



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG  
AMONIA DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM  
LAMPUNG SEBAGAI BAHAN PENGIKAT DENGAN METODE  
FLOTASI UDARA : STUDI KASUS PENGARUH pH,  
KOAGULAN PAC, DAN SURFAKTAN SLS

SKRIPSI

DANAR PERMANA  
040406016Y

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
DESEMBER 2008



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG  
AMONIA DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM  
LAMPUNG SEBAGAI BAHAN PENGIKAT DENGAN METODE  
FLOTASI UDARA : STUDI KASUS PENGARUH pH, KOAGULAN  
PAC, DAN SURFAKTAN SLS

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**

DANAR PERMANA  
040406016Y

FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
DEPOK  
DESEMBER 2008

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Danar Permana

NPM : 040406016Y

Tanda Tangan :



Tanggal : 31 Desember 2008

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Danar Permana

NPM : 040406016Y

Program Studi : Teknik Kimia

Judul Skripsi : PENGOLAHAN LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG AMONIA  
DENGAN MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI  
BAHAN PENGIKAT DENGAN METODE FLOTASI UDARA :  
STUDI KASUS PENGARUH pH, KOAGULAN PAC, DAN  
SURFAKTAN SLS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian  
persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program  
Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Dewan Penguji

Pembimbing : Ir. Eva F. Karamah, MT. (.....)

Penguji : Dr. Ir. Nelson Saksono, MT. (.....)

Penguji : Ir. Sutrasno Kartohardjono, MSc., PhD. (.....)

Ditetapkan di : Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Unigversitas Indonesia,  
Depok

Tanggal : 31 Desember 2008

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur hanya milik Allah SWT, atas segala nikmat dan karunianya yang tidak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah skripsi ini tepat waktu. Shalawat serta salam tak lupa senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA ,Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
2. Ibu Ir. Eva F. Karamah, MT selaku pembimbing atas kontribusinya dalam memberikan bimbingan, saran, dan diskusi skripsi.
3. Kedua orang tua dan keluargaku atas segala dukungan, restu dan doanya.
4. Bapak Ir. Yuliusman, M.Eng selaku koordinator skripsi Departemen TGP-FTUI.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng selaku pembimbing akademik penulis.
6. Mas Eko, Pak Min, Kang Jajat, Mas Opik, Mang Ijal, Mas Heri, Mas Mugeni, dan Mas Sri dan atas semua bantuannya selama ini.
7. Ahmed, Tanto, Rachmad teman – teman satu kelompok yang “gak jelas” serta Akh Hanom. Juga saudara – saudaraku alumni 14 tercinta. Terima kasih atas dukungan dan doanya selama ini. Semoga kita semua bisa sukses di dunia dan akhirat. Amin.
8. Broer, Moro, Marno, dan teman – teman GP’04 yang lulus 4,5 tahun serta Imin dan Frangky yang mau lulus 5 tahun. Terima kasih atas kebersamaannya selama ini. Semoga kita semua bisa sukses setelah lulus nanti.
9. Semua teman - teman GP 2004 kebersamaan dan kekompakannya. Terimakasih telah memberikan motivasi, dukungan dan segala bantuannya selama ini.
10. Dan kepada pihak-pihak lain yang terkait dalam penulisan laporan ini yang belum disebutkan namanya.

Depok, 31 Desember 2008

Danar Permana

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Danar Permana  
NPM : 040406016Y  
Program Studi : Teknik Kimia  
Departemen : Teknik Kimia  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty – Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Amonia dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung sebagai Bahan Pengikat dengan Metode Flotasi Udara : Studi Kasus Pengaruh Ph, Koagulan PAC, dan Surfaktan SLS

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 31 Desember 2008  
Yang menyatakan



(Danar Permana)

## ABSTRAK

Nama : Danar Permana  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Amonia dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung sebagai Bahan Pengikat dengan Metode Flotasi Udara : Studi Kasus Pengaruh Ph, Koagulan PAC, dan Surfaktan SLS

Penelitian ini memanfaatkan kemampuan zeolit alam Lampung sebagai bonding agent (bahan pengikat) melalui proses flotasi untuk mengangkat limbah amonia ke permukaan. Pada penelitian ini ditambahkan beberapa bahan-bahan kimia berupa koagulan *Polyaluminium chloride (PAC)* dan surfaktan *Sodium Lauril Sulfat (SLS)*. Penelitian ini dilakukan dengan variasi pH 6, 10 dan 11, dosis PAC (0 g/L dan 0,13 g/L), dosis SLS (0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,6 g/L, dan 0,8 g/L). Berdasarkan hasil penelitian, persentase pemisahan amonia tertinggi adalah 95,33 % pada kondisi pH 6, dosis SLS 0,8 g/L dan dosis PAC 0,13 g/L. Pengaruh penambahan SLS terbukti dapat meningkatkan persentase pemisahan yang dihasilkan.

Kata kunci :  
Flotasi, pH, Koagulan, Surfaktan

## ABSTRACT

Name : Danar Permana  
Study Program: Chemical Engineering  
Title : Ammonia Waste Water Treatment with Air Flotation Method Using  
Zeolit Alam Lampung as A Bonding Agent : Case Study Effect of Ph,  
Coagulant PAC, and Surfactant SLS

This research uses Zeolit Alam Lampung as a bonding agent through flotation process to lift ammonia to the surface. Surfactant *Sodium Lauril Sulfat (SLS)* and coagulant *Polyaluminium chloride (PAC)* was added to this process. Flotation process was varied in pH (6, 10 and 11), PAC (0 g/L; 0,13 g/L) and SLS (0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L, and 0,8 g/L). Based on this research, the highest ammonia separation presentation is 95,33%. This result was reached in pH 6 when SLS concentration 0,8 g/L and PAC concentration 0,13 g/L. The effect of addition SLS has made the ammonia separation presentation increased.

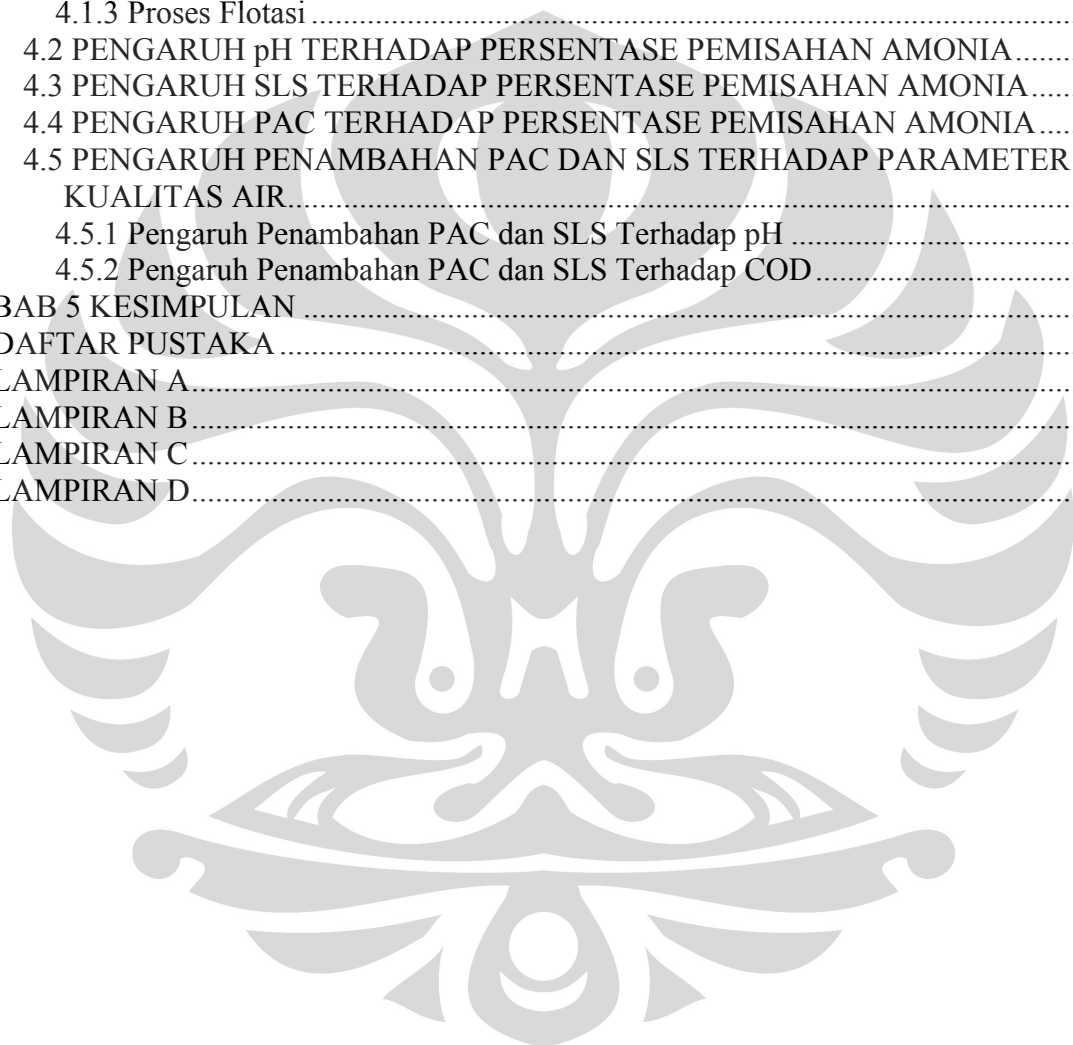
Keywords :  
Flotation, pH, Coagulant, Surfactant



# DAFTAR ISI

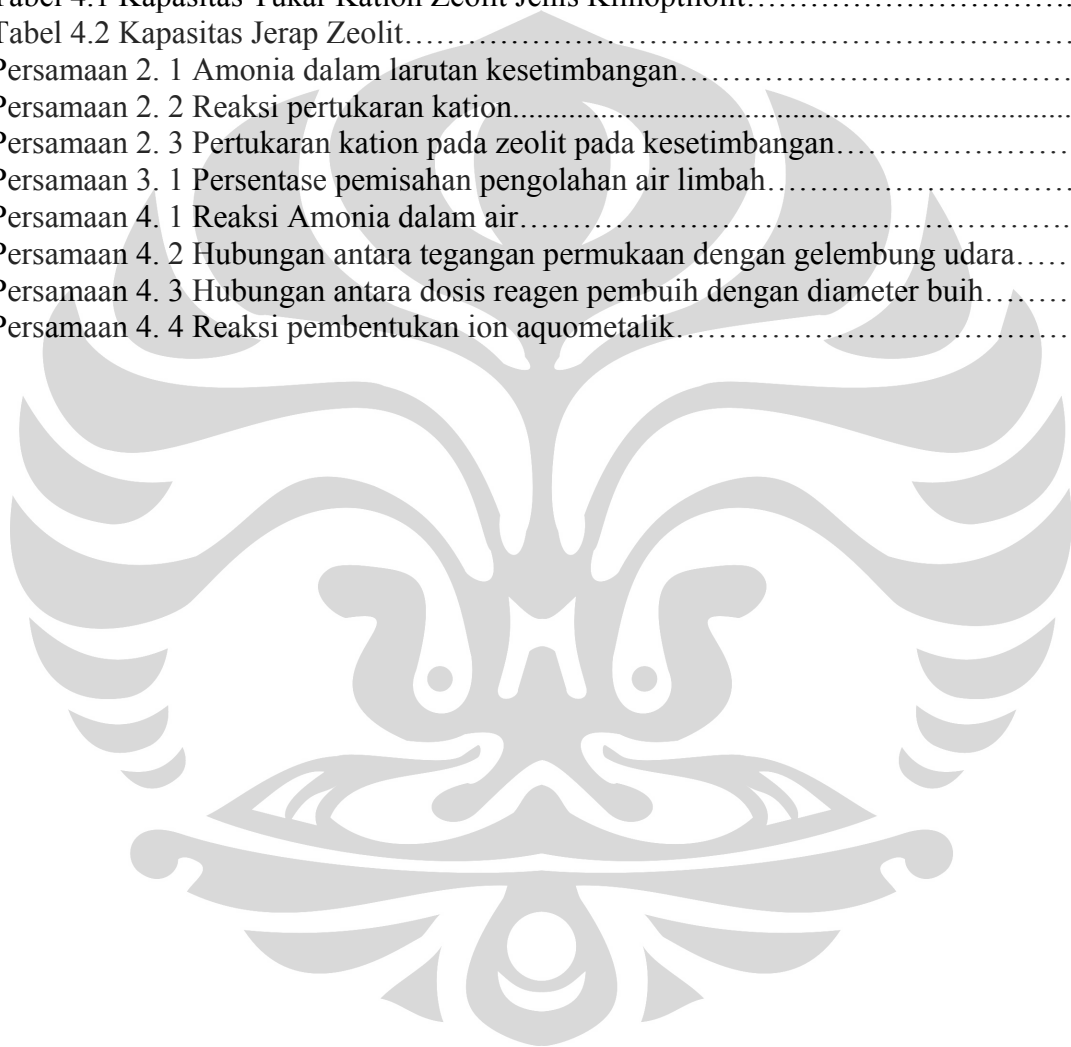
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL DAN PERSAMAAN .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	4
1.4 BATASAN MASALAH.....	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 AMONIA .....	6
2.2 FLOTASI.....	9
2.2.1 Prinsip Dasar Flotasi.....	10
2.2.2 Mekanisme Flotasi.....	12
2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Flotasi .....	12
2.2.4 Jenis-jenis Flotasi.....	14
2.2.5 Bahan-Bahan Kimia Tambahan.....	15
2.2.6 Kelebihan Proses Flotasi.....	17
2.3 ZEOLIT SEBAGAI BAHAN PENGIKAT.....	17
2.3.1 Struktur Zeolit.....	18
2.3.2 Jenis-jenis Zeolit.....	19
2.3.3 Sifat-sifat Zeolit.....	20
2.3.4 Zeolit Alam Lampung.....	22
2.4 SURFAKTAN .....	23
2.4.1 Jenis-Jenis Surfaktan.....	25
2.4.2 <i>Sodium Lauril Sulfat</i> (SLS).....	26
2.5 KOAGULAN.....	27
2.5.1 Mekanisme Koagulasi.....	28
2.5.2 <i>Polyaluminum chloride</i> (PAC) .....	28
2.6 UDARA.....	29
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	39
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	39
3.2 RANCANGAN PENELITIAN.....	31

3.3 PROSEDUR PENELITIAN .....	32
3.3.1 Preparasi Bonding Agent .....	32
3.3.2 Proses Flotasi .....	33
3.3.3 Analisa Sampel .....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
4.1 MEKANISME PROSES FLOTASI .....	32
4.1.1 Preparasi Bonding Agent .....	32
4.1.2 Persiapan Limbah Sintetik dan Bahan – bahan Kimia lainnya .....	40
4.1.3 Proses Flotasi .....	40
4.2 PENGARUH pH TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA .....	42
4.3 PENGARUH SLS TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA .....	44
4.4 PENGARUH PAC TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA .....	47
4.5 PENGARUH PENAMBAHAN PAC DAN SLS TERHADAP PARAMETER KUALITAS AIR .....	49
4.5.1 Pengaruh Penambahan PAC dan SLS Terhadap pH .....	49
4.5.2 Pengaruh Penambahan PAC dan SLS Terhadap COD .....	52
BAB 5 KESIMPULAN .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN A .....	59
LAMPIRAN B .....	64
LAMPIRAN C .....	67
LAMPIRAN D .....	70



## DAFTAR TABEL DAN PERSAMAAN

Tabel 2. 1 Sifat Fisika Amonia.....	7
Tabel 2. 2 Klasifikasi bahaya dari larutan amonia.....	8
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia Zeolit Alam Lampung.....	23
Tabel 4.1 Kapasitas Tukar Kation Zeolit Jenis Klinoptilolit.....	39
Tabel 4.2 Kapasitas Jerap Zeolit.....	40
Persamaan 2. 1 Amonia dalam larutan kesetimbangan.....	6
Persamaan 2. 2 Reaksi pertukaran kation.....	21
Persamaan 2. 3 Pertukaran kation pada zeolit pada kesetimbangan.....	21
Persamaan 3. 1 Persentase pemisahan pengolahan air limbah.....	34
Persamaan 4. 1 Reaksi Amonia dalam air.....	41
Persamaan 4. 2 Hubungan antara tegangan permukaan dengan gelembung udara.....	46
Persamaan 4. 3 Hubungan antara dosis reagen pembuih dengan diameter buih.....	46
Persamaan 4. 4 Reaksi pembentukan ion aquometalik.....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Amonia.....	6
Gambar 2. 2 Unit flotasi tipe sub-aerated mechanical.....	11
Gambar 2. 3 Ion Terperangkap dalam Gelembung Gas.....	12
Gambar 2. 4 Gelembung Gas Terperangkap dalam Kelompok Ion.....	12
Gambar 2. 5 Absorpsi dan Terperangkapnya Gelembung Gas dalam Kelompok Ion...	12
Gambar 2. 6 Tetrahedra alumina dan silika (TO <sub>4</sub> ) pada struktur zeolit.....	19
Gambar 2.7 Suatu Molekul Surfaktan.....	23
Gambar 2.8 Mekanisme Kerja Surfaktan.....	24
Gambar 2. 9 Pembentukan Misel.....	25
Gambar 2. 10 Struktur atom Sodium Lauril Sulfat (SLS).....	26
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Skema peralatan proses flotasi.....	31
Gambar 4.1. Pengaruh pH terhadap Persentase Pemisahan Amonia.....	44
Gambar 4.2 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 6.....	45
Gambar 4.3 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 10.....	47
Gambar 4.4 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 11.....	48
Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 11.....	51
Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 10.....	52
Gambar 4.7 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 6.....	53
Gambar 4.8 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 6.....	54
Gambar 4.9 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 10.....	55
Gambar 4.10 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 11.....	55

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Sampah, limbah cair, limbah logam berat, dan polusi udara merupakan permasalahan penting yang berkaitan dengan lingkungan hidup. Jika tidak ditangani secara benar, maka akan menimbulkan dampak yang sangat serius terhadap kesehatan dan lingkungan. Permasalahan lingkungan hidup yang muncul saat ini sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan industri. Salah satunya bahan pencemar yang banyak dihasilkan oleh industri saat ini. Salah satu bahan pencemar yang banyak dihasilkan oleh industri-industri yang ada saat ini yaitu amonia. Amonia merupakan sumber pencemar yang banyak dihasilkan dari berbagai macam kegiatan industri, misalnya pabrik pupuk, pabrik kertas dan pulp, pabrik daging, industri proses pembuatan gula tebu, industri tekstil, industri makanan dan minuman, pengolahan minyak bumi, pabrik asbes dan gelas ([www.menlh.go.id/usaha-kecil/](http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/)). Sebagian besar dihasilkan dari industri pupuk yang menghasilkan produk utama amonia dan urea.

Berdasarkan peraturan pemerintah nomor 18 tahun 1999 pasal 8 ayat 1, amonia tergolong ke dalam limbah B3 yang bersifat reaktif yang pada kondisi pH antara 2 dan 12,5 dapat menghasilkan gas, uap atau asap beracun dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Untuk itu diperlukan suatu metode yang tepat dan efektif untuk pengolahan limbah organik yang mengandung amonia agar kualitas limbah tersebut memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan dan juga aman terhadap kesehatan dan lingkungan. Pada beberapa penelitian sebelumnya, proses penyisihan amonia sudah banyak dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan zeolit alam lampung melalui proses adsorpsi dan pertukaran ion. Hasil yang didapat pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan proses adsorpsi batch berpengaduk satu tahap, zeolit alam lampung pada waktu 240 menit mampu mengurangi konsentrasi limbah logam kadmium mencapai 91,49%, tembaga 75,07%, seng 78,67%. Tetapi untuk limbah

amonia hanya mampu mengurangi konsentrasinya dari 0,9285 menjadi 0,7797 g/L atau efisiensinya hanya sekitar 20,76% (Mardisantoso,2002).

Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut tentang metode pengolahan limbah amonia agar mampu menyisihkan amonia dengan baik. Dalam penelitian ini digunakan proses flotasi dengan udara sebagai difuser untuk pembangkitan gelembung untuk mengangkat limbah amonia. Penelitian ini memanfaatkan kemampuan zeolit sebagai bonding agent (bahan pengikat) melalui proses flotasi untuk mengangkat limbah amonia ke permukaan. Prinsip dasar dari flotasi ini adalah prinsip fisika yaitu pemisahan partikel padatan yang mudah terapung dengan air. Proses flotasi ini telah berhasil dikembangkan secara luas untuk industri pertambangan. Saat ini, flotasi digunakan sebagai strategi alternatif untuk pengolahan air limbah. Tidak seperti teknologi lain, proses flotasi dapat diaplikasikan dengan sukses terhadap sistem dimana perbedaan antara densitas dari fasa kontinu dan fasa partikulat kecil (Massarani et al,2003).

Banyak peneliti yang telah menekankan keunggulan dari proses flotasi ini baik itu menggunakan metode flotasi udara terlarut (*Dissolved Air Flotation*) ataupun metode flotasi tekanan (*Induced Air Flotation*). Diantaranya yaitu, ekonomis dalam hal tempat, dan kemampuan untuk mengolah limbah yang jumlahnya besar dengan waktu detensi yang singkat (Lavallee and Nadreau, 1997; Rigas *et al*, 2001). Contoh nyata yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menjernihkan air limbah dari pabrik kertas dan pulp yaitu sekitar 10 menit dengan metode flotasi udara terlarut dan sedangkan dengan metode konvensional gravity settler dibutuhkan waktu 4 jam (Malley and Edzwald, 1991; Rigas *et al*, 2001).

Proses flotasi memungkinkan untuk memindahkan padatan yang terjebak dan minyak pada waktu tertentu dari berbagai macam air yang sangat keruh termasuk, aliran limbah industri pulp, industri tekstil dan bahan celup, industri makanan, limbah perkotaan, limbah dari industri kulit, limbah industri petrokimia, pengilangan minyak, dan industri baterai dan elektroplating (Lavallee and Nadreau, 1997; Gehr et al., 1993; Valade et al., 1996; Al-Muzaini et al.,1994 ; Rigas et al,2001).

Pada penelitian ini ditambahkan beberapa bahan-bahan kimia karena pengaruhnya cukup signifikan terhadap keefektifan proses flotasi. Bahan-bahan kimia

yang ditambahkan berupa koagulan dan surfaktan. Koagulan berfungsi untuk memisahkan senyawa koloidal yang terlarut dalam air meliputi partikel lumpur yang terlarut, bakteri, dan partikel yang menyebabkan kekeruhan pada air. Sedangkan surfaktan dapat meningkatkan sifat hidrofobik limbah sehingga memudahkan limbah untuk melepaskan diri dari air dan kemudian menempel pada gelembung udara. Surfaktan dan koagulan digunakan pada penelitian ini adalah *Sodium Lauril Sulfat (SLS)* dan *Polyaluminium chloride (PAC)*. Pada penelitian sebelumnya, pengaruh penambahan bahan kimia tersebut telah terbukti mampu meningkatkan persentase pemisahan logam berat dari air limbah.

Dari penelitian sebelumnya, proses flotasi telah terbukti mampu untuk mengangkat limbah logam berat. Hasil dari penelitian sebelumnya menunjukkan melalui proses flotasi dengan penambahan dosis koagulan dan surfaktan dapat meningkatkan persentase pemisahan logam dari air limbah hingga mencapai diatas 95%. Dengan dosis koagulan dan surfaktan optimum didapat persentase pemisahan logam besi sebesar 99,67%, sedangkan persentase pemisahan logam tembaga sebesar 89.39%, dan persentase pemisahan logam nikel sebesar 99,15% (Fatwa, 2006).

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Setelah melihat latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah yang akan dibicarakan pada penelitian ini adalah:

- Seberapa besar efektivitas pengolahan limbah amonia dengan proses flotasi dengan menggunakan udara sebagai *difuser* untuk menyisihkan amonia agar memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.
- Bagaimana pengaruh pH umpan terhadap persentase pemisahan amonia.
- Bagaimana pengaruh penambahan koagulan pada kinerja proses flotasi.
- Bagaimana pengaruh penambahan koagulan dan surfaktan pada kinerja proses flotasi dan berapa dosis optimumnya.

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengevaluasi efektivitas dari proses flotasi ini terhadap pengolahan limbah amonia dengan parameter banyaknya kandungan amonia yang dipisahkan dan kualitas air hasil olahannya.
2. Menganalisis pengaruh pH umpan terhadap proses flotasi untuk mendapatkan kondisi yang optimum
3. Menentukan dosis surfaktan dan koagulan yang optimum untuk memperoleh hasil yang optimum.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini yang akan menjadi batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Proses flotasi berlangsung secara *batch*
2. Limbah yang akan diolah adalah limbah sintetik amonia dengan konsentrasi tertentu.
3. Difuser yang akan digunakan adalah udara.
4. Bahan Pengikat (*bonding agent*) yang digunakan adalah zeolit alam Lampung.
5. Variabel-variabel yang digunakan adalah :
  - Variabel tetap : konsentrasi amonia, dosis zeolit, laju alir udara
  - Variabel bebas : dosis koagulan, pH, dan dosis surfaktan

### 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun sistematika yang digunakan dalam penulisan makalah skripsi ini adalah sebagai berikut :

#### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilakukan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

#### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA



Bab ini berisi tinjauan pustaka mengenai amonia serta proses pengolahan limbah dengan proses flotasi, zeolit dan penggunaannya sebagai bahan pengikat, dan udara dan penggunaannya sebagai difuser dalam proses flotasi.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

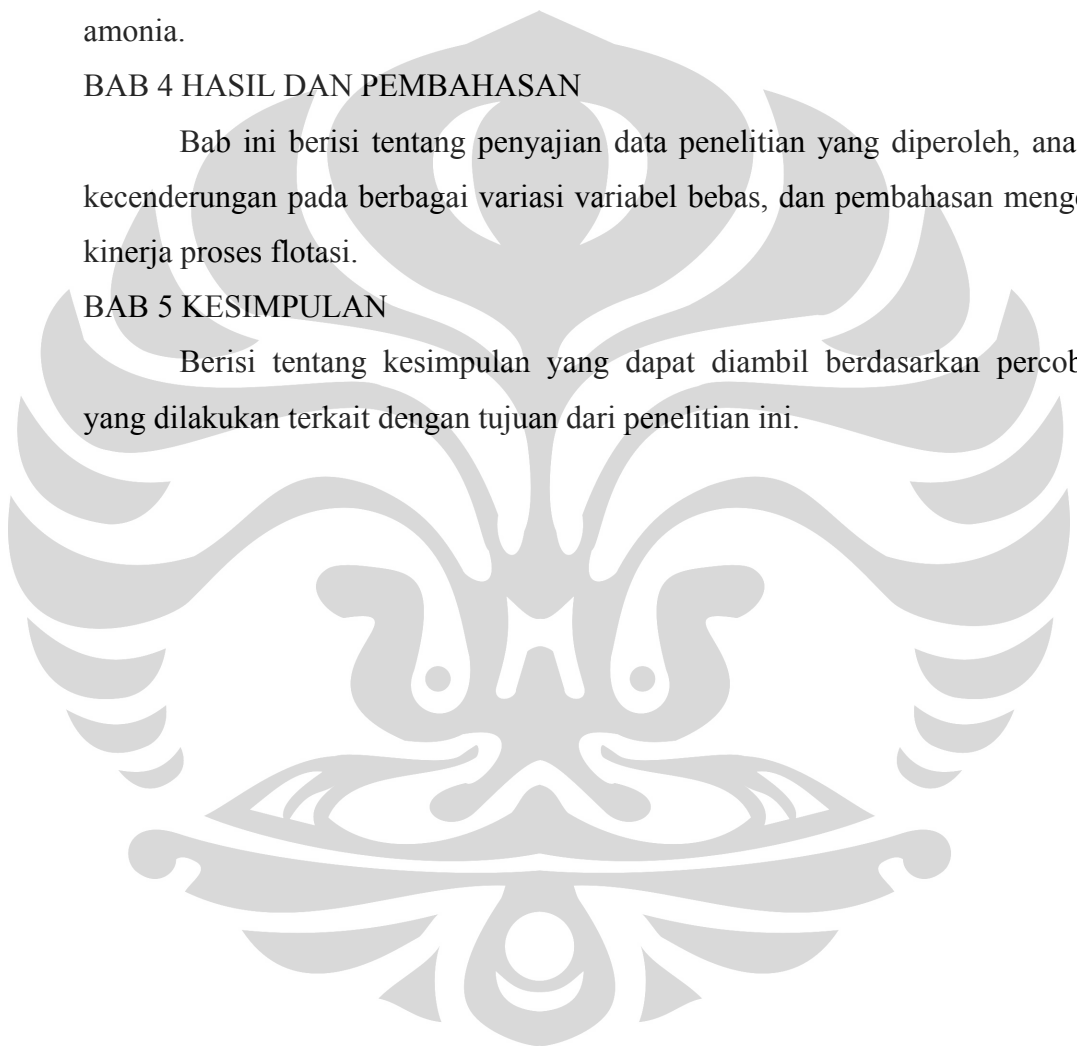
Bab ini berisi metode dan prosedur yang akan digunakan dalam pengambilan dan pengolahan data dalam proses flotasi untuk mengolah limbah amonia.

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian data penelitian yang diperoleh, analisis kecenderungan pada berbagai variasi variabel bebas, dan pembahasan mengenai kinerja proses flotasi.

### BAB 5 KESIMPULAN

Berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan percobaan yang dilakukan terkait dengan tujuan dari penelitian ini.



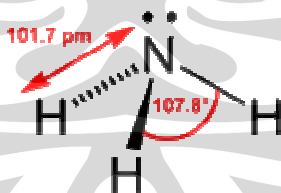
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini. Pembahasan ini termasuk tentang amonia, metode-metode pemisahan logam berat, proses flotasi, bahan-bahan kimia dalam proses flotasi, serta udara dan fungsinya sebagai difuser dalam proses flotasi.

#### 2.1 AMONIA

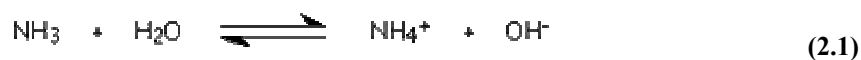
Amonia adalah suatu senyawa kimia yang terdiri dari nitrogen dan hidrogen dengan rumus kimia  $\text{NH}_3$ . Pada tekanan dan temperatur standar, amonia berbentuk gas. Amonia merupakan senyawa yang beracun dan bersifat korosif pada beberapa bahan. Amonia lebih ringan dari udara dan berbau sangat tajam. Amonia dapat disimpan dalam bentuk cair pada tekanan 10 atm dan temperatur  $25^\circ\text{C}$ , dan dapat dicairkan pada tekanan di bawah 10 atm.



Gambar 2. 1 Struktur Amonia

(www.wikipedia.com)

Amonia sangat mudah terurai dalam air karena terionisasi dengan membentuk ion amonium. Amonia dalam larutan berada dalam kesetimbangan seperti Persamaan 2.1 berikut:



Sebuah ion amonium dibentuk bersama dengan ion hidroksida. Karena amonia merupakan basa lemah, keadaan ion tidak lama dan kembali lagi ke keadaan semula. Keseimbangan bergeser ke arah kiri. Kandungan total amonia merupakan jumlah dari spesi tidak terion ( $\text{NH}_3$ ) dan spesi terion ( $\text{NH}_4^+$ ). Kelarutan amonia dalam air sangat dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur, namun reaksi keseimbangan di atas sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Pada pH di atas 10 (kondisi basa), maka keseimbangan akan bergeser ke kiri dan ion amonium akan berubah menjadi amonia. Pada temperatur sekitar  $0^\circ \text{C}$  dan pH kurang dari 6, kurang dari 0,01 % amonia berada dalam bentuk tidak terionkan, sedangkan pada  $30^\circ \text{C}$  dan pH 10, sekitar 89 % amonia berwujud  $\text{NH}_3$  (tidak terionkan). Beberapa sifat amonia dapat dilihat pada Tabel 2. 1 Sifat Fisika Amonia di bawah ini.

**Tabel 2. 1 Sifat Fisika Amonia**

SIFAT	NILAI
Massa Molar	17.03 g/mol
Kenampakan	Gas yang tidak berwarna dengan bau yang sangat tajam
Densitas pada fasa gas	0,6813 g/L
Densitas pada fasa liquid pada $-33,35^\circ \text{C}$ dan 1 atm	0,6818 g/cm <sup>3</sup>
Titik lebur	$-78.27^\circ \text{C}$ (195.42 K)
Titik didih	$-33.49^\circ \text{C}$ (240.74 K)
Viskositas pada $20^\circ \text{C}$	$9,821 \times 10^{-9}$ poise
Tegangan permukaan pada $11^\circ \text{C}$	23,38 dyne/cm
Konduktivitas termal pada $12^\circ \text{C}$	$5,51 \times 10^{-5}$ gcal/cm
Tekanan uap pada $25^\circ \text{C}$	10 atm
Kelarutan dalam air, 101 kPa	
Pada $0^\circ \text{C}$	895 g/L
$20^\circ \text{C}$	529 g/L
$40^\circ \text{C}$	316 g/L
$60^\circ \text{C}$	168 g/L

(www.wikipedia.com)

Selain baunya yang tajam dan tidak sedap, jika terminum oleh manusia dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan batuk ( $1200 \text{ mg/m}^3$ ), iritasi pada tenggorokan ( $2800 \text{ mg/m}^3$ ), kematian ( $>3500 \text{ mg/m}^3$ ). Walaupun amonia dalam konsentrasi yang encer, tetapi juga sangat beracun pada hewan air, dan karena alasan ini amonia digolongkan ke dalam zat berbahaya bagi lingkungan. Larutan amonia 5–10% wt ( $<5.62 \text{ mol/L}$ ) yang biasanya digunakan sebagai pembersih peralatan rumah tangga, khususnya pada kaca atau cermin, dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, saluran pencernaan dan pernapasan. Dan jika dicampur dengan zat klorin misalnya pada zat pemutih dapat menyebabkan terbentuknya senyawa yang beracun dan karsinogenik seperti *chloramine* dan *hydrazine*. Klasifikasi dari larutan amonia oleh *European Union* dapat dilihat pada Tabel 2. 12 berikut:

Tabel 2. 2 Klasifikasi bahaya dari larutan amonia

Konsentrasi (% wt)	Molaritas	Klasifikasi
5–10%	2.87–5.62 mol/L	Iritasi (Xi)
10–25%	5.62–13.29 mol/L	Korosif (C)
>25%	>13.29 mol/L	Korosif (C) Berbahaya bagi lingkungan (N)

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonia>)

Larutan amonia tidak boleh dicampur dengan golongan halogen karena akan membentuk produk yang beracun dan eksplosif. Anhidrat amonia dalam bentuk gas atau cair diklasifikasikan sebagai zat beracun dan berbahaya bagi lingkungan. Amonia dalam bentuk gas mudah terbakar (*autoignition temperature*:  $651 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dan dapat membentuk senyawa yang eksplosif dengan udara (16–25%). Anhidrat amonia korosif terhadap tembaga dan seng yang mengandung alloy. Amonia cair juga dapat merusak karet dan plastik tertentu (<http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonia>).

Limbah amonia sebagian besar dihasilkan dari pabrik pupuk yang menghasilkan produk utama amonia dan urea serta produk lainnya seperti amonium sulfat dan amonium nitrat. Selain itu, amonia banyak dihasilkan dari berbagai macam kegiatan

industri, misalnya pabrik kertas dan pulp, pabrik daging, industri proses pembuatan gula tebu, industri tekstil, industri makanan dan minuman, pengolahan minyak bumi, pabrik asbes dan gelas. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup KEP-02/MENKLH/I/1988 standar baku mutu limbah yang ditetapkan pemerintah untuk amonia yaitu 0,50 mg/L.

## 2.2 FLOTASI

Penggunaan metode flotasi saat ini telah berhasil dikembangkan sebagai strategi alternatif untuk pengolahan air limbah (Massarani et al,2003). Flotasi atau proses mengubah bahan tersuspensi, teremulsi, dan terlarut, serta bahan koloidal menjadi bahan yang mengambang (*floating*), dan merupakan proses pemisahan yang telah digunakan pada pengolahan mineral lebih dari satu abad yang lalu. Pada saat ini flotasi telah dikembangkan ke dalam lingkup yang lebih luas. Flotasi saat ini juga banyak digunakan pada industri pertambangan dan industri pengolahan logam. Proses flotasi memungkinkan untuk memindahkan padatan yang terjebak dan minyak pada waktu tertentu dari berbagai macam air yang sangat keruh termasuk, aliran limbah industri pulp, industri tekstil dan bahan celup, industri makanan, limbah perkotaan, limbah dari industri kulit, limbah industri petrokimia, pengilangan minyak, dan industri baterai dan elektroplating (Rigas et al,2001). Flotasi banyak digunakan pada industri mineral, seperti pabrik kertas, tinta, dan pengolahan air. Flotasi juga dapat digunakan pada industri makanan dan batubara. Flotasi juga digunakan secara luas pada industri pengolahan air karena dapat memisahkan lemak dan minyak dari air limbah. Unit flotasi ini disebut *Dissolved Air Flotation* (DAF). Flotasi juga digunakan pada arkeologi untuk memisahkan plant dari tanah. Flotasi juga digunakan pada penambahan material pada lambung kapal untuk menjaga lambung kapal tetap mengambang saat dipenuhi air (<http://id.wikipedia.org/wiki/flotation>).

Banyak penelitian yang telah menekankan keunggulan dari proses flotasi ini baik itu menggunakan metode flotasi udara terlarut (*Dissolved Air Flotation*) ataupun metode flotasi tekanan (*Induced Air Flotation*). Diantaranya yaitu, ekonomis dalam hal tempat,

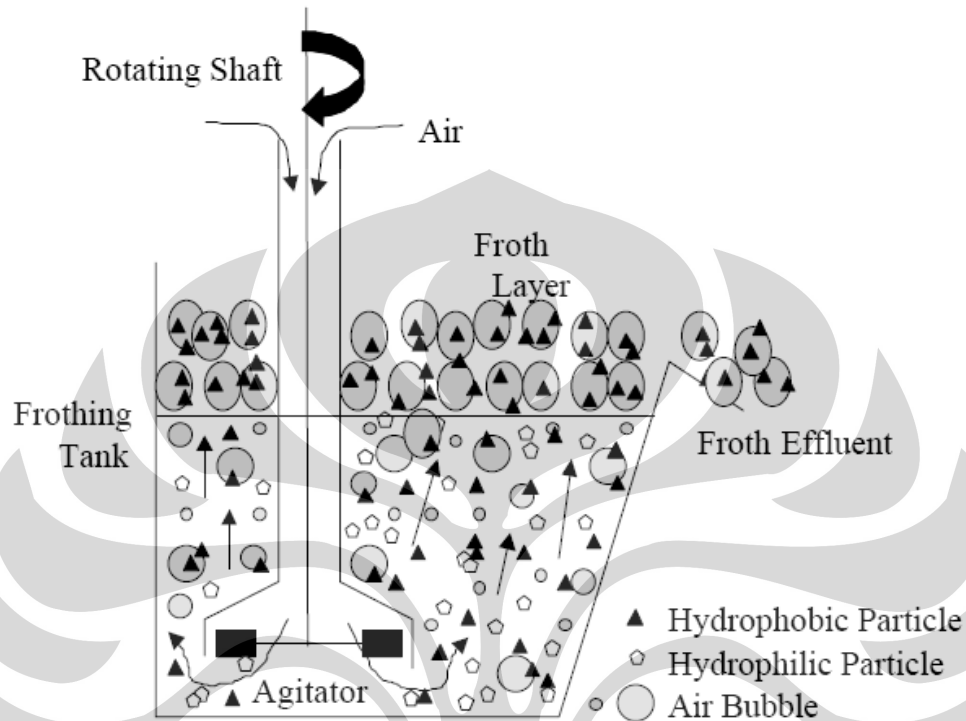
dan kemampuan untuk mengolah limbah yang jumlahnya besar dengan waktu detensi yang singkat (Rigas et al,2001).

Prinsip dasar dari flotasi ini adalah prinsip fisika yaitu pemisahan partikel padatan yang mudah terapung dengan air. Pada flotasi, terlebih dahulu limbah yang diolah direaksikan dengan bahan pengikat. Partikel yang diflotasi akan menjadi hidrofobik dengan penambahan bahan pengikat. Setelah itu, limbah yang sudah diikat akan terpisah dan dibawa ke permukaan oleh *diffuser*. Gelembung akan membawa partikel ke permukaan dan dikumpulkan menjadi *froth*. *Froth* atau limbah yang dipisahkan akan dibawa ke tempat pengumpulan. Flotasi merupakan cara yang paling efektif dalam hal biaya pada polutan dengan konsentrasi tinggi. Tetapi, flotasi memiliki kelemahan yaitu tidak semua limbah terbawa secara permanen oleh gelembung (<http://id.wikipedia.org/wiki/flotation>).

### 2.2.1 Prinsip Dasar Flotasi

Proses flotasi adalah proses separasi yang berdasarkan pada sifat kimia fisika, yaitu perbedaan kemampuan untuk terbasahi (*wettability*) pada permukaan partikel padatan yang akan dipisahkan. Perbedaan *wettability* permukaan partikel padatan (mineral logam) dapat bersifat alami atau bisa juga dipengaruhi oleh penggunaan adsorbat-adsorbat kimia (The Columbia Electronic Encyclopedia, 2003). Permukaan padatan biasanya secara alamiah dapat terbasahi (*wettable*) dengan air dan bersifat hidrofilik. Sedangkan jika suatu permukaan tidak *wettable*, maka permukaan tersebut bersifat hidrofobik dan aerofilik dimana permukaan tersebut akan tertarik dengan kuat ke interface udara sehingga dapat menggantikan air pada permukaan padatan. Pada proses flotasi, pemisahan campuran padatan biner dapat dipenuhi dengan menambahkan partikel solid hidrofobik ke dalam gelembung gas, sedangkan partikel padat hidrofilik akan tertinggal di dalam air limbah. Perbedaan densitas antara gelembung udara dan air menghasilkan daya apung yang dapat mengangkat partikel solid hidrofobik ke permukaan, dan membentuk lumpur (*sludge*). kemudian lumpur hasil flotasi ini diangkat dari permukaan secara kontinu dengan proses *skimming*.

Proses flotasi biasanya berlangsung secara batch, contoh unit flotasi yang digunakan di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Unit flotasi tipe *sub-aerated mechanical*

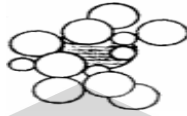
(Fatwa, 2006)

Proses flotasi dapat digunakan untuk menghilangkan partikel-partikel dengan kisaran ukuran diantara 400-150 mesh. Partikel dengan ukuran dibawah 400 mesh akan sulit dipisahkan dengan metode flotasi karena pada ukuran partikel yang kecil, akan sulit untuk memanfaatkan perbedaan sifat-sifat permukaan partikel untuk menginduksi selektifitas sifat hidrofobik. Sedangkan pada partikel-partikel di atas 150 mesh, cenderung untuk terpisah dari permukaan gelembung karena berbenturan dengan partikel yang lain atau dengan dinding tangki. Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi (*clarification*) atau pemekatan lumpur endapan (*sludge thickening*) dengan memberikan aliran udara ke atas (*air flotation*).

### 2.2.2 Mekanisme Flotasi

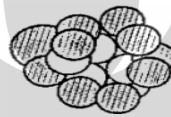
Mekanisme flotasi merupakan interaksi antara ion dengan gelembung gas. Pada umumnya mekanisme flotasi dibedakan menjadi tiga jenis, yakni (Nemerow, 1978):

1. Adsorpsi gelembung gas terhadap ion, seperti pada Gambar 2.3



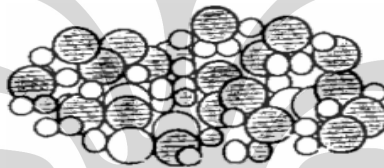
Gambar 2.3 Ion Terperangkap dalam Gelembung Gas

2. Terperangkapnya gelembung gas dalam ion, seperti pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Gelembung Gas Terperangkap dalam Kelompok Ion

3. Adsorpsi dan terperangkapnya gelembung gas pada ion, seperti Gambar 2.5



Gambar 2.5 Adsorpsi dan Terperangkapnya Gelembung Gas dalam Kelompok Ion

Keterangan:

- : Partikel suspensi atau padatan (solid)
- : Gelembung udara

### 2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Flotasi

Dalam proses flotasi, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terangkatnya komponen ke permukaan adalah :

#### A. Ukuran Partikel

Partikel dengan ukuran yang berbeda mempunyai kemampuan mengapung yang berbeda. Hasil-hasil penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa *recovery* akan mencapai maksimum jika ukuran partikelnya pada range 200 – 300 mesh. Partikel yang paling kasar adalah partikel yang paling mudah mengapung. Maka suatu campuran fasa cair dengan komposisi mineral yang sama, semakin halus



ukuran partikel, kemampuan mengapungnya akan semakin kecil. Ketidakmampuan partikel halus untuk mengapung, disebabkan karena beberapa hal, yaitu (Wills, B.A., 1988):

1. Sudut kontak yang terlalu kecil.
2. Agitasi yang terlalu kuat.
3. Pemisahan yang tidak sempurna.

Partikel partikel halus tidak hanya lambat mengapung, tetapi dapat dikatakan tidak mengapung, karena kesempatan kontak yang terlalu kecil antara partikel tersebut dengan gelembung gas, di samping itu juga karena permukaan partikel-partikel halus lebih ekstensif dan lebih dipengaruhi oleh ion-ion pelarutnya.

#### **B. pH larutan**

Pada flotasi, pH merupakan variabel yang harus dikendalikan, karena pH larutan dapat mempengaruhi interaksi antara logam-ligan, sehingga akan mempengaruhi kestabilan ion kompleks yang terbentuk (Basset J., et al, 1994), di samping itu pH larutan juga mempengaruhi interaksi ion dengan kolektor (Shergold, 1984). *Kolektor* mempunyai titik *isoelektrik*, yakni titik pH dimana *kolektor* yang berada dalam bentuk molekulnya tidak mempunyai muatan. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk *kolektor* yang digunakan harus disesuaikan dengan pH larutan. *Kolektor* yang berada dalam bentuk kationiknya sebaiknya digunakan pada larutan, yang mempunyai harga pH dibawah titik *isoelektrik kolektornya*, sehingga kolektornya tetap bermuatan positif. Sedangkan *kolektor* dalam bentuk anionik harus digunakan pada larutan dengan harga pH berada diatas titik isoelektrik *kolektornya*.

#### **C. Surfaktan**

Pada proses flotasi, surfaktan berfungsi sebagai kolektor dan mempertahankan bentuk gelembung dan menjaga agar gelembung tidak pecah selama proses pengangkatan (*floatated*) berlangsung anionik harus digunakan pada larutan dengan harga pH berada diatas titik isoelektrik *kolektornya*. Jenis surfaktan yang digunakan harus disesuaikan dengan jenis limbah yang akan diolah. Penjelasan

tentang surfaktan dan jenis surfaktan yang digunakan pada penelitian ini akan di jelaskan pada sub bab selanjutnya.

#### 2.2.4 Jenis-jenis Flotasi

Flotasi dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok menurut pengaturan tekanannya dan menurut pembangkitan gelembungnya.

- Jenis Flotasi Berdasarkan Pengaturan Tekanan

Penggolongan flotasi menurut pengaturan tekanan ini didasarkan pada kondisi tekanan operasi pada saat dilakukan proses flotasi. Berdasarkan pengaturan tekanannya, flotasi dibedakan menjadi flotasi vakum dan flotasi bertekanan.

1. Flotasi vakum

Pada proses flotasi vakum, pertama-tama air limbah di aerasi dengan difuser udara atau *mechanical heater*. Tujuan dari aerasi ini adalah untuk menghilangkan gelembung-gelembung yang berukuran besar. Setelah itu air limbah yang telah diaerasi tersebut dimasukkan ke dalam tangki vakum dengan tekanan sekitar 9 inHg dan didiamkan sejenak agar gelembungnya naik ke permukaan sehingga terjadi flotasi.

2. Flotasi bertekanan

Proses flotasi bertekanan sama seperti pada flotasi vakum, hanya saja pada saat proses aerasi digunakan udara bertekanan sekitar 30-40 psi. Dan agar gelembung yang terbentuk dapat naik kepermukaan, air limbah didiamkan pada kondisi atmosferik.

- Jenis Flotasi Berdasarkan Pembangkitan Gelembung Udara

Berdasarkan pembangkitan gelembung udaranya, flotasi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Flotasi dengan udara terdispersi (*dispersed air flotation*)

Pada sistem ini, gelembung udara terbentuk karena pengadukan yang kuat. Gas difuser langsung dimasukkan ke dalam air limbah melalui *revolving impeller*, melalui difuser seperti media poreus. Pengadukan ini dilakukan karena aerasi saja dalam

jangka waktu yang pendek tidak cukup efektif untuk mengapungkan padatan ke permukaan sehingga terjadi flotasi.

## 2. Flotasi dengan udara terlarut (*dissolved-air flotation*)

Pada sistem *dissolved-air flotation* (DAF), udara dilarutkan kedalam air limbah dengan tekanan beberapa atm, kemudian tekanan diturunkan ke level atmosferik. Pada sistem tekanan rendah, seluruh aliran air limbah ditekan dengan menggunakan pompa sehingga tekanannya menjadi 40-50 lb/in<sup>2</sup> gage (275-350kPa). Udara bertekanan ditambahkan ke dalam air limbah melalui *suction* pompa. Seluruh aliran ini didiamkan di dalam tangki retensi bertekanan selama beberapa saat untuk memberikan waktu agar udara dapat terlarut dalam air limbah. Kemudian aliran bertekanan ini dialirkan melalui *pressure-reducing valve* ke tangki flotasi dimana udara akan keluar dari larutan sehingga gelembung akan terbentuk.

- Jenis Flotasi Berdasarkan Mekanismenya

Berdasarkan mekanismenya, flotasi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu:

### 1. *Sorptive flotation*

Merupakan gabungan dari proses adsorpsi dan proses flotasi dimana logam yang akan dipisahkan pertama-tama akan diadsorpsi oleh suatu bahan pengikat kemudian di flotasi untuk memisahkannya dari air limbah

### 2. *Precipitate flotation*

Merupakan gabungan antara proses presipitasi dan proses flotasi dimana yang akan diflotasi adalah endapan yang terbentuk dari proses presipitasi

### 3. *Ion flotation*

Dimana sebelum proses flotasi terjadi pertukaran ion antara bahan pengikat dengan limbah kemudian akan diflotasi untuk memisahkannya dari air limbah.

## 2.2.5 Bahan-Bahan Kimia Tambahan

Dalam proses pengolahan limbah dengan metode flotasi, biasanya proses pengolahannya dibantu dengan penambahan beberapa reagent flotasi, yaitu (Shergold, H.L., 1984; Considine, Douglas M., 1984):

- *Bonding Agent* (bahan pengikat)  
*Bonding agent* ini merupakan aditif kimia yang fungsi utamanya adalah menciptakan permukaan atau struktur yang dapat dengan mudah mengabsorb atau memerangkap gelembung-gelembung udara. Selain zeolit, zat-zat kimia inorganik seperti garam-garam besi dan silika aktif (bentonit) dapat digunakan untuk mengikat partikulat-partikulat, dan selama proses pengikatan tersebut juga membentuk struktur yang dapat memerangkap gelembung-gelembung udara.
- *Kolektor*  
Kolektor merupakan reagen yang memiliki permukaan selektif, karena mempunyai gugus polar dan non polar sekaligus. Kolektor berfungsi untuk mengubah sifat kompleks ion dari hidrofil menjadi *hidrofob*, disamping itu juga berfungsi sebagai pembuih. Senyawa yang termasuk dalam kolektor adalah xantat, ditiofosfat, tiokarbonilida, dan tiokarbonat.
- *Frother* (pembuih)  
Reagent ini berfungsi untuk menstabilkan busa yang terbentuk selama proses flotasi. Beberapa senyawa kimia yang termasuk dalam jenis *frother* adalah alkohol, fenol, minyak ekaliptus, asam kresilat, minyak kamper, minyak cemara, alkil eter dan fenil eter.
- *Depresan*  
Merupakan jenis reagen yang digunakan sebagai masking dan juga sebagai penahan bagi *kolektor* agar tidak berinteraksi dengan ion logam dalam larutan, yang akan dipisahkan. Senyawa yang termasuk dalam reagent depresan adalah garam-garam anorganik, yang bersaing dengan kolektor untuk mengikat (mengadsorpsi) ion logam.
- *Aktivator*  
Reagen yang berfungsi sebagai pengaktif ion logam, yang akan dipisahkan, sehingga memungkinkan untuk diflotasi secara maksimal, melalui adanya pertukaran ion. Contoh senyawa *aktivator* adalah  $\text{CuSO}_4$ .

### 2.2.6 Kelebihan Proses Flotasi

Kelebihan proses ini dibandingkan dengan proses pemisahan logam berat yang lain antara lain (Roekmijati, 2004) :

1. Dapat memisahkan partikel-partikel logam yang lebih kecil dan lebih ringan.
2. Laju limpahan air limbah lebih besar sedangkan waktu detensi yang dibutuhkan lebih singkat sehingga ukuran tangki yang dibutuhkan lebih kecil. Oleh karena itu proses ini hanya memerlukan ruangan yang tidak terlalu besar dan biaya yang lebih ekonomis.
3. Bau limbah yang mengganggu dapat diminimalisasi karena air limbah tidak terlalu lama di diamkan di dalam tangki dan karena adanya udara terlarut dalam keluaran limbah.
4. Lumpur (*sludge*) yang diperoleh lebih tebal karena lebih banyak partikel-partikel logam berat yang terikat dan terangkat ke permukaan.

### 2.3 Zeolit Sebagai Bahan Pengikat

Bahan pengikat yang digunakan adalah zeolit. Zeolit adalah salah satu kelompok mineral alumina silikat yang mempunyai sifat multi-struktur, karena memperlihatkan struktur sarang tikus dan serat yang sangat indah dipandang. Mineral zeolit mempunyai struktur "framework" tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, sorpsi, "molecular sieving" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengolahan limbah industri dan limbah nuklir. Secara kimia mineral zeolit mempunyai ion alkali dan mempunyai air kristal. Apabila dipanaskan air kristalnya mudah menguap, sehingga bekas gugus air dalam zeolit merupakan lubang-lubang atau saluran mikro ke segala arah.

Struktur bersifat pori ini yang menyebabkan zeolit mempunyai kemampuan menyerap dan menyaring molekul. Zeolit juga memiliki karakteristik dapat melepas atau menarik kembali air secara reversibel dan dapat saling menukar atom tanpa terjadi perubahan yang besar dalam struktur atom. Selain itu, zeolit sering disebut juga sebagai mineral multiguna, karena banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti untuk adsorben, penukar ion, penapis molekular dan katalis, pembebas nitrogen-amonia dari

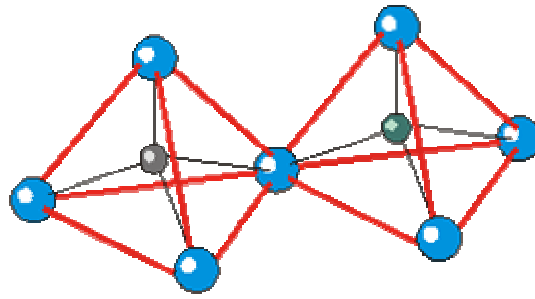
pabrik, pembebas ion logam dari air, aditif pada pakan ternak, tambak ikan/udang, penyerap limbah, dan lain-lainnya. Oleh sebab itu, mineral zeolit merupakan salah satu mineral primadona saat ini. Zeolit merupakan kristal aluminasilika terhidrasi dari alkali dan logam alkali tanah dalam kerangka 3 dimensi.

Di Indonesia, zeolit ditemukan pada tahun 1985 oleh PPTM Bandung dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah., diantaranya tersebar di beberapa daerah pulau Sumatera dan Jawa. Namun dari 46 lokasi zeolit, baru beberapa lokasi yang ditambang secara intensif antara lain di Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor dan Lampung.

Mineral alam zeolit biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gipsum, 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 impuritis lainnya.

### 2.3.1 Struktur Zeolit

Struktur zeolit merupakan kerangka tiga dimensi dari tetrahedral silika ( $\text{SiO}_4$ ) dimana keempat sudut oksigen dari masing-masing tetrahedron berikatan dengan tetrahedral berikutnya. Jika masing-masing tetrahedron dalam kerangka mengandung silikon sebagai pusat atom, struktur keseluruhan akan bermuatan netral. Pada struktur zeolit, beberapa posisi silikon bermuatan empat digantikan oleh alumunium bermuatan tiga, yang mengakibatkan zeolit kekurangan muatan positif. Kekurangan muatan positif digantikan dengan hadirnya atom bermuatan positif satu atau dua seperti sodium  $\text{Na}^+$ , potasium  $\text{K}^+$ , kalsium  $\text{Ca}^{2+}$ , dan magnesim  $\text{Mg}^{2+}$ .



**Gambar 2.6 Tetrahedra alumina dan silika (TO<sub>4</sub>) pada struktur zeolit**

(www.batan.go.id)

Rumus empiris dari zeolit adalah  $(M_{2/n}O)(Al_2O_3 \cdot xSi_2)(yH_2O)$ . Dimana M adalah unsur alkali atau alkali tanah, n adalah muatan unsur tersebut, x adalah bilangan dari 2 sampai 10 dan y adalah bilangan dari 2 sampai 7. Dari rumus empiris di atas, secara garis besar terlihat bahwa zeolit tersusun dari tiga komponen utama yaitu kerangka kation-kation, aluminasilikat, dan molekul-molekul air. Bagian dalam tanda kurung kedua merupakan struktur rangka yang dengan oksigen membentuk struktur kerangka yang *rigid*. Bagian dalam tanda kurung pertama merupakan ion-ion yang dapat dipertukarkan, karena ion-ion pada zeolit tersebut dapat dengan mudah ditukarkan dengan kation lain dalam larutan tanpa mempengaruhi kerangka aluminasilika (<http://www.batan.go.id/ptlr>).

### 2.3.2 Jenis-jenis Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Pada saat ini dikenal sekitar 40 jenis zeolit alam, meskipun yang mempunyai nilai komersial ada sekitar 12 jenis, diantaranya klinoptilolit, mordenit, filipsit, kabasit dan erionit. Zeolit sintetis 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<sub>4</sub> (*Zeolite Sieving Materials/Aluminium Phosphate*) dan bahkan akhir-akhir ini dikenal grup Zeotip, yaitu material seperti zeolit tetapi bukan senyawa alumino-silikat.

- Zeolit Alam

Zeolit alam pertama kali ditemukan oleh Baron Cronstedt pada tahun 1756, seorang ahli mineral berkebangsaan Swedia, dimana zeolit ini terbentuk karena adanya proses perubahan alam dari batuan vulkanik tuf dan banyak dijumpai dalam lubang-lubang batuan lava dan dalam batuan sedimen.

Di Indonesia terdapat banyak mineral zeolit karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari batuan gunung api yang merupakan sumber mineral zeolit. Sampai saat ini tidak kurang dari 50 lokasi deposit zeolit telah ditemukan tersebar di pulau Sumatera, Jawa, Kalimantan, dll.

- Zeolit Sintetis

Sifat zeolit yang unik yaitu susunan atom atau komposisinya dapat dimodifikasi, maka R.M. Milton dan rekan dari Union Carbide pada tahun 1948 berhasil mensintetis zeolit yang memiliki sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Zeolit ini terbentuk berdasarkan proses termal dari senyawa-senyawa alumina, silika, dan logam alkali.

### 2.3.3 Sifat-sifat Zeolit

Zeolit memiliki struktur berongga dan biasanya rongga ini berisi air kationation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Oleh karena itu zeolit dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekuler, penukar ion, adsorben, dan sebagai katalis atau penyangga katalis. Sifat zeolit meliputi :

- Sifat Dehidrasi Zeolit

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 terinteraksi dengan molekul yang teradsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan.



- Sifat Adsorpsi Zeolit

Salah satu aspek kimia yang paling penting dari zeolit adalah sifat adsorpsi. Sebagai adsorben, zeolit adalah material yang unik. Pada kondisi normal, pusat rongga yang besar dan pori-porinya terisi oleh molekul-molekul air membentuk bola-bola hidrat di sekeliling kation. Dengan pemanasan pada suhu 300 °C – 400 °C, air tersebut akan keluar. Setelah air dapat dihilangkan maka molekul-molekul zat dengan diameter tertentu akan dapat melewati dan menempati pori-pori dan rongga dari zeolit. Molekul yang terlalu besar akan ditolak.

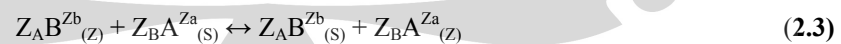
- Sifat Penukar Kation

Kemampuan zeolit sebagai penukar ion bergantung pada banyaknya kation tukar pada zeolit. Banyaknya kation tukar pada zeolit ditentukan oleh banyaknya kation  $\text{Si}^{4+}$  yang digantikan oleh kation lain yang bervalensi 3 atau 5. Reaksi pertukaran kation secara umum adalah :



Pertukaran terjadi antara kation  $\text{A}^+$  dan  $\text{B}^+$ .

Pertukaran kation pada zeolit akan mencapai kesetimbangan sesuai dengan persamaan:



Dimana A dan B adalah kation yang dipertukarkan, Zb dan Za adalah muatan masing-masing kation, (Z) adalah zeolit dan (S) adalah larutan. Kemampuan pertukaran ion (adalkanya 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. Kemampuan tukar kation (KTK) dari zeolit bervariasi dari 1,5 sampai 6 meq/g. Nilai

KTK zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung, seperti kaolinit (0,03-015 meq/g), bentonit (0,80-1,50 meq/g) dan vermikulit (1-1,50 meq/g).

- Sifat Katalis

Zeolit merupakan katalis yang aktif. Fenomena sterik sangat penting dalam katalis zeolit, sehingga disebut "*shape selective catalysis*" yang ditemukan untuk menyatakan pengaruh tersebut. Reaksi selektif yang ekstrim dapat dilakukan dengan zeolit ketika suatu produk, reaktan, maupun keadaan transisi ditahan pembentukannya dalam pori karena ukuran dan bentuknya.

- Sifat penyaring/pemisah

Meskipun banyak media berpori yang dapat digunakan sebagai penyerap atau pemisah campuran uap atau cairan, tetapi distribusi diameter atau pori-pori media tersebut tidak cukup efektif seperti halnya penyaring molekul (zeolit) yang mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang disaring.

### 2.3.4 Zeolit Alam Lampung

Zeolit alam Lampung memiliki komposisi 78 % klinoptilolit, analsim 14 % dan modernit 8 %. Klinoptilolit memiliki persamaan kimia  $(\text{NaK})_6(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$ . Klinoptilolit memiliki bukaan pori-pori rata-rata 4 Å, dengan struktur kristal berbentuk monoklinik yang terdiri dari cincin 8, cincin 10 dan bentuk kompleks 4-4-1. Cincin 8 dan cincin 10 terletak sejajar dalam satu bidang membentuk saluran-saluran dengan ukuran bukaan masing-masing  $3,3 \times 4,6 \text{ Å}$  dan  $3,0 \times 7,6 \text{ Å}$ , sedangkan pada arah bidang lainnya terdapat cincin-8 membentuk saluran dengan ukuran  $2,6 \times 4,7 \text{ Å}$ . Pada bagian tengah dari rongga-rongga (cincin) diisi oleh air dan kation-kation dan alkali tanah. Rumus molekul zeolit alam Lampung adalah  $\text{Na}_{2,94}\text{K}_{1,35}\text{Ca}_{0,63}\text{Mg}_{0,21}\text{Al}_{6,25}\text{Si}_{29,74}\text{O}_{72} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ . Komposisi kimia zeolit alam Lampung dapat dilihat pada Tabel 2.3.

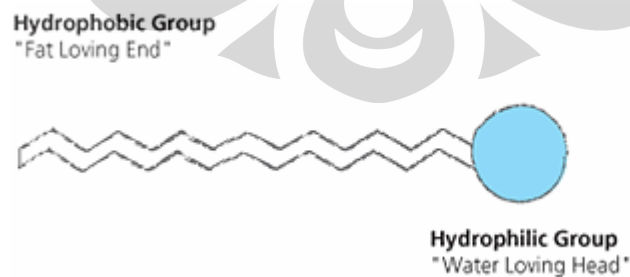
**Tabel 2.3 Komposisi Kimia Zeolit Alam Lampung**

Senyawa	Prosentase
SiO <sub>2</sub>	72,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,19
Na <sub>2</sub> O	0,45
TiO <sub>2</sub>	0,16
MgO	1,15
K <sub>2</sub> O	2,17
CaO	3,56
Lain-lain	6,32

(Mardisantoso, 2002)

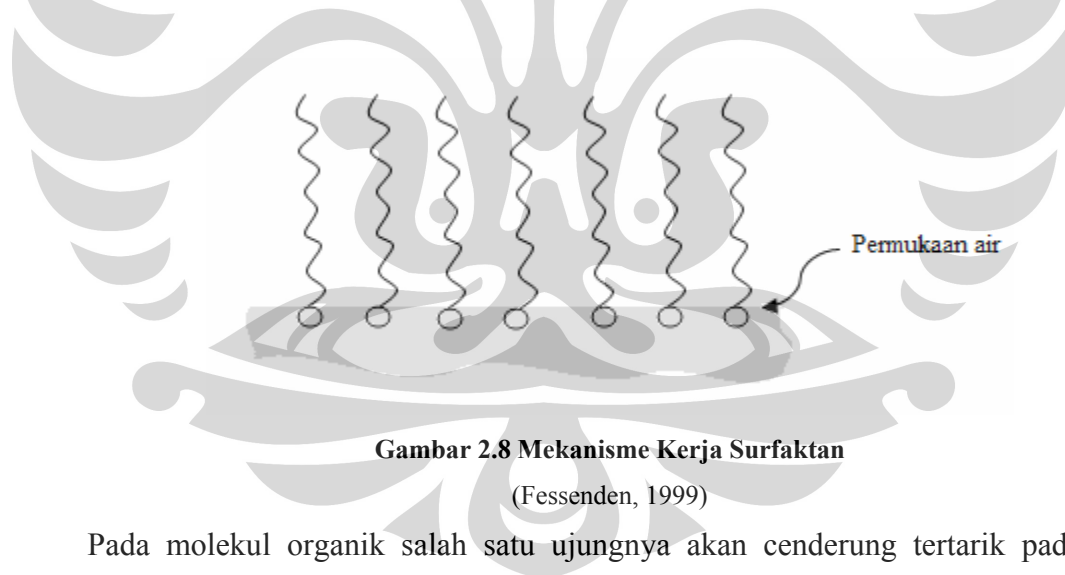
## 2.4 SURFAKTAN

Surfaktan merupakan suatu senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang dapat diproduksi melalui sintesis kimiawi maupun biokimiawi. Surfaktan memiliki gugus hirdofilik dan hidrofobik dikedua ujungnya. Pada flotasi, gugus hidrofilik surfaktan akan berikatan dengan air sedangkan gugus hidrofobiknya akan berikatan dengan partikel-partikel limbah sehingga terbentuk koloid. Gugus hidrofobik dari surfaktan juga meningkatkan sifat hidrofobik dari limbah yang akan dipisahkan dari air. Karena lebih bersifat hidrofobik, maka limbah akan melepaskan diri dari air kemudian menempel pada gelembung udara.

**Gambar 2.7 Suatu Molekul Surfaktan**

Sifat aktif permukaan yang dimiliki surfaktan diantaranya mampu menurunkan tegangan permukaan, tegangan antarmuka dan meningkatkan kestabilan sistem emulsi. Sifat surfaktant juga bergantung pada suatu molekul yang memiliki sifat lipofilik dan hidrofilik. Pada batas antarfase (misalnya, minyak lemak dan air atau udara dan air), molekul surfaktant bergabung menyebabkan turunnya tegangan permukaan. Keberadaan busa menyebabkan terbentuknya perluasan daerah antarfase dan akumulasi surfaktan dalam air busa dan akibatnya terjadi penurunan kepekatan surfaktan dalam massa air.

Surfaktan menurunkan tegangan permukaan air cara dengan mematahkan ikatan – ikatan hidrogen pada permukaan air. Hal ini dilakukan dengan cara menaruh kepala – kepala hidrofiliknya pada permukaan air dengan ekor – ekor hidrofobiknya terentang menjauhi permukaan air (Fessenden, 1999). Dengan adanya kemampuan seperti ini membuat surfaktan banyak digunakan dalam berbagai industri, seperti industri sabun, deterjen, produk kosmetika dan produk perawatan diri, farmasi, pangan, cat dan pelapis, kertas, tekstil, pertambangan dan industri perminyakan, dan lain sebagainya.



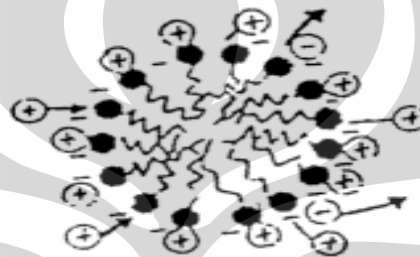
**Gambar 2.8 Mekanisme Kerja Surfaktan**

(Fessenden, 1999)

Pada molekul organik salah satu ujungnya akan cenderung tertarik pada air (disebut sebagai hidrofilik/suka air) karena bersifat polar sedangkan ujung yang lain bersifat hidrofobik (benci air). Permukaan molekul aktif seperti ini akan tertarik pada antarmuka air-gas pada permukaan gelembung udara, sehingga molekul-molekul tersebut akan membentuk suatu lapisan tipis disana dan membentuk buih/busa. Dalam suatu protein *skimmer*; ketika gelembung udara meninggalkan air menuju tampungan

busa, gelembung udara tersebut akan kolaps sehingga pada akhirnya bahan-bahan organik akan tertinggal pada tampungan busa. Busa yang terbentuk akan dapat dihilangkan dengan proses *skimming* (penyendokan buih) atau flotasi.

Surfaktan yang dipilih harus sesuai untuk menghindari terbentuknya misel pada gelembung, seperti Gambar 2.7, karena misel dapat mengganggu kinerja gelembung. Misel merupakan segerombol (50 – 150) molekul surfaktan yang yang rantai hidrokarbonnya mengelompok dengan ujung – ujung ionnya menghadap ke air (Fessenden, 1999).



**Gambar 2.9 Pembentukan Misel**  
(Fatwa, 2006)

#### 2.4.1 Jenis-Jenis Surfaktan

Secara umum, surfaktan dibagi menjadi empat jenis, yaitu (Rosen, 1988):

a. Anionik

Senyawa yang bagian aktif dari permukaan molekulnya akan bermuatan listrik negatif, setelah senyawa tersebut larut dalam air. Yang termasuk jenis surfaktan anionik antara lain: garam-garam asam karboksilat, garam-garam asam sulfonat, dan garam-garam ester asam sulfat.

b. Kationik

Senyawa yang bagian aktif dari permukaan molekulnya akan bermuatan listrik positif, setelah senyawa tersebut larut dalam air. Yang termasuk surfaktan kationik antara lain: amina rantai panjang dan garamnya, diamina dan poliamina dan garamnya, dan amin oksida.

c. Non Ionik

Senyawa yang bagian aktif dari permukaan molekulnya akan bermuatan netral, setelah senyawa tersebut larut dalam air. Yang termasuk kedalam jenis surfaktan non ionic antara lain: alkilfenol etoksilat, alcohol etoksilat, dan ester asam karboksilat rantai panjang.

d. Zwitterionik

Senyawa yang bagian aktif dari permukaan molekulnya akan bermuatan listrik positif dan negatif sekaligus, setelah senyawa tersebut larut dalam air. Surfaktan zwitterionik dibagi menjadi dua jenis lagi yaitu yang sensitif terhadap pH, contohnya  $\beta$ -N- Asam Alkilaminopropionik ( $\text{RNH}_2^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$ ) dan yang tidak sensitif terhadap PH, contohnya Sulfobetain ( $\text{RN}^+(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3^-$ )

#### 2.4.2 Sodium Lauril Sulfat (SLS)

Surfaktan yang digunakan pada proses flotasi dalam penelitian kali ini adalah Sodium Lauril Sulfat (SLS). SLS termasuk surfaktan anionik yang merupakan jenis garam-garam ester asam sulfat (Rosen, 1988). SLS memiliki rumus kimia  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaO}_4\text{S}$  atau  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{11}-\text{O}-\text{SO}_3-\text{Na}^+$ . Jenis surfaktan ini merupakan bahan kimia yang banyak diproduksi. Di Amerika Serikat contohnya, produksi tahunan SLS mencapai diatas satu juta pound pertahun. Dalam larutan, kation  $\text{Na}^+$  akan terdisosiasi dari bagian anionik (*lauryl* atau *dodecyl sulfate*) dan senyawa anionik ini merupakan bagian yang aktif. Struktur dari SLS dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Struktur Molekul Sodium Lauril Sulfat (SLS)

(Rosen, 1988)

SLS memiliki kelebihan antara lain memiliki kemampuan menghasilkan gelembung yang baik bahkan dalam air sadah. Sedangkan kelemahannya adalah mudah terhidrolisis dalam suasana asam. SLS juga dapat menyebabkan iritasi kulit.

## 2.5 KOAGULAN

Proses koagulasi dilakukan untuk memisahkan senyawa koloidal yang terlarut dalam air. Senyawa koloidal ini meliputi partikel lumpur yang terlarut, bakteri, dan partikel yang menyebabkan kekeruhan pada air. Senyawa-senyawa koloidal ini kemudian diproses agar terbentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar sehingga akan lebih mudah untuk dipisahkan dari air dengan menggunakan proses separasi seperti filtrasi, membran, dan flotasi ([www.ci.greenboro.nc.us/](http://www.ci.greenboro.nc.us/)).

Senyawa kimia yang ditambahkan kedalam larutan untuk proses koagulasi disebut dengan koagulan. Terdapat tiga sifat penting yang harus dimiliki oleh suatu koagulan yaitu ([www.ag.nsd.edu](http://www.ag.nsd.edu)):

1. Kation trivalen

Koloid yang terdapat pada perairan umumnya bermuatan negatif, sehingga dibutuhkan kation untuk menetralkan muatan negatif tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh *Schuze* dan *Hardy* menyatakan bahwa 1 mol ion trivalen dapat mereduksi muatan negatif sama banyaknya dengan 30-50 mol ion divalen, dan sama banyaknya dengan 1500-2500 mol ion monovalen. Oleh karena itu, kation trivalen merupakan kation yang paling efektif.

2. Tidak beracun

Karena koagulan digunakan untuk proses pengolahan air, maka syarat ini jelas harus dipenuhi untuk menghasilkan air yang memenuhi standar kesehatan.

3. Tidak larut dalam air

Koagulan yang ditambahkan harus dapat mengendap dalam larutan, sehingga ion berkonsentrasi tinggi pada koagulan tidak tertinggal dalam air.

### 2.5.1 Mekanisme Koagulasi

Koagulasi dihasilkan dari dua mekanisme dasar, yaitu koagulasi perikinetik atau koagulasi elektromagnetik dan koagulasi orthokinetik. Penambahan kation-kation dengan valensi tinggi menekan muatan partikel dan jarak efektif dari lapisan ganda. Dengan demikian, akan mengurangi *zeta potensial*. Dengan melarutnya koagulan, kation menetralkan muatan negatif pada koloid. Ini terjadi sebelum pembentukan flok yang dapat terlihat, dan pengadukan yang cepat, yang melapisi koloid efektif dalam tahap ini.

Flok berukuran mikro kemudian terbentuk, flok tersebut kemudian menahan muatan positif dalam rentang asam, dikarenakan adsorpsi  $H^+$ . Flok mikro ini juga berfungsi menetralkan dan melapisi partikel koloid.

Flokulasi mengumpulkan koloid-koloid dengan flok oksida air (*hydrous oxide*). Pada tahap ini, adsorpsi permukaan juga aktif. Koloid-koloid yang tidak teradsorpsi pada tahap awal akan terperangkap didalam flok dan akhirnya terpisahkan (Eckenfelder, 1989).

### 2.5.2 *Polyaluminum chloride* (PAC)

*Polyaluminium chloride* (PAC) merupakan salah satu jenis koagulan anorganik derivat dari koagulan berbasis aluminium. PAC telah dikembangkan dan digunakan pada proses pengolahan air dan air limbah sejak 1980-an di seluruh dunia. (Jiang, 2001) Semua derivat koagulan aluminium, kecuali natrium aluminat ( $Na_2Al_2O_4$ ) merupakan garam asam. Oleh karena itu penggunaan PAC dalam pengolahan air limbah akan menurunkan pH air limbah tersebut. PAC yang memiliki rumus kimia  $Al_{13}(OH)_{20}(SO_4)_2Cl_{15}$ , merupakan hidrolisis parsial dari larutan aluminium klorida. Mekanisme kerja PAC adalah dengan melakukan pengurangan muatan listrik dalam air limbah. Di dalam air PAC akan terdisosiasi melepaskan kation  $Al^{3+}$  yang akan menurunkan zeta potensial dari partikel. Sehingga gaya tolak-menolak antar partikel menjadi berkurang, akibatnya penambahan gaya mekanis seperti pengadukan akan mempermudah terjadinya tumbukan yang akan dilanjutkan dengan penggabungan



partikel-partikel yang akan membentuk flok yang berukuran lebih besar (Notodarmodjo, 2004).

Pada beberapa aplikasi, PAC memiliki efek koagulasi 2-3 kali lebih baik daripada garam aluminium lainnya. Selain itu dengan harga yang lebih murah daripada koagulan organik, kelebihan lain yang dimiliki oleh PAC antara lain:

- Memerlukan waktu yang singkat untuk bereaksi dan pengendapan.
- Penurunan pHnya lebih rendah dibandingkan dengan koagulan organik pada dosis yang sama.
- Efek koagulannya lebih baik dibandingkan aluminium sulfat bahkan pada suhu yang rendah.

PAC efektif bekerja pada rentang yang cukup luas yaitu pH 6 sampai dengan 9 (Liu Wenbin *et al*, Fatwa, 2006).

## 2.6 UDARA

Udara merujuk kepada campuran gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara bumi yang kering mengandung 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% uap air, karbon dioksida, dan gas-gas lain. Kandungan udara juga berubah sesuai dengan ketinggian.

Apabila makhluk hidup bernafas, kandungan oksigen berkurang sementara kandungan karbon dioksida bertambah. Ketika tumbuhan menjalani sistem fotosintesis, oksigen kembali dibebaskan.

Di antara gas-gas yang membentuk udara adalah seperti berikut (<http://en.wikipedia.org/wiki/udara>) :

- Helium
- Nitrogen
- Oksigen
- Karbon dioksida

Pada penelitian kali ini, udara digunakan sebagai diffuser yang berfungsi untuk mengangkat limbah ke permukaan yang selanjutnya akan dipisahkan .

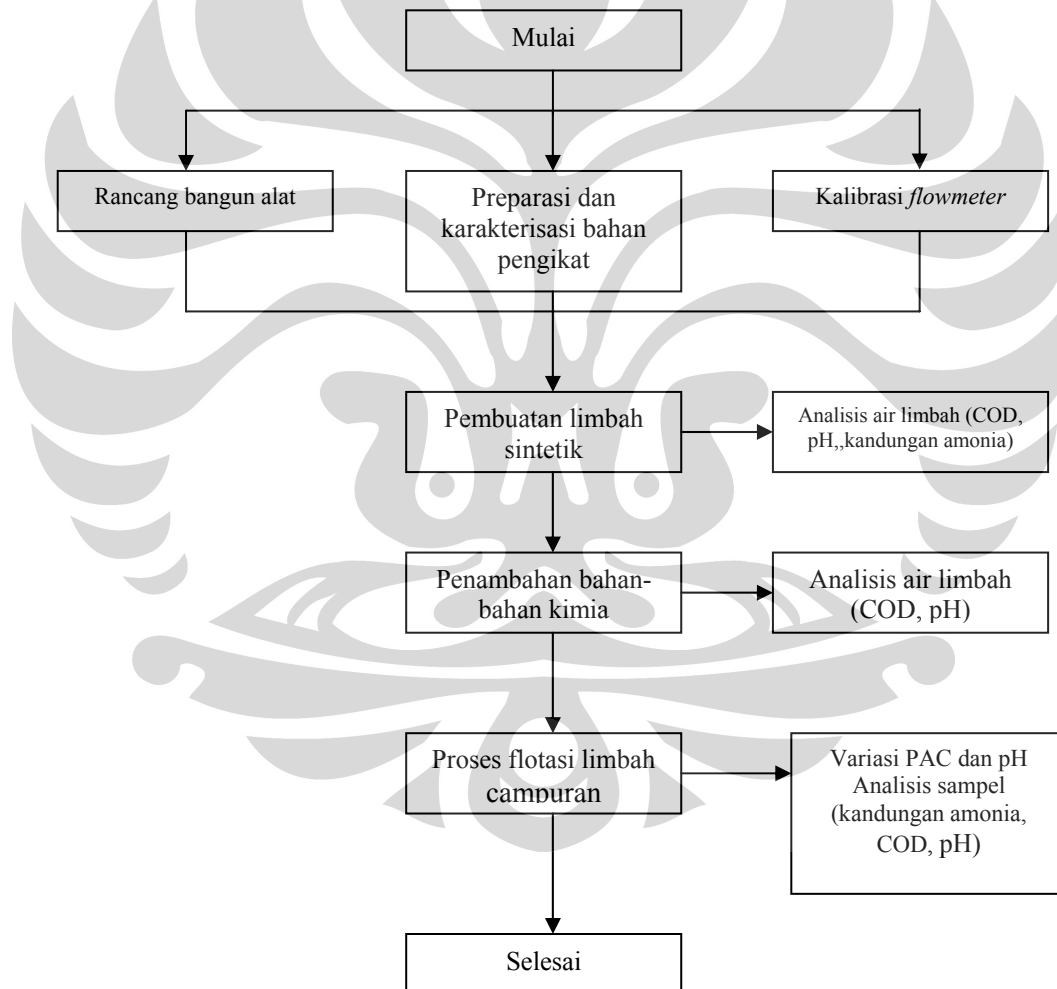
## BAB 3

### METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian ini akan dijelaskan tentang diagram alir penelitian, rancangan penelitian, prosedur percobaan, dan analisis sampel yang diambil.

#### 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



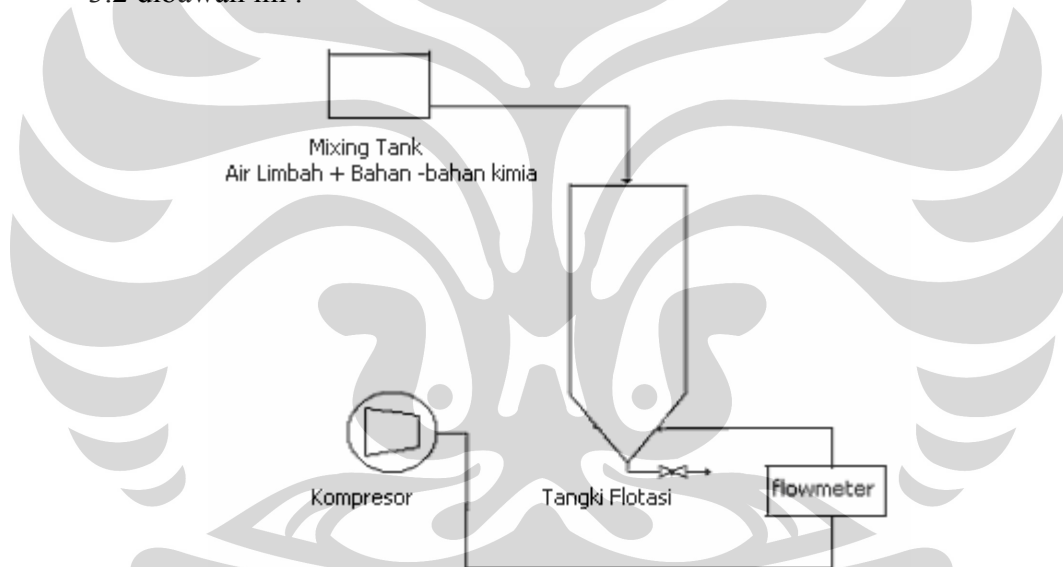
Gambar 3. 1Diagram alir penelitian

### 3.2 RANCANGAN PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat enam tahap utama yaitu:

1. Rancang bangun alat

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pembuatan tangki yang akan digunakan untuk proses flotasi. Tangki flotasi yang akan digunakan berkapasitas 5 liter. Bahan yang akan digunakan adalah *plexiglass*. *Plexiglass* digunakan agar tidak mudah berkarat. Setelah tangki flotasi dibuat kemudian dilakukan uji hidrodinamikanya. Skema alat untuk proses flotasi dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini .



**Gambar 3. 2 Skema peralatan proses flotasi**

2. Preparasi *bonding agent*

Tahap preparasi dilakukan untuk mempreparasi zeolit sebelum digunakan dalam proses flotasi agar kinerja yang dihasilkan dari proses ini optimal.

3. Pembuatan limbah sintetik

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan limbah sintetik amonia dengan konsentrasi 100 ppm.

#### 4. Penambahan bahan-bahan kimia

Pada tahap ini ditambahkan bahan-bahan kimia sebagai pembantu proses flotasi. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah zeolit sebagai bahan pengikat, Sodium Lauril Sulfat (SLS) sebagai surfaktan, dan Poly-Aluminum Chloride (PAC) sebagai koagulan.

#### 5. Proses flotasi

Pada tahap ini dilakukan pengolahan air limbah yang mengandung amonia dengan metode flotasi. Proses flotasi dilakukan dengan beberapa variasi.

#### 6. Pengambilan sampel

Pada tahap ini, sampel dari *effluent* diambil sebelum dan sesudah flotasi berlangsung untuk setiap variasi.

#### 7. Analisis umpan dan sampel

Umpan dan sampel yang telah diambil dilakukan analisis terhadap parameter-parameter kualitas air, seperti: kandungan amonia, COD, dan pH, untuk mengetahui kualitas *effluentnya*.

### 3.3 PROSEDUR PENELITIAN

Berikut akan dipaparkan prosedur yang akan dilakukan dalam tahap-tahap eksperimen.

#### 3.3.1 Preparasi Bonding Agent

*Bonding agent* yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam Lampung. Sebelum digunakan, *bonding agent* tersebut mengalami proses preparasi. Preparasi *bonding agent* menggunakan metode pemanasan.

#### Preparasi Bonding Agent

Proses preparasi untuk zeolit alam dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

Alat:

1. Timbangan
2. Ayakan
3. Oven

Bahan:

1. Zeolit alam Lampung
2. Aquadest

Prosedur percobaan preparasi zeolit alam Lampung:

- a. Mengayak zeolit yang akan digunakan untuk mendapatkan zeolit yang halus dan berukuran sama dengan ukuran diameter 0,35-0,4 mm.
- b. Mencuci zeolit dengan aquadest untuk menghilangkan pengotor-pengotornya. Pencucian dilakukan sebanyak tiga kali.
- c. Memanaskan zeolit dalam oven selama 2 jam dengan suhu 250<sup>0</sup> C.

### 3.3.2 Proses Flotasi

Pada penelitian ini, proses flotasi dengan menggunakan udara sebagai difusernya berlangsung secara *batch* selama 25 menit.

Alat:

1. Timbangan
2. *Mixing tank*
3. Pengaduk
4. Kompresor
5. Tangki flotasi

Bahan:

1. Amonia sebagai limbah sintetik
2. Zeolit Alam Lampung sebagai bahan pengikat
3. Sodium Lauril Sulfat (SLS) sebagai surfaktan.
4. *Poly-Aluminum Chloride* (PAC) sebagai koagulan
5. NaOH dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai pengatur pH

Prosedur percobaan:

1. Air limbah yang mengandung amonia dicampur dengan zeolit dengan dosis 2 g/l dan SLS dengan dosis, 0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,6 g/L dan 0,8 g/L dalam *mixing tank*,

sambil ditambahkan NaOH/ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan diatur untuk mencapai pH yang diinginkan yaitu 6, 10, dan 11.

2. Setelah itu ditambahkan PAC dengan variasi 0 g/L, 0,13 g/L sambil diaduk dengan pengadukan cepat.
3. Memindahkan campuran limbah dan bahan pengikat kedalam tangki flotasi.
4. Mengalirkan udara dari kompresor ke dalam tangki flotasi.
5. Melakukan proses flotasi secara *batch* selama 25 menit.
6. Selama proses flotasi, froth yang terbentuk diambil dengan cara di skim.
7. Mengambil sampel setelah proses flotasi berlangsung.
8. Melakukan analisis kandungan amonia dan kualitas *effluent*.
9. Efektifitas proses pengolahan air limbah dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

**Persamaan 3. 1 Persentase pemisahan pengolahan air limbah**

$$Pemisahan (\%wt) = \frac{\text{Amonia dalam umpan} - \text{Amonia dalam effluent}}{\text{Amonia dalam umpan}} \times 100 \% \quad (3.1)$$

### 3.3.3 ANALISIS SAMPEL

Sampel yang telah didapat akan dianalisis untuk mengetahui kualitas air keluaran. Parameter-parameter yang akan dianalisis adalah: kandungan amonia, COD, dan pH.

#### **Analisis kandungan amonia**

Metode untuk menganalisis kandungan ion ammonium dalam air dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dengan metode nesslerization langsung, elektroda ion selektif, dan dapat menggunakan metode distilasi – titrasi. Ketiga metode ini sudah diakui oleh dunia dan memiliki standar internasional. Pada penelitian kali ini akan digunakan metode nesslerization atau metode HACH. Uji analisis kandungan amonia dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UI.

#### **Analisis COD**

COD (Chemical Oxygen Demand) merupakan parameter keberadaan senyawa organik. Semakin tinggi nilai COD, semakin rendah kualitas air. Atau dengan kata lain semakin banyak pengotor organik dalam air tersebut. Uji analisis COD dilakukan di Laboratorium Dasar Proses Kimia Teknik Kimia FT-UI. Analisis COD dilakukan dengan metode *pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan dengan alat refluks tertutup* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991.

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

#### **a) Prinsip Pengujian COD**

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg  $\text{O}_2$  untuk tiap 1000 mL contoh uji. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam refluks tertutup menghasilkan  $\text{Cr}^{3+}$ . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen ( $\text{O}_2$  mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan  $\text{Cr}^{3+}$  kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm. Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan  $\text{Cr}^{3+}$  pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  pada panjang gelombang 420 nm.

#### **b) Bahan dan Alat yang digunakan**

1. Air suling bebas klorida dan bebas organik.
2. COD Reagents Medium Range (0 – 1500 mg/L)
3. spektrofotometer sinar tampak;
4. kuvet;
5. COD Digester (pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung);

6. Syringes (1 ml)
7. pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
8. gelas piala

### **C) Prosedur Pengujian**

1. Homogenkan contoh uji.
2. Pipet volume contoh uji sebanyak 2 ml dan masukkan ke dalam tabung larutan COD Reagents kemudian tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
3. Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan refluks selama 2 jam.
4. Dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas.
5. Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih.
6. Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian KOK.
7. Ukur contoh dan larutan standar pada panjang gelombang 600 nm.
8. Masukkan hasil pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi larutan standar.
9. Nilai COD adalah hasil pembacaan konsentrasi contoh uji dari kurva kalibrasi.

### **Analisi pH**

Nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter. pH menunjukkan sifat keasaman pada air hasil produk. Nilai pH yang diperkenankan untuk air minum adalah 6,5-8,5.



## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan beserta pembahasannya. Penelitian ini menggunakan metode flotasi udara dengan penambahan beberapa bahan kimia. Bahan kimia tersebut antara lain *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) sebagai surfaktan dan *PolyAluminum Chloride* (PAC) sebagai koagulan.

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai macam variasi pH untuk mencari kondisi optimal dari proses flotasi ini. Variasi pH yang digunakan pada penelitian ini adalah 6, 10 dan 11. Sedangkan variasi dosis PAC, yaitu 0 g/L dan 0,13 g/L. Dosis surfaktan yang digunakan adalah 0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,6 g/L, dan 0,8 g/L. Limbah yang digunakan pada penelitian ini berupa limbah amonia sintetik dengan konsentrasi 100 mg/L. Proses flotasi ini dilakukan secara batch dengan waktu flotasi selama 25 menit.

#### **4.1 MEKANISME PROSES FLOTASI**

##### **4.1.1 Preparasi Bonding Agent**

Zeolit pada penelitian ini digunakan sebagai bahan pengikat yang akan mengadsorpsi amonia dari limbah. Zeolit yang merupakan adsorben polar bersifat hidrofilik dan dapat menyerap zat organik maupun anorganik. Kemampuan menyerap zat organik maupun anorganik tergantung dari rasio Si/Al dalam zeolit. Makin rendah rasio Si/Al maka zeolit akan cenderung memilih molekul – molekul yang polar (air dan amonia) untuk diadsorpsi. Hal ini disebabkan karena dengan makin rendah rasio Si/Al maka dalam zeolit akan timbul gradien medan elektronik yang makin besar sehingga molekul – molekul polar akan berinteraksi lebih kuat dengan medan elektronik tersebut. (Handoko.,2002; Gumilar, 2004). Banyaknya kation tukar pada zeolit dan jumlah atom Al dalam struktur zeolit akan menentukan kemampuan pertukaran ion

(kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan, biasanya dikenal sebagai KTK (kemampuan tukar kation).

**Tabel 4.1 Kapasitas Tukar Kation Zeolit Jenis Klinoptilolit**

Ukuran Rongga (A)	Si/Al	KTK (meq/g)
3.7 x 4.2	4	4.9
4.0 x 5,5	10	2.6

(Sutarti, M. 1994)

Sifat pertukaran ion pada zeolit juga dipengaruhi oleh urutan selektivitas ion. Urutan selektivitas pertukaran kation pada klinoptilolit adalah  $Mg < Ca < Na < NH_4 < K$ . Semakin besar selektivitasnya, maka semakin mudah ion tersebut diserap oleh zeolit.

Proses flotasi ini dimulai dengan tahap preparasi zeolit. Tujuan dari preparasi zeolit adalah untuk aktivasi terhadap zeolit agar terjadi peningkatan luas permukaan dan volum pori zeolit sehingga kinerjanya sebagai adsorben dapat bekerja secara optimal. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam lampung (ZAL) dengan ukuran diameter 0,35 mm.

Langkah – langkah perlakuan awal ZAL yaitu:

a. Penyaringan Zeolit

Langkah ini bertujuan untuk mendapatkan zeolit dengan ukuran diameter 0,35 mm. Zeolit ditumbuk dan kemudian diayak dengan menggunakan dua buah saringan berukuran 0,35 mm dan 0,4 mm. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit yang tersaring oleh penyaringan pertama yang berukuran 0,4 mm tetapi tidak tersaring pada penyaringan yang kedua yang berukuran 0,35 mm.

b. Pencucian zeolit

Langkah ini bertujuan untuk membersihkan kotoran yang melekat pada ZAL. Zeolit ini dimasukkan ke dalam gelas yang berisi aquades dan kemudian diaduk-aduk. Setelah itu aquades dan ZAL dipisahkan.

Pencucian ini dilakukan sebanyak tiga kali sehingga ZAL bersih dari pengotor – pengotornya.

c. Pemanasan ZAL

Pemanasan dilakukan setelah proses pencucian. Pemanasan dilakukan pada suhu 250 °C selama sekitar 2 jam. Langkah ini bertujuan untuk menguapkan air dan pengotor lain yang mudah menguap dari ZAL. Selain itu, untuk meningkatkan luas permukaan dan volume pori zeolit.

Dalam penelitian sebelumnya, proses pemanasan yang dilakukan pada suhu 120° C selama 2 jam dapat meningkatkan luas permukaan zeolit yang pada awalnya sebesar 43,14 m<sup>2</sup>/gr menjadi 47,53 m<sup>2</sup>/gr. Peningkatan ini adalah sebesar 10,18 %. Peningkatan luas permukaan ini terjadi bersamaan dengan meningkatnya total volume pori sebesar 41,15 % yaitu dari semula sebesar 0,005035 cm<sup>3</sup>/gr menjadi 0,007107 cm<sup>3</sup>/gr. (Heni, 2007)

Pada penelitian yang lain, perlakuan fisis terhadap ZAL dengan langkah – langkah pencucian dengan air suling kemudian pemanasan pada berbagai macam suhu selama 1 jam dapat meningkatkan kapasitas jerapan ZAL terhadap ion amonium (Mulyono,1999). Jerapan adalah suatu proses dimana suatu partikel “menempel” pada suatu permukaan akibat dari adanya “perbedaan” muatan lemah diantara kedua benda (gaya Van der Waals), sehingga akhirnya akan terbentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan tersebut. Hasil penjerapan ZAL terhadap ion amonium ditunjukkan dalam tabel berikut :

**Tabel 4.2 Kapasitas Jerap Zeolit**

No	Suhu Kalsinasi (°C)	Kapasitas Jerapan (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /g zeolit)
1	120	1,5968
2	300	1,9922
3	550	1,6545
4	700	1,5870

(Roekmijati, 1999)

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa kapasitas serap tertinggi dicapai pada suhu 300° C. Pada suhu rendah, belum semua zat volatil pengotor dapat teruapkan sehingga

masih menutupi pori – pori zeolit. Akibatnya kapasitas adsorpsinya masih rendah. Sedangkan pada suhu yang tinggi struktur kristal zeolit mengalami kerusakan dan zeolit menjadi rapuh sehingga mengurangi kemampuan menyerap ion-ion yang berada di larutan. Pada penelitian ini pemanasan dilakukan pada suhu 250° C karena merupakan suhu maksimal dari oven yang digunakan.

#### 4.1.2 Persiapan Limbah Sintetik dan Bahan – bahan Kimia lainnya

Penelitian ini menggunakan limbah sintetik. Amonia yang digunakan pada penelitian ini memiliki konsentrasi awal 100 mg/L. Amonia sangat mudah terurai dalam air karena terionisasi dengan membentuk ion amonium.



Bahan kimia tambahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lain *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) sebagai surfaktan dan *PolyAluminum Chloride* (PAC) sebagai koagulan. SLS digunakan karena memiliki kelebihan antara lain memiliki kemampuan menghasilkan gelembung yang baik bahkan dalam air sadah. Sedangkan kelemahannya adalah mudah terhidrolisis dalam suasana asam. SLS merupakan jenis surfaktan anionik yaitu senyawa yang bagian aktif dari permukaan molekulnya akan bermuatan listrik negatif, setelah senyawa tersebut larut dalam air.

#### 4.1.3 Proses Flotasi

Proses flotasi dimulai dengan membuat limbah sintetik dengan mencampurkan 100 mg amonia ke dalam 1 liter air aquades. Selanjutnya pada air limbah tersebut ditambahkan zeolit dan SLS. Kemudian dilakukan pengadukan agar semua bahan kimia tersebut dapat bercampur merata dengan air limbah amonia. Setelah penambahan zeolit dan SLS tersebut, air limbah amonia yang sebelumnya tidak berwarna berubah menjadi lebih keruh. Untuk mendapatkan hasil flotasi yang baik, maka pada penelitian ini dilakukan variasi pH pada air limbah karena pH merupakan faktor yang berpengaruh terhadap kinerja proses flotasi. Karena belum diketahui pH yang optimum untuk proses flotasi amonia ini maka penelitian ini dilakukan variasi pH larutan yaitu pH 6, 10 dan 11 untuk mendapatkan persentase pemisahan yang terbaik. Variasi pH ini dipilih karena mewakili pada kondisi asam dan basa sehingga dapat diketahui pH mana yang memberikan hasil kinerja flotasi yang optimal. Proses penaikan pH ini dilakukan dengan

cara meneteskan NaOH sedikit demi sedikit kemudian dilakukan pengadukan sambil dilihat perubahan pHnya dengan pH meter.

Ketika amonia terlarut dalam air, sebagian amonia terurai membentuk ion amonium. Reaksi kesetimbangan yang terjadi mengandung senyawa amonia ( $\text{NH}_3$ ), ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Reaksinya bersifat eksotermis dan persamaan reaksinya seperti pada Pers 4.1.  $\text{NH}_4^+$  menunjukkan amonia yang terionkan, sedangkan amonia yang tidak terionkan ditunjukkan oleh  $\text{NH}_3$ . Kesetimbangan reaksi amonia menjadi ion amonium dipengaruhi oleh pH. Semakin tinggi pH akan menaikkan kadar amonia sehingga daya racun larutan meningkat. Konsentrasi amonia akan menurun dengan meningkatnya kekuatan ionisasi.

Amonia ini kemudian akan teradsorp ke dalam pori-pori zeolit. Amonia yang memiliki diameter  $4^\circ \text{A}$  dapat masuk ke dalam pori zeolit yang memiliki diameter  $5 - 10^\circ \text{A}$  dan selanjutnya teradsorp yang bersamaan dengan itu kemudian dilepaskan kation alkali dan alkali tanah (Haryanto,2000). Zeolit yang menyerap ini nantinya akan dipisahkan dari air limbah dengan proses flotasi. Mekanisme dari proses flotasi ini yaitu terjadi pertukaran ion oleh suatu bahan pengikat (zeolit) terhadap ion  $\text{NH}_4^+$ . Kemudian dilakukan proses flotasi untuk memisahkan zeolit tersebut dari air limbah. Sedangkan tujuan utama dari penambahan SLS pada proses flotasi adalah untuk menghasilkan buih yang stabil. Sehingga ketika buih yang ditemplei mineral terangkat ke atas dan keluar dari sel flotasi tidak mengalami pecah.

Kemudian kedalam limbah yang telah ditambahkan zeolit dan SLS tersebut, ditambahkan lagi PAC yang berfungsi sebagai koagulan. Setelah penambahan PAC dilakukan proses pengadukan. Tujuannya untuk pencampuran PAC dengan air limbah amonia dan untuk pembentukan flok. Dengan bantuan SLS, flok akan terbentuk di permukaan. Penambahan koagulan ini menyebabkan mekanisme flotasi yang terjadi adalah mekanisme flotasi endapan.

Proses selanjutnya adalah flotasi. Pada proses ini, udara dialirkan melalui kompresor dari dasar tangki flotasi. Udara tersebut akan memicu terbentuknya gelembung-gelembung udara dan karena keberadaan surfaktan dalam larutan, bentuk gelembung dapat dipertahankan lebih lama sehingga gelembung tidak mudah pecah.

Gelembung udara yang terbentuk itu akan naik perlahan-lahan ke permukaan sambil membawa flok yang telah terbentuk sebelumnya. Flok akan terikat pada gelembung dikarenakan adanya gaya adhesi antara flok dan gelembung udara. Gaya adhesi antara flok dan gelembung disebabkan oleh adanya perbedaan muatan antara flok yang bermuatan positif karena mengandung ion amonia dan gelembung dari SLS yang bermuatan negatif karena SLS merupakan salah satu jenis surfaktan anionik. Selama proses flotasi, SLS dalam larutan akan semakin berkurang karena berubah menjadi gelembung.

#### **4.2 PENGARUH pH TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA**

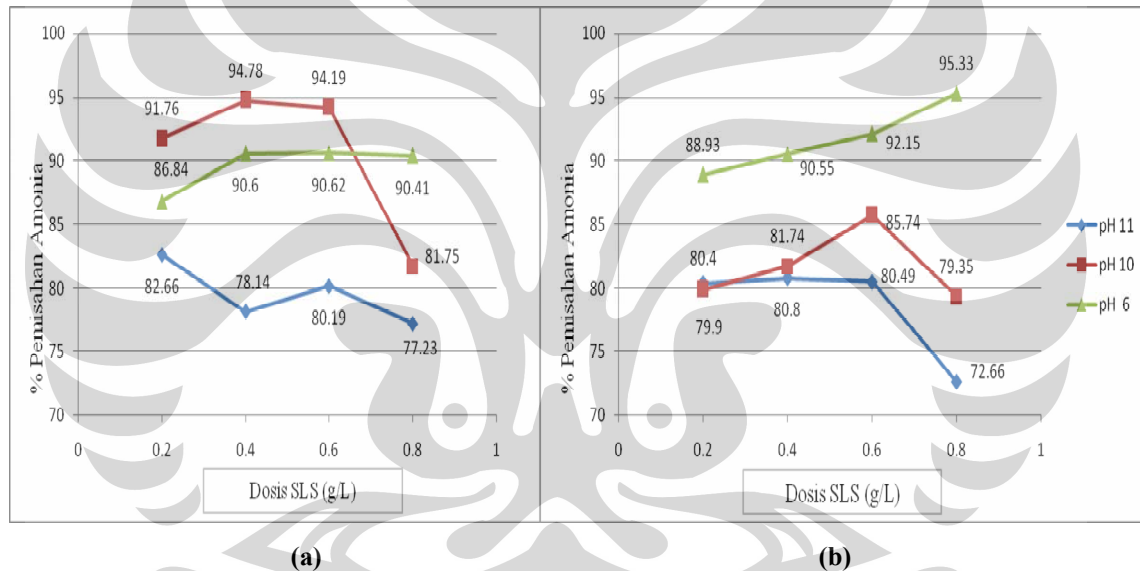
Pada subbab ini akan dibahas tentang bagaimana pengaruh pH terhadap keefektifan proses flotasi dalam memisahkan amonia dari air limbah. Pada proses flotasi, persentase pemisahan merupakan hal yang penting karena mencerminkan keberhasilan proses flotasi tersebut. Hasil dari percobaan pada penelitian ini memperlihatkan adanya hubungan yang terjadi antara pH operasi, dosis SLS dan PAC dengan persentase pemisahan amonia pada akhir proses flotasi.

Untuk mengetahui persentase pemisahan dari proses flotasi amonia ini maka perlu dilakukan analisis kandungan amonia. Persentase pemisahan dari proses flotasi ini dapat dihitung dengan Persamaan 3.1. Ketika amonia ini terlarut dalam air, sebagian amonia akan terurai membentuk ion amonium. Reaksi kesetimbangan yang terjadi mengandung senyawa amonia ( $\text{NH}_3$ ), ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), dan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Reaksinya sesuai dengan persamaan 4.1.  $pK_b$  untuk amonia adalah sekitar 4.7 sehingga pada kondisi  $\text{pH} < 7$ , amonia berada dalam bentuk ion amonium. Sedangkan pada kondisi  $\text{pH} 9.3$ , terdapat sekitar 50% amonia dalam bentuk  $\text{NH}_3$  dan 50% dalam bentuk ion amonium. Pada kondisi  $\text{pH} > 11$ , amonia berada dalam bentuk  $\text{NH}_3$  (Cattrall, et al, 1997).

Pada proses flotasi ini terjadi pertukaran ion dengan menggunakan ZAL sebagai media untuk mengambil ion amonium. Zeolit memiliki struktur berongga dan biasanya rongga ini berisi air dan kation-kation yang dapat dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu. Pada Gambar 4.1 ditunjukkan persentase pemisahan amonia yang

dihasilkan pada proses flotasi dengan pH 6, 10 dan 11. Dari Gambar 4.1 terlihat perbandingan antara ketiga pH operasi di atas. Secara keseluruhan, ketika tanpa menggunakan PAC persentase pemisahan yang terbesar dihasilkan pada pH 10. Sedangkan ketika menggunakan PAC, persentase pemisahan terbesar dihasilkan pada pH 6.

Pada percobaan dengan menggunakan pH 6, proses flotasi tanpa menggunakan koagulan PAC memperlihatkan pengaruh yang signifikan terhadap persentase pemisahan amonia yang terjadi. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini, amonia lebih banyak berada dalam bentuk terionkan ( $\text{NH}_4^+$ ) sehingga lebih memudahkan terjadinya pertukaran ion yang mendominasi dalam proses flotasi ini.



**Gambar 4.1. Pengaruh pH terhadap Persentase Pemisahan Amonia. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan PAC**

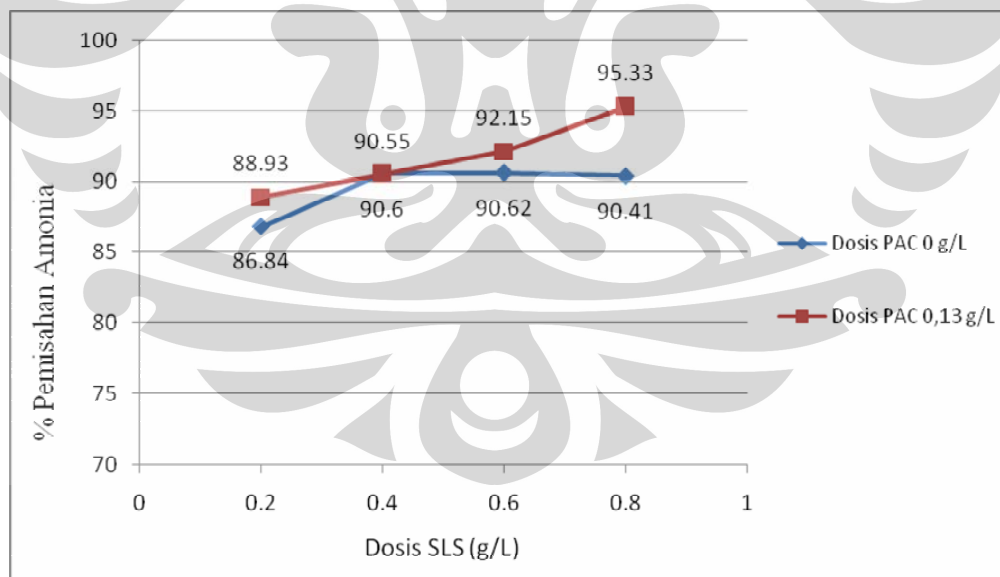
Pada proses flotasi dengan menggunakan pH 11 persentase pemisahan yang dihasilkan paling kecil diantara pH 10 dan 6. Pada kondisi ini reaksi kesetimbangan bergeser ke arah kiri sehingga amonia terlarut lebih banyak berupa amonia tak terionkan ( $\text{NH}_3$ ). Pada  $\text{pH} > 11$  hampir semua amonia dalam bentuk tak terionkan ( $\text{NH}_3$ ). Kondisi ini lebih memudahkan terjadinya proses adsorpsi oleh zeolit secara fisika karena amonia dalam bentuk  $\text{NH}_3$  ini lebih mudah teradsorpsi oleh zeolit. Untuk proses flotasi selama

25 menit ini, pertukaran ion oleh ZAL lebih dominan daripada adsorpsi oleh ZAL, maka terjadi penurunan persentase pemisahan pada kondisi pH 11 ini.

Semakin tinggi pH juga dapat menyebabkan ion hidroksida di dalam larutan yang akan berikatan dengan ion – ion amonia ( $\text{NH}_4^+$ ) akan lebih banyak sehingga lebih banyak amonia yang teradsorpsi oleh zeolit. Dalam proses adsorpsi ini, dibutuhkan waktu flotasi yang cukup lama karena amonia perlu cukup waktu untuk bereaksi dengan bagian luar padatan dan masuk serta bereaksi dengan permukaan bagian dalam dari pori.

#### 4.3 PENGARUH SLS TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA

Pada subbab ini akan dibahas mengenai pengaruh penambahan dosis SLS terhadap persentase pemisahan logam yang dihasilkan. Pada proses flotasi ini, amonia yang teradsorpsi oleh pori – pori zeolit akan berikatan dengan gugus hidrofobik pada SLS sedangkan gugus hidrofilik surfaktan akan berikatan dengan air. Gugus hidrofobik dari surfaktan juga meningkatkan sifat hidrofobik dari limbah yang akan dipisahkan dari air. Karena lebih bersifat hidrofobik, maka limbah akan melepaskan diri dari air kemudian menempel pada gelembung udara.



Gambar 4.2 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 6

Pada pH 6 dengan dosis PAC 0 g/L, persentase pemisahan yang dihasilkan cenderung konstan. Persentase pemisahan amonia mulai meningkat pada saat



penambahan dosis SLS 0,4 g/L namun setelah itu kinerja SLS tidak terlalu berpengaruh terhadap persentase pemisahan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya misel yang terbentuk sehingga dapat menurunkan kinerja surfaktan dalam membentuk gelembung. Sedangkan dengan dosis PAC 0,13 g/L, penambahan dosis SLS makin meningkatkan persentase pemisahan yang dihasilkan. Dengan semakin bertambahnya dosis SLS kelenturan permukaan gelembung udara akan meningkat. Permukaan yang lentur menjadikan gelembung udara tidak mudah pecah. Dengan demikian bertambahnya SLS akan menurunkan tegangan permukaan, akibatnya diameter gelembung udara akan mengalami penurunan. Sehingga buih lebih mudah terangkat ke atas dan keluar dari sel flotasi tidak mudah mengalami pecah (Humala, 2006).

Hubungan antara tegangan permukaan dengan gelembung udara, diperlihatkan oleh persamaan kapiler berikut :

$$DP = \frac{2g}{r} \quad (4.2)$$

dimana :

DP = Perubahan tekanan (gr/cm.s<sup>2</sup>)

g = Tegangan permukaan (dyne/cm)

r = Jari-jari gelembung udara (cm)

Hubungan antara dosis reagen pembuih yang ditambahkan dengan diameter gelembung udara dapat dinyatakan dengan persamaan di bawah ini (Finch dan Dobby,1990) :

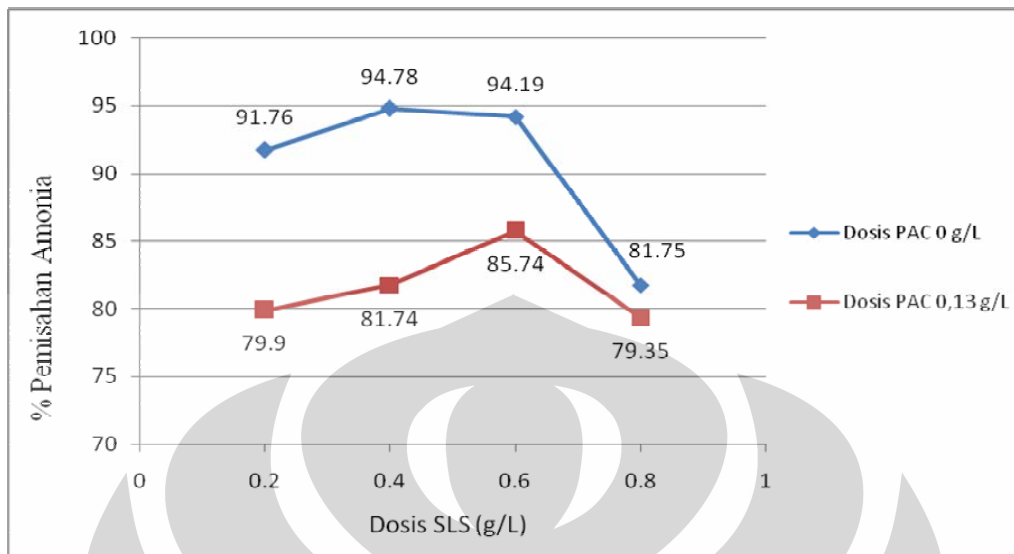
$$db = 0,14 F - 0,31 \quad (4.3)$$

di mana :

db = Diameter gelembung udara (mm)

F = Dosis reagen pembuih yang ditambahkan (gram/ton)

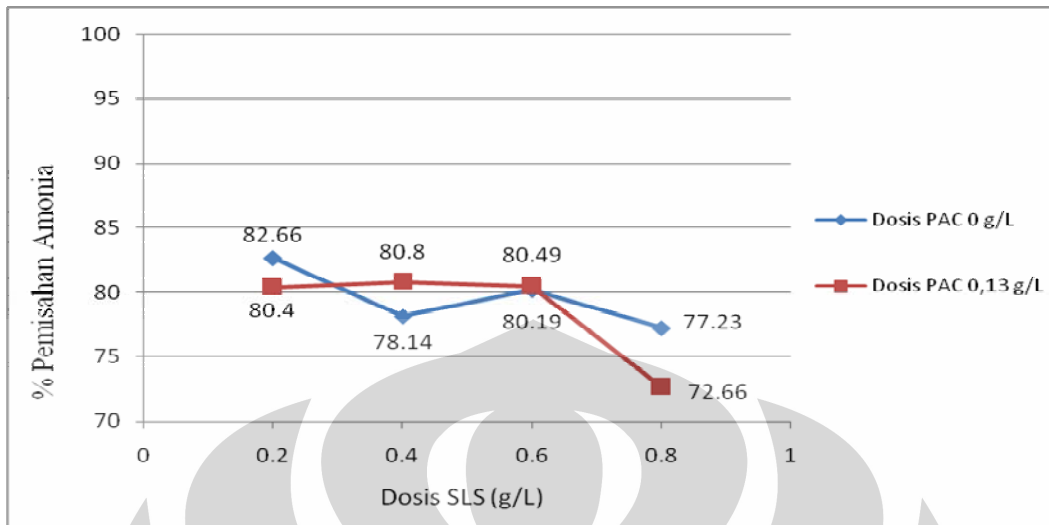
Dari persamaan diatas terlihat hubungan antar keduanya di mana semakin banyak jumlah reagen pembuih yang ditambahkan, maka diameter gelembung udara yang dihasilkan semakin kecil. Dari Gambar 4.2 diatas persentase pemisahan tertinggi dihasilkan ketika dosis SLS yang digunakan adalah 0,8 g/L dan dosis PAC 0,13 g/L adalah 95,33 %.



**Gambar 4.3 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 10**

Pada pH 10 dengan tanpa menggunakan PAC, ketika dilakukan penambahan dosis SLS dari 0,2 g/L dan 0,4 g/L maka terjadi kenaikan persentase pemisahan amonia. Sedangkan dengan ketika dosis PAC 0,13 g/L persentase pemisahan amonia yang dihasilkan meningkat pada penambahan dosis SLS 0,2 g/L sampai 0,6 g/L. Penambahan dosis SLS akan meningkatkan persentase pemisahan amonia karena fungsi dari SLS pada proses flotasi adalah untuk menghasilkan buih yang stabil.

Sedangkan pada penambahan dosis SLS 0,6 g/L dan 0,8 g/L dengan tanpa menggunakan PAC dan pada dosis SLS 0,8 g/L ketika dosis PAC 0,13 g/L, maka terjadi penurunan persentase pemisahan amonia karena banyaknya misel yang terbentuk. Misel adalah kumpulan sejumlah molekul-molekul surfaktan yang membentuk partikel ukuran koloid. Karena misel yang terbentuk cukup banyak sehingga dapat menurunkan kinerja surfaktan dalam membentuk gelembung. Karena gelembung yang dihasilkan tidak sempurna maka proses flotasi juga akan terganggu. Sehingga terjadilah penurunan persentase pemisahan amonia dari air limbah. Dari Gambar 4.3 diatas persentase pemisahan tertinggi dihasilkan ketika dosis SLS yang digunakan 0,4 g/L dan dosis PAC 0 g/L adalah 94,78 %.



**Gambar 4.4 Pengaruh SLS terhadap Persentase Pemisahan Amonia pada pH 11**

Pada kondisi pH 11 ini, dilakukan variasi terhadap dosis SLS untuk mengetahui kondisi optimal proses flotasi ini. Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa persentase pemisahan cenderung mengalami penurunan dari dosis SLS 0,2 g/L sampai 0,8 g/L. Kinerja SLS pada kondisi pH 11 tidak optimal sehingga pada saat penambahan dosis SLS, terjadi penurunan persentase pemisahan amonia. Karena pada pH basa semakin banyak penambahan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) maka kestimbangan pada Persamaan 4.1 akan bergeser ke kiri sehingga jumlah amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) akan menjadi lebih banyak. Ikatan hidrogen yang dihasilkan pun akan semakin kuat. Kinerja surfaktan untuk menurunkan tegangan permukaan air dengan mematahkan ikatan – ikatan hidrogen pada permukaan akan menjadi lebih sulit sehingga kinerja proses flotasi tidak optimal. Dari Gambar 4.4 diatas persentase pemisahan tertinggi dihasilkan ketika dosis SLS yang digunakan adalah 0,2 g/L yaitu 82,66 %.

#### **4.4 PENGARUH PAC TERHADAP PERSENTASE PEMISAHAN AMONIA**

Variasi pada proses flotasi selanjutnya adalah dengan menambahkan dosis PAC 0,13 g/L. Pada subbab ini akan dibahas mengenai pengaruh penambahan PAC pada persentase pemisahan yang dihasilkan. Mekanisme koagulasi ini terjadi dalam dua tahap, pertama dengan mengurangi muatan elektrostatis sehingga menurunkan nilai potensial zeta dari koloid, proses ini lazim disebut sebagai koagulasi. Kedua adalah

memberikan kesempatan kepada partikel untuk saling bertumbukan dan bergabung, cara ini dapat dilakukan dengan cara pengadukan, dan disebut sebagai flokulasi. Pengurangan muatan elektris dilakukan dengan menambahkan koagulan PAC. Di dalam air PAC akan terdisosiasi melepaskan kation  $Al^{3+}$  yang akan menurunkan zeta potensial dari partikel. Sehingga gaya tolak-menolak antar partikel menjadi berkurang, akibatnya penambahan gaya mekanis seperti pengadukan akan mempermudah terjadinya tumbukan yang akan dilanjutkan dengan penggabungan partikel-partikel yang akan membentuk flok yang berukuran lebih besar.

Pengaruh penambahan dosis PAC pada proses flotasi dengan pH 6 ditunjukkan pada Gambar 4.2. Jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan PAC, maka persentase pemisahan yang dihasilkan dengan adanya PAC secara umum memiliki hasil yang lebih baik. Jika digunakan PAC, maka persentase pemisahan yang tertinggi yaitu 95,33% dengan dosis SLS 0,4 g/L. Pada kondisi pH 6 ini, PAC dapat bekerja dengan optimal sehingga semakin besar persentase pemisahan amoniannya. Penambahan koagulan pada air limbah akan menyebabkan terbentuknya flok. Semakin banyak PAC yang ditambahkan, semakin banyak pula flok yang terbentuk. Sehingga semakin banyak amonia yang dapat dipisahkan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi pH 6, secara umum persentase pemisahan yang dihasilkan dengan menggunakan PAC lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan PAC. Perbandingan persentase pemisahan antara proses flotasi tanpa menggunakan PAC dan dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Untuk kondisi pH 10, secara umum persentase pemisahan yang dihasilkan tanpa menggunakan dosis PAC g/L lebih baik dibandingkan dengan menggunakan PAC. Kondisi ini berbanding terbalik dengan kondisi pada pH 6. Perbandingan persentase pemisahan antara proses flotasi tanpa menggunakan PAC dan dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Hasil yang didapat pada percobaan ini memiliki persentase pemisahan yang lebih kecil dibandingkan jika tidak menggunakan PAC. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini kemungkinan PAC tidak dapat bekerja dengan baik dan flok yang terbentuk

tidak sempurna sehingga proses flotasi ini tidak dapat memisahkan air limbah dengan baik. Proses koagulasi menggunakan garam-garam aluminium sangat dipengaruhi pH air limbah. Contohnya alum (garam aluminium) akan efektif sebagai koagulan pada rentang pH 5-7 (Supriyanto, 2006). Sedangkan PAC itu sendiri efektif bekerja pada rentang pH 6 sampai dengan 9 (Liu Wenbin *et al*). Pada rentang pH tersebut, flok-flok yang terbentuk adalah  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang bersifat tidak larut sehingga flok-flok yang terbentuk akan terpisah dan kemudian mengendap.

Pada kondisi basa, konsentrasi ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) cukup besar, flok-flok yang terbentuk tidak lagi merupakan flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  melainkan  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  sehingga proses koagulasi – flokulasi tidak berlangsung optimal. Pada pH Dari Gambar 4.3 dapat disimpulkan, bahwa hasil optimal yang didapat pada proses flotasi tanpa menggunakan PAC adalah 94,78% dengan dosis SLS 0,4 g/L. Sedangkan pada proses dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L adalah 85,74% dengan dosis SLS 0,6 g/L.

Sedangkan pada kondisi pH 11, secara umum hasil yang didapat pada percobaan ini memiliki persentase pemisahan yang hampir sama dibandingkan jika tidak menggunakan PAC. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini kemungkinan PAC tidak dapat bekerja dengan baik. Perbandingan persentase pemisahan antara proses flotasi tanpa menggunakan PAC dan dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari Gambar 4.4 dapat disimpulkan, bahwa hasil optimal yang didapat pada proses flotasi tanpa menggunakan PAC adalah 82,66 % dengan dosis SLS 0,2 g/L. Sedangkan pada proses dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L adalah 80,49 % dengan dosis SLS 0,6 g/L.

#### **4.5 PENGARUH PENAMBAHAN PAC DAN SLS TERHADAP PARAMETER KUALITAS AIR**

##### **4.5.1 Pengaruh Penambahan PAC dan SLS Terhadap pH**

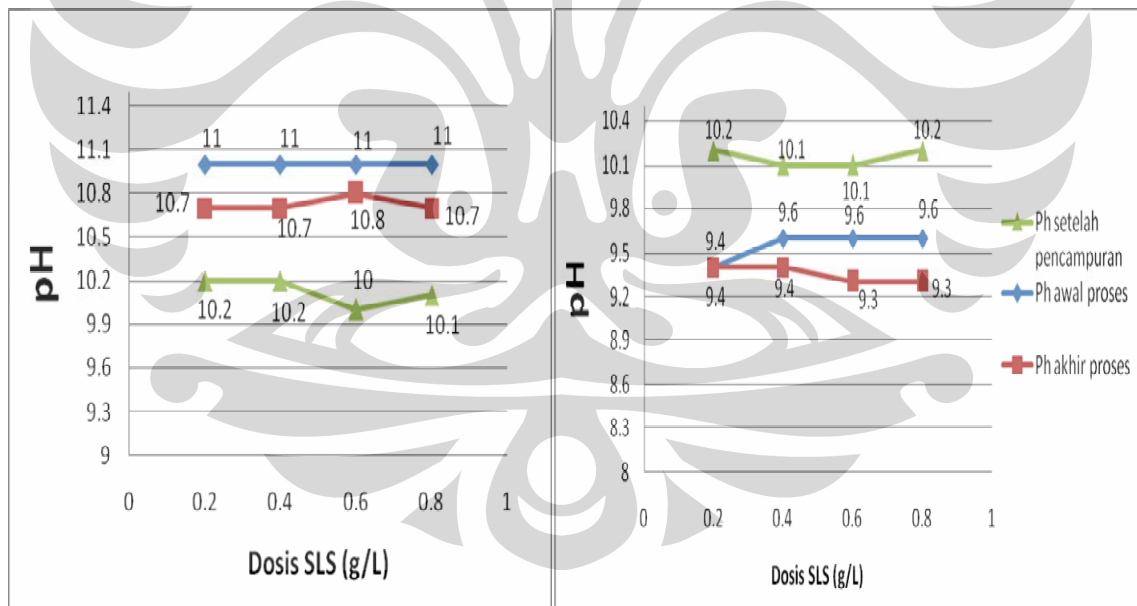
pH merupakan salah satu parameter kualitas air yang penting. Nilai pH pada penelitian kali ini diukur dengan menggunakan pH meter.

Setelah terjadi proses pencampuran antara limbah amonia dengan bahan kimia tambahan yaitu zeolit dan SLS, pH limbah yang terukur adalah sekitar 10. Setelah proses

flotasi berlangsung, pH air limbah akan mengalami penurunan. Penurunan pH ini disebabkan karena penambahan PAC. Penurunan pH karena penambahan PAC terjadi karena adanya ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terbentuk pada reaksi pembentukan ion aquometalik seperti terlihat pada reaksi dibawah ini.



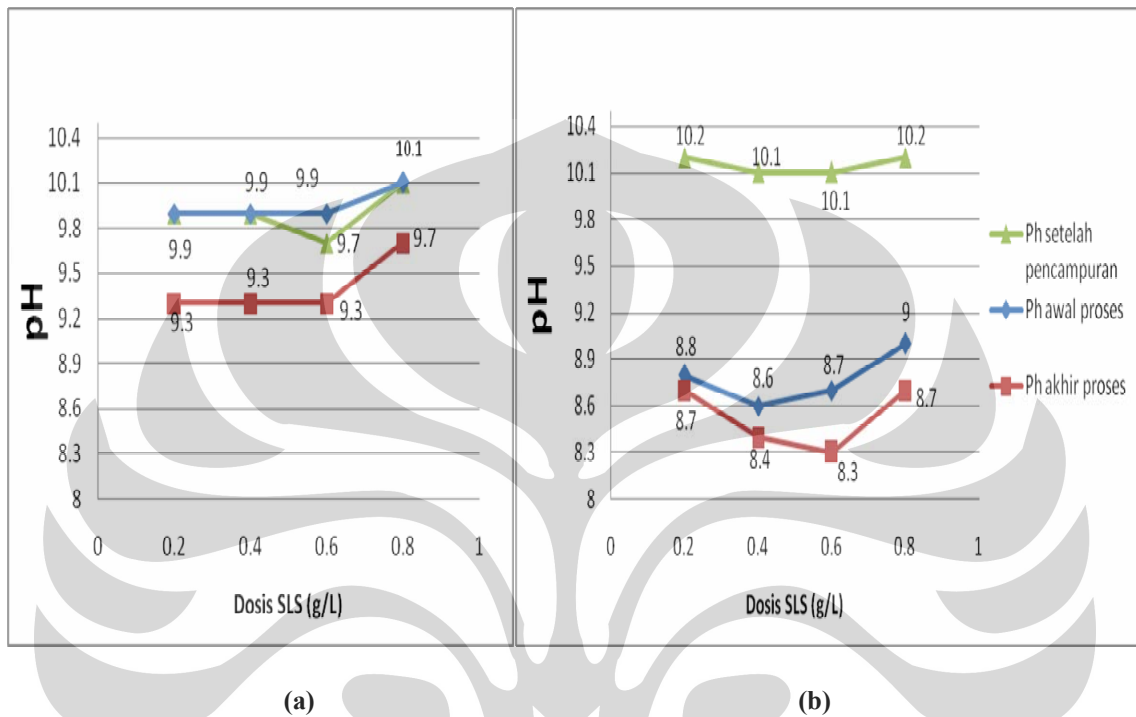
Jadi semakin banyak koagulan yang ditambahkan, semakin banyak pula ion hidrogen yang dihasilkan dari reaksi aquometalik. Dengan demikian pH air limbah juga akan semakin turun. Pada Gambar di bawah ini, menunjukkan pengaruh penambahan dosis PAC terhadap pH. Dari grafik ini terlihat bahwa pada kondisi awal proses dari berbagai macam variasi pH setelah ditambahkan PAC, maka akan terjadi penurunan pH larutan limbah. Karena semakin banyak PAC yang ditambahkan semakin banyak pula ion hidrogen yang terbentuk. Beberapa pengaruh dosis PAC terhadap penurunan pH diperlihatkan dalam Gambar 4.8 di bawah ini.



**Gambar 4.5 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 11. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L**

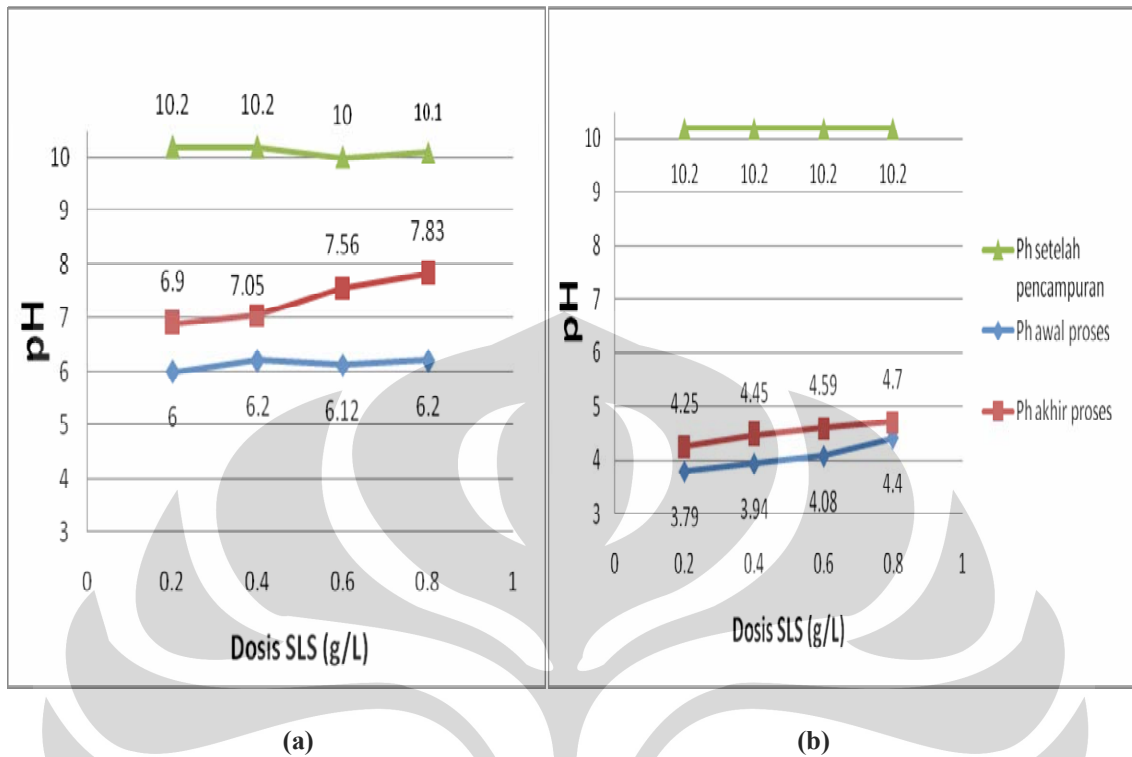
Pada gambar diatas dapat dilihat pengaruh penambahan Dosis PAC terhadap pH awal dan pH akhir dari proses flotasi dengan pengesetan pH awal 11. pH awal menunjukkan kondisi pH larutan limbah sintetik setelah ditambahkan PAC. Sedangkan

pH akhir menunjukkan kondisi pH setelah dilakukan proses flotasi. Dari Gambar 4.8 (b) terlihat bahwa dengan adanya penambahan PAC yaitu 0,13 g/L, maka akan terjadi penurunan pH awal dan akhir dari proses flotasi ini.



**Gambar 4.6 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 10. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L**

Gambar 4.9 menunjukkan pengaruh penambahan Dosis PAC terhadap pH awal dan pH akhir dari proses flotasi dengan pengesetan pH awal 10. Dari Gambar 4.9 (b) terlihat bahwa dengan adanya penambahan PAC (0,13 g/L), maka akan terjadi penurunan pH awal dan akhir dari proses flotasi ini. Penurunan pH sebanding dengan dosis PAC yang digunakan. Semakin banyak PAC yang digunakan, maka penurunan pH akan semakin besar. Pengaruh PAC terhadap penurunan pH sudah dijelaskan sebelumnya.



**Gambar 4.7 Pengaruh Penambahan Dosis PAC dan SLS pada pH 6. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan dosis PAC 0,13 g/L**

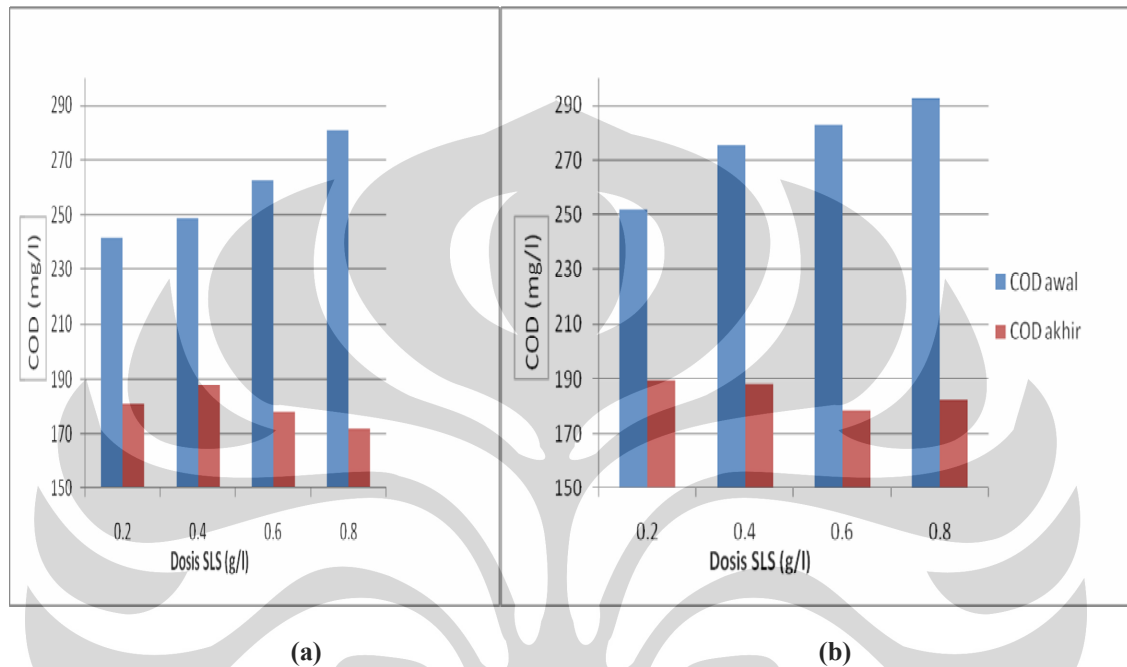
Dari Gambar 4.10 diatas, dapat dilihat pengaruh penambahan dosis PAC dan SLS terhadap pH awal dan pH akhir dari proses flotasi dengan pengesetan pH awal 6. Pengaruh penambahan dosis SLS terhadap pH awal dan akhir proses cenderung konstan. Penambahan SLS tidak terlalu mempengaruhi nilai pH yang didapat. Sedangkan pengaruh penambahan PAC terlihat dari Gambar 4.10 (b) bahwa dengan adanya penambahan PAC yaitu 0,13 g/L, maka akan terjadi penurunan pH awal dari proses flotasi ini. Namun berbeda dengan pada pH 10 dan pH 11, pada akhir proses flotasi terjadi kenaikan pH.

#### 4.5.2 Pengaruh Penambahan PAC dan SLS Terhadap COD

Analisis COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah salah satu parameter kunci yang biasa digunakan untuk mengetahui bahwa suatu sumber air permukaan telah tercemar oleh bahan organik. Semakin tinggi nilai COD, maka semakin banyak senyawa

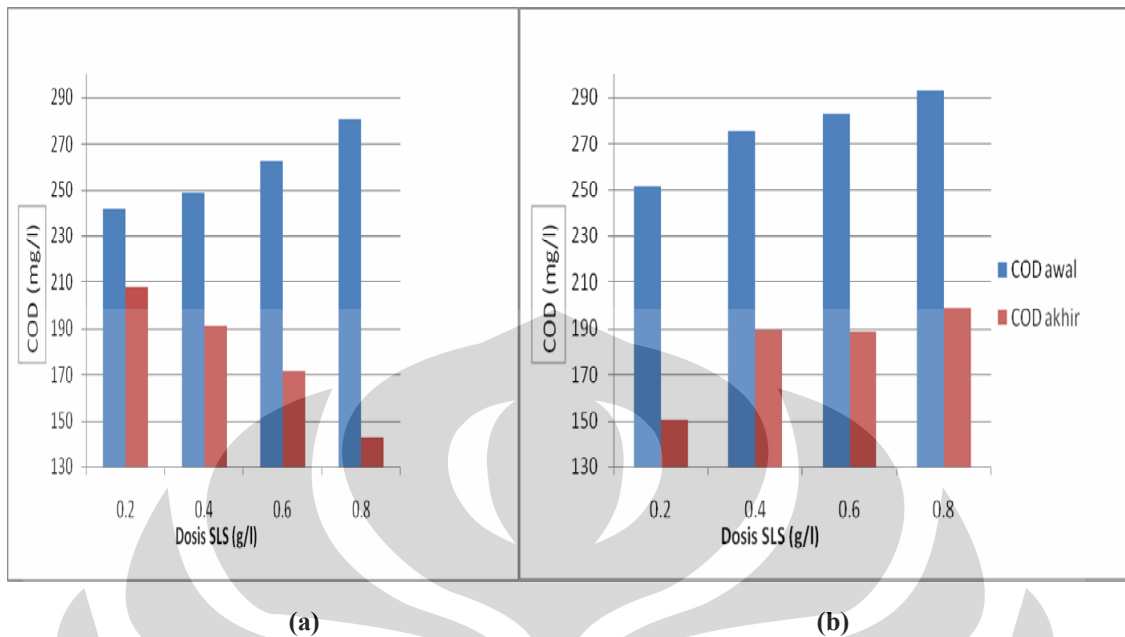


organik dalam air limbah tersebut. Salah satu cara untuk menghilangkan senyawa organik dalam air limbah dapat adalah dengan melalui proses flotasi. Dari Gambar 4.8 kita dapat melihat pengaruh dosis SLS dan PAC terhadap nilai COD air limbah.



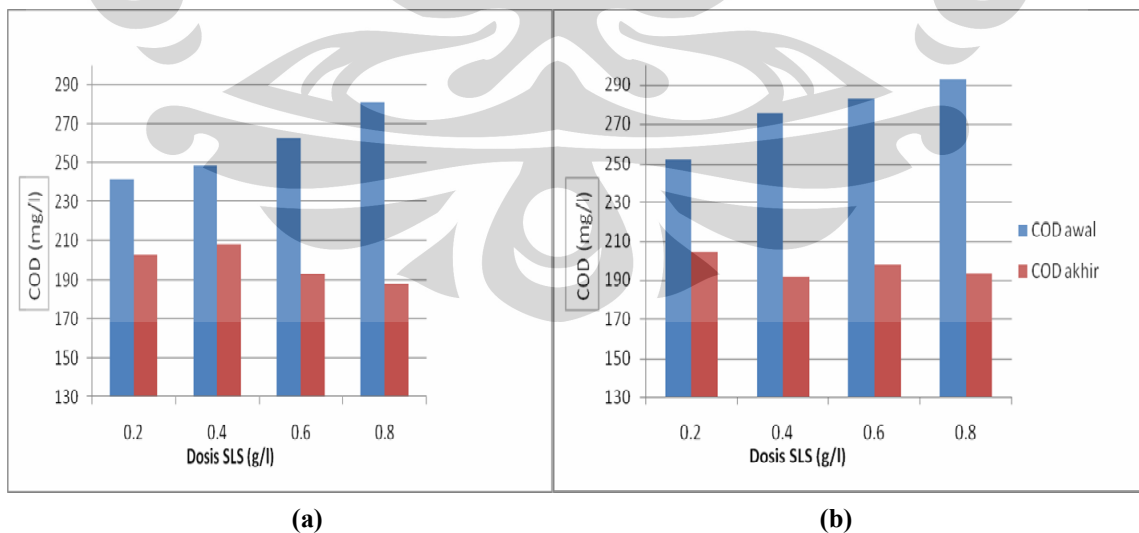
**Gambar 4.8 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 6. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan PAC**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kandungan COD akhir dari proses flotasi pada setiap variasi akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena berkurangnya senyawa surfaktan yang merupakan suatu derivatik zat organik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya nilai COD di awal proses. Dapat disimpulkan bahwa proses flotasi dapat mengurangi senyawa organik dalam air limbah.



**Gambar 4.9 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 10. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan PAC**

Kecenderungan yang sama diperlihatkan dari Gambar 4.9. Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa pada kondisi pH 10 kandungan COD akhir dari proses flotasi pada setiap variasi akan mengalami penurunan. Hal ini karena berkurangnya surfaktan SLS yang merupakan zat organik.



**Gambar 4.10 Pengaruh SLS terhadap COD pada pH 11. (a) Tanpa menggunakan PAC. (b) Dengan menggunakan PAC**

Pengaruh SLS dan PAC terhadap nilai COD pada pH 11, ditunjukkan pada Gambar 4.10. Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa pada kondisi pH 11 kandungan COD akhir dari proses flotasi pada setiap variasi akan mengalami penurunan. Nilai COD di setiap awal proses akan meningkat sesuai dengan peningkatan dosis SLS. Sedangkan nilai COD pada akhir proses tidak bergantung pada penambahan dosis SLS karena pengurangan senyawa amonia pada setiap akhir proses berbeda – beda.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Dari percobaan yang telah dilakukan dan hasil-hasil analisis yang didapatkan, maka disimpulkan bahwa:

1. Dari proses flotasi secara *batch* selama 25 menit, persentase pemisahan tertinggi yang didapatkan ketika menggunakan kondisi operasi pH 6 adalah 95,33 % dengan dosis SLS 0,8 g/L dan dosis PAC 0,13 g/L.
2. Pada kondisi operasi dengan menggunakan pH awal 10, didapatkan persentase pemisahan tertinggi adalah 94,78 % yaitu ketika dosis SLS yang digunakan 0,4 g/L dan dosis PAC 0 g/L.
3. Pada kondisi operasi dengan menggunakan pH awal 11, didapatkan persentase pemisahan tertinggi adalah 82,66 % yaitu ketika dosis SLS yang digunakan 0,2 g/L dan dosis PAC 0 g/L.
4. Pengaruh penambahan PAC sebagai koagulan terhadap peningkatan persentase pemisahan terjadi pada proses flotasi dengan kondisi pH 6.
5. Penambahan SLS sebagai surfaktan terbukti mampu meningkatkan persentase pemisahan amonia yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Ammonia*, [online] diambil dari <http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonia>
- Badan Standardisasi Nasional, *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara Spektrofotometri*, [online] diambil dari <http://www.bsn.or.id/files/sni/SNI%2006-6989.2-2004.pdf>.
- Anonim, *flotation*, [online] diambil dari <http://id.wikipedia.org/wiki/flotation>.
- Catrrall, Robert W, et al, *Determination of Ammonia in Waste Waters by a Differential pH Method Using Flow Injection Potentiometry and a Nonactin-Based Sensor*, *Analyst*, January 1997, Vol. 122 (89–93), July 23, 1996.
- Eckenfelder, W.Wesley, *Industrial Water Pollution Control 2<sup>nd</sup> ed*, New York:McGraw-Hill Book Company, 1989.
- Fatwa, Hari., Skripsi : *Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Logam Besi (Fe), Tembaga (Cu), dan Nikel (Ni) dengan Flotasi Ozon Studi Kasus Pengaruh Dosis Koagulan PAC dan Surfaktan SLS Terhadap Kinerja Proses*, TGP-FTUI, Depok, 2004.
- Fessenden, Ralp J; Fessenden, Joan, S. *Kimia Organik*. Edisi III, Jilid 2, Jakarta : Erlangga, 1999.
- Finch, J.A, Dobby, G.S., *Column Flotation*, Pergamon Press, 1990.
- Haryanto, et al, *Hasil Gabah dan Sumbangan N Pupuk yang Dipengaruhi Oleh Pemberian Zeolit dan Pupuk Hijau Sesbania Pada Tanaman Padi Sawah*, *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*, 2000.
- Mardisantoso, Ilham, Skripsi : *Pemanfaatan ZAL (Hasil Pengolahan Metode Baru) Untuk Penyisihan Logam Berat dan Amonia Dalam Air Limbah*, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok. 2002.
- Nemerow, Nelson L., *Industrial Water Pollution Origins Characteristic and Trearment*, 2<sup>nd</sup> edition, Addison Wesley, Massachusetts, 1978.

- Notodarmodjo, Suprihanto, et al. *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*. ITB Sains & Tek. Vol. 36 A, No. 2, 2004, 97-115. Departemen Teknik Lingkungan, ITB, Bandung, 2004.
- Puget, F.P, et al, *Modelling of The Dispersed Air Flotation Process Applied to Dairy Wastewater Treatment*, Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 21, No. 02, pp. 229 - 237, April - June 2004.
- Rigas, F, et al, *Central Compsite Design In A Refinery's Wastewater Treatment By Air Flotation*, Global Nest: the Int. J. Vol 2, No 3, pp 245-253, 2000.
- Robin, Skripsi : *Perbaikan Proses Adsorpsi Amonia Unggun Tetap dengan Zeolit Alam Lampung*, TGP-FTUI, Depok, 2001.
- Rosen, Milton J, *Surfactant and Interfacial Phenomena 2<sup>nd</sup> Edition*, New York: John Wilie & Sons, Inc, 1988.
- Shergold, H.L., *The Scientific Basis of Flotation*, NATO ASI Series, K.J. Ivesed, Martinus Nijhoff Publishers, Boston, 1984.
- Soemantojo, Roekmijati W., *Buku II (Lampiran) Laporan Riset RUT V Bidang Ilmu Teknologi Perlindungan Lingkungan 1997-2000*, Kantor Menristek dan Dewan Riset Nasional, Jakarta. 2000.
- Sudarsono, Arief, dan Humala ,Farli, *Analisis Ukuran Buih Pada Berbagai Konsentrasi Reagen Pembuih Untuk Flotasi Tembaga Sulfida*, *Journal JTM Vol. XIII No.1/2006* .
- Thamzil Las, *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif.*, [online] diambil dari <http://www.batan.go.id/ptlr>
- Widaningroem, Roekmijati, *Diktat Kuliah Pengolahan Limbah dan Pencegahan Pencemaran*, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FT-UI, Depok 2004.



## **LAMPIRAN A**

### **Hasil Analisis Kandungan Amonia**



Lab. Afiliasi

## ANALYTICAL REPORT

Job. Number :  
282 / XI / 008

Prepared For :

**Danar**

Date : Nov, 24<sup>th</sup>, 2008

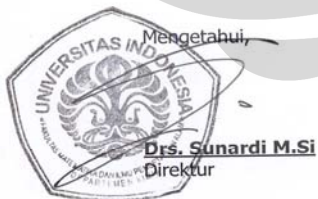
Laboratorium Afiliasi UI  
Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424  
Telp. 021-7872720, Faks 021-7863432





**Lab. Afiliasi**

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 080-4 / IX / 008			Date : 10-10-2008	
Customer : Danar			Attention :	
Parameters : Amonia				
Date Received : 15-09-2008				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1	F1B	8,24	ppm	UV-Vis
2	F2B	5,22	ppm	UV-Vis
3	F3B	5,81	ppm	UV-Vis
4	F4B	18,25	ppm	UV-Vis
5	F5B	20,10	ppm	UV-Vis
6	F6B	18,26	ppm	UV-Vis
7	F7B	14,26	ppm	UV-Vis
8	F8B	20,65	ppm	UV-Vis



Page 1 of 1  
 Laboratorium Afiliasi UI  
 Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424  
 Telp. 021-7872720, Faks 021-7863432



**Lab. Afiliasi**

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 282 / XI / 008		Date : 24 -11-2008		
Customer : Danar		Attention :		
Parameters : Amonia				
Date Received : 13-11-2008				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1	F1B	13,18	ppm	UV-Vis
2	F2B	9,40	ppm	UV-Vis
3	F3B	9,38	ppm	UV-Vis
4	F4B	9,59	ppm	UV-Vis
5	F5B	11,07	ppm	UV-Vis
6	F6B	9,45	ppm	UV-Vis
7	F7B	7,85	ppm	UV-Vis
8	F8B	4,67	ppm	UV-Vis

Mengetahui,



Laboratorium Afiliasi UI  
 Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424  
 Telp. 021-7872720, Faks 021-7863432



**Lab. Afiliasi**

LABORATORY TEST RESULTS				
Job. Number : 080 / X / 008		Date : 27 -10-2008		
Customer : Danar		Attention :		
Parameters : Amonia				
Date Received : 13-10-2008				
Sample Matrix : Liquid				
No.	Sample Code	Sample Result	Unit	Method
1	F1B	17,34	ppm	UV-Vis
2	F2B	21,86	ppm	UV-Vis
3	F3B	19,81	ppm	UV-Vis
4	F4B	22,77	ppm	UV-Vis
5	F5B	19,60	ppm	UV-Vis
6	F6B	19,20	ppm	UV-Vis
7	F7B	19,51	ppm	UV-Vis
8	F8B	27,34	ppm	UV-Vis

Mengetahui,

A. N.

**Drs. Sunardi, M.Si**  
Direktur



Page 1 of 1

**Laboratorium Afiliasi UI**  
Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424  
Telp. 021-7872720, Faks 021-7863432

## LAMPIRAN B

### FOTO-FOTO PENELITIAN :

#### Bahan dan Peralatan Yang digunakan :



Koagulan PAC



Surfaktan SLS



Zeolit Alam Lampung yang telah dipreparasi



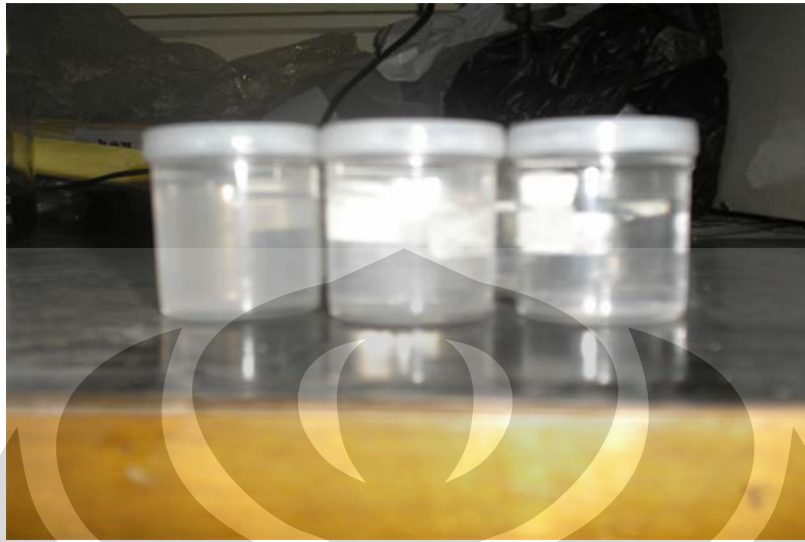


Reagen COD



Tangki Flotasi dan Kompresor Udara

**Sampel Air Limbah :**



Sampel Limbah yang mengandung Amonia



Sampel untuk Uji COD

## LAMPIRAN C

### DATA PENELITIAN

Kondisi operasi :

Volume Air Limbah	:	4 L
Zeolit Alam	:	2 gr/L
Laju Alir Udara	:	100 liter/jam
Waktu Flotasi	:	25 menit
Konsentrasi limbah Amonia	:	100 mg/L
pH awal	:	6

PAC (g/L)	SLS (g/L)	pH setelah pencampuran	pH awal (+PAC)	pH Akhir Proses	C awal Amonia (ppm)	C akhir Amonia (ppm)	% Pemisahan	COD awal (mg/L)	COD akhir (mg/L)
0	0.2	10.2	6	6.9	100	13.16	86.84	241.8	181.1754
0	0.4	10.2	6.2	7.05	100	9.4	90.6	248.9	187.8241
0	0.6	10	6.12	7.56	100	9.38	90.62	262.7	178.0589
0	0.8	10.1	6.2	7.83	100	9.59	90.41	280.9	171.8258
0.13	0.2	10.2	3.79	4.25	100	11.07	88.93	251.8	189.2785
0.13	0.4	10.2	3.94	4.45	100	9.45	90.55	275.7	188.4474
0.13	0.6	10.2	4.08	4.59	100	7.85	92.15	282.7	178.8
0.13	0.8	10.2	4.4	4.7	100	4.67	95.33	292.8	182.4221

Kondisi operasi :

Volume Air Limbah : 4 L  
 Zeolit Alam : 2 gr/L  
 Laju Alir Udara : 100 liter/jam  
 Waktu Flotasi : 25 menit  
 Konsentrasi limbah Amonia : 100 mg/L  
 pH awal : 10

PAC (g/L)	SLS (g/L)	pH setelah pencampuran	pH awal (+PAC)	pH Akhir Proses	C awal Amonia (ppm)	C akhir Amonia (ppm)	% Pemisahan	COD awal	COD Akhir
0	0.2	9.9	9.9	9.3	100	8.24	91.76	241.8	207.3545
0	0.4	9.9	9.9	9.3	100	5.22	94.78	248.9	191.3562
0	0.6	9.7	9.9	9.3	100	5.81	94.19	262.7	171.4103
0	0.8	10.1	10.1	9.7	100	18.25	81.75	280.9	142.9458
0.13	0.2	10.2	8.8	8.7	100	20.1	79.9	251.8	150.6333
0.13	0.4	10.1	8.6	8.4	100	18.26	81.74	275.7	189.4862
0.13	0.6	10.1	8.7	8.3	100	14.26	85.74	282.7	188.8629
0.13	0.8	10.2	9	8.7	100	20.65	79.35	292.8	198.8



Kondisi operasi :

Volume Air Limbah : 4 L  
 Zeolit Alam : 2 gr/L  
 Laju Alir Udara : 100 liter/jam  
 Waktu Flotasi : 25 menit  
 Konsentrasi limbah Amonia : 100 mg/L  
 pH awal : 11

PAC (g/L)	SLS (g/L)	pH setelah pencampuran	pH awal (+PAC)	pH Akhir Proses	C awal Amonia (ppm)	C akhir Amonia (ppm)	% Pemisahan	COD awal	COD Akhir
0	0.2	10.2	11	10.7	100	17.34	82.66	241.8	202.7835
0	0.4	10.2	11	10.7	100	21.86	78.14	248.9	208.6011
0	0.6	10	11	10.8	100	19.81	80.19	262.7	193.0183
0	0.8	10.1	11	10.7	100	22.77	77.23	280.9	187.8241
0.13	0.2	10.2	9.4	9.4	100	19.6	80.4	251.8	204.6535
0.13	0.4	10.2	9.6	9.4	100	19.2	80.8	275.7	191.9795
0.13	0.6	10.2	9.6	9.3	100	19.51	80.49	282.7	198.0048
0.13	0.8	10.2	9.6	9.3	100	27.34	72.66	292.8	193.6416

## LAMPIRAN D

### Baku Mutu Limbah Cair

**LAMPIRAN C** : **KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP**  
**NOMOR** : **KEP-51/MENLH/10/1995**  
**TENTANG** : **BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI**  
**TANGGAL** : **23 OKTOBER 1995**

#### BAKU MUTU LIMBAH CAIR

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair*)		Teknik Pengujian
			Min	Max	
<b>FISIKA</b>					
1	Temperatur	°C	38	40	Termometer
2	Zat padat terlarut	mg/l	2000	4000	Gravimetri
3	Zat padat Tersuspensi	mg/l	200	400	Gravimetri
<b>KIMIA</b>					
1	Ph	-	6,0-9,0	6,0-9,0	pH meter
2	Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10	AAS
3	Mangan terlarut (Mn)	mg/l	2	5	AAS
4	Barium (Ba)	mg/l	2	3	-
5	Tembaga (Cu)	mg/l	2	3	AAS
6	Seng (Zn)	mg/l	5	10	AAS
7	Krom Heksavalen (Cr <sup>6+</sup> )	mg/l	0,1	0,5	AAS
8	Krom Total (Cr)	mg/l	0,5	1	AAS
9	Cadmium (Cd)	mg/l	0,05	0,1	AAS
10	Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005	AAS

11	Timbal (Pb)	mg/l	0,1	1	AAS
12	Stanum (Sn)	mg/l	2	3	-
13	Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5	AAS
14	Selenium (Se)	mg/l	0,05	0,5	AAS
15	Nikel (Ni)	mg/l	0,2	0,5	AAS
16	Kobalt (Co)	mg/l	0,4	0,6	AAS
17	Sianida (CN)	mg/l	0,05	0,5	Destilasi
18	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/l	0,05	0.1	Spektrofotometer
19	Fluorida (F)	mg/l	2	3	Spektrofotometri
20	Klorin bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/l	1	2	Argentometri
21	Amoniak bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/l	1	5	Spektrofotometri (Nesler)
22	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	20	30	Spektrofotometri (Brusin)
23	Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	1	3	Spektrofotometri (NED )
24	BOD <sub>5</sub>	mg/l	50	150	Titrimetri/Winkler
25	COD	mg/l	100	300	Reflux Kalium dikromat
26	Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10	Spektrofotometri
27	Fenol	mg/l	0,5	1	Titrimetri
28	Minyak nabati	mg/l	5	10	Ekstraksi / Gravimetri
29	Minyak mineral	mg/l	10	50	Ekstraksi / Gravimetri
30	Radioaktivitas**)	-	-	-	-

\*) Untuk memenuhi baku mutu limbah cair tersebut, kadar parameter limbah tidak diperbolehkan dicapai dengan cara pengenceran dengan air secara langsung diambil dari sumber air. Kadar parameter limbah tersebut adalah limbah maksimum yang diperbolehkan.

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