergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g).

Zeolit dengan struktur "framework" mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion/molekul. Bila atom Al dinetralkan dengan ion polivalen, misalnya logam Pt, Cu dsb, zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi petrokimia.

### 2.6.1 Sifat Zeolit

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan serta memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator. Sifat zeolit meliputi :

#### 1. Dehidrasi.

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit terus dipanaskan.

#### 2. Adsorpsi

Zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya, dimana untuk molekul yang tidak jenuh atau bersifat polar akan lebih mudah lolos daripada molekul yang jenuh atau tidak polar.

#### 3. Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari : sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis.

#### 4. Katalis

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

## 5. Penyaring atau pemisah

Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran besar dari ruang hampa akan ditahan atau ditolak.

### 2.6.2. Jenis Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu :

#### 1. Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf.

Telah diketahui lebih dari 40 jenis mineral zeolit di alam. Dari jumlah tersebut hanya 20 jenis yang terdapat dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik yang berbutir halus (tuf)

Komposisi dan struktur zeolit kebanyakan terdiri dari mineral mordenit dan klinoptillit. Dari uji pendahuluan terhadap zeolit alam Wonosari dengan menggunakan difraksi sinar x diketahui bahwa sebagian besar penyusunnya adalah mordenit. Analisis lebih lanjut terhadap zeolit alam Wonosari menunjukkan bahwa zeolit mempunyai rasio Si/Al 4,75; keasaman sebesar 2,39 mmol/g; luas permukaan 24,13 m<sup>2</sup>/g; volume pori 74,25 x 10<sup>-3</sup> cc/g; rerata jejari pori 60,54 dan memiliki kandungan logam Na, K, Ca dan Fe masing-masing sebesar 4,29 %; 1,34 %; 2,39 5 dan 1,04 %.

Zeolit yang diperoleh dari alam telah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Akan tetapi daya serap, daya tukar ion maupun daya katalis dari zeolit tersebut belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang tinggi diperlukan beberapa perlakuan antara lain; aktivasi dan modifikasi.

**Tabel 2.** Klasifikasi zeolit

Zeolit	Rumus Kimia	UBS
<b>Grup Analsim</b>		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
<b>Grup Natrolit</b>		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]6\text{H}_2\text{O}$	T <sub>5</sub> O <sub>10</sub> (4-1)
Thomsonit	$\text{Na}_{16} \text{Ca}_8 [\text{Al}_{20}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]24\text{H}_2\text{O}$	T <sub>5</sub> O <sub>10</sub>
<b>Grup Heulandit</b>		

Heulandit	$\text{Ca}_4 [\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-1)
Klinoptilolit	$\text{Na}_6 [\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$
<b>Grup Filipsit</b>		
Filipsit	$\text{K}_2 \text{Ca}_{1.5} [\text{Al}_{16}\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8 [\text{Al}_{31}\text{SiO}_{16}]16\text{H}_2\text{O}$	S4R
<b>Grup Mordernit</b>		
Mordernit	$\text{Na}_8 [\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_8\text{O}_{16}$ (5-1)
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5} \text{Mg}_2 [\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_8\text{O}_{16}$
<b>Grup Kabazit</b>		
Kabazit	$\text{Ca}_2 [\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}]13\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Zeolit L	$\text{K}_6 \text{Na}_3 [\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}]21\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
<b>Grup Faujasit</b>		
Faujasit	$\text{Na}_{12} \text{Ca}_{12} \text{Mg}_{11} [\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R, S8R
Zeolit A	$\text{Na}_{12} [\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}]27\text{H}_2\text{O}$	
<b>Grup Laumontit</b>		
Laumontit	$\text{Ca}_4 [\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}]16\text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R, S8R
<b>Grup Pentasil</b>		
ZSM-5	$\text{Na}_N [\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}]16\text{H}_2\text{O}$	5 -1
<b>Grup Zeotype</b>		
AIPO4-5	$[\text{Al}_{12}\text{P}_2\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{NaOH} q \text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi;

a. Aktivasi Fisis

Aktivasi fisis biasanya dilakukan dengan pemanasan yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap tinggi dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Zeolit yang dipanaskan pada temperatur tinggi menyebabkan molekul air yang ada dalam zeolit mengalami dehidrasi. Sifat dehidrasi zeolit ini berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya.

Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400 OC (untuk skala laboratorium), atau mengumpulkan tungku putar dengan pemanasan secara penghamparan selama 3 jam atau tanpa penghamparan selama 5-6 jam (skala besar). Pemanasan mordernit pada suhu 300 OC –1000 OC menyebabkan destruksi struktur kristal, kandungan mordernit berkurang hampir 25 % pada suhu 700 OC.

b. Aktivasi Kimiawi

Pada aktivasi kimia, dealuminasi adalah yang paling penting dan dominan. Dealuminasi dapat digunakan untuk mengontrol aktivasi keasaman dan untuk mengontrol ukuran pori-pori zeolit. Hal ini sangat penting terutama berhubungan dengan fungsi zeolit sebagai adsorben.

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam atau basa, dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan.

Aktivasi zeolit dengan asam menyebabkan ternetralisasinya muatan negatif pada permukaan zeolit hidrogen. Atom-atom Al yang masih tersisa dalam zeolit masih terkoordinasi dalam rangkaian tetrahedral dengan empat atom oksigen. Asam-asam yang dapat digunakan untuk aktivasi adalah  $HCl_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ , dan  $H_3PO_4$ . Diantara asam-asam tersebut yang paling efektif untuk dealuminasi adalah HCl.

**2. Zeolit Sintetis**

Zeolit mempunyai sifat yang unik yaitu susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasikan, maka para peneliti berupaya untuk membuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Berdasarkan perbandingan kadar komponen Si and Al, zeolit sintetis dikelompokkan menjadi empat, yaitu zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang, zeolit kadar Si tinggi dan zeolit Si.

Penggunaan zeolit sintetis pada dasarnya sama dengan zeolit alam. Ini karena persamaan sifat fisik dan kimia yang dimiliki oleh kedua jenis mineral tersebut. Mineral zeolit sintetis masing-masing mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Perbedaan utama antara kedua jenis mineral zeolit alam dan sintetis .

**Tabel 3.** Perbedaan Mineral alam dan zeolit sintetis

Macam Perbedaan	Mineral Zeolit Alam	Mineral zeolit Sintetis
Derajat Kemurnian	Umumnya banyak mengandung pengotor, terutama besi. Kebanyakan endapan zeolit alam terdiri dari campuran beberapa jenis mineral zeolit.	Dapat dibuat mineral zeolit sintetis berderajat kemurnian tinggi.
Garis tengah pori	Sangat terbatas, yang terbesar hanya terdapat pada mineral khabasit dan erionit	Dapat dibuat mineral zeolit yang ruang kosong bergaris tengah

Daya Serap	Terbatas, hanya mineral khabasit dan erionit yang mempunyai daya serap baik	dari 3 A hingga 8 A Dapat menyerap hingga 50 % dari volumenya.
------------	---	---

Sumber : Harjanto, 1987

### 2.6.3 Aktivasi Zeolit

Zeolit alam direndam dengan akuades selam 24 jam,lalu disaring dan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 3 jam. Zeolit kemudian direndam dengan HF 2,00 N (perbandingan b/v 1:2) sambil dipanaskan sampai agak kering , kemudian dicuci sampai netral dan dikeringkan pada suhu 120 °C selama 3 jam. Zeolit selanjutnya dipanaskan dengan HCl pada konsentrasi 0,05 M; 0,10 M; 0,50 M; 1,00 M DAN 2,00 M pada suhu 90 °C selama 60 menit., sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Kemudian zeolit disaring, dinetralkan dan dikeringkan pada suhu 130 0C selama 3 jam. Selanjutnya zeolit direndam NH<sub>4</sub>Cl konsentrasi 0,50 M; 1,00 M; dan 2,00 M selama satu minggu sambil diaduk 3 kali sehari, lalu disaring, dicesi sampai netral dan dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam. Zeolit ini kemudian dikalsinasi pada variasi suhu 300 °C, 400 °C, dan 500 °C selama 5 jam.

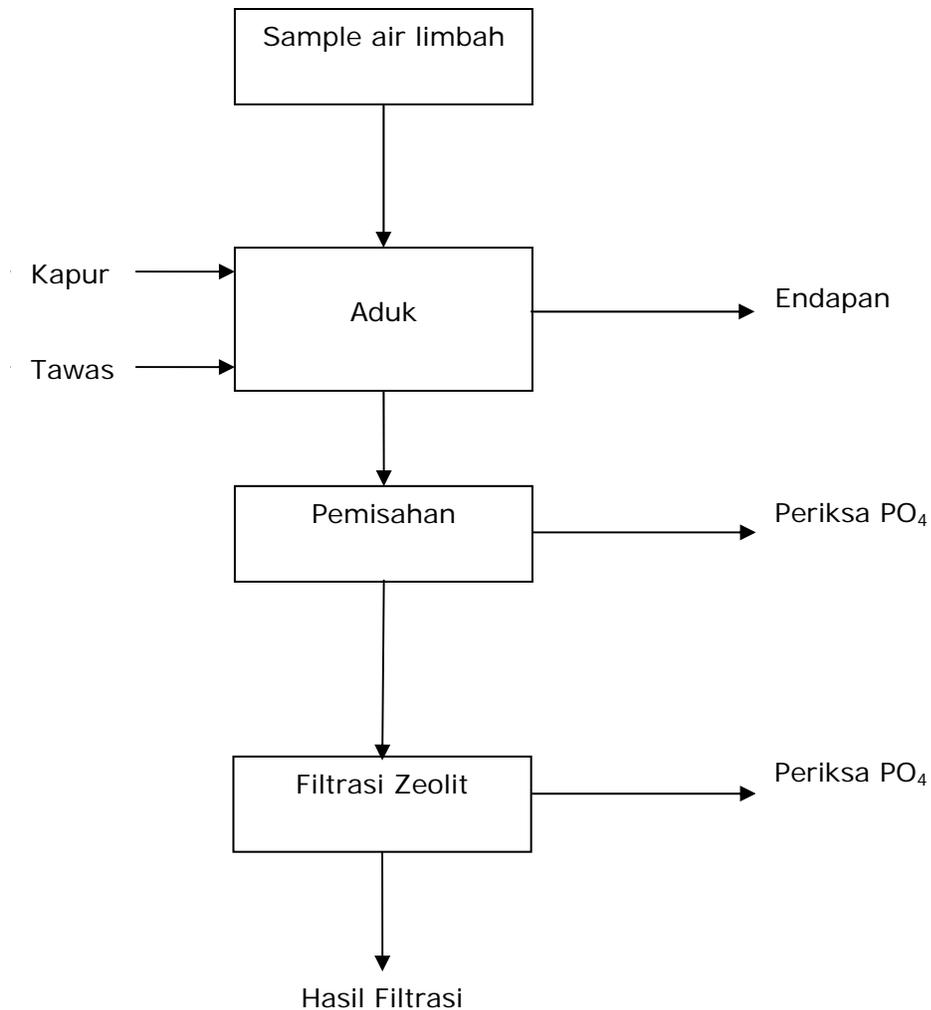
### 2.7. Originalitas Penelitian

Penelitian tentang penurunan fosfat dengan kapur (lime), tawas dan filtrasi zeolit belum pernah dilakukan.

## METODE PENELITIAN

### 3.1. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan "Penelitian Eksperimen" dengan "design pre test and post test design" yang hasil akan diuji secara diskriptif analitis dengan korelasi.



**Gambar 2.** Rancangan Penelitian

### 3.2 Ruang Lingkup

Meliputi semua limbah cair yang dihasilkan dari seluruh kegiatan Rumah Sakit Bethesda.

### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi Penelitian yang dipilih yaitu limbah cair Rumah Sakit Bethesda dan uji laboratorium dilaksanakan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pembrantasan penyakit menular (BBTKL-PPM) Yogyakarta.

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **a. Variabel bebas**

Dosis pemakaian bahan kimia larutan kapur dan tawas.

#### **b. Variabel terikat**

Parameter yang diperiksa pada limbah cair adalah fosfat masing-masing pada sampel sebelum dan setelah perlakuan/ pengolahan.

#### **c. Variabel pengganggu**

Waktu kontak, suhu limbah, kadar ion terlarut, kekeruhan, waktu pengambilan sampel, kemurnian kapur tohor, kemurnian tawas, proses pengadukan. Kualitas limbah cair RS Bethesda sangat fluktuatif, sehingga waktu pengambilan sampel perlu diperhatikan agar mendapatkan kualitas yang sama pada setiap perlakuan. Parameter pH, yang berbeda pada sampel perlakuan akan mengganggu proses pengendapan begitu pula dengan kemurnian kapur tohor dan kemurnian tawas serta proses pengadukan pada saat perlakuan apabila tidak dikendalikan / tidak disamakan pada setiap perlakuan akan didapatkan hasil tidak seperti yang diharapkan, sehingga perlu adanya pengendalian terhadap variabel-variabel tersebut diatas agar penelitian ini mendapatkan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan.

### **3.5 Jenis dan Sumber Data**

Jenis data yang digunakan dalam analisis berupa data kuantitatif yang diperoleh dari perlakuan di lapangan dan pengamatan percobaan di laboratorium.

### **3.6 Instrumen Penelitian**

#### **3.6.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan untuk pengolahan dan bahan atau reagen untuk pemeriksaan parameter pencemar terdiri dari:

#### **Bahan untuk Pengolahan**

1. Air limbah RS Bethesda

2. Larutan kapur 0.1 ppm
3. Larutan tawas 0.1 ppm
4. Indikator PP
5.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  4 N
6.  $\text{SnCl}_2$
7. Standart fosfat 0,01 ppm
8. Indikator Phenol Red
9. Amonium Molibdat
10. Larutan Buffer pH 10
11. Larutan pH 4
12. Larutan standar EDTA 0,01 M
13. NaOH 1 N
14. Indikator Murexid
15. Air suling
16. Zeolit

### **3.6.2 Alat**

#### **Alat Pengolahan**

1. Labu ukur
2. Beker glass
3. Labu erlenmeyer
4. Timbangan Sartorius
5. Pipet tetes
6. Pipet ukur
7. pH meter
8. Tabung nessler
9. Spektofotometer
10. Mixing Flokulator
11. Cuvet
12. Buret tetes
13. Karet penghisap

#### **3.6.3 Tahapan Persiapan**

1. Persiapan bahan dan alat serta pembuatan rangkaian alat filtrasi yang dilengkapi dengan stop kran .

2. Penyiapan larutan kapur 0.0010 ppm dan tawas 0.0010 ppm yang akan digunakan sebagai bahan pengolahan .
3. Membuat larutan-larutan siap pakai untuk pemeriksaan parameter fosfat.

#### **3.6.4 Pelaksanaan Penelitian**

1. Siapkan sampel limbah cair asli sebelum diolah kemudian diperiksa pH, detergen dan fosfat
2. Siapkan deretan beaker glass sebanyak 3 buah masing-masing volume 1000 ml, kemudian diberi nomor 1 s/d 3.
3. Isi beaker glass tersebut dengan limbah asli masing-masing sebanyak 800 ml.
4. Tambahkan larutan kapur pada masing-masing beker glass volume 1 ml.
5. Masing-masing beker glass ditambahkan larutan tawas yaitu 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm.
6. Aduk cepat masing-masing selama 3 menit, aduk lambat selama 5 menit, diamkan selama 15 menit agar terjadi pengendapan.
7. Pisahkan filtrat dari endapan.
8. Periksa filtrat masing-masing beker glass parameter pH, fosfat setelah koagulasi tersebut.
9. Selanjutnya dilakukan penyaringan dengan zeolit terhadap filtrat tersebut
10. Ulangi prosedur 4 s/d 10 dengan variasi kapur 0.0010 ppm dengan volume berturut-turut 0.00050 ppm, 0.00075 ppm ml, 0.00100 ppm , 0.00125 ppm, 0.00150 ppm dan 0.00200 ppm.

### **3.7 Teknik Pengambilan Sampel**

#### **3.7.1 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada bak penampung awal karena sudah mewakili semua limbah cair Rumah Sakit tersebut . Pengambilan sampel dilakukan dengan metode grab sampling (sesaat) selama periode tertentu.

#### **3.7.2 Periode pengambilan sampel**

Pengambilan sampel diusahakan sekali dalam jumlah yang dibutuhkan agar homogenitas, kuantitas dan kualitas sampel tetap terjaga.

#### **3.7.3 Pemeriksaan Sampel**

Semua sampel diperiksa berdasarkan metode baku standard Method for examination. Parameter limbah cair yang dianalisis adalah fosfat pada sampel sebelum dan setelah perlakuan/pengolahan.

### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dikelompokkan agar memudahkan dalam analisis, selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

### 3.9. Teknik Analisa Data

Perhitungan statistik untuk menguji kebenaran hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini menggunakan uji Regresi Linier Sederhana. Maksud dari hubungan regresi yaitu untuk mengetahui suatu variabel dapat dipergunakan untuk memprediksi atau meramal variabel-variabel lain.

Persamaan matematik yang memungkinkan untuk meramalkan nilai-nilai satu atau lebih peubah acak bebas disebut persamaan regresi. Jika suatu variabel tak bebas (dependent variable) tergantung pada satu variabel bebas (independent variable), hubungan antara kedua variabel disebut analisis regresi sederhana. Bentuk matematisnya adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Variabel terikat

X = variabel bebas

a = titik potong (intercept)

b = koefisien regresi (elastisitas/slope)

Koefisien determinasi pada intinya adalah untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel terikat. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Koefisien determinasi diperoleh dari mengkalikan koefisien korelasi Pearson atau biasa disebut Pearson Product Moment, yang disimbolkan dengan huruf R. Rumusan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Dimana :

R = Koefisien korelasi (Pearson Correlation)

X = variabel penambahan kapur

Y = variabel kadar fosfat

n = jumlah sampel

Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang kecil berarti kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variabel terikat sangat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variabel-

variabel bebas memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel terikat. Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur prosentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dapat dilihat dengan rumus  $R^2 \times 100\%$ .

#### Uji F

Untuk menguji pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, maka digunakan uji F.

$$F_{hitung} = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - k - 1)}$$

Keterangan:

- $R^2$  = Koefisien determinan  
 $k$  = Banyaknya perubahan bebas  
 $n$  = Jumlah data

#### Dasar Pengambilan Keputusan

1. Bila  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima, artinya tidak ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.
2. Bila  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima, artinya ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.

Atau

1. Bila probabilitas  $F > 0,05$ , maka  $H_0$  diterima
2. Bila probabilitas  $F < 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian dan Analisis Hasil

Penelitian mengenai efektifitas dosis dengan menggunakan campuran kapur tohor  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  dan tawas  $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$  serta filtrasi zeolit terhadap penurunan kadar Fosfat air limbah RS Bethesda Yogyakarta telah dilaksanakan pada tanggal 15 Agustus 2005. Sampel diambil di bak equalisasi dengan tujuan untuk mencari kadar Fosfat yang mewakili seluruh aliran limbah cair. Sedangkan waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 09.00 Wib, berdasarkan pemeriksaan kadar Fosfate selama 24 jam pada inlet dan pada bak kontak. Karena pada jam

tersebut kadar Fosfat limbah cair RS Bethesda Yogyakarta pada bak equalisasi adalah yang tertinggi. Hasil pengukuran kadar limbah RS Bethesda pada bak equalisasi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4, berikut:

**Tabel 4. Keadaan Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Sebelum Pengolahan (Asli)**

No.	Parameter	Satuan	No.Lab / Hasil Analisa	Keterangan
			56	
1	pH	-	7.5	
2	PO4-	mg/l	25.6404	

Sumber: Data Primer 2005

Dari hasil pengukuran diatas, maka parameter  $PO_4^-$  melebihi yang ditentukan. Selanjutnya limbah yang diambil di bak equalisasi tersebut dilakukan pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5, berikut:

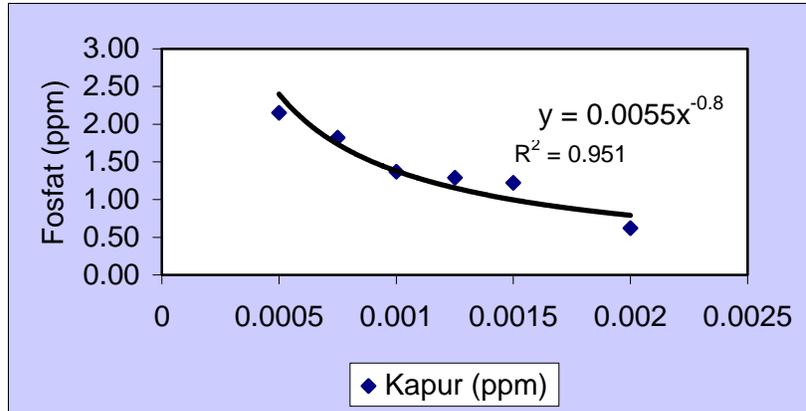
**Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Koagulasi/Flokulasi**

<i>Kapur (ppm)</i>	Tawas (ppm)	0.0015	0.0020	0.0025
	0.00050			
	0.00075	1.82	1.56	1.49
	0.00100	1.37	1.21	1.19
	0.00125	1.29	1.17	1.06
	0.00150	1.22	1.06	0.96
	0.00200	0.62	0.62	0.53

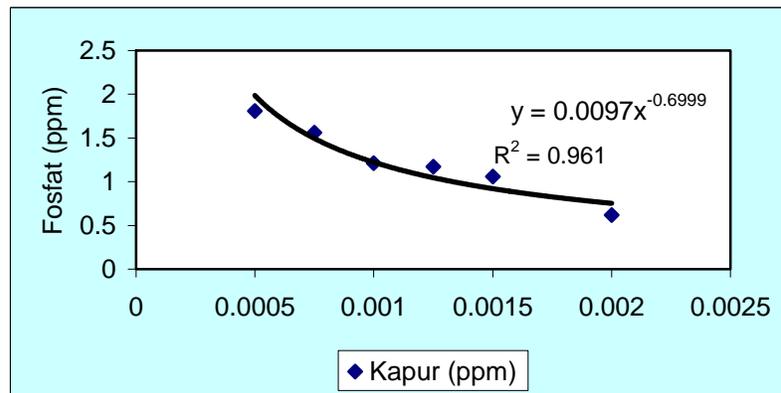
Sumber: Data Primer 2005

Pada tabel 5 terlihat semakin tinggi larutan tawas 0,1 ppm dan larutan kapur 0,1 ppm yang ditambahkan, maka kadar fosfat semakin menurun. Pada penambahan larutan kapur 0.0020 ppm dan tawas 0.0025 ppm memberikan hasil fosfat terbaik yaitu sebesar 0,53 mg/l.

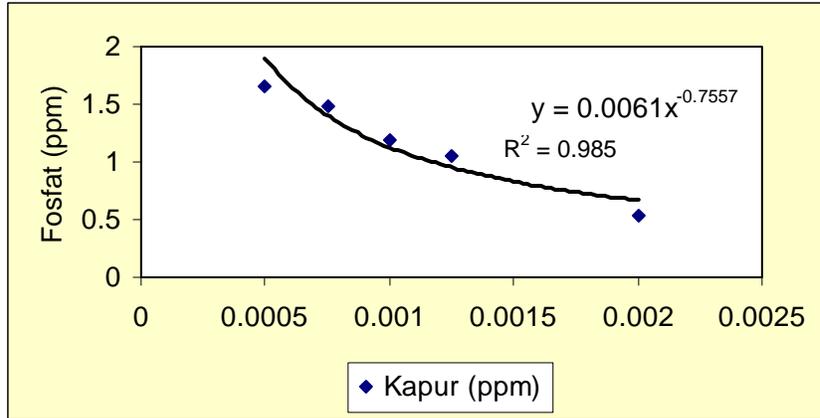
Hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan penambahan larutan kapur dan larutan tawas dapat dilihat pada gambar 3,4,5 dan 6 berikut:



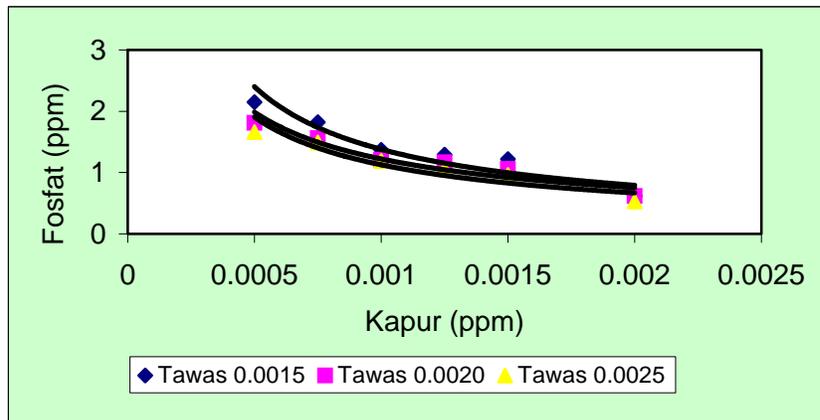
Gambar 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi Pada Penambahan tawas 0.0015 ppm, tawas 0.0020 ppm dan 0.0025 ppm

Selanjutnya limbah hasil perlakuan koagulasi dan flokulasi dilewatkan pada unit filtrasi zeolit diperoleh hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

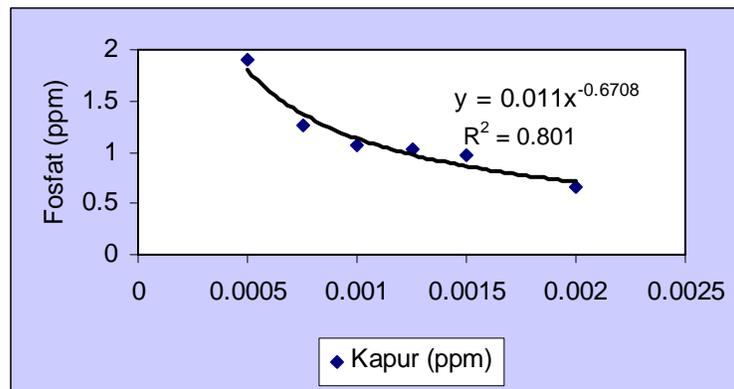
**Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi**

Tawas 0.01 mg/ml Kapur 0.01 mg/ml	0.0015	0.0020	0.0025
0.00050	1.90	1.32	1.18
0.00075	1.26	1.23	1.06
0.00100	1.06	1.01	0.81
0.00125	1.03	1.00	0.70
0.00150	0.98	0.78	0.64
0.00200	0.66	0.30	0.28

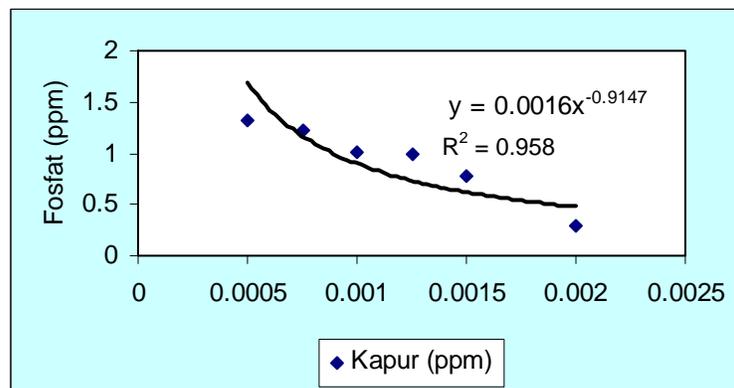
Sumber: Data Primer 2005

Dari tabel 6, terlihat semakin tinggi larutan kapur dan larutan tawas yang ditambahkan, maka kadar fosfat setelah filtrasi zeolit semakin kecil nilai fosfat optimal dicapai pada penambahan larutan kapur 0,1 ppm, 0.0020 ppm, dan tawas 0,1 ppm, 0.0025 ppm.

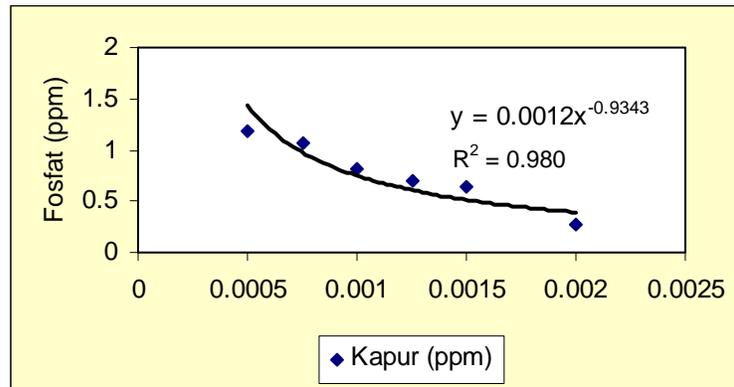
Secara empiris, hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan pembubuhan larutan kapur dan larutan tawas setelah filtrasi zeolit dapat dilihat pada gambar 7, 8, 9 dan 10, berikut:



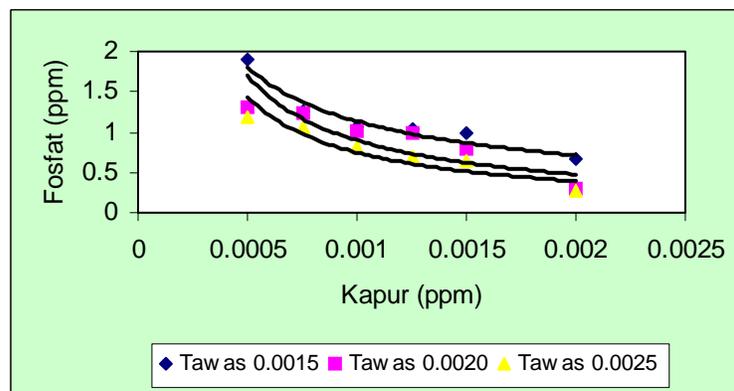
Gambar 7. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 9. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi

#### 4.2. Pembahasan

Limbah cair di lingkungan RS Bethesda Yogyakarta dilakukan pengolahan dengan menggunakan sistem aerob dan anerob. Pada penelitian ini pemakaian dosis kapur, tawas, dan filtrasi zeolit sangat berpengaruh dalam menurunkan kadar Fosfat.

Dari beberapa referensi bahwa keberadaan Fosfat dalam air limbah dapat diturunkan dengan jalan pengendapan secara kimiawi. Senyawa-senyawa Fosfate dapat dihilangkan dengan penambahan bahan koagulan misalnya alum, kapur, ferrichlorida atau ferrous sulfat.

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan kimia sebagai penghilang Fosfat adalah sebagai berikut:

1. Biaya
2. Efektifitas bahan kimia

3. Pertimbangan lumpur yang dihasilkan
4. Kesesuaian dengan proses pengolahan lain
5. Dosis dan perlengkapan untuk pengadukan
6. Efek terhadap lingkungan

Dari beberapa pertimbangan diatas, maka kami pilih kapur dan tawas sebagai bahan koagulan, karena disamping harganya relatif murah, dan mudah didapatkan di pasaran, tapi juga aman terhadap lingkungan.

Perpaduan dari dua jenis koagulan, dengan pertimbangan keduanya akan saling mengkoreksi pH, karena proses pembentukan flok pada proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia seperti kondisi pengadukan, pH, alkalinitas, kekeruhan, suhu.

Pengaruh penambahan kapur akan menaikkan pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk  $\text{CaCO}_3$  sebagai basa. Pembentukan flok akan berjalan baik pada range pH 5,8-7,4 diluar pH tersebut maka pembentukan flok sempurna.

Dari hasil koagulasi / flokulasi pada Tabel 4 terlihat kecenderungan penurunan fosfat yang terjadi sebanding dengan penambahan kapur yang ditunjukkan pada :

Gambar 3 dengan persamaan empiris  $y = 0.0055x^{-0,8047}$

Gambar 4 dengan persamaan empiris  $y = 0.0097x^{-0,6999}$

Gambar 5 dengan persamaan empiris  $y = 0.0061x^{-0,7557}$

Dimana : x = penambahan kapur (ml)

Y = penurunan kadar fosfat (mg/l)

Secara keseluruhan hasil pemeriksaan kadar fosfat dengan koagulasi dan flokulasi pada konsentrasi tawas 0,0015 ppm, 0,0020 ppm, dan 0,0025 ppm ditunjukkan pada Gambar 6.

Limbah cair RS Bethesda yang digunakan sebagai bahan untuk penelitian penurunan kadar fosfat diambil pada Bak Equalisasi dengan pertimbangan limbah tersebut sudah merupakan gabungan dari semua sumber limbah yang dihasilkan. Pada Bak Equalisasi, kualitas dan kuantitas limbahnya serba sama.

Selanjutnya limbah dari Bak Equalisasi dikategorikan sebagai limbah asli, belum melalui perlakuan pengolahan sama sekali. Limbah asli diambil dalam jumlah yang cukup pada jam 09.00 pagi saat fluktuasi kualitas terjadi.

Limbah asli dianalisa di laboratorium dengan parameter pH,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Hasil analisa No lab 56 menunjukkan hasil pH = 7,5 Baku Mutu pH = 6 - 9 memenuhi syarat, sedangkan konsentrasi  $\text{PO}_4^{3-}$  awal = 25,6404 mg/l, tidak memenuhi baku mutu.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap limbah asli tersebut, dimana konsentrasinya fosfatnya melebihi baku mutu yang ditetapkan, maka perlu dilakukan penelitian penurunan kadar fosfat dengan koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan zeolit.

Pada proses koagulasi dan flokulasi kadar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) diharapkan mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan penambahan larutan kapur dan tawas menjadi endapan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$  dan  $\text{Al}(\text{PO}_4) \downarrow$ . Penurunan  $\text{PO}_4$  secara rinci terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 3, 4, 5, dan 6. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula :  $y = 0.0055 x^{-0.8047}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm, formula  $y = 0.0097 x^{-0.6999}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm dan formula  $y = 0.0061 x^{-0.7557}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika dilihat dari uji statistik pendistribusian data dengan uji Kolmogorov Smirnov, diperoleh nilai p value pada masing-masing sampel lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini berdistribusi normal, sedangkan dari uji regresi, diperoleh nilai  $R^2$  semua di atas 0,70, dimana nilai  $R^2$  antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat.

Selanjutnya dicari nilai R dari variasi tawas 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm. Ternyata diperoleh dari data statistik variasi penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang tertinggi dengan nilai  $R = 0,992$ . jadi dapat disimpulkan penurunan kadar fosfat pada penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang paling efektif.

Pada penurunan fosfat yang dilakukan dengan filtrasi zeolit setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi terlihat kadar fosfat cenderung mengalami penurunan lagi. Diharapkan pada proses filtrasi ini terjadi pemisahan yang lebih sempurna dari flocculant terhadap cairannya. Semua flok yang terbentuk tidak ada lagi yang terikat pada cairan limbah terolah.

Hasil penurunan dengan filtrasi zeolit secara keseluruhan terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 7, 8, 9 dan 10. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula  $y = 0.011 x^{-0.6708}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm; formula  $y = 0.0016 x^{-0.9147}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm, dan formula  $y = 0.0012 x^{-0.9343}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika ditinjau dari uji statistik, maka diperoleh hasil dari masing-masing variasi tawas, 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm, nilai P semua variasi di atas 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini terdistribusi normal, sedangkan dari uji korelasi atau uji kekuatan hubungan antara dua variabel diperoleh nilai  $R^2$  di atas 0,70 dimana nilai R antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat paling efektif.

Dari hasil analisa data setelah filtrasi, didapat nilai  $R^2$  tertinggi, yaitu 0,990 pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar fosfat pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm setelah filtrasi adalah yang paling efektif.

### 4.3. Analisa Data

**Tabel 7. Hasil Analisis Regresi Sebelum Filtrasi**

No.	Tawas	R <sup>2</sup>	F hitung	F tabel (df1 = 1; df2 = 4)	Keterangan
1	0.0015 ppm	0,951	78,271	7,7086	95,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,961	99,735	7,7086	96,1% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,985	260,795	7,7086	98,5% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,5% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat.

**Tabel 8. Hasil Analisis Regresi Setelah Filtrasi**

No.	Tawas	R <sup>2</sup>	F hitung	F tabel (df1 = 1; df2 = 4)	Keterangan
1	0.0015 ppm	0,801	16,061	7,7086	80,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,958	90,394	7,7086	95,8% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,980	193,784	7,7086	98,0% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,0% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.3. Hasil Penelitian dan Analisis Hasil

Penelitian mengenai efektifitas dosis dengan menggunakan campuran kapur tohor [Ca(OH)<sub>2</sub>] dan tawas [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] serta filtrasi zeolit terhadap penurunan kadar Fosfat air limbah

RS Bethesda Yogyakarta telah dilaksanakan pada tanggal 15 Agustus 2005. Sampel diambil di bak equalisasi dengan tujuan untuk mencari kadar Fosfat yang mewakili seluruh aliran limbah cair. Sedangkan waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 09.00 Wib, berdasarkan pemeriksaan kadar Fosfate selama 24 jam pada inlet dan pada bak kontak. Karena pada jam tersebut kadar Fosfat limbah cair RS Bethesda Yogyakarta pada bak equalisasi adalah yang tertinggi. Hasil pengukuran kadar limbah RS Bethesda pada bak equalisasi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4, berikut:

**Tabel 4. Keadaan Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Sebelum Pengolahan (Asli)**

No.	Parameter	Satuan	No.Lab / Hasil Analisa	Keterangan
			56	
1	pH	-	7.5	
2	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	25.6404	

Sumber: Data Primer 2005

Dari hasil pengukuran diatas, maka parameter PO<sub>4</sub><sup>-</sup> melebihi yang ditentukan. Selanjutnya limbah yang diambil di bak equalisasi tersebut dilakukan pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5, berikut:

**Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta**

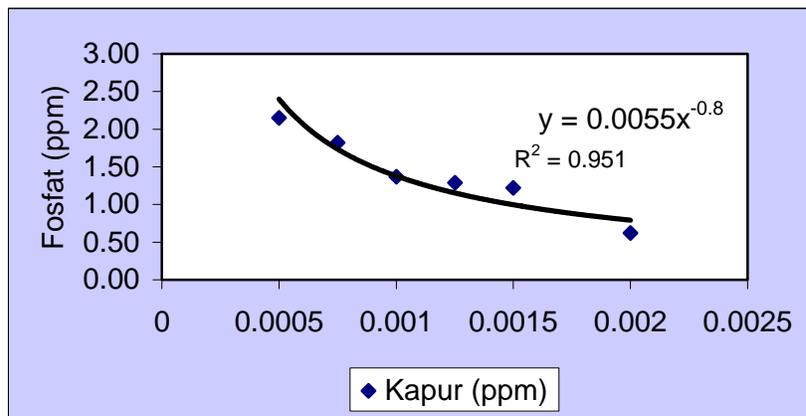
Setelah Koagulasi/Flokulasi

<i>Kapur (ppm)</i>	Tawas (ppm)	0.0015	0.0020	0.0025
0.00050		2.15	1.81	1.66
0.00075		1.82	1.56	1.49
0.00100		1.37	1.21	1.19
0.00125		1.29	1.17	1.06
0.00150		1.22	1.06	0.96
0.00200		0.62	0.62	0.53

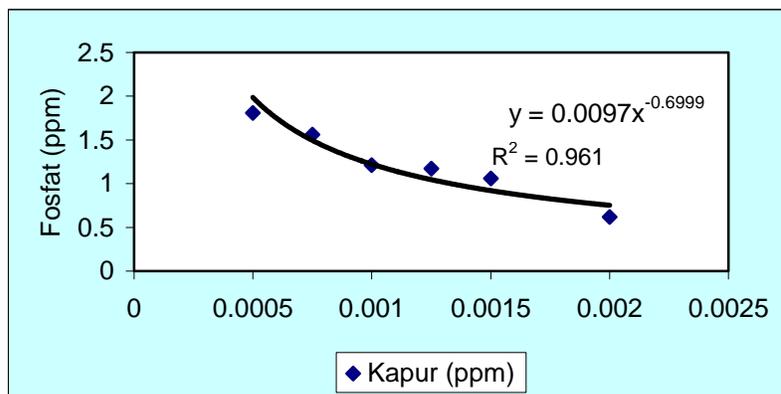
Sumber: Data Primer 2005

Pada tabel 5 terlihat semakin tinggi larutan tawas 0,1 ppm dan larutan kapur 0,1 ppm yang ditambahkan, maka kadar fosfat semakin menurun. Pada penambahan larutan kapur 0.0020 ppm dan tawas 0.0025 ppm memberikan hasil fosfat terbaik yaitu sebesar 0,53 mg/l.

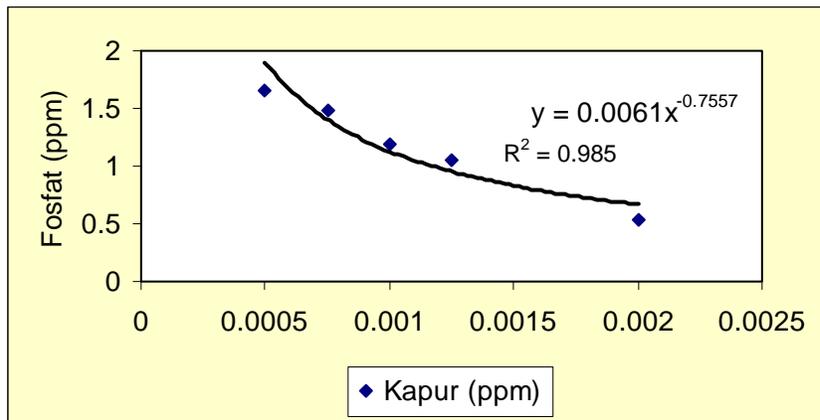
Hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan penambahan larutan kapur dan larutan tawas dapat dilihat pada gambar 3,4,5 dan 6 berikut:



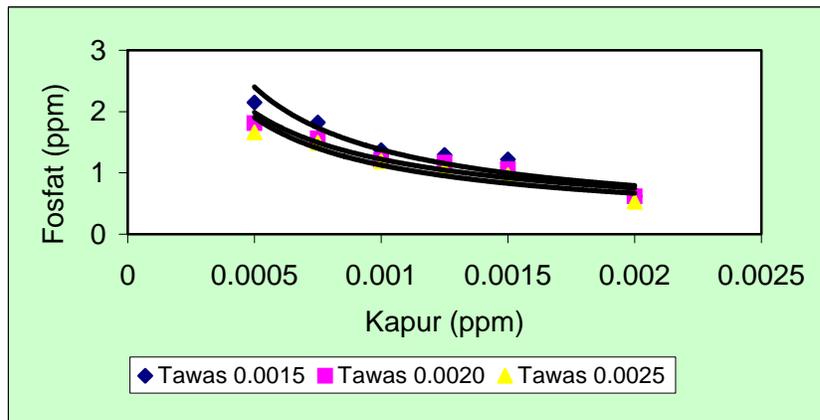
Gambar 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi Pada Penambahan tawas 0.0015 ppm, tawas 0.0020 ppm dan 0.0025 ppm

Selanjutnya limbah hasil perlakuan koagulasi dan flokulasi dilewatkan pada unit filtrasi zeolit diperoleh hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

**Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi**

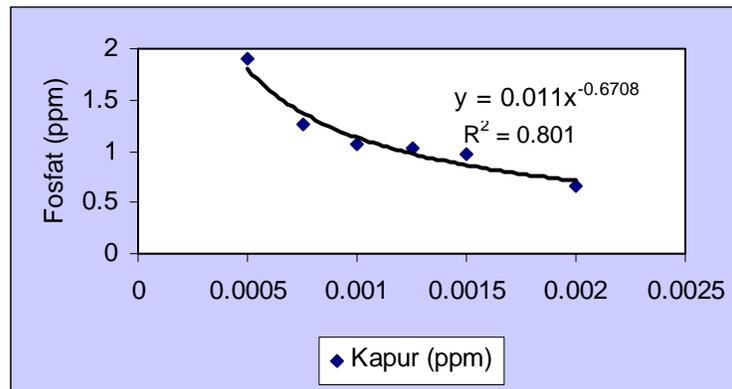
Kapur 0.01 mg/ml \ Tawas 0.01 mg/ml	0.0015	0.0020	0.0025
	0.00050	1.90	1.32
0.00075	1.26	1.23	1.06
0.00100	1.06	1.01	0.81
0.00125	1.03	1.00	0.70

0.00150	0.98	0.78	0.64
0.00200	0.66	0.30	0.28

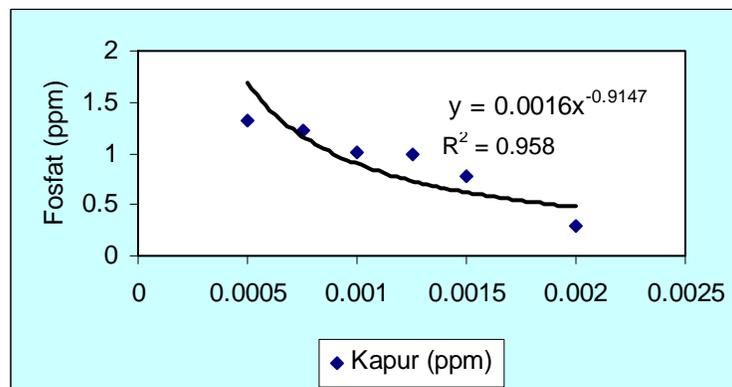
Sumber: Data Primer 2005

Dari tabel 6, terlihat semakin tinggi larutan kapur dan larutan tawas yang ditambahkan, maka kadar fosfat setelah filtrasi zeolit semakin kecil nilai fosfat optimal dicapai pada penambahan larutan kapur 0,1 ppm, 0.0020 ppm, dan tawas 0,1 ppm, 0.0025 ppm.

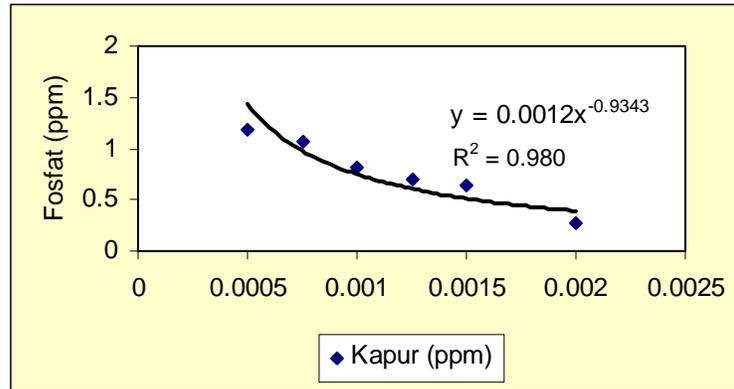
Secara empiris, hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan pembubuhan larutan kapur dan larutan tawas setelah filtrasi zeolit dapat dilihat pada gambar 7, 8, 9 dan 10, berikut:



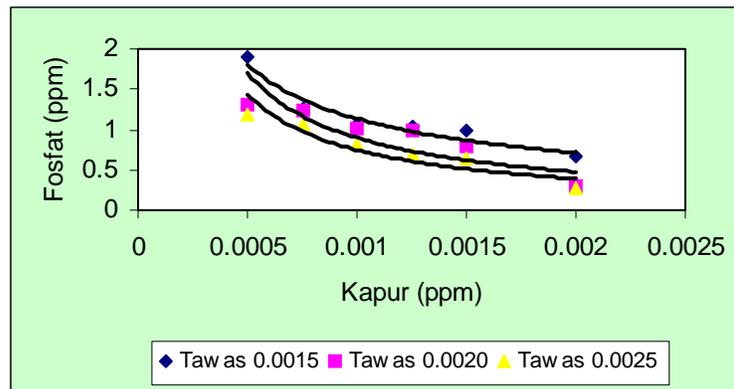
Gambar 7. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 9. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi

#### 4.4. Pembahasan

Limbah cair di lingkungan RS Bethesda Yogyakarta dilakukan pengolahan dengan menggunakan sistem aerob dan anerob. Pada penelitian ini pemakaian dosis kapur, tawas, dan filtrasi zeolit sangat berpengaruh dalam menurunkan kadar Fosfat.

Dari beberapa referensi bahwa keberadaan Fosfat dalam air limbah dapat diturunkan dengan jalan pengendapan secara kimiawi. Senyawa-senyawa Fosfate dapat dihilangkan dengan penambahan bahan koagulan misalnya alum, kapur, ferrichlorida atau ferrous sulfat.

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan kimia sebagai penghilang Fosfat adalah sebagai berikut:

1. Biaya
2. Efektifitas bahan kimia
3. Pertimbangan lumpur yang dihasilkan
4. Kesesuaian dengan proses pengolahan lain
5. Dosis dan perlengkapan untuk pengadukan
6. Efek terhadap lingkungan

Dari beberapa pertimbangan diatas, maka kami pilih kapur dan tawas sebagai bahan koagulan, karena disamping harganya relatif murah, dan mudah didapatkan di pasaran, tapi juga aman terhadap lingkungan.

Perpaduan dari dua jenis koagulan, dengan pertimbangan keduanya akan saling mengkoreksi pH, karena proses pembentukan flok pada proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia seperti kondisi pengadukan, pH, alkalinitas, kekeruhan, suhu.

Pengaruh penambahan kapur akan menaikkan pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk  $\text{CaCO}_3$  sebagai basa. Pembentukan flok akan berjalan baik pada range pH 5,8-7,4 diluar pH tersebut maka pembentukan flok sempurna.

Dari hasil koagulasi / flokulasi pada Tabel 4 terlihat kecenderungan penurunan fosfat yang terjadi sebanding dengan penambahan kapur yang ditunjukkan pada :

Gambar 3 dengan persamaan empiris  $y = 0.0055x^{-0,8047}$

Gambar 4 dengan persamaan empiris  $y = 0.0097x^{-0,6999}$

Gambar 5 dengan persamaan empiris  $y = 0.0061x^{-0,7557}$

Dimana : x = penambahan kapur (ml)

Y = penurunan kadar fosfat (mg/l)

Secara keseluruhan hasil pemeriksaan kadar fosfat dengan koagulasi dan flokulasi pada konsentrasi tawas 0,0015 ppm, 0,0020 ppm, dan 0,0025 ppm ditunjukkan pada Gambar 6.

Limbah cair RS Bethesda yang digunakan sebagai bahan untuk penelitian penurunan kadar fosfat diambil pada Bak Equalisasi dengan pertimbangan limbah tersebut sudah merupakan gabungan dari semua sumber limbah yang dihasilkan. Pada Bak Equalisasi, kualitas dan kuantitas limbahnya serba sama.

Selanjutnya limbah dari Bak Equalisasi dikategorikan sebagai limbah asli, belum melalui perlakuan pengolahan sama sekali. Limbah asli diambil dalam jumlah yang cukup pada jam 09.00 pagi saat fluktuasi kualitas terjadi.

Limbah asli dianalisa di laboratorium dengan parameter pH,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Hasil analisa No lab 56 menunjukkan hasil pH = 7,5 Baku Mutu pH = 6 - 9 memenuhi syarat, sedangkan konsentrasi  $\text{PO}_4^{3-}$  awal = 25,6404 mg/l, tidak memenuhi baku mutu.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap limbah asli tersebut, dimana konsentrasinya fosfatnya melebihi baku mutu yang ditetapkan, maka perlu dilakukan penelitian penurunan kadar fosfat dengan koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan zeolit.

Pada proses koagulasi dan flokulasi kadar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) diharapkan mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan penambahan larutan kapur dan tawas menjadi endapan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$  dan  $\text{Al}(\text{PO}_4) \downarrow$ . Penurunan  $\text{PO}_4$  secara rinci terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 3, 4, 5, dan 6. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula :  $y = 0.0055 x^{-0.8047}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm, formula  $y = 0.0097 x^{-0.6999}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm dan formula  $y = 0.0061 x^{-0.7557}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika dilihat dari uji statistik pendistribusian data dengan uji Kolmogorov Smirnov, diperoleh nilai p value pada masing-masing sampel lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini berdistribusi normal, sedangkan dari uji regresi, diperoleh nilai  $R^2$  semua di atas 0,70, dimana nilai  $R^2$  antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat.

Selanjutnya dicari nilai R dari variasi tawas 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm. Ternyata diperoleh dari data statistik variasi penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang tertinggi dengan nilai  $R = 0,992$ . Jadi dapat disimpulkan penurunan kadar fosfat pada penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang paling efektif.

Pada penurunan fosfat yang dilakukan dengan filtrasi zeolit setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi terlihat kadar fosfat cenderung mengalami penurunan lagi. Diharapkan pada proses filtrasi ini terjadi pemisahan yang lebih sempurna dari flocculant terhadap cairannya. Semua flok yang terbentuk tidak ada lagi yang terikat pada cairan limbah terolah.

Hasil penurunan dengan filtrasi zeolit secara keseluruhan terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 7, 8, 9 dan 10. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula  $y = 0.011 x^{-0.6708}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm; formula  $y = 0.0016 x^{-0.9147}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm, dan formula  $y = 0.0012 x^{-0.9343}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika ditinjau dari uji statistik, maka diperoleh hasil dari masing-masing variasi tawas, 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm, nilai P semua variasi di atas 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini terdistribusi normal, sedangkan dari uji korelasi atau uji kekuatan hubungan antara dua variabel diperoleh nilai  $R^2$  di atas 0,70 dimana nilai R antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat paling efektif.

Dari hasil analisa data setelah filtrasi, didapat nilai  $R^2$  tertinggi, yaitu 0,990 pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar

fosfat pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm setelah filtrasi adalah yang paling efektif.

#### 4.3. Analisa Data

**Tabel 7. Hasil Analisis Regresi Sebelum Filtrasi**

No.	Tawas	R <sup>2</sup>	F hitung	F tabel (df1 = 1; df2 = 4)	Keterangan
1	0.0015 ppm	0,951	78,271	7,7086	95,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,961	99,735	7,7086	96,1% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,985	260,795	7,7086	98,5% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,5% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat.

**Tabel 8. Hasil Analisis Regresi Setelah Filtrasi**

No.	Tawas	R <sup>2</sup>	F hitung	F tabel (df1 = 1; df2 = 4)	Keterangan
1	0.0015 ppm	0,801	16,061	7,7086	80,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,958	90,394	7,7086	95,8% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,980	193,784	7,7086	98,0% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,0% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Larutan kapur dan larutan tawas efektif menurunkan kadar fosfat dalam limbah cair RS Bethesda dengan prosentase 97,92 %.
2. Efektifitas penurunan kadar fosfat limbah cair RS Bethesda dengan penambahan larutan kapur dan larutan tawas dapat dinyatakan dengan rumus empiris  $y=0,0061 x - 0,7557$  diperoleh pada konsentrasi larutan kapur 0,0020 ppm dan konsentrasi larutan tawas 0,0025 ppm.

### 5.2. Saran

1. Bagi peneliti lain

Untuk dapat meneliti penurunan kadar fosfat dengan menggunakan metode yang lain, kemurnian bahan dan ketelitian alat sangat mempengaruhi hasil penelitian selanjutnya.

2. Terhadap RS Bethesda

Supaya memilih detergen yang digunakan dengan kadar fosfat rendah. Perlu melakukan pemeriksaan kadar fosfat secara berulang-ulang, agar penambahan koagulan dapat dilakukan setepat mungkin.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Rumah Sakit

Rumah Sakit adalah integrasi organisasi sosial dan kesehatan yang berfungsi melayani masyarakat dengan pelayanan kesehatan secara menyeluruh baik kuratif maupun preventif serta pelayanan penderita berobat jalan mencakup lingkungan keluarga, disamping juga merupakan pusat latihan tenaga kesehatan dan tempat untuk mengadakan pelatihan medis.

Rumah sakit merupakan bagian integral dari pelayanan kesehatan secara menyeluruh, sering dikenal sebagai bentuk pelayanan yang berorientasi pada pelayanan kuratif saja, tetapi untuk mencapai tujuan pembangunan bidang kesehatan, maka rumah sakit diharapkan berangsur akan berkembang kearah pelayanan kesehatan paripurna yang mencakup upaya peningkatan, pencegahan, pengobatan dan pelayanan kesehatan.

Rumah sakit akan menghasilkan limbah yang bersifat infeksius, toxic dan radioaktif dalam melakukan kegiatannya sehingga perlu adanya upaya penyehatan lingkungan rumah sakit. Tujuannya untuk melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan yang bersumber dari bahan buangan atau limbah rumah sakit serta mencegah meningkatnya infeksi nosokomial di lingkungan rumah sakit. Salah satu upaya penyehatan lingkungan rumah sakit tersebut adalah peraturan pemerintah tentang adanya suatu satuan kerja yang bertanggungjawab terhadap penyehatan lingkungan rumah sakit yaitu Instalasi Sanitasi melalui SK Menkes No. 548/Menkes/VI/1994 tanggal 13 Juni 1994.

Pada tahun 1899 dr.J.G.Scheurer mendirikan Rumah Sakit Petronella di kampung Gondokusuman, dengan kapasitas awal 150 tempat tidur dan dikelola sepenuhnya oleh gereja-gereja Gereformed di Amsterdam. Rumah Sakit Petronella disebut juga sebagai rumah sakit Dokter Tulung/Pitulung karena tidak memungut biaya perawatan rumah sakit. Ketika menerima subsidi dari pemerintah, Rumah Sakit Petronellapun bernama resmi *Het Zendingsziekenhuis Petronella Voor on en minvermogenden* (Rumah Sakit Petronella untuk orang-orang yang kurang dan tidak mampu).

dr.Scheurer kembali ke Belanda pada tahun 1906 dan kepemimpinan RS Petronella selama 36 tahun berikutnya dibagi rata oleh tiga orang dokter, yaitu dr. Pruys, dr. J. Offringa dan dr. K.P.Groot. Dalam kurun waktu 1924-1925, semasa kepemimpinan dr.J.Offringa, kapasitas rmah sakit yang semula 150 tempat tidur ditingkatkan menjadi 475 tempat tidur.

Sewaktu terjadi perang antara Sekutu dan Jepang, pasien-pasien Petronella dipindahkan ke rumah sakit darurat di Pingit (sekarang asrama Polisi) dan Rumah Sakit Petronella dipindahkan kembali ke Gondokusuman dan berganti nama menjadi Jogjakarta Tjuo Bjoin (Rumah Sakit Pusat Yogyakarta) dan dipimpin oleh orang Jepang. Setelah proklamasi kemerdekaan, Rumah Sakit Jogjakarta Tjuo Bjoin direbut dari Jepang dan berganti nama menjadi Rumah Sakit Pusat, dengan dr. Lucas Gerard Johannes Samallo sebagai dokter pertama berbangsa Indonesia yang memimpinya. Supaya umum mengetahuinya bahwa Rumah Sakit Kristen, maka berdasarkan hasil rapat Dewan Pimpinan YAKKUM (Yayasan Kristen Untuk Kesehatan Umum) selaku pengawas yang berpusat di Surakarta, tanggal 28 Juni 1949, rumah sakit secara resmi berdiri dan beroperasi di Yogyakarta dengan nama **Rumah Sakit Bethesda**.

### **Lokasi**

Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta terletak pada sebidang tanah yang mempunyai luas 61.935 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan mencapai 25.412 m<sup>2</sup> dan tanah kosong dalam kompleks 36.423 m<sup>2</sup>.

Rumah Sakit Bethesda terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta tepatnya di jalan Jenderal Sudirman No. 70, Kotamadya Yogyakarta, dengan batas-batas:

- Utara : Jalan Jenderal Sudirman
- Selatan : Universitas Kristen Duta Wacana dan Komplek DKT
- Timur : Jalan Dr. Wahidin
- Barat : Jalan Johar Norhadi

### **Struktur Organisasi Rumah Sakit Bethesda**

Struktur organisasi RS Bethesda Yogyakarta sesuai dengan Surat Keputusan Dewan Pimpinan Yayasan Kristen Untuk Kesehatan Umum (DP-YAKKUM) No. 1714 / K.uk RS BETH /1996 tanggal 23 Maret 1996 dan kemudian diberlakukan di RS Bethesda dengan Surat Keputusan Direktur No.3880/K.966/1997 tanggal 22 Juli 1997 tentang organisasi dan tata kerja RS Bethesda Yogyakarta yang terdiri dari:

- Direktur
- Wakil Direktur Pelayanan Medik
- Wakil Direktur Penunjang Medik
- Wakil Direktur Keuangan
- Wakil Direktur Personalia dan Umum
- Bidang Satuan Pengawasan Intern
- Bidang Sekretariat

- Bidang Perencanaan, Penelitian dan Pengembangan
- Bidang Pelayanan Keluarga Berencana RS Bethesda
- Bidang Sosial Pastoral
- Bidang usaha Peningkatan Kesehatan Masyarakat (UPKM)
- Bidang Pendidikan SPK dan Bidan
- Bidang Pelayanan Kesehatan (YANKES) Lempuyangwangi

### **Bahan Polutan Rumah Sakit Bethesda**

Bahan polutan yang ada dapat diamati dengan jelas dari setiap kegiatan yang dilakukan RS Bethesda Yogyakarta. Bahan polutan yang ada merupakan hasil dari berbagai aktivitas yang menimbulkan dampak dan kemungkinan bahan polutan yang ada antara lain:

4. Limbah cair berupa:
  - Darah, alkohol, asam sulfat (merupakan specimen laboratorium).
  - Air buangan dari kamar mandi, WC, dan wastafel.
  - Kotoran lemak
  - Deterjen
5. Limbah padat berupa:
  - Specimen laboratorium padatan
  - Perban/kasa
  - Spet suntikan
  - Kapas darah
  - Sisa makanan
  - Kertas
  - Plastik
  - Kaca
  - Sisa amputasi
  - Sisa persalinan
  - Sisa operasi
  - Sisa outopsi
  - Sisa insenerasi
6. Limbah gas berupa:
  - Gas dari sisa pembakaran di Instalasi Gizi
  - Asap dari pembakaran di Instalasi Incenerator
  - Uap air atau kondensat dari Instalasi Laundry

## Utilitas

### **5. Pengadaan Air**

Air bersih merupakan kebutuhan mutlak yang tidak dapat dilepaskan dari kegiatan setiap rumah sakit dimanapun juga. Mengingat bahwa rumah sakit merupakan tempat tindakan pelayanan dan perawatan orang sakit, maka kualitas dan kuantitas air yang digunakan untuk kebutuhan rumah sakit harus selalu dipertahankan agar tidak dapat mengakibatkan sumber infeksi baru bagi penderita, pengunjung dan karyawan.

Jumlah dari kebutuhan air bersih untuk RS Bethesda diperkirakan  $\pm 875 \text{ m}^3$  per harinya, untuk itu pihak RS Bethesda menggunakan 5 (lima) buah pompa dengan daya 10 pk dan 7,5 pk, yang diletakkan di dalam sumur berkedalaman 30 sampai 40 meter, dengan sistem otomatis. Yang kemudian di pompa water tower yang berjumlah 2 buah.

### **6. Pengadaan Listrik**

Pencahayaan atau listrik digunakan di semua ruangan yang ada, baik untuk bekerja maupun untuk penyimpanan barang atau peralatan elektronik, demikian juga untuk ruang tidur pasien atau bangsal, taman dan untuk pelayanan penerangan umum lainnya.

Pengadaan listrik di RS Bethesda berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 5500 kVa. Selain menggunakan sumber listrik PLN, RS Bethesda juga menggunakan 2 buah genset yang mempunyai daya 500 kVa dan 375 kVa. Genset beroperasi secara otomatis apabila suplai listrik dari PLN tidak berjalan atau padam.

### **7. Pengadaan Transportasi**

Pengadaan mobil operasional terdiri dari:

- Mobil ambulance : 4 buah
- Mobil jenazah : 1 buah
- Mobil kijang : 3 buah
- Mikrobus : 2 buah
- Minibus : 1 buah
- Sedan : 2 buah
- Open Cup : 1 buah

Dengan tenaga sopir 11 orang

### **8. Fasilitas Pemadam Kebakaran**

Pengadaan fasilitas untuk pemadam kebakaran berupa:

- a. Hydrant, yang ditempatkan di 16 titik yang dianggap dapat mewakili seluruh areal bangunan RS Bethesda.
- b. Tabung pemadam kebakaran sejumlah 64 buah  
Pihak RS Bethesda juga bekerjasama dengan Dinas Pemadam Kebakaran Kodya dan KODAM IV/Diponegoro.

### **2.1.1. Pengertian Limbah Cair Rumah Sakit**

Limbah cair rumah sakit merupakan limbah cair dari semua sumber pembuangan misalnya kloset, kamar mandi, tempat pencucian pakaian, dapur, ruang bedah dan ruang lain dalam bangunan kecuali limbah cair radiologi.

Limbah cair rumah sakit adalah limbah cair yang berasal dari rumah sakit baik yang berasal dari dapur, ruang laboratorium, ruang pasien, ruang operasi dan lainnya. Limbah tersebut dapat berupa sisa darah, urine, tinja, sisa obat, sisa bahan kimia/radiologi, air bekas pencucian dan lain-lain. Macam jumlah dan kadar zat pencemar yang dihasilkan dari setiap sumber tersebut bervariasi tergantung kegiatan/aktivitasnya dan bahan yang digunakan.

### **2.1.2. Klasifikasi Rumah Sakit**

Secara umum industri rumah sakit dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu;

3. Berdasarkan status kepemilikan /pengelolaan
  - a. Rumah Sakit Negeri/ Pemerintah, yang dikelola oleh Depkes dan merupakan milik pemerintah (pusat atau daerah), Departemen Hankam dan BUMN.
  - b. Rumah Sakit Swasta, yang dikelola oleh yayasan.
4. Berdasarkan macam/jenis penyakit yang ditangani
  - a. Rumah Sakit Umum (RSU), yang menangani hampir semua penyakit/memberikan pelayanan kesehatan yang bersifat dasar, spesialisik dan subspecialistik.
  - b. Rumah Sakit khusus, yang menangani hanya 1 (satu) atau beberapa jenis penyakit tertentu.

RSU masih dibagi lagi menjadi beberapa type/kelas RSUP (RSU Pemerintah) dapat diklasifikasikan menjadi RSU type A, B, C dan D. Sedangkan RSU Swasta dibagi atas Kelas Utama, Madya, dan Pratama. Benang merah yang menghubungkan RSUP DAN RSU Swasta adalah paralelisasi antara Type B dan Kelas Utama, Type C dan Kelas Madya serta Type D dan Kelas Pratama. Sedangkan Rumah Sakit Bethesda tergolong RSU Kelas Utama.

Keputusan Menkes RI No. 983/SK/Menkes/XI/92 menyebutkan bahwa RSU Type A adalah RSU yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis spesialisik luas dan

subspesialistik luas. RSUD Type B atau Kelas Utama adalah RSUD yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis sekurang-kurangnya 11 spesialisik dan subspesialistik terbatas. RSUD Type C atau Kelas Madya adalah RSUD yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis spesialisik dasar. Terakhir RSUD Type D atau Kelas Pratama adalah RSUD yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medis dasar.

### **2.1.3. Sumber Limbah Cair Rumah Sakit**

Dalam melakukan kegiatan pelayanan kesehatan rumah sakit akan menghasilkan limbah cair. Untuk mengetahui jenis limbah yang dihasilkan yang digunakan sebagai dasar cara pengolahannya maka perlu diketahui sumber-sumber yang menghasilkan limbah rumah sakit.

Sumber-sumber limbah rumah sakit meliputi:

14. Ruang Perawatan berasal dari: Kamar mandi, wastafel, *Spoelhock*, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang *exudat* pasien, *floor drain*, *pantry*.
15. Ruang Rawat Jalan: Kamar mandi, Wastafel, *Spoelhock*, urinoir, tempat cuci instrumen medik.
16. Ruang Rawat Darurat: Kamar mandi, Wastafel, *Spoelhock*, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang *exudat* pasien, *floor drain*, *pantry*.
17. Ruang Operasi: Kamar mandi, Wastafel, *Spoelhock*, urinoir, tempat cuci instrumen medik, tempat buang *exudat* pasien, *floor drain*, *pantry*.
18. Instalasi Laboratorium Klinik/Patologi Anatomi: Kamar mandi, tempat cuci *preparat*.
19. Ruang Dapur: Kamar mandi, tempat cuci sayur/buah, tempat cuci beras, tempat cuci alat-alat dapur.
20. Ruang *Laundry*: tempat rendaman linen kotor, buangan dari pembilas mesin cuci, buangan pembilas air panas.
21. Unit Radiologi: wastafel, kamar mandi, tempat cuci film.
22. Ruang Haemodialisa: Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci instrumen medik.
23. Ruang Kamar Jenazah/Autopsi: Kamar mandi, Wastafel, tempat pembedahan mayat/autopsi, tempat mencuci jenazah, tempat cuci instrumen medik.
24. Fasilitas Sosial (Kafetaria, Masjid): Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci perabot makan, tempat wudlu, *urinoir*.
25. Pemukiman (Rumah Dinas, Asrama): Kamar mandi, Wastafel, tempat cuci perabot makan.
26. Unit Perkantoran/Perpustakaan: Kamar mandi, Wastafel, *urinoir*.

#### **Sumber Penghasil Limbah RS Bethesda**

Limbah rumah sakit adalah semua air buangan yang berasal dari aktivitas instalasi- instalasi rumah sakit yang kemungkinan besar mengandung mikroorganisma, parasit, bahan kimia beracun dan radio aktif. Adapun sumber-sumbernya adalah sebagai berikut:

5. Limbah cair alur barat

Limbah cair dari alur barat lebih didominasi oleh air buangan yang berasal dari ruang-ruang rawat inap (kamar mandi/WC, wastafel) dan di tambah buangan dari asrama putra AKPER RS Bethesda, yang disalurkan melalui assenering baik assenering DKP maupun assenering pihak RS Bethesda sendiri menuju instalasi pengolahan air limbah. Air limbah ini mengalir secara gravitasi dengan 13 bak kontrol di titik-titik tertentu guna mengawasi lancar tidaknya aliran.

6. Limbah cair alur timur

Limbah cair alur timur memiliki karakteristik pencemar yang lebih kompleks, karena seluruh kegiatan RS Bethesda yang berada di bagian timur seperti ruang rawat inap, kantor, ruang farmasi, laboratorium, ruang radiologi dan lain-lain yang menghasilkan limbah, menyalurkan air buangannya ke saluran assenering alur timur baik secara gravitasi maupun dengan bantuan pompa.

7. Instalasi gizi (dapur)

Kegiatan instalasi gizi yaitu melayani kebutuhan makanan pasien maupun karyawan sehingga dari kegiatan ini juga dihasilkan limbah cair, yang mengandung minyak, lemak dan detergen untuk kemudian diolah secara bertingkat.

8. Laundry

Laundry juga merupakan salah satu instalasi penting yang umum dimiliki oleh setiap rumah sakit tidak terkecuali RS Bethesda. Dari laundry ini dihasilkan limbah cair dengan kandungan detergen yang tinggi sehingga memiliki pH dan suhu yang tinggi.

#### **2.1.4. Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit**

Air limbah pada intinya dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu sifat fisik, kimia dan biologis.

d. Sifat Fisik

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah dilihat. Adapun sifat fisik yang penting adalah kandungan zat padat sebagai efek estetika, kejernihan, bau, warna dan temperatur.

Komposisi limbah cair rumah sakit sebagian besar terdiri dari 99,9 % dan sisanya terdiri dari partikel-partikel tidak terlarut 0,1 %. Partikel-partikel padat terdiri dari zat organik 70 % dan anorganik 30 %. Zat organik terdiri dari 65 % protein, 25 % karbohidrat dan 10 % lemak. Zat organik tersebut sebagian besar mudah terurai (*degradabel*) yang merupakan sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme yang lainnya.

e. Sifat Kimia

Sifat kimia dalam air limbah dapat diketahui dengan adanya zat kimia air buangan. Adapun zat kimia yang penting dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan Organik

Air limbah dengan pengotoran sedang, maka sekitar 75 % dari benda-benda tercampur dan 40 % dari zat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik, yang dijumpai dalam air limbah bersisakan 40-60 % adalah protein, 25-50 % berupa karbohidrat serta 10 % lainnya berupa lemak.

2. Bahan Anorganik

Sedangkan zat organik yang penting peranannya di dalam mengontrol air limbah adalah:

- pH
- Kadar Klor
- Alkalinitas
- Kadar Sulfur
- Zat beracun
- Logam berat seperti: Ni, Mg, Pb, Cr, Cd, Zn, Cu, Fe dan Hg
- Metan
- Hidrogen
- Fosfor
- Gas seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$

f. Sifat Bakteriologis

*Sifat bakteriologis pada air buangan perlu diketahui untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. Mikroorganisme yang penting dalam air limbah dan air permukaan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:*

1. Protista, meliputi: bakteri, jamur, protozoa dan algae
2. Binatang dan tanaman

Dari klasifikasi tersebut diatas, protozoa dan algae sangat penting di dalam proses dekomposisi atau stabilisasi bahan-bahan organik

## **2.1.5. Unit-unit Pengolahan Air Limbah RS Bethesda**

### **11. Instalasi penampung awal**

Instalasi penampung awal berfungsi untuk menampung keseluruhan limbah dari RS Bethesda yang berasal dari cucian, dapur mauun rawat inap.

### **12. Bak ekualisasi**

Bak ekualisasi berfungsi untuk mencampur limbah dari berbagai sumber sehingga menjadi limbah yang homogen dengan waktu tinggal 27 jam.

### **13. Instalasi anaerob biofilter**

Instalasi anaerob biofilter berfungsi untuk menguraikan senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan bantuan bakteri yang ada pada biofilter. Waktu tinggal dalam bak ini 16 jam.

### **14. Instalasi aerob**

Instalasi aerob berfungsi untuk menguraikan senyawa-senyawa kompleks yang lolos dari pengolahan sebelumnya menjadi senyawa yang lebih sederhana, pada proses ini penambahan oksigen dilakukan dengan bantuan blower. Waktu tinggal dalam bak 8 jam.

### **15. Instalasi pengendapan (settling)**

Instalasi pengendapan (settling) berfungsi untuk memberi kesempatan lumpur agar mengendap. Waktu tinggal dalam bak pengendapan 7 jam.

### **16. Instalasi penampung hasil**

Instalasi penampung hasil berfungsi untuk menampung limbah yang telah mengalami pengolahan (limbah terolah). Limbah ini dipompakan ke instalasi sand filter dan sebelumnya dilakukan disinfeksi dengan memberikan kaporit melalui sistem injeksi/suntikan dengan tujuan membunuh bakteri patogen. Waktu tinggal dalam bak 7 jam.

### **17. Instalasi sand filter**

Instalasi sand filter berfungsi untuk menyaring limbah sehingga diperoleh kualitas yang lebih baik lagi.

### **18. Instalasi fish pond**

Instalasi fish pond atau kolam ikan berfungsi untuk tempat penampungan limbah terolah yang telah tersaring di sand filter. Kolam ikan ini dilengkapi dengan pancuran air.

### **19. Instalasi digester dan biogas**

Instalasi digester dan biogas berfungsi untuk menampung semua lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah.

### **20. Instalasi pengering lumpur (drying bed)**

Instalasi pengering lumpur berfungsi untuk menampung endapan lumpur dari digester untuk dikeringkan.

## **2.2. Fosfat**

Fosfat berada dalam air limbah dalam bentuk organik. Sebagai *orthophosfat anorganik* atau sebagai fosfat-fosfat kompleks. Fosfat kompleks mewakili kira-kira separuh dari fosfat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Fosfat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Dari konsentrasi rata-rata fosfor keseluruhan sebanyak 10 mg/l berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10 % dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10 % hingga 20 % lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70 % dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder.

Bentuk-bentuk penting fosfat dalam air limbah adalah fosfor organik, polyphosfat dan orthophosfat. Polyphosfat banyak digunakan dalam pembuatan detergen sintetis.

Komponen fosfat dipergunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dan adanya fosfat dalam air limbah dapat menghambat penguraian pada proses biologis.

Sedangkan menurut Juli Sumirat, detergen dapat mempermudah absorpsi racun pada ikan melalui insang dan bersifat persisten sehingga terjadi akumulasi.

Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk, yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan aliran air hujan. Poliphosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan detergen yang mengandung fosfat seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai macam jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti karat dan anti kerak pada pemanas air (boiler).

Bila kadar fosfat pada air alam sangat rendah (<0,01 mg/l), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan "oligotrop".

Pembuangan limbah yang banyak mengandung fosfat ke dalam badan air dapat menyebabkan pertumbuhan lumut dan mikroalga yang berlebih yang disebut "eutrophication", sehingga air menjadi keruh dan berbau karena pembusukan lumut-lumut yang mati. Pada keadaan "eutrotop" tanaman dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang mencerna (*digest*) dan pada siang hari pancaran sinar matahari kedalam air akan berkurang, sehingga proses fotosintesis yang dapat menghasilkan oksigen juga berkurang.

Banyak metode yang telah diusulkan untuk pembuangan kelebihan fosfat. Metode yang paling efektif meliputi pengendapan kimiawi. Senyawa-senyawa fosfat dapat dibuang dengan penambahan koagulan, misalnya alum, kapur, *ferrichlorida* atau *ferrous sulfat*. Bahan-bahan kimia itu dapat ditambahkan sebelum pengendapan primer, alum dan garam-garam besi dapat dimasukkan ke dalam tanki aerasi selama proses lumpur diaktifkan atau bahan-bahan kimia itu dapat dimasukkan pada suatu tahap pengolahan primer. Sebagian besar dari bahan organik tersebut dibuang, begitu pula fosfatnya, sehingga dihasilkan pengurangan beban pada proses pengolahan biologis. Walaupun demikian, lumpur yang diproduksi jumlahnya lebih besar. Bila bahan-bahan kimia dimasukkan langsung ke dalam tangki aerasi dari suatu instalasi lumpur yang diaktifkan, maka pengolahan kimiawi dan biologis terjadi bersama-sama, sehingga hanya sedikit peralatan tambahan yang dibutuhkan. Pengendapan kimiawi, terutama yang menggunakan kapur, kadang-kadang dikerjakan pada tahap ketiga setelah pengolahan biologis guna pembuangan fosfat serta peningkatan pH buangan dalam persiapan bagi proses pembuangan *ammonia-nitrogen*.

Reaksi kimia dari proses pengendapan secara kimiawi antara fosfat dengan alum, garam besi dan kapur adalah sebagai berikut:

**Pengendapan dengan alum:**



**Pengendapan dengan garam besi:**



**Pengendapan dengan kapur:**



**2.2.1. Pemisahan Fosfat**

Secara umum analisa fosfat meliputi 2 (dua) langkah :

- c. Merubah bentuk fosfor menjadi ortofosfat yang larut.
- d. Menentukan secara kolorimetris ortofosfat yang larut.

Pemisahan fosfor kedalam berbagai bentuk telah luas didefinisikan secara analitis, tetapi telah dipilih pembedaan analisa, sehingga dapat dipergunakan untuk tujuan interpretasi. Pemisahan “yang dapat disaring” (atau “terlarut”) dari “partikel” fosfat tergantung filter membran 0,45  $\mu\text{m}$  yang dipergunakan. Pemilihan filtrasi dengan membran melebihi ketebalan filtrasi dilakukan karena kemungkinan diperoleh lebih besar atau pemisahan ukuran partikel dengan teknik pemisahan membran. Penyaringan pendahuluan dengan filter serat gelas dapat dilakukan untuk mempercepat proses penyaringan. Tidak dapat dituntut bahwa penyaringan melalui filter membran 0,45  $\mu\text{m}$  dapat memisahkan dengan sebenarnya antara fosfat yang tersuspensi dengan yang terlarut.

Penggunaan istilah “yang dapat disaring” (lebih baik “yang larut”) untuk menguraikan bentuk fosfat yang ditentukan dalam filtrat yang melalui membran 0,45  $\mu\text{m}$ . Fosfat yang dapat langsung diperiksa secara kolorimetris tanpa hidrolisa pendahuluan atau perombakan secara oksidatif dan dianggap sebagai “ortofosfat”.

Tetapi perlu diingat bahwa sebagian kecil dari fosfat terikat yang ada tidak dapat menghindari cara hidrolisa ini dan dilaporkan sebagai bagian dari ortofosfat. Ortofosfat terdapat dalam bentuk terlarut dan partikel.

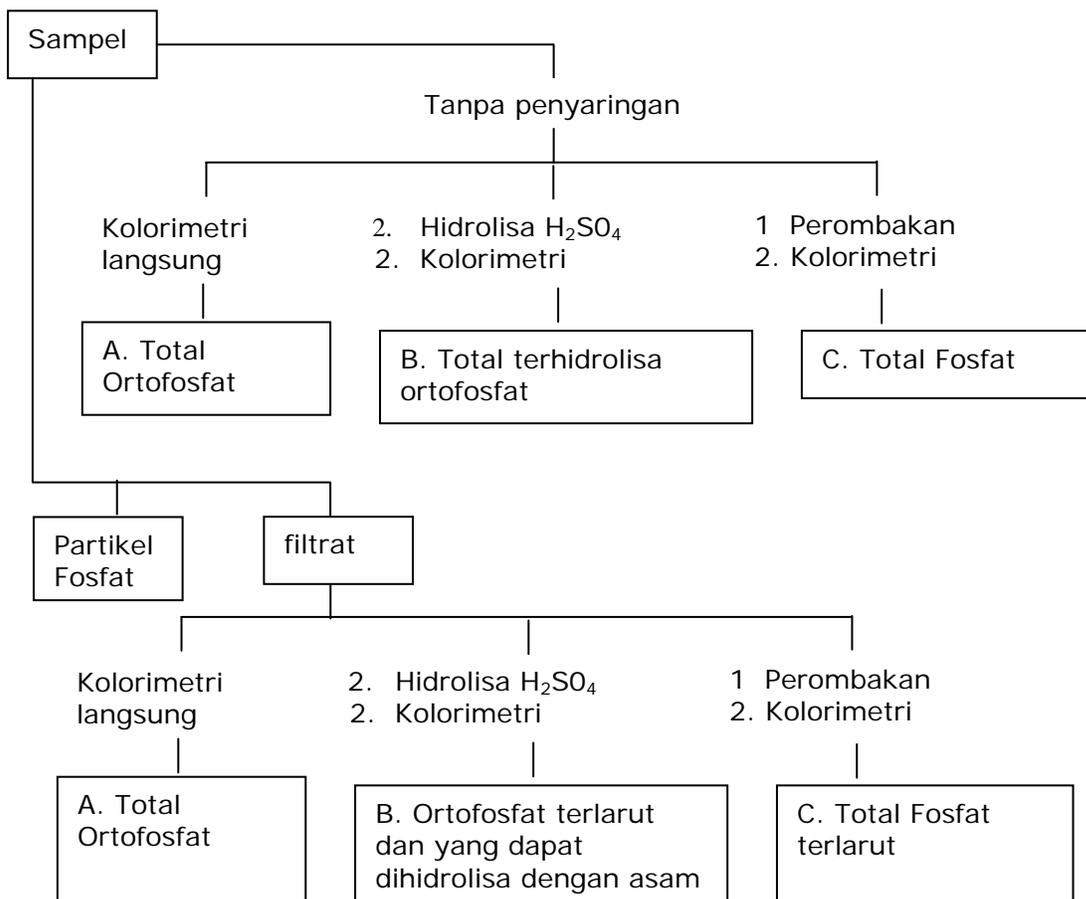
Hidrolisa dengan asam pada temperatur mendidih untuk mengubah fosfat dalam bentuk terlarut dan partikel menjadi ortofosfat yang dapat disaring. Hidrolisa tidak dapat dihindarkan untuk membebaskan fosfat dari senyawa organik, tetapi faktor ini telah dikurangi seminimum mungkin (sangat sesuai untuk hidrolisa fosfat terikat) dengan bijaksana memilih kekuatan asam lebih disukai terhadap “fosfat terikat” pada teknik ini.

Bagian-bagian fosfat yang diubah menjadi ortofosfat hanya dengan perombakan oksidatif terhadap bahan organik disebut fosfat organik/terikat secara organik. Kekuatan oksidasi yang diperlukan untuk konversi tergantung pada bentuk dan jumlah dari fosfat organik yang ada. Seperti ortofosfat dan fosfat dari hidrolisa asam, fosfat organik terdapat dalam larutan dan partikel. Didalam praktek, fosfat total yang dapat dalam sampel dapat dipisahkan pada analisa dengan penyaringan kedalam bagian yang disaring dan partikel. Biasanya terdapat sedikit variasi, yang tergantung pada fosfat terlarut dan tersuspensi. Keseluruhannya ada tiga bagian (total, terlarut, dan tersuspensi) dan masing-masing secara analisis dibagi menjadim tiga tipe kimiawi seperti telah diuraikan diatas yaitu ortofosfat fosfat yang dapat dihidrolisa dengan asam fosfat organik . Dua belas fosfat tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Fosfat

Tipe Kimiawi	F I S I K		
	Total	Terlarut	Partikel

Total	a. Total fosfat terlarut dan tidak terlarut.	e. Total fosfat terlarut .	i. Total fosfat partikel
Orto	b. Total ortofosfat terlarut dan partikel	f. Ortofosfat terlarut.	j. Ortofosfat partikel.
Yang dapat dihidrolisa oleh asam.	c. Total fosfat yang dapat dihidrolisa oleh asam, terlarut dan partikel.	g. Total fosfat terlarut yang dapat dihidrolisa	k. Fosfat partikel yang dapat dihidrolisa oleh asam
Organik	d. Total fosfat organik terlarut dan partikel	h. Fosfat organik terlarut.	l. Fosfat partikel organik.



**Gambar 1.** Pola Klasifikasi Fosfat

## 2.4. Koagulasi dan Flokulasi

### 2.3.1 Koagulasi

Koagulasi adalah dicampurkannya koagulan dengan pengadukan secara cepat guna mendistabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus, dan masa inti partikel, kemudian membentuk jonjot mikro (mikro flok).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi sebagai berikut :

i. Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Bila suhu air diturunkan, maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

j. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda satu sama lainnya.

k. Jenis Koagulan

Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas daripada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran.

l. Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi yaitu : pengaruh anion lebih besar daripada kation. Dengan demikian ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi.

m. Tingkat kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

n. Dosis koagulan

Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik.

o. Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang terbentuk.

p. Alkalinitas

Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air (Tjokrokusumo, 1992). Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasilkan ion hidroksida pada reaksi hidrolisis koagulan.

### 2.3.2. Flokulasi

Flokulasi adalah pengadukan perlahan terhadap larutan jonjot mikro yang menghasilkan jonjot besar dan kemudian mengendap secara cepat (Tjokrokusumo, 1995).

Ada dua jenis proses flokulasi yaitu :

#### c. Flokulasi perikinetik

Flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbuan molekul-molekul air, akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel lebih sangat kecil  $1 < 100$  milimikron (Sank R.K, 1986).

#### d. Flokulasi orthokinetik

Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak media (air) misalnya pengadukan (Sank R.K, 1986). Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lainnya dikeal sebagai gradien kecepatan, dengan notasi G. Dengan adanya perbedaan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula akibatnya akan terjadi tumbuan atau kontak antar partikel.

### 2.4. Sifat-Sifat Kapur (lime) dan Penggunaannya.

Kapur (lime) secara umum terdapat dalam dua bentuk yaitu  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ .  $\text{CaO}$  adalah bahan mudah larut dalam air dan menghasilkan gugus hidroksil yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$ . yang bersifat basa dan disertai keluarnya panas yang tinggi. Menurut Tarmiji, 1986, penggunaan dari kapur antara lain dibidang kesehatan lingkungan untuk pengolahan air kotor, air limbah maupun industri lainnya. Pada pengolahan air kotor, kapur dapat mengurangi kandungan bahan-bahan organik. Cara kerjanya adalah kapur ditambahkan untuk mereaksikan alkalibikarbonat serta mengatur pH air sampai sehingga menyebabkan pengendapan. Proses pengendapan ini akan berjalan secara efektif apabila pH air antara 6 – 8 (Considine).

*Hydrate lime* dihasilkan dari reaksi *quicklime* ( $\text{CaO}$ ) dengan air, sehingga terbentuk  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Sifat-sifat fisik dan kimia *Hydrate lime* :

g. Bentuk kristal, powder

h. Warna, sebagian besar umumnya berwarna putih dan pada tingkat tinggi dapat berwarna abu-abu.

- i. Kepadatan, *Kalsium Hydrated lime* memiliki tingkat kepadatan kira-kira 2,3 g/gm<sup>3</sup>
- j. Kelarutan, tingkat kelarutan dari kira-kira 1,85 Ca(OH)<sub>2</sub>/l air pada suhu 0°C sampai 0,7 g/l pada suhu 100°C.
- k. Netralisasi asam, *Hydrate lime* siap bereaksi dengan asam dan gas sehingga tentu saja berkemampuan menetralkan asam.
- l. pH, karena kalsium hidroksida adalah termasuk basa kuat, konsentrasi 0,10 g Ca(OH)<sub>2</sub>/l dapat memberi pH kira-kira 11,3 pada suhu 25°C. Pada larutan 25°C, kandungan 1,8/l memberikan pH sebesar 12,7.

Penggunaan berbagai keperluan maka batuan kapur dari alam biasanya akan mengalami proses pembakaran terlebih dahulu yang disebut "*calcination*". Hasil dari proses ini antara lain adalah CaO ditambah CO<sub>2</sub> yang keluar sebagai gas. Selain CaO juga MgO serta molekul-molekul lainnya tergantung pada batuan kapur yang asli dari alam. Contoh reaksi yang terjadi pada proses "*calcination*" ini apabila batuan kapur dari alam berkomposisi sebagai kombinasi dari kalsium dan Magnesium Karbonat adalah sebagai berikut:

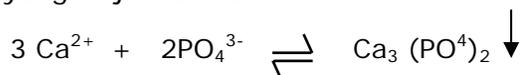


*Calcim Oxide* (CaO) adalah merupakan bahan yang mudah larut dalam air dengan mengeluarkan panas yang tinggi (*Highly exothermically*).

Selain itu, reaksi antara CaO dan air akan menghasilkan gugus hidroksil Ca(OH)<sub>2</sub> yang bersifat basa dengan reaksi sebagai berikut:



Karena sifat-sifat kapur dapat digunakan sebagai pengendap terhadap fosfat maka reaksi yang terjadi adalah



### **Penggunaan Kapur**

Kapur telah diikenal sebagai bahan yang dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan diantaranya dipakai pada bidang-bidang industri misalnya industri kimia, kertas, dan lain-lainnya, sebagai bahan bangunan, pertanian dan lain-lain.

Khusus di sektor lingkungan kapur dapat berguna dalam:

- f. Proses pengolahan air, air kapur dapat berguna sebagai bahan penurun kesadahan, menetralisasi keasaman, memperkecil kadar silika, mangan, fluorida dan bahan-bahan organik. Selain itu dapat juga mengurangi kadar BOD dengan cara menyerap antara 40% sampai 50 % bahan organik terlarut maupun tidak terlarut.
- g. Proses pengolahan air bekas, kapur dapat berfungsi antara lain dalam pengendalian keasaman *digester*, penyerapan bau (*deodorant*) dan sebagai desinfektan.
- h. Proses pengolahan buangan industri besi/baja, kapur digunakan untuk menetralsir asam sulfat bebas (*free sulfuric acid*) dan mengendapkan garam-garam besi yang terdapat pada limbah industri tersebut.
- i. Kapur dapat digunakan untuk mengurangi gas  $\text{SO}_2$  yang keluar dari pembakaran batu bara atau minyak yang mengandung sulfur yang tinggi melalui suatu proses yang disebut "*wet scrubbing*".
- j. Pada peternakan ayam, kapur dapat digunakan untuk mengeringkan serta mengurangi bau kotoran ayam yang berceceran di lantai kandang. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai "*geomedical*" untuk mencegah parasit-parasit dan banyak penyakit ayam. Dosis yang biasa dipakai pada peternakan ayam adalah sekitar 1 lb (0,45 kg) *Hydrates Lime* [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] pada setiap 3-5 ft<sup>2</sup> (2,79-4,65 m<sup>2</sup>) lantai yang mengandung kotoran ayam.

Kapur juga dapat dipergunakan sebagai penghilang fosfor dalam air, disini kapur berfungsi sebagai bahan koagulan, karena salah satu cara penghilangan fosfor dalam air adalah pengendapan kimiawi.

## 2.5. Sifat-Sifat Tawas dan Penggunaannya

Persenyawaan Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) atau sering disebut tawas adalah suatu jenis koagulan yang sangat populer secara luas digunakan, sudah dikenal bangsa Mesir pada awal tahun 2000 SM. Alum atau tawas sebagai penjernih air mulai diproduksi oleh pabrik pada awal abad 1500.

Alum atau tawas merupakan bahan koagulan, yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran serta mudah penyimpanannya.

Reaksi yang terjadi jika alum dimasukkan ke dalam air, yaitu terjadi proses hidrolisis, yang sangat dipengaruhi oleh nilai pH yang bersangkutan. Range pH untuk jenis koagulan alum adalah sebesar 5,5 sampai 7,8.

Alum yang dilarutkan ke dalam air akan bereaksi dengan kapur atau bahan lain seperti Soda Abu atau Natrium Bikarbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), reaksi yang akan terjadi reaksi hipotik. Reaksi tersebut antara ion Al dengan ion OH. Alum tersebut akan larut di dalam air dengan reaksi sebagai berikut:



Ionisasi air sendiri akan terbentuk ion hidroksida sebagai berikut:



Kemudian terjadi reaksi antara ion  $\text{Al}^{3+}$  dengan ion hidroksida sebagai berikut:

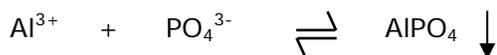


Pengikatan ion hidroksida tersebut di dalam air akan menurunkan alkalinitas air sehingga sebaiknya digunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan nilai alkalinitas seperti kapur, soda abu atau soda kaustik (Natrium Oksida)

Reaksi yang terjadi:



Oleh karena tawas /alum mempunyai sifat koagulan dalam larutan maka bila tawas bersenyawa dengan limbah yang mengandung unsur fosfat, sehingga terjadi reaksi



Pengendapan dapat terjadi apabila hasil kali  $\{ \text{Al}^{3+} \}$  dan  $\{ \text{PO}_4^{3-} \}$  lebih besar dari  $K_{sp}$   $\text{AlPO}_4$ ,  $K_{sp}$   $\text{AlPO}_4$  sebesar  $6,3 \cdot 10^{-19}$ .

Dengan demikian supaya terjadi pengendapan hasil kali konsentrasi yang bereaksi harus lebih besar dari pada  $K_{sp}$  nya.

## 2.7. Zeolit

Zeolit adalah suatu aluminosilikat yang mempunyai struktur berpori dengan saluran dalam rangka kristal, yang di dalamnya ditempati oleh molekul air dan ion ion logam alkali. Unit

dasar pembentuk zeolit adalah  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  yang membentuk tetra hedral. Unit unit tersebut saling berikatan membentuk jaringan anionik dalam tiga dimensi. Perbandingan antara Si dan Al berkisar antara 1:1 sampai 100:1. Struktur yang paling stabil adalah zeolit yang perbandingan Si dan Al nya adalah 1:1. Dengan sifat di atas maka zeolit dapat bekerja sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorpsi selektif atau penolakan molekul karena adanya penolakan molekul karena adanya perbedaan dalam ukuran molekul dan faktor lainnya

Selanjutnya dari hasil pengujian terhadap beberapa aspek yang ada kaitannya dengan pertukaran ion pada zeolit ( Komar bersama rekan ,1985 ) menjelaskan bahwa:

- Kecepatan pertukaran kation dalam zeolit dipengaruhi oleh besar butiran zeolit.
- Zeolit yang diaktifkan maupun yang tidak diaktifkan menyerap ion amonium dari air buangan lebih kecil dari pada larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Hal ini dikarenakan dalam air buangan zeolit selain menyerap ion amonium juga menyerap ion lain seperti  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan lain-lain.
- Kapasitas penyerap zeolit akan bertambah dengan bertambah nya berat zeolit.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar dan kuarsa dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas (*hot spring*). Zeolit juga ditemukan sebagai batuan endapan pada bagian tanah jenis basalt dan komposisi kimianya tergantung pada kondisi hidrotermal lingkungan lokal, seperti suhu, tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Hal itu menjadikan zeolit dengan warna dan tekstur yang sama mungkin berbeda komposisi kimianya bila diambil dari lokasi yang berbeda disebabkan karena kombinasi mineral yang berupa partikel halus dengan impurities lainnya. Pemanfaatan zeolit masih belum banyak diketahui secara luas, yang pada saat ini zeolit di Indonesia dipasarkan masih dalam bentuk alam terutama pada pemupukan bidang pertanian.

Mineral zeolit telah dikenal sejak tahun 1756 oleh Cronstedt ketika menemukan Stilbit yang bila dipanaskan seperti batuan mendidih (*boiling stone*) karena dehidrasi molekul air yang dikandungnya. Pada tahun 1954 zeolit diklasifikasi sebagai golongan mineral tersendiri, yang saat itu dikenal sebagai *molecular materials*. Dengan demikian, zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara reversible. Zeolit biasanya ditulis dengan rumus kimia oksida atau berdasarkan satuan sel kristal. Zeolit tidak dapat diidentifikasi hanya berdasarkan analisa komposisi kimianya saja, melainkan harus dianalisa strukturnya. Struktur kristal zeolit dimana semua atom Si dan Al dalam bentuk

tetrahedral ( $TO_4$ ) disebut unit bangun primer, zeolit hanya dapat diidentifikasi berdasarkan unit bangun sekunder.

Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabarsit dan erionit. Zeolit sintetik dihasilkan dari beberapa perusahaan seperti Union Carbide, ICI dan mobil Oil dan lebih dari 100 jenis telah dikenal strukturnya antara lain zeolit A, X, Y, grup ZSM/ $AlPO_4$  (Zeolite Sielving Marerials/Aluminium Fosfate) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat. Berdasarkan UBS semua zeolit baik dalam bentuk alami atau sintetik.

Kemampuan pertukaran ion (adakalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (Kemampuan Tukar Kation). KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 g zeolit dalam kondisi kesetimbangan. KTK dari zeolit bervariasi dari 1,5 – 6 meq/g. Nilai KTK zeolit ini banyak bergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-0,15 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g).

Zeolit dengan struktur "framework" mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion/molekul. Bila atom Al dinetralkan dengan ion polivalen, misalnya logam Pt, Cu dsb, zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi petrokimia.

### **2.6.2 Sifat Zeolit**

Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan serta memiliki ukuran pori yang tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai : penyaring molekuler, penukar ion, penyerap bahan dan katalisator.

Sifat zeolit meliputi :

#### **6. Dehidrasi.**

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam ronggs utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diabsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit terus dipanaskan.

#### **7. Adsorpsi**

Zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya, dimana untuk molekul yang tidak jenuh atau bersifat polar akan lebih mudah lolos daripada molekul yang jenuh atau tidak polar.

#### 8. Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit antara lain tergantung dari : sifat kation, suhu, dan jenis anion. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktifitas katalis.

#### 9. Katalis

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

#### 10. Penyaring atau pemisah

Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran kecil dapat melintas sedangkan yang berukuran besar dari ruang hampa akan ditahan atau ditolak.

### 2.6.2. Jenis Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu :

#### 3. Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan vulkanik tuf.

Telah diketahui lebih dari 40 jenis mineral zeolit di alam. Dari jumlah tersebut hanya 20 jenis yang terdapat dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik yang berbutir halus (tuf)

Komposisi dan struktur zeolit kebanyakan terdiri dari mineral mordenit dan klinoptillit. Dari uji pendahuluan terhadap zeolit alam Wonosari dengan menggunakan difraksi sinar x diketahui bahwa sebagian besar penyusunnya adalah mordenit. Analisis lebih lanjut terhadap zeolit alam Wonosari menunjukkan bahwa zeolit mempunyai rasio Si/Al 4,75; keasaman sebesar 2,39 mmol/g; luas permukaan 24,13 m<sup>2</sup>/g; volume pori 74,25 x 10<sup>-3</sup> cc/g; rerata jejari pori 60,54 dan memiliki kandungan logam Na, K, Ca dan Fe masing-masing sebesar 4,29 %; 1,34 %; 2,39 5 dan 1,04 %.

Zeolit yang diperoleh dari alam telah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Akan tetapi daya serap, daya tukar ion maupun daya katalis dari zeolit tersebut belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang tinggi diperlukan beberapa perlakuan antara lain; aktivasi dan modifikasi.

**Tabel 2.** Klasifikasi zeolit

Zeolit	Rumus Kimia	UBS
<b>Grup Analsim</b>		
Analsim	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
Wairakit	$\text{Ca}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{31}\text{O}_{96}]6\text{H}_2\text{O}$	S4R
<b>Grup Natrolit</b>		
Natrolit	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{31}]6\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_5\text{O}_{10}$ (4-1)
Thomsonit	$\text{Na}_{16} \text{Ca}_8 [\text{Al}_{20}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_5\text{O}_{10}$
<b>Grup Heulandit</b>		
Heulandit	$\text{Ca}_4 [\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$ (4-4-1)
Klinoptilolit	$\text{Na}_6 [\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_{10}\text{O}_{20}$
<b>Grup Filipsit</b>		
Filipsit	$\text{K}_2 \text{Ca}_{1.5} [\text{Al}_{16}\text{Si}_{10}\text{O}_{32}]12\text{H}_2\text{O}$	S4R
Zeolit Na-P-1	$\text{Na}_8 [\text{Al}_{31}\text{SiO}_{16}]16\text{H}_2\text{O}$	S4R
<b>Grup Mordernit</b>		
Mordernit	$\text{Na}_8 [\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_8\text{O}_{16}$ (5-1)
Ferrierit	$\text{NaCa}_{0.5} \text{Mg}_2 [\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}]24\text{H}_2\text{O}$	$\text{T}_8\text{O}_{16}$
<b>Grup Kabazit</b>		
Kabazit	$\text{Ca}_2 [\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}]13\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
Zeolit L	$\text{K}_6 \text{Na}_3 [\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}]21\text{H}_2\text{O}$	D4R, D6R
<b>Grup Faujasit</b>		
Faujasit	$\text{Na}_{12} \text{Ca}_{12} \text{Mg}_{11} [\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}]235\text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R, S8R
Zeolit A	$\text{Na}_{12} [\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}]27\text{H}_2\text{O}$	
<b>Grup Laumontit</b>		
Laumontit	$\text{Ca}_4 [\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}]16\text{H}_2\text{O}$	S4R, S6R, S8R
<b>Grup Pentasil</b>		
ZSM-5	$\text{Na}_N [\text{Al}_n\text{Si}_{96}\text{O}_{192}]16\text{H}_2\text{O}$	5 -1
<b>Grup Zeotype</b>		
AIPO4-5	$[\text{Al}_{12}\text{P}_2\text{O}_{48}] (\text{C}_3\text{H}_7)_4\text{NaOH } q \text{ H}_2\text{O}$	S4R, S6R

Proses aktivasi zeolit alam dapat dilakukan dalam 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi;

c. Aktivasi Fisis

Aktivasi fisis biasanya dilakukan dengan pemanasan yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap tinggi dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Zeolit yang dipanaskan pada temperatur tinggi menyebabkan molekul air yang ada dalam zeolit mengalami dehidrasi. Sifat dehidrasi zeolit ini berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya.

Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400 OC (untuk skala laboratorium), atau mengumpulkan tungku putar dengan pemanasan secara penghamparan selama 3 jam atau tanpa penghamparan selama 5-6 jam (skala besar). Pemanasan modernit pada suhu 300 OC –1000 OC menyebabkan destruksi struktur kristal, kandungan modernit berkurang hampir 25 % pada suhu 700 OC.

d. Aktivasi Kimiawi

Pada aktivasi kimia, dealuminasi adalah yang paling penting dan dominan. Dealuminasi dapat digunakan untuk mengontrol aktivasi keasaman dan untuk mengontrol ukuran pori-pori zeolit. Hal ini sangat penting terutama berhubungan dengan fungsi zeolit sebagai adsorben.

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam atau basa, dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor, dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan.

Aktivasi zeolit dengan asam menyebabkan ternetralisasinya muatan negatif pada permukaan zeolit hidrogen. Atom-atom Al yang masih tersisa dalam zeolit masih terkoordinasi dalam rangkaian tetrahedral dengan empat atom oksigen. Asam-asam yang dapat digunakan untuk aktivasi adalah  $\text{HCl}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Diantara asam-asam tersebut yang paling efektif untuk dealuminasi adalah HCl.

#### 4. Zeolit Sintetis

Zeolit mempunyai sifat yang unik yaitu susunan atom maupun komposisinya dapat dimodifikasikan, maka para peneliti berupaya untuk membuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Berdasarkan perbandingan kadar komponen Si and Al, zeolit sintetis dikelompokkan menjadi empat, yaitu zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang, zeolit kadar Si tinggi dan zeolit Si.

Penggunaan zeolit sintetis pada dasarnya sama dengan zeolit alam. Ini karena persamaan sifat fisik dan kimia yang dimiliki oleh kedua jenis mineral tersebut. Mineral

zeolit sintetis masing-masing mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan. Perbedaan utama antara kedua jenis mineral zeolit alam dan sintetis .

**Tabel 3.** Perbedaan Mineral alam dan zeolit sintetis

Macam Perbedaan	Mineral Zeolit Alam	Mineral zeolit Sintetis
Derajat Kemurnian	Umumnya banyak mengandung pengotor, terutama besi. Kebanyakan endapan zeolit alam terdiri dari campuran beberapa jenis mineral zeolit.	Dapat dibuat mineral zeolit sintetis berderajat kemurnian tinggi.
Garis tengah pori	Sangat terbatas, yang terbesar hanya terdapat pada mineral khabasit dan erionit	Dapat dibuat mineral zeolit yang ruang kosong bergaris tengah dari 3 A hingga 8 A
Daya Serap	Terbatas, hanya mineral khabasit dan erionit yang mempunyai daya serap baik	Dapat menyerap hingga 50 % dari volumenya.

Sumber : Harjanto, 1987

### 2.6.3 Aktivasi Zeolit

Zeolit alam direndam dengan akuades selama 24 jam, lalu disaring dan dikeringkan pada suhu 110 °C selama 3 jam. Zeolit kemudian direndam dengan HF 2,00 N (perbandingan b/v 1:2) sambil dipanaskan sampai agak kering, kemudian dicuci sampai netral dan dikeringkan pada suhu 120 °C selama 3 jam. Zeolit selanjutnya dipanaskan dengan HCl pada konsentrasi 0,05 M; 0,10 M; 0,50 M; 1,00 M DAN 2,00 M pada suhu 90 °C selama 60 menit., sambil diaduk dengan pengaduk magnetik. Kemudian zeolit disaring, dinetralkan dan dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam. Selanjutnya zeolit direndam NH<sub>4</sub>Cl konsentrasi 0,50 M; 1,00 M; dan 2,00 M selama satu minggu sambil diaduk 3 kali sehari, lalu disaring, dicuci sampai netral dan dikeringkan pada suhu 130 °C selama 3 jam. Zeolit ini kemudian dikalsinasi pada variasi suhu 300 °C, 400 °C, dan 500 °C selama 5 jam.

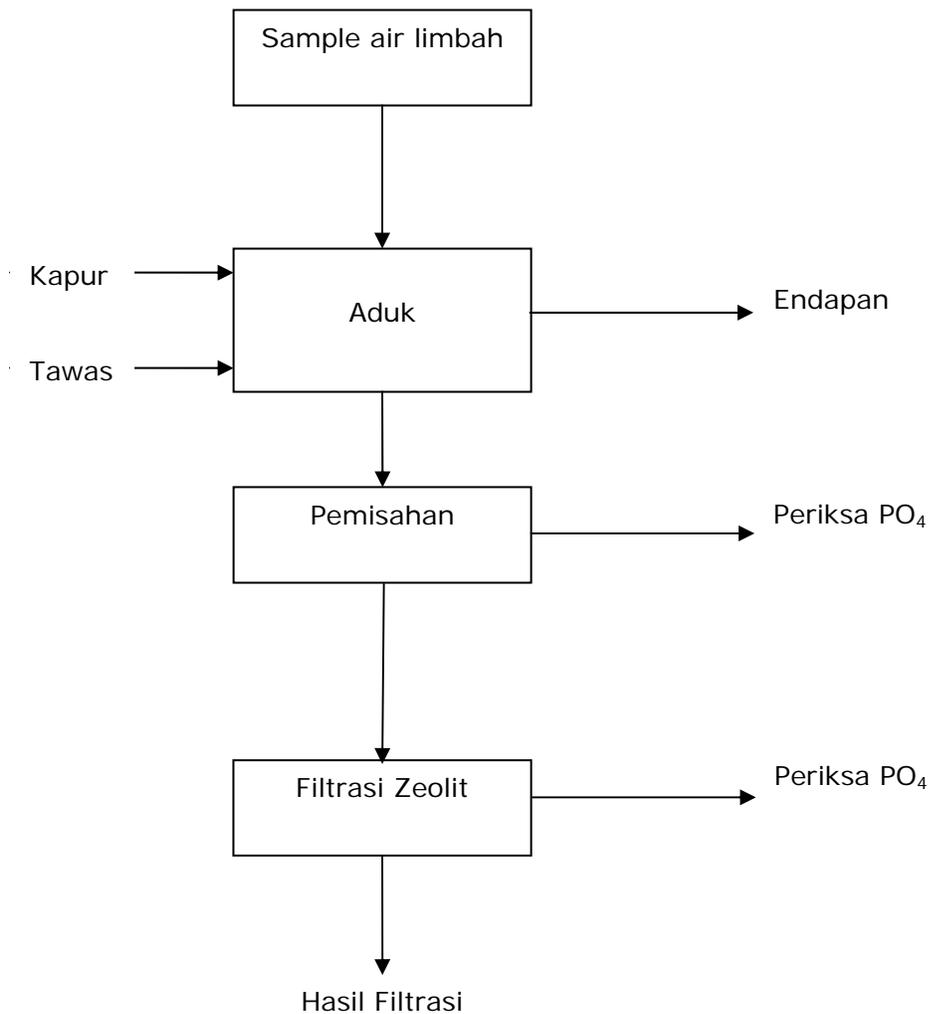
### 2.7. Originalitas Penelitian

Penelitian tentang penurunan fosfat dengan kapur (lime), tawas dan filtrasi zeolit belum pernah dilakukan.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan "Penelitian Eksperimen" dengan "design pre test and post test design" yang hasil akan diuji secara diskriptif analitis dengan korelasi.



**Gambar 2.** Rancangan Penelitian

### **3.2 Ruang Lingkup**

Meliputi semua limbah cair yang dihasilkan dari seluruh kegiatan Rumah Sakit Bethesda.

### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi Penelitian yang dipilih yaitu limbah cair Rumah Sakit Bethesda dan uji laboratorium dilaksanakan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pembrantasan penyakit menular (BBTKL-PPM) Yogyakarta.

### **3.4 Variabel Penelitian**

#### **d. Variabel bebas**

Dosis pemakaian bahan kimia larutan kapur dan tawas.

#### **e. Variabel terikat**

Parameter yang diperiksa pada limbah cair adalah fosfat masing-masing pada sampel sebelum dan setelah perlakuan/ pengolahan.

#### **f. Variabel pengganggu**

Waktu kontak, suhu limbah, kadar ion terlarut, kekeruhan, waktu pengambilan sampel, kemurnian kapur tohor, kemurnian tawas, proses pengadukan. Kualitas limbah cair RS Bethesda sangat fluktuatif, sehingga waktu pengambilan sampel perlu diperhatikan agar mendapatkan kualitas yang sama pada setiap perlakuan. Parameter pH, yang berbeda pada sampel perlakuan akan mengganggu proses pengendapan begitu pula dengan kemurnian kapur tohor dan kemurnian tawas serta proses pengadukan pada saat perlakuan apabila tidak dikendalikan / tidak disamakan pada setiap perlakuan akan didapatkan hasil tidak seperti yang diharapkan, sehingga perlu adanya pengendalian terhadap variabel-variabel tersebut diatas agar penelitian ini mendapatkan hasil yang dapat dipertanggung jawabkan.

### **3.5 Jenis dan Sumber Data**

Jenis data yang digunakan dalam analisis berupa data kuantitatif yang diperoleh dari perlakuan di lapangan dan pengamatan percobaan di laboratorium.

### **3.6 Instrumen Penelitian**

#### **3.6.1 Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan untuk pengolahan dan bahan atau reagen untuk pemeriksaan parameter pencemar terdiri dari:

#### **Bahan untuk Pengolahan**

17. Air limbah RS Bethesda
18. Larutan kapur 0.1 ppm
19. Larutan tawas 0.1 ppm

20. Indikator PP
21. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 N
22. SnCl<sub>2</sub>
23. Standart fosfat 0,01 ppm
24. Indikator Phenol Red
25. Amonium Molibdat
26. Larutan Buffer pH 10
27. Larutan pH 4
28. Larutan standar EDTA 0,01 M
29. NaOH 1 N
30. Indikator Murexid
31. Air suling
32. Zeolit

### **3.6.2 Alat**

#### **Alat Pengolahan**

14. Labu ukur
15. Beker glass
16. Labu erlenmeyer
17. Timbangan Sartorius
18. Pipet tetes
19. Pipet ukur
20. pH meter
21. Tabung nessler
22. Spektrofotometer
23. Mixing Flokulator
24. Cuvet
25. Buret tetes
26. Karet penghisap

### **3.6.3 Tahapan Persiapan**

1. Persiapan bahan dan alat serta pembuatan rangkaian alat filtrasi yang dilengkapi dengan stop kran .
2. Penyiapan larutan kapur 0.0010 ppm dan tawas 0.0010 ppm yang akan digunakan sebagai bahan pengolahan .
4. Membuat larutan-larutan siap pakai untuk pemeriksaan parameter fosfat.

### **3.6.4 Pelaksanaan Penelitian**

11. Siapkan sampel limbah cair asli sebelum diolah kemudian diperiksa pH, detergen dan fosfat
12. Siapkan deretan beaker glass sebanyak 3 buah masing-masing volume 1000 ml, kemudian diberi nomor 1 s/d 3.
13. Isi beaker glass tersebut dengan limbah asli masing-masing sebanyak 800 ml.
14. Tambahkan larutan kapur pada masing-masing beaker glass volume 1 ml.
15. Masing-masing beaker glass ditambahkan larutan tawas yaitu 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm.
16. Aduk cepat masing-masing selama 3 menit, aduk lambat selama 5 menit, diamkan selama 15 menit agar terjadi pengendapan.
17. Pisahkan filtrat dari endapan.
18. Periksa filtrat masing-masing beaker glass parameter pH, fosfat setelah koagulasi tersebut.
19. Selanjutnya dilakukan penyaringan dengan zeolit terhadap filtrat tersebut
20. Ulangi prosedur 4 s/d 10 dengan variasi kapur 0.0010 ppm dengan volume berturut-turut 0.00050 ppm, 0.00075 ppm ml, 0.00100 ppm , 0.00125 ppm, 0.00150 ppm dan 0.00200 ppm.

### **3.7 Teknik Pengambilan Sampel**

#### **3.7.1 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada bak penampung awal karena sudah mewakili semua limbah cair Rumah Sakit tersebut . Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* (sesaat) selama periode tertentu.

#### **3.7.2 Periode pengambilan sampel**

Pengambilan sampel diusahakan sekali dalam jumlah yang dibutuhkan agar homogenitas, kuantitas dan kualitas sampel tetap terjaga.

#### **3.7.3 Pemeriksaan Sampel**

Semua sampel diperiksa berdasarkan metode baku standard Method for examination. Parameter limbah cair yang dianalisis adalah fosfat pada sampel sebelum dan setelah perlakuan/pengolahan.

### **3.8 Teknik Pengumpulan Data**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dikelompokkan agar memudahkan dalam analisis, selanjutnya data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

### **3.9. Teknik Analisa Data**

Perhitungan statistik untuk menguji kebenaran hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini menggunakan uji Regresi Linier Sederhana. Maksud dari hubungan regresi yaitu untuk mengetahui suatu variabel dapat dipergunakan untuk memprediksi atau meramal variabel-variabel lain.

Persamaan matematik yang memungkinkan untuk meramalkan nilai-nilai satu atau lebih peubah acak bebas disebut persamaan regresi. Jika suatu variabel tak bebas (dependent variable) tergantung pada satu variabel bebas (independent variable), hubungan antara kedua variabel disebut analisis regresi sederhana. Bentuk matematisnya adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

Dimana :

Y = Variabel terikat

X = variabel bebas

a = titik potong (intercept)

b = koefisien regresi (elastisitas/slope)

Koefisien determinasi pada intinya adalah untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel terikat. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Koefisien determinasi diperoleh dari mengkalikan koefisien korelasi Pearson atau biasa disebut Pearson Product Moment, yang disimbolkan dengan huruf R. Rumusan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Dimana :

R = Koefisien korelasi (Pearson Correlation)

X = variabel penambahan kapur

Y = variabel kadar fosfat

n = jumlah sampel

***Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang kecil berarti kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan variabel terikat sangat terbatas. Nilai yang mendekati satu berarti variabel-variabel bebas memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variasi variabel terikat. Koefisien determinasi digunakan untuk mengukur prosentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dapat dilihat dengan rumus  $R^2 \times 100\%$ .***

*Uji F*

**Untuk menguji pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, maka digunakan uji F.**

$$F_{hitung} = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - k - 1)}$$

**Keterangan:**

- $R^2$  = Koefisien determinan**  
 **$k$  = Banyaknya perubahan bebas**  
 **$n$  = Jumlah data**

**Dasar Pengambilan Keputusan**

- 3. Bila  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka  $H_0$  diterima, artinya tidak ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.**
- 4. Bila  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima, artinya ada pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat.**

**Atau**

- 3. Bila probabilitas  $F > 0,05$ , maka  $H_0$  diterima**
- 4. Bila probabilitas  $F < 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima**

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.5. Hasil Penelitian dan Analisis Hasil

Penelitian mengenai efektifitas dosis dengan menggunakan campuran kapur tohor  $[Ca(OH)_2]$  dan tawas  $[Al_2(SO_4)_3]$  serta filtrasi zeolit terhadap penurunan kadar Fosfat air limbah RS Bethesda Yogyakarta telah dilaksanakan pada tanggal 15 Agustus 2005. Sampel diambil di bak equalisasi dengan tujuan untuk mencari kadar Fosfat yang mewakili seluruh aliran limbah cair. Sedangkan waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 09.00 Wib, berdasarkan pemeriksaan kadar Fosfate selama 24 jam pada inlet dan pada bak kontak. Karena pada jam tersebut kadar Fosfat limbah cair RS Bethesda Yogyakarta pada bak equalisasi adalah yang tertinggi. Hasil pengukuran kadar limbah RS Bethesda pada bak equalisasi secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4, berikut:

**Tabel 4. Keadaan Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Sebelum Pengolahan (Asli)**

No.	Parameter	Satuan	No.Lab / Hasil Analisa	Keterangan
			56	
1	pH	-	7.5	
2	PO4-	mg/l	25.6404	

Sumber: Data Primer 2005

Dari hasil pengukuran diatas, maka parameter  $PO_4^-$  melebihi yang ditentukan. Selanjutnya limbah yang diambil di bak equalisasi tersebut dilakukan pengolahan dengan cara koagulasi dan flokulasi, hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 5, berikut:

**Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta**

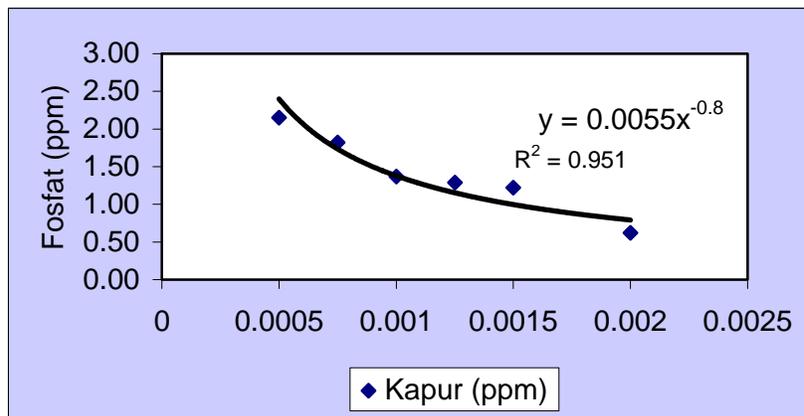
Setelah Koagulasi/Flokulasi

<i>Kapur (ppm)</i>	<i>Tawas (ppm)</i>		
	0.0015	0.0020	0.0025
0.00050	2.15	1.81	1.66
0.00075	1.82	1.56	1.49
0.00100	1.37	1.21	1.19
0.00125	1.29	1.17	1.06
0.00150	1.22	1.06	0.96
0.00200	0.62	0.62	0.53

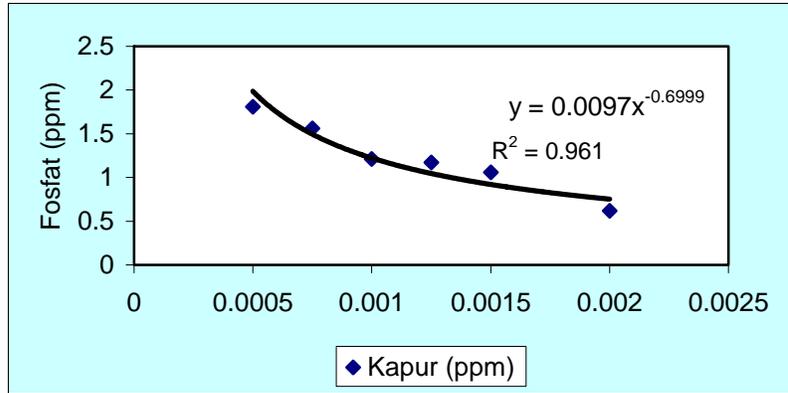
Sumber: Data Primer 2005

Pada tabel 5 terlihat semakin tinggi larutan tawas 0,1 ppm dan larutan kapur 0,1 ppm yang ditambahkan, maka kadar fosfat semakin menurun. Pada penambahan larutan kapur 0.0020 ppm dan tawas 0.0025 ppm memberikan hasil fosfat terbaik yaitu sebesar 0,53 mg/l.

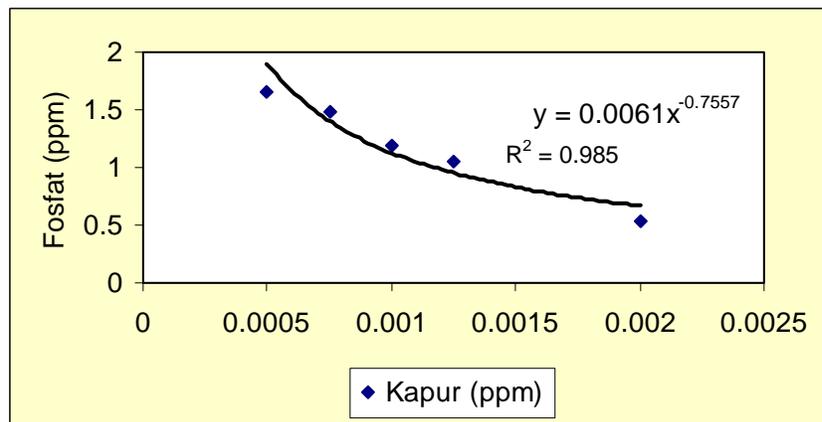
Hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan penambahan larutan kapur dan larutan tawas dapat dilihat pada gambar 3,4,5 dan 6 berikut:



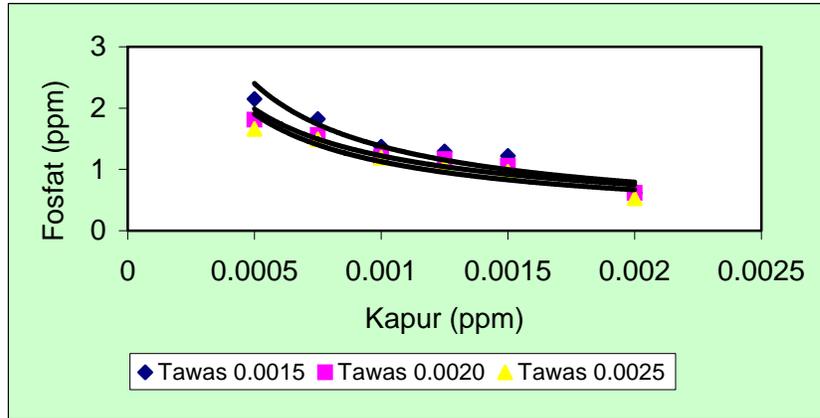
Gambar 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 4. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 5. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Koagulasi/ Flokulasi Pada Penambahan tawas 0.0015 ppm, tawas 0.0020 ppm dan 0.0025 ppm

Selanjutnya limbah hasil perlakuan koagulasi dan flokulasi dilewatkan pada unit filtrasi zeolit diperoleh hasil secara lengkap dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

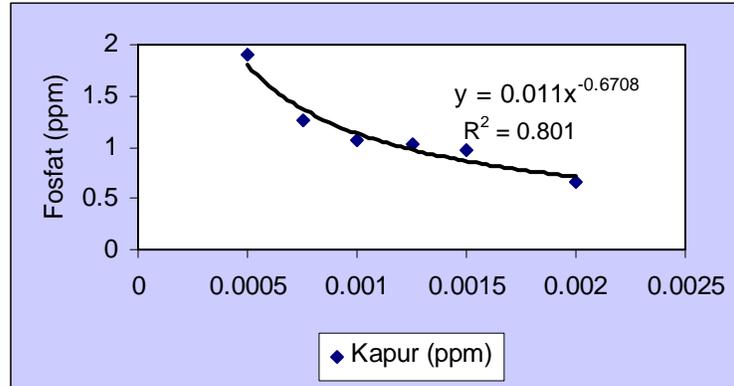
**Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Limbah Cair RS Bethesda Yogyakarta Setelah Filtrasi**

Kapur 0.01 mg/ml \ Tawas 0.01 mg/ml	Tawas 0.01 mg/ml		
	0.0015	0.0020	0.0025
0.00050	1.90	1.32	1.18
0.00075	1.26	1.23	1.06
0.00100	1.06	1.01	0.81
0.00125	1.03	1.00	0.70
0.00150	0.98	0.78	0.64
0.00200	0.66	0.30	0.28

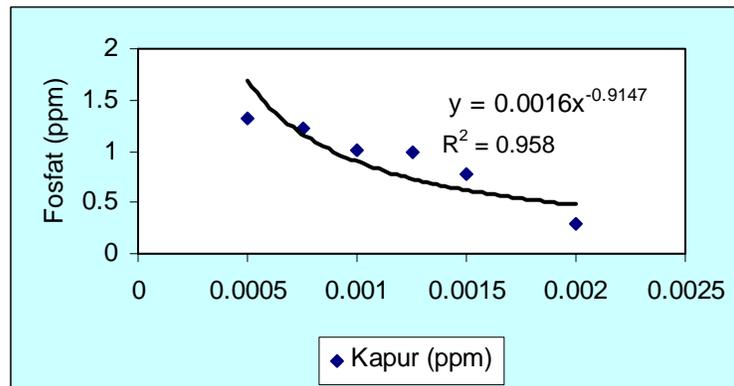
Sumber: Data Primer 2005

Dari tabel 6, terlihat semakin tinggi larutan kapur dan larutan tawas yang ditambahkan, maka kadar fosfat setelah filtrasi zeolit semakin kecil nilai fosfat optimal dicapai pada penambahan larutan kapur 0,1 ppm, 0.0020 ppm, dan tawas 0,1 ppm, 0.0025 ppm.

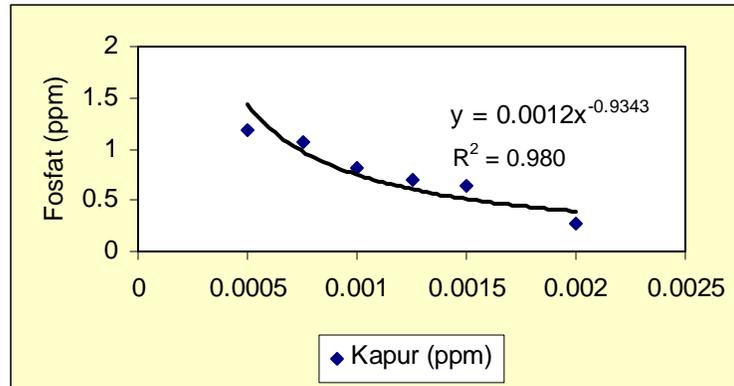
Secara empiris, hubungan antara penurunan kadar fosfat dengan pembubuhan larutan kapur dan larutan tawas setelah filtrasi zeolit dapat dilihat pada gambar 7, 8, 9 dan 10, berikut:



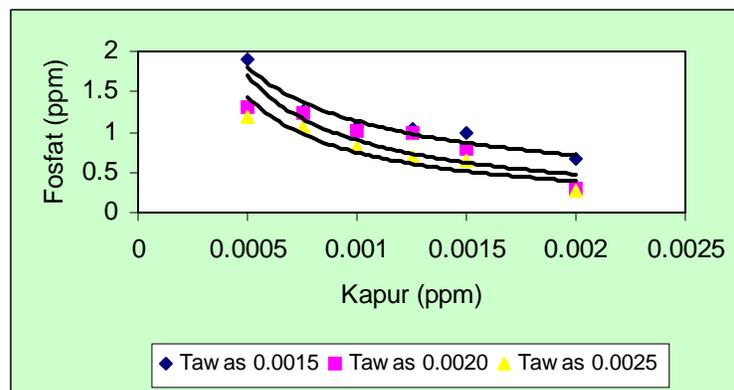
Gambar 7. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0015 ppm



Gambar 8. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0020 ppm



Gambar 9. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi pada penambahan tawas 0.0025 ppm



Gambar 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Fosfat Setelah Filtrasi

#### 4.6. Pembahasan

Limbah cair di lingkungan RS Bethesda Yogyakarta dilakukan pengolahan dengan menggunakan sistem aerob dan anerob. Pada penelitian ini pemakaian dosis kapur, tawas, dan filtrasi zeolit sangat berpengaruh dalam menurunkan kadar Fosfat.

Dari beberapa referensi bahwa keberadaan Fosfat dalam air limbah dapat diturunkan dengan jalan pengendapan secara kimiawi. Senyawa-senyawa Fosfate dapat dihilangkan dengan penambahan bahan koagulan misalnya alum, kapur, ferrichlorida atau ferrous sulfat.

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan kimia sebagai penghilang Fosfat adalah sebagai berikut:

7. Biaya
8. Efektifitas bahan kimia
9. Pertimbangan lumpur yang dihasilkan
10. Kesesuaian dengan proses pengolahan lain

11. Dosis dan perlengkapan untuk pengadukan

12. Efek terhadap lingkungan

Dari beberapa pertimbangan diatas, maka kami pilih kapur dan tawas sebagai bahan koagulan, karena disamping harganya relatif murah, dan mudah didapatkan di pasaran, tapi juga aman terhadap lingkungan.

Perpaduan dari dua jenis koagulan, dengan pertimbangan keduanya akan saling mengkoreksi pH, karena proses pembentukan flok pada proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia seperti kondisi pengadukan, pH, alkalinitas, kekeruhan, suhu.

Pengaruh penambahan kapur akan menaikkan pH dan bereaksi dengan bikarbonat membentuk  $\text{CaCO}_3$  sebagai basa. Pembentukan flok akan berjalan baik pada range pH 5,8-7,4 diluar pH tersebut maka pembentukan flok sempurna.

Dari hasil koagulasi / flokulasi pada Tabel 4 terlihat kecenderungan penurunan fosfat yang terjadi sebanding dengan penambahan kapur yang ditunjukkan pada :

Gambar 3 dengan persamaan empiris  $y = 0.0055x^{-0,8047}$

Gambar 4 dengan persamaan empiris  $y = 0.0097x^{-0,6999}$

Gambar 5 dengan persamaan empiris  $y = 0.0061x^{-0,7557}$

Dimana : x = penambahan kapur (ml)

Y = penurunan kadar fosfat (mg/l)

Secara keseluruhan hasil pemeriksaan kadar fosfat dengan koagulasi dan flokulasi pada konsentrasi tawas 0,0015 ppm, 0,0020 ppm, dan 0,0025 ppm ditunjukkan pada Gambar 6.

Limbah cair RS Bethesda yang digunakan sebagai bahan untuk penelitian penurunan kadar fosfat diambil pada Bak Equalisasi dengan pertimbangan limbah tersebut sudah merupakan gabungan dari semua sumber limbah yang dihasilkan. Pada Bak Equalisasi, kualitas dan kuantitas limbahnya serba sama.

Selanjutnya limbah dari Bak Equalisasi dikategorikan sebagai limbah asli, belum melalui perlakuan pengolahan sama sekali. Limbah asli diambil dalam jumlah yang cukup pada jam 09.00 pagi saat fluktuasi kualitas terjadi.

Limbah asli dianalisa di laboratorium dengan parameter pH,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Hasil analisa No lab 56 menunjukkan hasil pH = 7,5 Baku Mutu pH = 6 - 9 memenuhi syarat, sedangkan konsentrasi  $\text{PO}_4^{3-}$  awal = 25,6404 mg/l, tidak memenuhi baku mutu.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap limbah asli tersebut, dimana konsentrasinya fosfatnya melebihi baku mutu yang ditetapkan, maka perlu dilakukan penelitian penurunan kadar fosfat dengan koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan zeolit.

Pada proses koagulasi dan flokulasi kadar fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) diharapkan mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan penambahan larutan kapur dan tawas menjadi endapan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$  dan  $\text{Al}(\text{PO}_4) \downarrow$ . Penurunan  $\text{PO}_4$  secara rinci terlihat pada Tabel 5 dan Gambar 3, 4, 5, dan 6. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula :  $y = 0.0055 x^{-0.8047}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm, formula  $y = 0.0097 x^{-0.6999}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm dan formula  $y = 0.0061 x^{-0.7557}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika dilihat dari uji statistik pendistribusian data dengan uji Kolmogorov Smirnov, diperoleh nilai p value pada masing-masing sampel lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini berdistribusi normal, sedangkan dari uji regresi , diperoleh nilai  $R^2$  semua di atas 0,70, dimana nilai  $R^2$  antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat.

Selanjutnya dicari nilai R dari variasi tawas 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm. Ternyata diperoleh dari data statistik variasi penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang tertinggi dengan nilai  $R = 0,992$ . jadi dapat disimpulkan penurunan kadar fosfat pada penambahan tawas 0.0025 ppm adalah yang paling efektif.

Pada penurunan fosfat yang dilakukan dengan filtrasi zeolit setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi terlihat kadar fosfat cenderung mengalami penurunan lagi. Diharapkan pada proses filtrasi ini terjadi pemisahan yang lebih sempurna dari flocculant terhadap cairannya. Semua flok yang terbentuk tidak ada lagi yang terikat pada cairan limbah terolah.

Hasil penurunan dengan filtrasi zeolit secara keseluruhan terlihat pada Tabel 6 dan Gambar 7, 8, 9 dan 10. Persamaan empiris ditunjukkan pada formula  $y = 0.011 x^{-0.6708}$  pada penambahan tawas 0.0015 ppm; formula  $y = 0.0016 x^{-0.9147}$  pada penambahan tawas 0.0020 ppm, dan formula  $y = 0.0012 x^{-0.9343}$  pada penambahan tawas 0.0025 ppm.

Jika ditinjau dari uji statistik, maka diperoleh hasil dari masing-masing variasi tawas, 0.0015 ppm, 0.0020 ppm, dan 0.0025 ppm, nilai P semua variasi di atas 0,05. Maka dapat disimpulkan bahwa semua data pada penelitian ini terdistribusi normal, sedangkan dari uji korelasi atau uji kekuatan hubungan antara dua variabel diperoleh nilai  $R^2$  di atas 0,70 dimana nilai R antara 0,70 – 1,00 menunjukkan pengaruh yang sangat kuat paling efektif.

Dari hasil analisa data setelah filtrasi, didapat nilai  $R^2$  tertinggi, yaitu 0,990 pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm. Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar fosfat pada konsentrasi penambahan tawas 0.0025 ppm setelah filtrasi adalah yang paling efektif.

#### 4.3. Analisa Data

**Tabel 7. Hasil Analisis Regresi Sebelum Filtrasi**

No.	Tawas	$R^2$	F hitung	F tabel	Keterangan
-----	-------	-------	----------	---------	------------

				(df1 = 1; df2 = 4)	
1	0.0015 ppm	0,951	78,271	7,7086	95,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,961	99,735	7,7086	96,1% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,985	260,795	7,7086	98,5% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,5% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat.

**Tabel 8. Hasil Analisis Regresi Setelah Filtrasi**

No.	Tawas	R <sup>2</sup>	F hitung	F tabel (df1 = 1; df2 = 4)	Keterangan
1	0.0015 ppm	0,801	16,061	7,7086	80,1% pengaruh kapur
2	0.0020 ppm	0,958	90,394	7,7086	95,8% pengaruh kapur
3	0.0025 ppm	0,980	193,784	7,7086	98,0% pengaruh kapur

Dari tabel di atas tampak bahwa pada tawas 0.0025 ppm, kapur berpengaruh sebesar 98,0% lebih besar daripada pengaruh kapur pada konsentrasi tawas 0.0015 ppm dan konsentrasi tawas 0.0020 ppm terhadap penurunan kadar fosfat

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

3. Larutan kapur dan larutan tawas efektif menurunkan kadar fosfat dalam limbah cair RS Bethesda dengan prosentase 97,92 %.
4. Efektifitas penurunan kadar fosfat limbah cair RS Bethesda dengan penambahan larutan kapur dan larutan tawas dapat dinyatakan dengan rumus empiris  $y=0,0061x - 0,7557$  diperoleh pada konsentrasi larutan kapur 0,0020 ppm dan konsentrasi larutan tawas 0,0025 ppm.

#### **5.2. Saran**

1. Bagi peneliti lain

Untuk dapat meneliti penurunan kadar fosfat dengan menggunakan metode yang lain, kemurnian bahan dan ketelitian alat sangat mempengaruhi hasil penelitian selanjutnya.

2. Terhadap RS Bethesda

Supaya memilih detergen yang digunakan dengan kadar fosfat rendah. Perlu melakukan pemeriksaan kadar fosfat secara berulang-ulang, agar penambahan koagulan dapat dilakukan setepat mungkin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1992. *Undang-Undang No. 23 tentang Kesehatan*. Depkes RI, Jakarta .
- \_\_\_\_\_. 1991. *Baku Mutu Limbah Cair SK Men KLH No. 03/MenKLH/II/1991*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1995. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep 58/Men.LH/12/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Rumah Sakit*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1988. *SK Men KLH No. 02/MenKLH/I/1988 Tentang Baku Mutu Air Pada Sumber Air*. Jakarta.
- Arikunto. 1993. *Manajemen Penelitian*. Depdikbud. Rineka Cipta. Jakarta.
- Agustjik R, DKK. 1992. *Pedomen Teknis Perbaikan Kualitas Air*. Dirjen P2M & PLM. Jakarta.
- Budiharjo. 1998. *Pengelolaan Limbah Rumah Sakit*, Makalah Pelatihan Petugas Sanitasi Rumah Sakit. Yogyakarta.
- Darsoprajitno, S. 1990. *Sebaran Endapan Zeolit dan Kegunaannya*. Kumpulan Seminar Zeo Industri. Kerjasama PPKSI dan HKTl. Universitas Padjajaran, Bandung.
- Depkes RI. 1994. *Pedoman Sanitasi Rumah Sakit*. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1985. *Almanak Kesehatan RI*. Jakarta.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Yogyakarta.
- Douglass M. Considine. 1974. *Chemical and Technology Lime and Limestone*. USA
- E.W. Stell. 1975. *Water Supply and Sewerage, fifth ED*. New York.
- Fardiaz S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- G. Hartono . 1992. *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. Depkes RI. Jakarta.
- Hartiningsih. 1992. *Pengelolaan Limbah Cair Rumah Sakit*. BTKL Yogyakarta.
- Howard S. Peavy. 1985. *Environmental Engineering*. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Hanafiah K. 1993. *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*. Rajawali Pers. Jakarta.
- J.A. Speet S., 1993. *Lokakarya Nasional tentang Sanitasi RS*. Depkes RI. Jakarta.
- J.S Soemirat. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Kusumanto, H. 1992. *Pengelolaan Limbah Rumah Sakit*, Kumpulan Makalah, PPLH Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Koesnopoetranto H. 1983, *Kesehatan Lingkungan*. FKM Universitas Indonesia. Jakarta.

Notoatmojo S. 1993. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta. Jakarta.

Robert S. Boynten. 1980. *Chemistry and Tecnology Lime and Limestone*. USA.

Reksosoebroto S., 1991. *Ilmu Hygien dan Sanitasi*. Jakarta.

Raharjo Mursid.. dkk. 1907. *Penuntun Praktikm Laboratorium Air*. FKM UNDIP. Semarang.

Sanropie, dkk. 1981. *Komponen Sanitasi Rumah Sakit di Indonesia*. Jakarta

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

Sank, R.K., 1986. *Water Treatment Plant Design For The Practising Engineer*, Ann Arbor Science Publisher, Inc . Michigan.

Stell, E.W., 1975. *Water Supply and Severage, Fifth ED*, MC Graw-Hill Koyoleusa Ltd, New York.

Singarimbun Masri. 1989. *Metodologi Penelitian Survei*. LP3ES. Jakarta.

Suryabrata S. 1992. *Metodologi Penelitian*. Rajawali Press. Jakarta.

Saleh Samsubar. 1988. *Statistik Induktif*. Liberty. Yogyakarta.

Sawyer and Mc. Carty. *Chemistry for Environmental Engeenering*. Third ed. Inc Tokyo.

Tony Gates. 1995. *Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Volume A. ICH.

Tjokrokusumo., 1995. *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. STTL "YLH", Yogyakarta.

Wirakusumah,2003. *Dasar-Dasar Ekologi Menopang Pengetahuan Ilmu-Ilmu Lingkungan*. Universitas Indonesia. Jakarta.

