



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI
BAHAN PENGIKAT PADA PROSES FLOTASI UNTUK
MENGOLAH LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG
AMONIA**

SKRIPSI

**FITRIAH ISKY FARIDA
0706200314**

**FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG SEBAGAI
BAHAN PENGIKAT PADA PROSES FLOTASI UNTUK
MENGOLAH LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG
AMONIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FITRIAH ISKY FARIDA
0706200314**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fitriah Isky Farida

NPM : 0706200314

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Desember 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Fitriah Isky Farida
NPM : 0706200314
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Pada Proses Flotasi Untuk Mengolah Limbah Cair Yang Mengandung Amonia.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Eva Fathul Karamah, MT ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. Setijo Bismo, DEA ()
Penguji : Dr. Ir. Nelson Saksono, MT ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 29 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim,

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Pada Proses Flotasi Udara Untuk Mengolah Limbah Cair yang Mengandung Amonia**. Pembuatan laporan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan skripsi ini, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA selaku ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
2. Ir. Eva Fathul Karamah, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Surya Utami, MT selaku Pembimbing Akademik penulis;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dan dukungan material dan moral;
5. Mang Ijal, Tiwi, Kang Jajat, Mas Eko, Mas Heri, Mas Taufik, dan Mas Sri atas bantuannya selama ini.
6. Teman-teman terbaik saya di Ektensi Teknik Kimia 2007 terima kasih untuk kebersamaan dan persaudaraannya yang luar biasa.
7. Dan kepada pihak-pihak lain yang terkait dalam penulisan laporan ini yang belum disebutkan namanya.

Depok, 30 Desember 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fitriah Isky Farida
NPM : 0706200314
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 :

Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Pada Proses Flotasi Udara Untuk Mengolah Limbah Cair yang Mengandung Amonia

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, Jawa Barat, Indonesia
Pada tanggal : 29 Desember 2009

Yang menyatakan

(Fitriah Isky Farida)

ABSTRAK

Nama : Fitriah Isky Farida
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Pada Proses Flotasi Untuk Mengolah Limbah Cair Yang Mengandung Amonia

Penelitian ini memanfaatkan kemampuan Zeolit Alam Lampung sebagai *bonding agent* (bahan pengikat) dalam proses flotasi udara dengan menentukan perlakuan awal zeolit alam yang tepat agar pengikatan amonia dengan metode flotasi yang terjadi optimal, serta menentukan ukuran dan dosis zeolit alam yang tepat untuk memperoleh hasil flotasi yang optimal. Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai jenis variasi aktivasi yang dilakukan pada Zeolit Alam Lampung diperoleh hasil bahwa luas permukaan pori terbesar dimiliki oleh ZAL yaitu 82,36mm. Hasil flotasi udara menggunakan berbagai jenis variasi zeolit diperoleh data hasil analisis % pemisahan amonia terbesar dimiliki oleh ZAL yaitu 93,817, begitu pula dengan hasil analisa parameter-parameter kimia dan fisika lainnya sebagai parameter pendukung pada baku mutu limbah cair seperti (COD,DO dan pH) diperoleh data pengukuran dengan hasil terbaik dimiliki oleh ZAL. Dari hasil variasi ukuran diperoleh hasil % pemisahan amonia terbesar oleh ZAL yaitu pada ukuran partikel 1,7mm juga untuk uji parameter lainnya untuk baku mutu limbah cair. Hasil variasi Dosis diperoleh hasil % pemisahan amonia terbesar oleh ZAL pada dosis 6gr/L juga untuk uji parameter lainnya untuk baku mutu limbah cair.pengaruh penambahan SLS dengan dosis 0,4gr/L terbukti dapat meningkatkan persentasi pemisahan amonia yang dihasilkan.

Kata kunci :

Flotasi, Zeolit, Aktivasi Zeolit, Adsorpsi, Amonia

ABSTRACT

Nama : Fitriah Isky Farida
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Pada Proses Flotasi Untuk Mengolah Limbah Cair Yang Mengandung Amonia

The focus of this study is the ability of Natural Zeolite Lampung as a bonding agent in air flotation process which determine the right preparation to optimize ammonia bonding using flotation method, and determine the size and dosage of natural zeolite to get the optimal result of flotation. Refer to the earlier research of some activation variant for Natural Zeolite Lampung that the biggest pore surface area of Natural Zeolite Lampung was 82,3mm. The analysis result of air flotation using some variant of zeolite is the Natural Zeolite Lampung highest percentage of separation was 93,817, and also the result of other chemical and physical variable as variable support for the waste liquid standard like COD, DO, and pH, the best analysis result is Natural Zeolite Lampung. For the size variant, highest percentage result of ammonia separation by using Natural Zeolite Lampung is for the particle size of 1,7mm and the same result also for the other variable test of waste liquid standard. The highest percentage result for dosage variant of ammonia separation using Natural Zeolite Lampung is at dosage 6gr/L and the same result also for the other variable test of waste liquid standard. Adding 0,4 gr/L SLS could raise the percentage of ammonia separation result.

Keyword :

Flotation, Zeolite, Zeolite Activation, Adsorbtion, Ammonia

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
Error! Bookmark not defined.	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 ZEOLIT.....	5
2.1.1 Klasifikasi Zeolit.....	6
2.1.2 Struktur Kerangka Zeolit.....	7
2.1.3 Jenis-Jenis Mineral Zeolit Alam	8
2.1.4 Zeolit Alam Lampung	8
2.1.5 Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung	10
2.1.6 Aktivasi Zeolit.....	14
2.2 AMONIA	117

2.3	FLOTASI	20
2.3.1	Prinsip Dasar Flotasi	21
2.3.2	Mekanisme Flotasi	22
2.3.3	Faktor yang Mempengaruhi Proses Flotasi.....	23
2.3.4	Jenis-jenis Flotasi	24
2.3.5	Bahan-Bahan Kimia Tambahan	26
2.3.6	Kelebihan Proses Flotasi	267
2.4	SURFAKTAN.....	27
2.4.1	Jenis-Jenis Surfaktan.....	29
2.4.2	Sodium Lauril Sulfat (SLS)	30
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		31
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	31
3.2	PROSEDUR PENELITIAN.....	32
3.2.1	Persiapan Alat Dan Bahan Dasar	32
3.2.2	Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam.....	33
3.2.3	Rancang Bangun Unit Pengolahan Limbah Flotasi	37
3.2.4	Uji Kinerja Zeolit Untuk Proses Flotasi.....	38
3.2.5	Analisa Sampel.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	HASIL KARAKTERISTIK.....	42
4.1.1	Karakteristik Zeolit Alam	42
4.1.2	Persiapan Limbah Sintetik Dan Bahan Kimia Lainnya.	44
4.2	UJI KINERJA ZEOLIT UNTUK PROSES FLOTASI.....	45
4.2.1	Pengaruh Preparasi Zeolit Terhadap Penyisihan Amonia.....	45
4.2.2	Pengukuran Kandungan COD.....	47
4.2.3	Pengukuran Kandungan DO	49

4.2.4 Pengukuran pH.....	50
4.3 VARIASI UKURAN ZEOLIT	51
4.3.1 Pengukuran Kandungan Amonia	51
4.3.2 Pengukuran Kandungan COD.....	52
4.3.3 Pengukuran Kandungan pH	53
4.3.4 Pengukuran Kandungan DO	53
4.4 VARIASI DOSIS ZEOLIT	54
4.4.1 Pengukuran Kandungan Amonia	54
4.4.2 Pengukuran Kandungan COD.....	55
4.4.3 Pengukuran Nilai pH.....	56
4.4.4 Pengukuran Kandungan DO	57
BAB 5 KESIMPULAN.....	58
5.1 KESIMPULAN	58
5.2 SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pencemaran amonia di beberapa sungai dan pantai di daerah Jabotabek saat ini mulai mengkhawatirkan. Misalnya saja sungai-sungai di Bekasi seperti Sungai Cikarang Bekasi Laut, Sungai Cikedokan, Sungai Bojong, dan Sungai Cikarang memiliki kandungan ammonia sebesar 59,06 mg/L. (www.inawater.com). Data kualitas air laut di Teluk Jakarta yang dikeluarkan oleh Badan Pengelola Lingkungan Hidup (BPLH) DKI Jakarta menunjukkan kadar amonia, merkuri dan fenol berturut-turut 1,06; 0,056; dan 0,010 mg/L; telah melampaui ambang batas baku mutu yang diperbolehkan, yaitu berturut-turut 0,03; 0,02; dan 0,02 mg/L (Sumarno, 2004).

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 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 menyisahkan 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 alam Lampung sebagai *bonding agent* (bahan pengikat) pada proses flotasi untuk mengolah limbah cair yang mengandung amonia. Dari penelitian sebelumnya, proses flotasi dengan metode *sorptive flotation* (perpaduan flotasi dan adsorpsi) menggunakan zeolit alam lampung sebagai bahan pengikat telah terbukti mampu untuk mengangkat limbah logam berat Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa selain mampu menyisahkan logam berat yang terlarut dalam air, kandungan bahan-bahan organik juga berkurang secara signifikan baik dalam bentuk pengurangan COD (*Chemical Oxygen Demand*) maupun pengurangan konsentrasi senyawa organik berupa fenol (Hukman, 2006).

Zeolit alam jika langsung digunakan tanpa perlakuan awal akan berfungsi kurang efektif, karena masih terdapat senyawa organik atau mineral lain yang bersifat pengotor. Pengotor yang ada akan mengurangi kinerja adsorpsi zeolit karena akan menutupi pori-pori zeolit sehingga mengurangi luas permukaan aktifnya. Oleh sebab itu perlu dilakukan perlakuan awal sebagai proses aktivasi.

Penelitian dimulai dengan preparasi dan karakterisasi zeolit alam, bersamaam dengan rancang bangun kolom flotasi untuk pengolah limbah. Dilanjutkan dengan pengujian kinerja zeolit alam sebagai bahan pengikat pada proses flotasi. Preparasi zeolit alam dilakukan dengan 3 variasi yang secara umum melalui proses pencucian, pemanasan, pertukaran ion dan kalsinasi. Setelah preparasi, dilakukan karakterisasi terhadap zeolit alam untuk melihat perubahan sifat fisik (luas permukaan dan volume pori) yang terjadi karena proses preparasi. Zeolit yang telah dipreparasi diuji kinerjanya sebagai bahan pengikat pada proses flotasi di dalam kolom flotasi limbah yang telah dirancang, berdasarkan persentase penyisihan amonia yang dihasilkan. Flotasi dilakukan secara *batch* dengan *Sodium Laury Sulfate* (SLS) sebagai surfaktan. Zeolit yang menunjukkan kinerja terbaik pada proses flotasi akan diuji lebih lanjut untuk

menentukan dosis dan ukuran zeolit optimum. Dengan dosis dan ukuran zeolit yang optimum, proses flotasi dilanjutkan dengan variasi waktu, laju lair udara dan konsentrasi awal amonia untuk mengetahui kondisi operasi optimum flotasi yang memberikan persentase penyisihan amonia terbaik.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana memperoleh metode preparasi dan aktivasi zeolit alam lampung yang tepat, yang dapat menghasilkan penyisihan amonia pada limbah cair secara optimum.
2. Bagaimana pengaruh variasi diameter zeolit terhadap kinerja flotasi.
3. Bagaimana pengaruh variasi dosis zeolit terhadap kinerja flotasi.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan perlakuan awal zeolit alam yang tepat agar pengikatan amonia dengan metode flotasi udara yang dilakukan dapat terjadi secara optimum.
2. Menentukan ukuran dan dosis zeolit alam yang tepat untuk memperoleh hasil flotasi yang optimum.
3. Mengevaluasi efektifitas pengolahan limbah cair amonia dengan metode flotasi udara.

1.4. BATASAN MASALAH

Penelitian ini terbatas pada preparasi zeolit sebagai bahan pengikat dan pengujian bahan pengikat hasil preparasi untuk proses flotasi limbah cair sintetik yang mengandung amonia, rancang bangun alat untuk pengolahan limbah dan variasi ukuran dan dosis zeolit untuk mendapatkan ukuran dan dosis zeolit optimum untuk jenis preparasi zeolit yang memberikan kinerja terbaik.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terdiri atas 5 bab utama yaitu :

a. BAB 1 Pendahuluan

Dalam bab ini dijelaskan tentang semua hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini, perumusan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan penelitian.

b. BAB 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan semua teori yang mendasari penelitian yang dilakukan, kemungkinan reaksi yang akan terjadi, metode-metode yang dapat dilakukan sebagai referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya.

c. BAB 3 Metode Penelitian

Dalam bab ini dijelaskan tentang urutan langkah penelitian yang dilakukan di laboratorium, yaitu mengenai bahan yang dilakukan, alat yang digunakan, proses preparasi katalis, proses reaksi dan proses analisa produk yang dihasilkan.

d. BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini dijelaskan tentang hasil pengolahan data percobaan dan analisa mengenai fenomena yang terjadi selama percobaan berlangsung

e. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini dijelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan data dan hasil analisa serta saran saran yang dapat dilakukan penelitian selanjutnya berlangsung lebih baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ZEOLIT

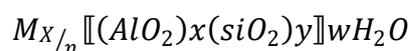
Pada tahun 1756, seorang ahli mineralogi bernama Axel Frederick Cronstedt menemukan suatu mineral alam *Stibite* yang akan kehilangan air ketika dididihkan dan ia memberi nama mineral itu dengan Zeolit (Mailisa, 2006). Zeolit didefinisikan sebagai suatu kristal Aluminosilikat dengan struktur berbentuk tetrahedral yang melingkupi rongga-rongga yang berisi molekul air dan kation. Kedua molekul tersebut dapat bergerak bebas sehingga akan memungkinkan terjadi pertukaran ion.

Zeolit merupakan suatu mineral aluminosilikat yang memiliki struktur kerangka yang melingkupi rongga-rongga (pores, channels, cages) dimana dalam rongga tersebut akan ditempati oleh ion-ion logam dan molekul-molekul air. Ion logam dan molekul air memiliki derajat kebebasan bergerak yang cukup tinggi, sehingga dapat dilakukan proses pertukaran ion dan dehidrasi secara reversible (Noorsyamsu, 1996).

Pada pusat masing-masing tetrahedra yang saling berhubungan tersebut, terdapat sebuah atom T (yang didominasi oleh atom-atom Si dan Al) sehingga rasio Si / Al akan sangat mempengaruhi kinerja zeolit itu sendiri, sedangkan pada titik-titik sudut tetrahedra ditempati oleh atom-atom Oksigen.

Ion-ion logam yang terdapat pada rongga zeolit alam lampung ini merupakan ion-ion monovalen atau divalen (yang termasuk dalam logam alkali dan alkali tanah). Spesi ion logam yang dominan adalah ion Na, Ca, K, Mg dan Ba. Hal ini mencerminkan perbandingan kelimpahan geokimia serta derajat daya saing dengan mineral-mineral lainnya selama proses kejadiannya di alam.

Secara umum zeolit alam memiliki ramus molekul dengan pola sebagai berikut:



dimana M adalah logam alkali atau alkali tanah dengan valensi n, sementara x, y dan w adalah suatu bilangan bulat. Suku yang diberi tanda kurung [] merupakan unit sel kristal zeolit. Kation logam dengan valensi n terdapat dalam rongga zeolit untuk menetralkan setiap tetrahedra alumunium yang bermuatan total -1.

2.1.1 Klasifikasi Zeolit

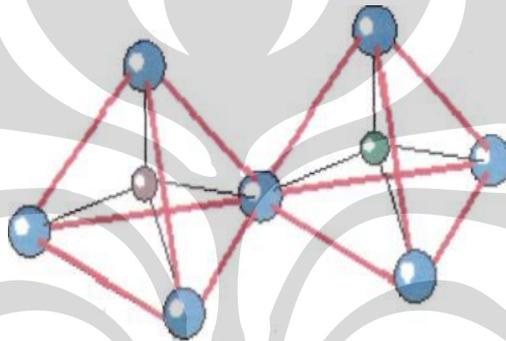
Jika diklasifikasikan menurut cara perolehannya, zeolit dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis (Rifky, 1996). Zeolit alam merupakan mineral yang terbentuk melalui proses alam dan diperoleh dari alam. Kondisi batuan, tanah dan lingkungan tempat pembentukannya akan mempengaruhi sifat-sifat fisik, kimia, dan struktur mineral zeolit alam sehingga akan terbentuk berbagai macam spesiesnya. Contoh mineral yang terkandung dalam zeolit alam diantaranya adalah Klinoptilolit, Mordenit, Analsim, dan sebagainya. Lebih dari 150 jenis zeolit telah disintesis dan 48 jenis zeolit alam yang sudah diketahui. Keduanya berbasiskan mineral Hidrat Aluminosilikat yang menarik ion positif seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan lainnya. Ion positif ini cenderung tak stabil dan dapat mengalami pertukaran elektron pada pencampuran dengan larutannya.

Untuk jenis zeolit sintetis diperoleh dari proses rekayasa. Berdasarkan kadar Silika dan kadar Alumunium, zeolit sintetis dibagi menjadi tiga kelompok besar:

1. Zeolit berkadar Silika rendah ($\text{Si} / \text{Al} \sim 1$) karena kadar Si yang rendah maka daya tukar kation dalam zeolit akan maksimum.
2. Zeolit berkadar Silika sedang ($\text{Si} / \text{Al} \sim 5$) bila dibanding dengan zeolit alam sifatnya mirip dengan klinoptilolit atau mordenit, seperti pada zeolit Omega.
3. Zeolit berkadar Silika tinggi ($\text{Si} / \text{Al} > 10$) mampu menyerap molekul non polar dan baik digunakan sebagai katalisator asam untuk Hidrokarbon, seperti pada zeolit jenis ZSM-5 dan ZSM-11.

2.1.2 Struktur Kerangka Zeolit

Struktur zeolit merupakan kerangka tiga dimensi dan tetrahedral silika (SiO_4) dimana keempat sudut oksigen dari masing-masing tetrahedral 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 aluminium bermuatan tiga, yang mengakibatkan zeolit kekurangan muatan positif. Kekurangan muatan positif digantikan dengan hadirnya atom bermuatan positif satu atau dua seperti sodium Na^+ , potasium K^+ , kalsium Ca^{2+} , dan magnesium Mg^{2+} .



Gambar 2.1 Tetrahedra alumina dan silika (T0_4) pada struktur zeolit
(Sumber: www.batan.go.id)

Rumus empiris dari zeolit adalah $(\text{M}_2/n\text{O})(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{Si}_2)(y\text{H}_2\text{O})$. 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>).

2.1.3 Jenis-Jenis Mineral Zeolit Alam

Pada Tabel 2.1 dijabarkan beberapa jenis mineral zeolit alam serta bentuk kristalnya:

Tabel 2.1 Bentuk Kristal Berbagai Jenis Zeolit

Jenis mineral Zeolit	Bentuk Kristal
Analsim	Kristal trapezohedral
Laumontit	Prismatik
Yugawaralit	Tabular
Brewsterit	Prismatik - tabular
Gosekrekite	Kristal imperfek dan teragregat
Natrolit	Prismatik - Asikular, <i>radiating</i>
Tetranatrolit	Prismatik
Mesolit	Prismatik - Asikular, <i>radiating</i>
Skolesit	Prismatik, <i>radiating agregate</i>
Gonardit	Prismatik - Asikular, <i>fibrous</i>
Thomsonit	<i>Prismatic to lamellar rosettes</i>
Edingtonit	Prismatik
Mordenit	<i>Radiating fibrous or felted</i>
Dakiardit	<i>Fibrous</i>
Epistilbit	Prismatik
Ferierit	<i>Radiating aggregates</i>
Bikitait	<i>Prismatic b-elongation</i>
Heulandit	<i>Tabular to equant</i>
Klinoptilolit	<i>Tabular, radiating aggregates</i>

(Sumber: Dennis,1997)

2.1.4 Zeolit Alam Lampung

Zeolit alam lampung merupakan jenis zeolit alam yang paling banyak digunakan sebagai adsorben dimana memiliki rumus molekul sebagai berikut:



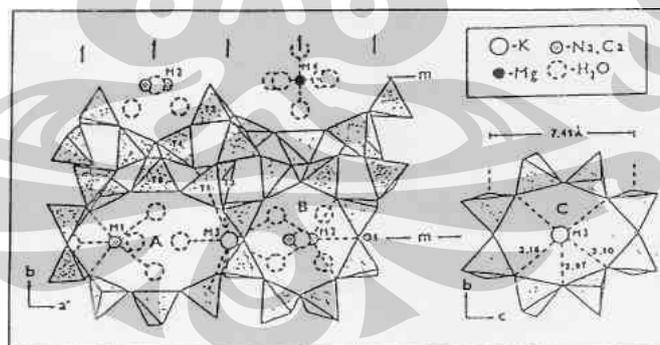
dengan komposisi kimiawi yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Zeolit Alam Lampung

No.	Komposisi Kimia Zeolit Alam Lampung	Jumlah (%)
1	SiO ₂	72,6 %
2	Al ₂ O ₃	12,4 %
3	Fe ₂ O ₃	1,19 %
4	Na ₂ O	0,45 %
5	TiO ₂	0,16 %
6	MgO	1,15%
7	K ₂ O	2,17%
8	CaO	3,56 %
9	Lainya	6,32 %

(Sumber: P. Ariyo,2008)

Dengan melihat rumus molekulnya zeolit alam lampung memiliki rasio Si/Al yang cukup tinggi (Dennis, 1997). Zeolit alam lampung dilaporkan masih mengandung zeolit jenis Analsim sebanyak 14%, Mordenit 8% dan Klinoptilolit 78% (Noorsyamsu, 1996). Struktur kristal zeolit Klinoptilolit digambarkan pada Gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2 Struktur Kristal Zeolit Klinoptilolit

Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang zeolit alam lampung ini dimana mineral penyusun utamarnya yaitu dari mineral Klinoptilolit (sekitar 78%), akan dijelaskan struktur rangka dari zeolit jenis Klinoptilolit ini. Pada dasarnya zeolit ini dibangun oleh unit yang terdiri dari unit-unit primer yang membentuk unit sekunder 8 dan 10 cincin. Unit-unit sekunder ini lalu akan bergabung membentuk unit polihedral, lalu pada bagian tengahnya dari rongga

yang ada (cincin) terisi oleh molekul air dan kation logam dari golongan alkali dan alkali tanah.

2.1.5 Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung

Pemanfaatan zeolit ini didasarkan atas satu atau lebih dari sifat-sifat fisika atau kimia zeolit yang meliputi:

- Pertukaran ion
- Adsorpsi dan sifat yang berhubungan dengan *molecular sieve*
- Dehidrasi dan rehidrasi
- Komposisi silika

sifat tersebut merupakan fungsi dari struktur kristal, *framework*, dan komposisi kation. Secara umum pemanfaatan utama zeolit ada dua macam yaitu sebagai adsorben dan sebagai penukar ion (*ion exchange*).

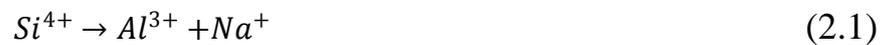
2.1.5.1 Zeolit Sebagai Adsorben

Zeolit adalah material adsorben yang unik, dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 300-400⁰C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Luas permukaan yang tersedia untuk adsorpsi mencapai beberapa ratus meter kuadrat per gram sehingga beberapa mineral zeolit mampu untuk menyerap gas sampai sebanyak 30% dari berat keringnya.

2.1.5.2 Zeolit Sebagai Penukar Ion

Kemampuan zeolit sebagai penukar ion tergantung pada banyaknya kation tukar pada zeolit. Banyaknya kation tukar pada zeolit ditentukan oleh banyaknya kation Si⁺ yang diganti oleh kation lain yang bervalensi tiga atau lima. Pada zeolit alam kation Si⁺ biasanya akan diganti oleh kation Al⁺, sehingga kapasitas tukar kationnya akan ditentukan dari perbandingan antara Silikon dengan Aluminium (rasio Si / Al), disini kation Si⁺ biasanya dapat digantikan kation lain yang memiliki ukuran yang sesuai dengan ruang di pusat tetrahedral Oksigen.

Penggantian ion Si^{4+} oleh kation lain yang tidak bervalensi empat disebut dengan penggantian *isomorf* (Isomorphous Substitution). Penggantian ini akan memerlukan kation lain untuk menetralkan muatannya dan juga dapat berfungsi sebagai ion tukar. Penggantian secara isomorf dapat dijelaskan melalui mekanisme singkat berikut:



Kation tukar pada zeolit dapat ditukar dengan kation lain dari logam golongan alkali dan alkali tanah karena kation tukar tak terikat dalam empat atom oksigen seperti Si^{4+} dan Al^{3+} . Contoh mekanisme pertukaran kation digambarkan melalui skema berikut ini :



Sifat-sifat pertukaran ion pada dasarnya juga dipengaruhi hal-hal sebagai berikut:

1. Ukuran rongga zeolit

Semakin besar ukuran rongga zeolit maka akan semakin besar kemampuan zeolit untuk melakukan pertukaran ion.

2. Rasio Si/Al

Karena muatan negatif dari zeolit merupakan fungsi dari banyaknya ion Al^{3+} maka kapasitas tukar kationnya juga merupakan fungsi dari rasio Si/Al, sehingga akan semakin memperbesar kapasitas tukar kation suatu zeolit. Pada tabel 2.2 disajikan kapasitas tukar kation beberapa zeolit berdasarkan ukuran pori dan rasio Si/Al.

Tabel 2.2 Kapasitas Tukar Kation Beberapa Zeolit

Jenis Zeolit	Ukuran Rongga	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Kapasitas tukar kation (meq/g)
Analsim	2,6 A	4	4,9
Klinoptilolit	3,7 A x 4,2 A	4	4,9
	4,0 A x 5,5 A	10	2,6
Erionit	3,6 A x 5,5 A	5	3,3
Ferierit	3,6 A x 5,2 A	11	2,4
	3,4A x 4,6 A		
Mordenit	6,7 A x 7,0 A	10	2,6
	2,9 A x 5,7 A		
Philipsit	4,2 A x 4,4 A	4,4	4,7
	4,3 A x 4,0 A		

(Sumber: Noorsyamsu,1996)

3. Volume ion

Ukuran dari ion-ion yang masuk dapat mempengaruhi laju dan jumlah pertukaran ion. Sebagai contoh ion NH₄⁺ akan mengalami proses pertukaran ion yang cukup lambat karena ukuran molekulnya hampir setara dengan ukuran rongga zeolit.

4. Selektivitas Ion

Pada umumnya setiap zeolit memperlihatkan urutan selektivitas ion yang berbeda-beda. Ion dengan selektivitas yang tinggi akan lebih mudah masuk dalam rongga-rongga zeolit.

5. Suhu

Semakin besar temperatur maka laju pertukaran ion akan semakin cepat.

2.1.5.3 Zeolit Sebagai Katalis/Penyangga Katalis

Zeolit juga dapat digunakan sebagai katalis maupun sebagai penyangga katalis untuk reaksi-reaksi katalitik. Ciri khusus dari zeolit adalah adanya ruang

kosong yang membentuk saluran didalamnya. Bila zeolit digunakan pada proses katalisis maka akan terjadi difusi molekul dalam ruang bebas antar kristal dan reaksi kimia juga dapat terjadi di permukaan saluran tersebut.

Pada rangka zeolit yang mengandung air, kationnya dapat bergerak dan digantikan oleh kation lain. Sifat ini dapat dimanfaatkan untuk menukar kation pengotor pada permukaan zeolit dengan proton. Zeolit yang telah melalui tahap pengasaman akan memiliki luas permukaan yang lebih tinggi sehingga perannya sebagai katalis atau penyangga akan dapat lebih baik. Zeolit ini juga dapat berfungsi sebagai katalis asam karena kationnya dapat dipertukarkan, contoh pada zeolit alam lampung ini yang banyak memiliki kation logam Ca (Noorsyamsu, 1996), maka bila ditukar dengan ion NH_4^+ serta diikuti pemanasan maka pada permukaan zeolit akan terdapat ion H^+ yang membentuk gugus Hidroksil (OH) dengan atom Oksigen. Secara katalitik, ion H^+ ini berfungsi sebagai pusat aktif atau sering dikenal dengan sebutan inti asam. Secara katalitik, inti aktif adalah gugus hidroksil asam yang berhubungan dengan atom-atom Aluminium Tetrahedra.

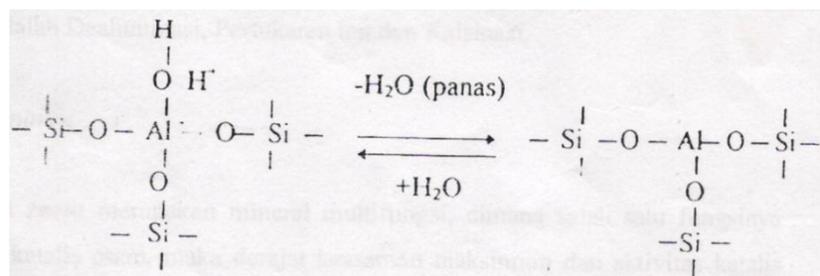
Keasaman pada kerangka zeolit dibagi dalam dua kelompok yaitu pusat asam Bronsted dan pusat asam Lewis:

- Asam Bronsted
Merupakan suatu spesi yang dapat memberikan proton (H^+)
- Asam Lewis

Merupakan spesi yang dapat menerima sepasang elektron bebas yang dikombinasikan dengan zat kedua yang memiliki sepasang elektron bebas.

Zeolit ini memiliki dua jenis keasaman yaitu asam bronsted dan asam Lewis dimana keasaman ini dapat diubah menjadi keasaman Lewis dengan cara memanaskan zeolit pada suhu tinggi.

Melalui ilustrasi gambar 2.2 dibawah ini terlihat bahwa spesi Aluminium memiliki sisi yang dapat menerima sepasang elektron bebas sehingga dapat bertindak sebagai asam Lewis. Keasaman Lewis ini dapat berubah menjadi Keasaman Bronsted dengan hadirnya H_2O pada zeolit.



Gambar 2.3 Perubahan Keasaman Zeolit

Dalam struktur zeolit seperti diatas, sebagian ion Al^{3+} dapat menggantikan ion Si^{4+} . Ion Al^{3+} ini mengambil tempat Si^{4+} di pusat tetrahedron (bidang empat) SiO_4 dan kation-kation alkali dan alkali tanah menempati rongga-rongga di dekatnya dalam struktur kristal. Substitusi $[-SiO_4-]$ oleh ion $[-AlO_4]^-$ pada tetrahedral merupakan faktor dasar dari sifat aluminosilikat karena menimbulkan pusat aktif berupa muatan aktif pada atom Al. Penjelasan dari fenomena ini adalah suatu atom Al yang memiliki 3 elektron valensi, sedangkan atom silikon memiliki 4 elektron valensi. Substitusi atom Si dengan atom Al akan menyebabkan muatan Al menjadi negatif karena harus berinteraksi dengan satu elektron tambahan dari atom oksigen sebagai ion $[AlO_4]^-$.

Agar terjadi keseimbangan muatan listrik, muatan negatif dari $[AlO_4]^-$ tersebut membutuhkan adanya penambahan muatan positif logam alkali atau alkali tanah. Kation-kation dalam struktur zeolit tidak terikat pada posisi yang tetap, tetapi bergerak bebas dalam rongga-rongga zeolit dan bertindak sebagai *Courier ion* yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation lainnya. Kondisi ini memungkinkan zeolit bertindak sebagai katalis asam.

2.1.6 Aktivasi Zeolit

Aktivitas zeolit pada dasarnya dilakukan untuk meningkatkan mutu zeolit, agar dapat diperoleh sifat-sifat yang diinginkan sehingga nantinya diharapkan zeolit ini dapat dipakai pada aplikasi sebagai adsorben. Untuk dapat digunakan sebagai adsorben maka zeolit harus memiliki inti aktif. Aktivasi terhadap zeolit bertujuan untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang tinggi dengan menghilangkan pengotor-pengotor yang ada pada pori-pori zeolit. Ada beberapa

metode yang sudah dikenal untuk mengaktivasi zeolit alam diantaranya adalah Dealuminasi, Pertukaran ion dan Kalsinasi.

2.1.6.1 Dealuminasi

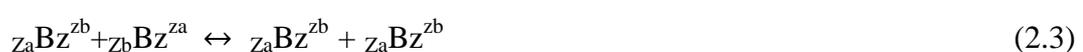
Karena zeolit merupakan mineral multifungsi, dimana salah satu fungsinya yaitu sebagai katalis asam, maka derajat keasaman maksimum dan aktivitas katalis zeolit terjadi jika rasio Si / Al lebih besar dari satu. Proses Dealuminasi ini pada dasarnya bertujuan untuk memodifikasi bentuk struktur, pori dan luas permukaan agar selanjutnya lebih mudah digunakan terutama untuk proses dengan katalis.

Modifikasi tersebut dapat membuka peluang molekul berukuran besar berinteraksi dalam struktur zeolit. Proses Dealuminasi ini akan meningkatkan stabilitas termal pada suhu tinggi. Proses ini akan menyebabkan alumina tetrahedral dari posisi rangka ke luar dari posisinya.

Proses Dealuminasi ini menggunakan Asam Florida (HF) yang merupakan asam kuat karena anionnya yaitu ion F⁻ merupakan golongan halogen yang umumnya jika terikat dengan ion H⁺ akan membentuk asam kuat. Proses Dealuminasi ini bertujuan untuk menghilangkan alumina yang terdapat pada zeolit. Dengan menggunakan asam kuat seperti HF, diharapkan dapat menarik Alumina keluar. Dari penelitian yang sudah dilakukan (Suhendra. 1997) diperoleh hasil bahwa untuk jenis zeolit Mordenit dan Klinoptilolit berkurangnya kation ini akan memperbesar ukuran saluran dan rongga pori dalam struktur zeolit sehingga berimbas pada kenaikan luas permukaan zeolit.

2.1.6.2 Pertukaran Ion

Pertukaran ion dalam zeolit adalah suatu proses dimana daia.n kation pada sistem pori intrakristalin yang ada selanjutnya ditukar dengan kation lain yang berasal dari larutan. Larutan dan zeolit selanjutnya akan mencapai kesetimbangan sesuai dengan persamaan:



dimana z_a dan z_b merupakan muatan kation A dan B yang bertukar, sedangkan z dan s menunjukkan zeolit dan larutan. Pertukaran ion ini tidak akan berlangsung

sempurna jika konsentrasi larutan yang digunakan tidak sangat besar atau temperatur sistem dinaikkan sehingga selanjutnya dapat menggeser kesetimbangan ke kanan. Setiap spesi atau jenis zeolit memiliki urutan selektivitas pertukaran ion yang berlainan. Selektivitas ion dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah:

- Struktur terbentuknya zeolit yang mempengaruhi besarnya rongga yang terbentuk.
- Mobilitas ion tukar.
- Pengaruh difusi ion dalam larutan dan energi hidrasi

Urutan selektivitas menurut kenaikan kemudahan pertukaran ion pada berbagai zeolit dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Selektivitas Ion

Jenis Zeolit	Urutan Selektivitas	Peneliti
Analsim	K < Li < Na < Ag	Barrer (1950)
Khabazit	Li < Na < K < Cs	Sherry (1969)
Klinoptilolit	Mg < Ca < Na < NFL, < K	Ames (1961)
Heulandit	Ca < Ba < S < Li < Na < Rb < K	Filizova (1974)
Mordenit	Li < Na < Rb < K < Cs	Ames (1961)

(Sumber: P.Ariyo, 2008)

Sebagai contoh misal pada aktivasi dengan penambahan ion Amonium Asetat (NH_4^+) akan menyebabkan terjadinya pertukaran kation antara ion NH_4^+ yang berasal dari larutan Amonium Asetat dengan ion Natrium yang terdapat pada zeolit. Karena pada zeolit alam banyak terdapat zat organik, maka ketika ditambahkan Amonium Asetat akan menyebabkan terjadinya reaksi antara senyawa organik dengan Amonium Asetat yang akan membentuk senyawa Alkil Amonium.

2.1.6.3 Kalsinasi

Kalsinasi adalah perlakuan panas terhadap zeolit pada temperatur yang relatif tinggi dalam furnace yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit, sehingga luas permukaan pori-pori akan bertambah, selain itu juga untuk menghiangkan zat organik yang dikandung

zeolit, serta untuk menguraikan, ion NH_4^+ zeolit sehingga dapat diperoleh H^+ zeolit:



Melalui kalsinasi dalam furnace ini, Alumina-Silika yang tidak stabil dapat tersusun kembali menjadi lebih stabil yang memiliki struktur kristal yang baik.

2.2 AMONIA

Amonia adalah suatu senyawa kimia yang terdiri dari nitrogen dan hidrogen dengan rumus kimia 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 $25^\circ C$, dan dapat dicairkan pada tekanan di bawah 10 atm.

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. Kesetimbangan bergeser ke arah kiri. Kandungan total amonia merupakan jumlah dari spesi tidak terion (NH_3) dan spesi terion (NH_4^+). Kelarutan amonia dalam air sangat dipengaruhi oleh tekanan dan temperatur, namun reaksi kesetimbangan di atas sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH. Pada pH di atas 10 (kondisi basa), maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri dan ion amonium akan berubah menjadi amonia. Pada temperatur sekitar $0^\circ C$ dan pH kurang dari 6, kurang dari 0,01 % amonia berada dalam bentuk tidak terionkan, sedangkan pada $30^\circ C$ dan pH 10, sekitar 89 % amonia berwujud NH_3 (tidak terionkan). Beberapa sifat amonia dapat dilihat pada tabel 2.4 Sifat Fisika Amonia dibawah ini :

Tabel 2.4 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° C dan 1 atm	0,6818 g/cm ²
Titik lebur	-78.27 °C (195.42 K)
Titik didih	-33.49 °C (240.74 K)
Viskositas pada 20° C	9,821 x 10e9 poise
Tegangan permukaan pada 11° C	23,38 dyne/cm
Konduktivitas termal pada 12° C	5,51 x 10e-5 gcal/cm
Tekanan uap pada 25° C	10 atm
Kelarutan dalam air, 101 kPa	
Pada 0° C	895 g/L
20 °C	529 g/L
40°C	316g/L
60° C	168 g/L

(Sumber: www.wikipedia.com)

Selain baunya yang tajam dan tidak sedap, jika tercium oleh manusia dalam jumlah tertentu dapat menyebabkan batuk ($1200\text{mg}/\text{m}^3$), iritasi pada tenggorokan ($2800\text{mg}/\text{m}^3$), kematian ($>3500\text{mg}/\text{m}^3$). Walaupun amonia dalam konsentrasi yang encer, tetapi juga sangat berbahaya bagi lingkungan. Larutan amonia 5 – 10% wt ($<5,62\text{mol}/\text{L}$) 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 dicampurkan dengan zat klorin misalnya pada zat pemutih dapat menyebabkan terbentuknya zat senyawa yang beracun dan karsinogenik seperti *chloramine* dan *hydrazine*. Klasifikasi dari larutan amonia oleh *European Union* dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2.5 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)

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

Larutan amonia tidak boleh dicampur dengan golongan halogen karena akan membentuk produk beracun dan eksplosif. Anhidrat amonia dalam bentuk gas atau cair diklasifikasikan sebagai zat beracun dan berbahaya bagi lingkungan. Amonia dalam gas mudah terbakar (*autoginition temperature:615⁰C*) 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 karpet dan plastik tertentu.

Limbah amonia sebagian besar dihasilkan dari pabrik pupuk yang menghasilkan produk utama amonia dan urea serta produk lainnya seperti alumunium 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/1/1988 standar baku mutu limbah yang ditetapkan pemerintah untuk amonia yaitu 1 – 5 mg/L.

2.3 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 terjerbak 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.

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 ;olah 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>).

2.3.1 Prinsip Dasar Flotasi

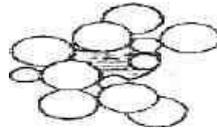
Proses flotasi adalah proses separasi yang berdasarkan pada sifat kimia fisika, yaitu perbedaan kemampuan untuk terbasahi (*wettability*) pada permukaan partikel padatan yang akan dipisahkan. Perbedaan *wettability* permukaan partikel padatan (mineral logam) dapat bersifat alami atau bisa juga dipengaruhi 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 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 (*airflotation*).

2.3.2 Mekanisme Flotasi

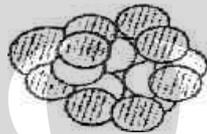
Mekanisme flotasi merupakan interaksi antara ion dengan gelembung gas. Pada umumnya mekanisme flotasi dibedakan menjadi tiga jenis, yakni (Nemerow, 1978):

1. Adsorpsi gelembung gas terhadap ion, seperti pada Gambar 2.4



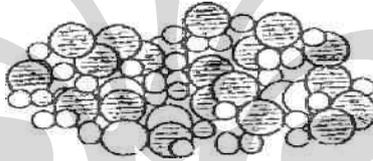
Gambar 2.4 Ion Terperangkap dalam Gelembung Gas

2. Terperangkapnya gelembung gas dalam ion, seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Gelembung Gas Terperangkap dalam Kelompok Ion

3. Adsorpsi dan terperangkapnya gelembung gas pada ion, seperti Gambar 2.6



Gambar 2.6 Adsorpsi dan Terperangkapnya Gelembung Gas dalam

Kelompok Ion Keterangan:

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

2.3.3 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 yang paling mudah mengapung. Maka suatu

campuran fasa cair dengan komposisi mineral yang sama, jika semakin halus ukuran partikel maka 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 yang digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

2.3.4 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 ke permukaan, 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 tekananya menjadi 40-50 lb/in² 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 diadsorp oleh suatu bahan pengikat kemudian di flotasi untuk misahkan 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 memisahkan dari air limbah.

2.3.5 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, Dogglas M, 1984):

1. *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.

2. *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.

3. *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.

4. *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 CuSO_4 .

2.3.6 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 (*sluge*) yang diperoleh lebih tebal karena lebih banyaknya partikel- partikel logam berat yang terikat dan terangkat ke permukaan.

2.4 SURFAKTAN

Surfaktan merupakan suatu senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang dapat diproduksi melalui sintesis kimiawi maupun biokimiawi. Surfaktan memiliki gugus hirofilik 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.

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.

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).

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

Zwitter-ion (Jerman "Zwitter", blaster, banci) adalah senyawa yang memiliki sekaligus gugus bersifat asam dan basa. Pada pH netral zwitter-ion akan bermuatan positif (kation) maupun bermuatan negatif (anion). Biasanya zwitter-ion mudah larut dalam air karena bermuatan (air adalah pelarut polar) dan sukar larut dalam pelarut nonpolar. Karena perilakunya, zwitter-ion merupakan larutan penyangga yang baik. Apabila terdapat ion hidrogen berlebih (larutan bersifat asam), zwitter-ion akan menangkapnya (berperan sebagai basa). Sebaliknya, apabila larutan bersifat basa, zwitter-ion akan melepas ion hidrogen ke dalam larutan. Akibatnya pH tidak mudah berubah. Zat dengan karakteristik ini dikenal sebagai zat amfoter.

2.4.2 Sodium Lauril Sulfat (SLS)

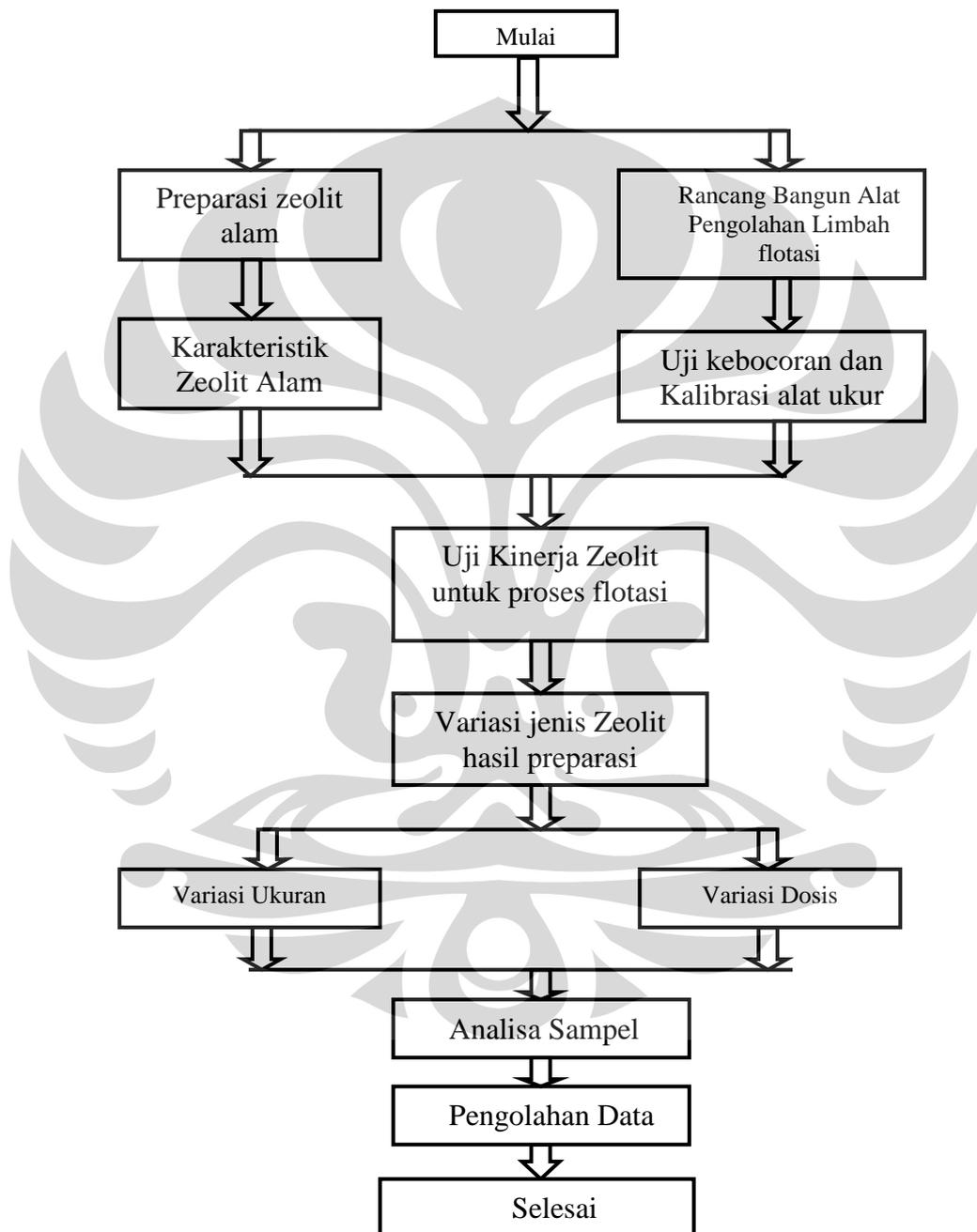
Surfaktan yang digunakan pada proses flotasi dalam penelitian kali ini adalah Sodium Lauril Sulfat (SLS). SLS termasuk surfaktan anionik yang merupakan jenis garam-garam ester asam sulfat (Rosen, 1988). SLS memiliki rumus kimia $C_{12}H_{25}NaO_4S$ atau $CH_3(CH_2)^{11}O^-SO_3^-Na^+$. Jenis surfaktan ini merupakan bahan kimia yang banyak diproduksi. Di Amerika Serikat contohnya, produksi tahunan SLS mencapai diatas satu juta pound pertahun. Dalam larutan, kation Na^+ akan terdisosiasi dari bagian anionik (*lauryl* atau *dodecyl sulfate*) dan senyawa anionik ini merupakan bagian yang aktif.

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

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 PROSEDUR PENELITIAN

3.2.1 Persiapan Alat Dan Bahan Dasar

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

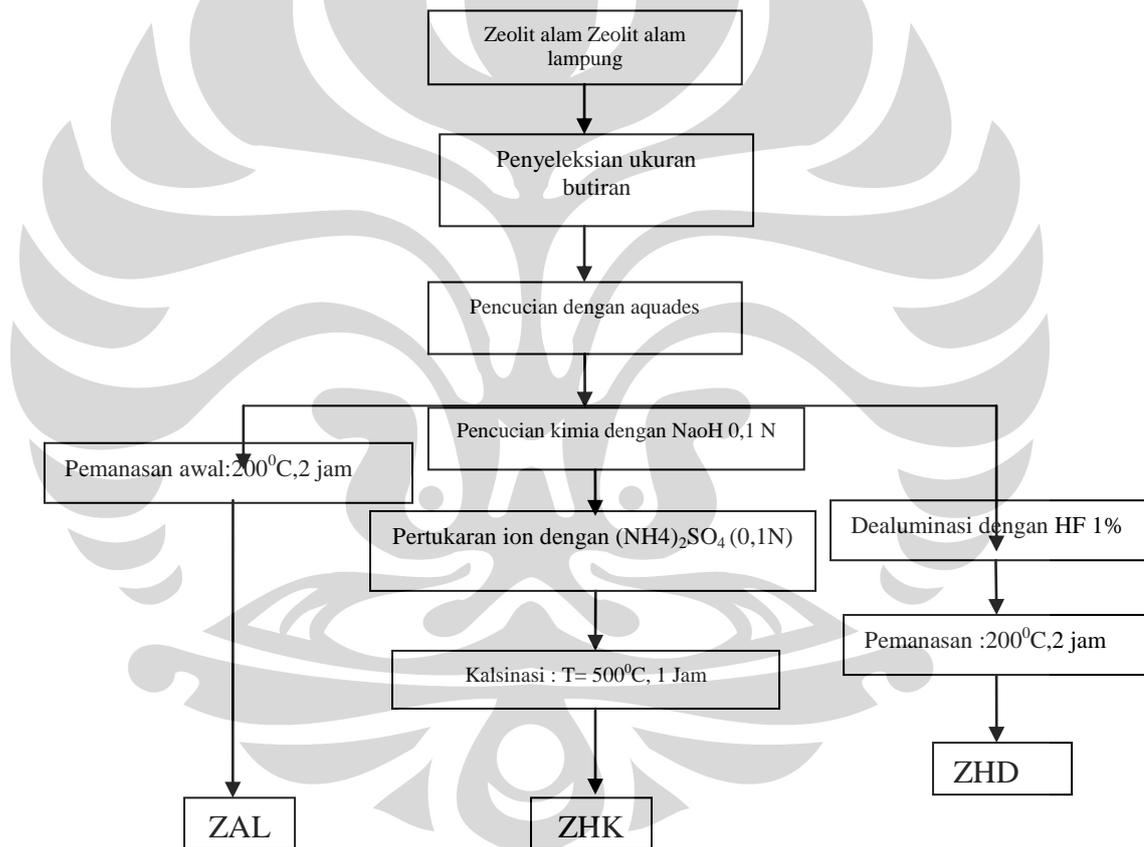
- Saringan (Mesh) berukuran 1mm, 1,7 mm dan 2mm
- Beaker glass 1000 ml
- Alu dan Lumpang (masing-masing 1 buah)
- Pengaduk magnetik
- Timbangan digital (300 gram)
- Sendok plastik
- Spatula
- Furnace
- Tangki flotasi dari bahan plexy glass
- Difusser udara
- Flow meter udara
- Wadah plastik
- Botol sampel untuk uji BET
- Desikator
- Kompresor
- Tangki pencampur yang dilengkapi dengan agitator

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Zeolit alam dari Lampung
- Larutan HF 1 % (Merck)
- Larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,1N)
- Larutan NaOH (0,1N)
- SLS (sodium Laury Sulfate) (0,4gr/L)
- Aquades
- Amonia 100ppm

3.2.2 Preparasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam

Zeolit alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam Lampung. Sebelum zeolit alam Lampung harus diberikan perlakuan awal meliputi: pengayakan, pencucian, pemanasan dan pertukaran ion. Variasi perlakuan zeolit ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Roekmijati dkk. tentang adsorpsi limbah cair yang mengandung amonia dengan zeolit alam Lampung pada tahun 1998-2000. Setelah dilakukan perlakuan awal, zeolit dikarakterisasi dengan metode analisis BET untuk mengetahui sifat-sifat dari zeolit tersebut.



Gambar 3.2 Variasi Preparasi Zeolit Alam Lampung

a. Penyeleksian Ukuran Butiran

Pada tahap ini zeolit ditumbuk hingga halus, kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran partikel zeolit yang sebesar 1,7 mm.

b. Pencucian Dengan Aquades

Pencucian dengan aquades berfungsi untuk membersihkan permukaan zeolit dari pengotor setelah proses penumbukan dan pengayakan. Selain itu juga pencucian dengan aquades berfungsi untuk menetralkan pH.

c. Pemanasan Awal

Setelah endapan zeolit di saring dan dicuci dengan aquades untuk memperoleh pH netral lalu dikeringkan dalam tungku selama 2 jam pada suhu 200°C.

d. Pencucian Kimia dengan NaOH

Pencucian ini bertujuan untuk membersihkan permukaan pori dari pengotor yang dapat mengganggu proses pertukaran ion dengan melarutkan pengotor yang larut dalam basa. Zeolit sebanyak 200gr dicampur ke dalam 400ml larutan NaOH 0,1N kemudian diaduk selama 3 jam dengan kecepatan 200 rpm.

e. Pertukaran ion

Tujuan pencampuran zeolit dengan larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pada penelitian ini adalah untuk menukarkan ion NH_4^+ yang memiliki selektifitas lebih baik ke dalam rongga zeolit untuk menggantikan kation alkali dan alkali tanah yang ada. Zeolit alam dicampur dengan larutan penukar ion yaitu larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,1N kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik dengan kecepatan 350-500 rpm selama 2 jam.

f. Kalsinasi

Setelah proses pertukaran ion selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan proses kalsinasi yaitu dengan dipanaskan dalam furnace (tungku udara) pada suhu 500°C selama 1 jam. Melalui kalsinasi dalam furnace ini, Alumina-Silika yang tidak stabil dapat tersusun kembali menjadi lebih stabil yang memiliki struktur kristal yang baik.

g. Dealuminasi

Pada penelitian ini digunakan larutan Hidrogen Fluorida sebanyak 1%. Zeolit sebanyak 200 gram direndam di dalam larutan HF 1% dengan volume 100 ml untuk setiap 50 gram zeolit, sehingga untuk 200 gram zeolit volume total larutan HF 1% dibutuhkan sebesar 400 ml. Proses Dealuminasi ini menggunakan Asam Florida (HF) yang merupakan asam kuat karena anionnya yaitu ion F^- merupakan golongan halogen yang umumnya jika terikat dengan ion H^+ akan membentuk asam kuat. Proses Dealuminasi ini bertujuan untuk menghilangkan alumina yang terdapat pada zeolit. Dengan menggunakan asam kuat seperti HF, diharapkan dapat menarik Alumina keluar.

Dalam penelitian ini digunakan tiga macam sampel zeolit yaitu :

1. Blank Zeolit (ZAL)
2. Zeolit Kalsinasi (ZHK)
3. Zeolit Dealuminasi (ZHD)

Seluruh tahap aktivasi dilakukan guna mengetahui kinerja daya adsorpsi zeolit yang terbaik dalam mengadsorpsi amonia dalam limbah cair pada proses flotasi udara. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahapan preparasi zeolit sebagian diadaptasi dari penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Ariyo P,2007).

1. Pembuatan Zeolit Alami

Tahapan pembuatan zeolit alami sebagai sampel pertama memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- Zeolit alam lumpung murni yang masih memiliki dimensi heterogen (belum seragam) terlebih dahulu di tumbuk dengan alu dan lumpang.
- Selanjutnya di saring dengan menggunakan saringan (mesh) hingga diperoleh zeolit dengan ukuran diameter yaitu 1,7mm sebanyak 1000gram.
- Setelah proses penumbukan dan penyaringan selesai dilakukan, zeolit sebanyak 200gram diambil untuk selanjutnya dicuci dengan aquades.

- Memanaskan zeolit pada suhu 200⁰C selama 2 jam untuk menghilangkan kadar airnya.
- Menyimpan sampel ke dalam desikator.
- Mengambil \pm 0,5 gram zeolit untuk dikarakteristik dalam BET *Autosorb Apparatus* untuk mendapatkan properti fisik dan kimianya.

2. Pembuatan Zeolit Dealuminasi

Tahapan pembuatan zeolit Dealuminasi sebagai sampel kedua memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengambil 200gram zeolit alam lampung murni dengan ukuran diameter homogen (1,7mm).
- Mencuci zeolit dengan aquades untuk membersihkan permukaan zeolit dari pengotor dan memperoleh pH netral.
- Selanjutnya zeolit ini direndam dalam larutan HF 1% dengan volume 100 ml untuk setiap 50 gram zeolit, sehingga untuk 200 gram zeolit volume total larutan HF 1% yang dibutuhkan sebesar 400ml.
- Mengencerkan larutan HF 40% untuk menjadi volume 1% dengan volume akhir larutan 400ml yang memerlukan 10ml HF 40% (dari hasil perhitungan pengenceran).
- Selama sampel direndam diaduk dengan stirer selama 20 menit dengan kecepatan 450rpm pada suhu ruangan.
- Setelah itu sampel disaring dan dibilas sebanyak 3 kali dengan menggunakan aquades.
- Lalu dikeringkan (dipanaskan) selama 2 jam pada suhu 200⁰C.
- Menyimpan sampel ke dalam desikator.
- Mengambil \pm 0,5 gram zeolit untuk dikarakteristik dalam BET *Autosorb Apparatus* untuk mendapatkan properti fisik dan kimianya.

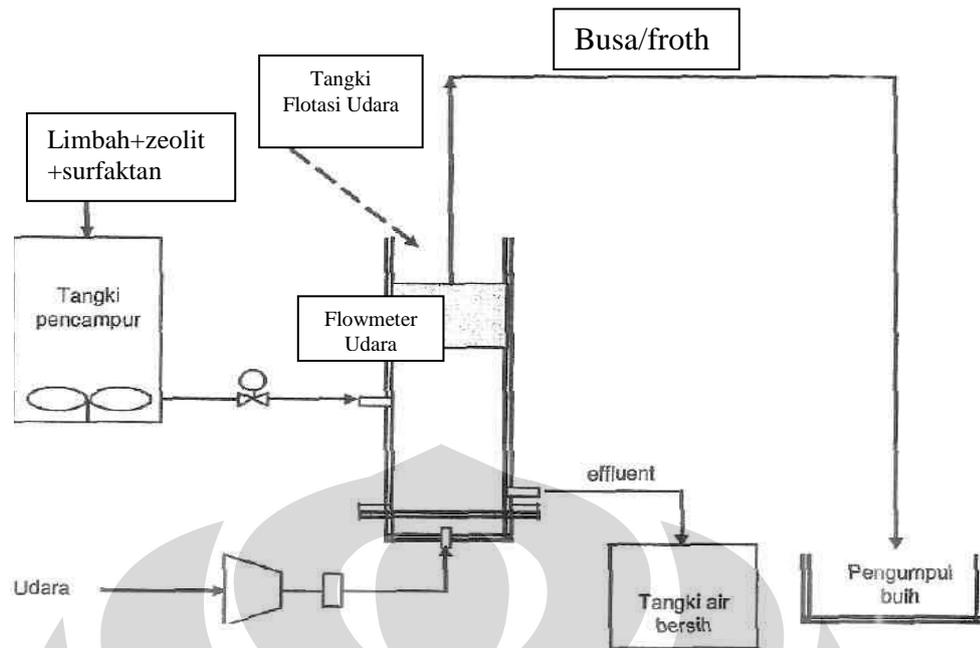
3. Pembuatan Zeolit Kalsinasi

Tahapan pembuatan zeolit kalsinasi sebagai sampel ketiga memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- Mengambil 200gram zeolit alam lampung murni dengan ukuran diameter homogen (1,7mm).
- Zeolit kemudian campur ke dalam 400ml larutan NaOH 0,1N kemudian diaduk selama 3 jam dengan kecepatan 200 rpm.
- 200gram sampel ini selanjutnya dicampurkan dengan larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,1 N) sebanyak 600 ml dalam wadah plastik.
- Untuk membentuk larutan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (0,1 N) maka dibutuhkan padatan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebanyak 7,92 gram (perhitungan dijelaskan dalam lampiran).
- Sesudah dicampurkan selanjutnya dilakukan pengadukan dengan stirer pada suhu kamar selama 2 jam dengan kecepatan 450 RPM.
- Setelah itu sampel disaring dan dibilas sebanyak 3 kali dengan menggunakan aquades.
- Lalu dikeringkan (dipanaskan) selama 1 jam pada suhu 500°C .
- Menyimpan sampel ke dalam desikator.
- Mengambil $\pm 0,5$ gram zeolit untuk dikarakteristik dalam BET *Autosorb Apparatus* untuk mendapatkan properti fisik dan kimianya.

3.2.3 Rancang Bangun Unit Pengolahan Limbah Flotasi

Skema rangkaian peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3. Peralatan utama berupa tangki flotasi dengan volume maksimal 5 L dilengkapi dengan diffuser udara untuk mendistribusikan dan niendispersikan udara. Tangki flotasi akan dibuat dari bahan plexy glass. Udara masuk dari bagian bawah melalui diffuser dan air limbah umpam yang telah dicampur dengan bahan pengikat masuk melalui bagian tengah tangki. Buih yang terbentuk merupakan konsentrat zeolit yang telah mengikat limbah keluar dari dalam tangki flotasi dengan cara dialirkan melalui pipa yang dilengkapi elbow yang dipasang pada permukaan kolom flotasi.

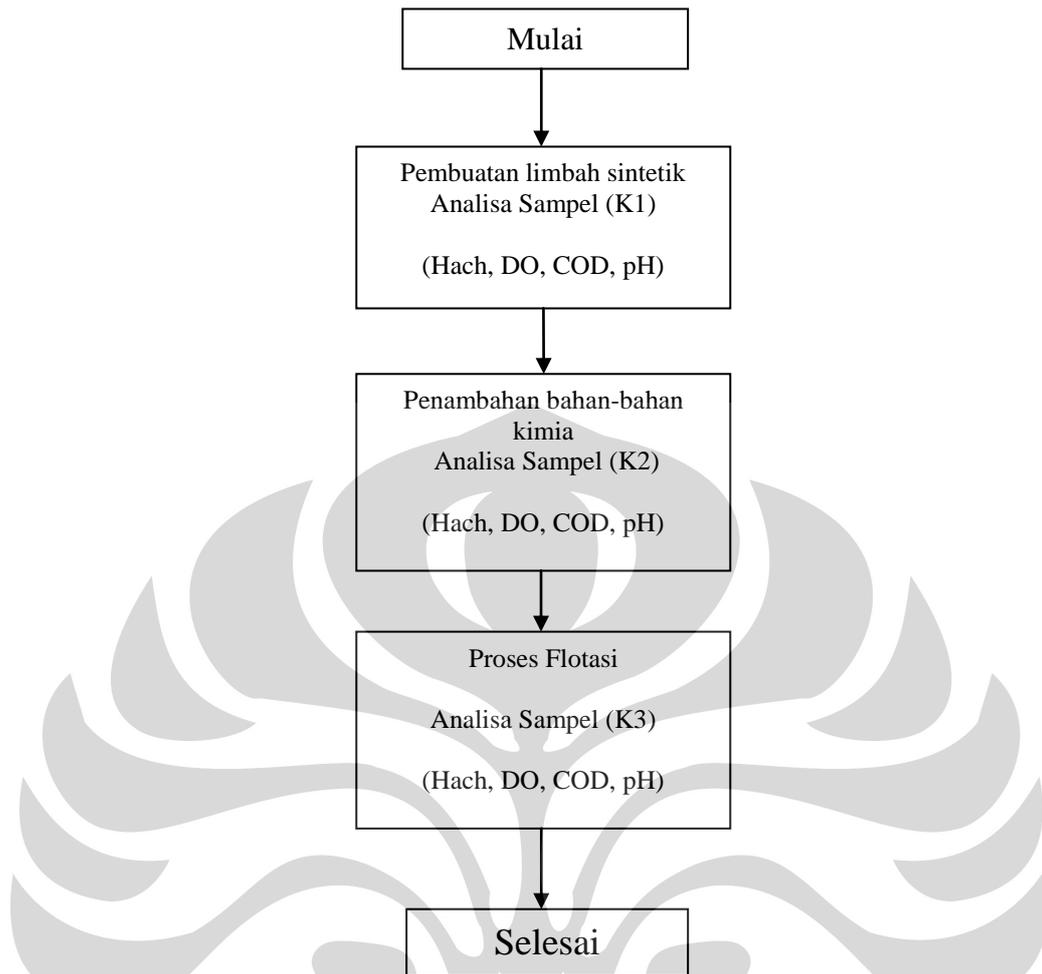


Gambar 3.3 Skema Rangkaian Peralatan Flotasi

Sebelum alat digunakan untuk proses penyisihan amonia, dilakukan uji kebocoran alat untuk mengetahui kesiapan dan kehandalan alat dalam mengolah limbah. Selain itu juga dilakukan kalibrasi alat ukur flowmeter udara yang digunakan dalam penelitian agar hasil pengukuran yang didapat benar benar akurat.

3.2.4 Uji Kinerja Zeolit Untuk Proses Flotasi

Uji kinerja alat dilakukan menggunakan rangkaian alat pada Gambar 3.3. Proses flotasi dilakukan secara *batch* selama waktu tertentu (± 30 menit). Secara umum, prosedur proses flotasi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Prosedur pengujian kinerja Zeolit dengan proses flotasi

Larutan umpan berupa limbah sintesis yang mengandung amonia dengan konsentrasi awal +100 ppm. Sebelum diumpankan, larutan dicampur dengan serbuk zeolit sebagai bahan pengikat (1,7mm dan dosis 6 gr/L) dan SLS sebagai surfaktan sebanyak 0,4 gr/L. Proses pengadukan dilakukan selama 20 menit dengan kecepatan sekitar 140 RPM dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat (35 RPM) selama 10 menit. Dari tangki pencampur yang dilengkapi dengan agitator, umpan masuk ke tangki flotasi. Udara diumpankan ke dalam tangki flotasi melalui diffuser pada bagian bawah tangki. Selama proses flotasi, froth yang terbentuk keluar dari tangki flotasi dengan cara dialirkan pada pipa yang dilengkapi elbow pada permukaan tangki flotasi. Sampel yang akan diambil adalah sampel larutan amonia sebelum ditambahkan bahan pengikat dan bahan tambahan lainnya, sampel campuran limbah (amonia, *bonding agent*, dan surfaktan), dan sampel limbah setelah di flotasi

selama 25 menit. Parameter yang divariasikan dalam pengujian flotasi adalah jenis preparasi zeolit Alam Lampung.

3.2.5 Analisa Sampel

Analisis dilakukan terhadap umpan dan sampel yang telah diambil untuk diketahui parameter-parameter kualitas air, seperti: kandungan amonia, DO, COD, dan pH.

a. Analisa Kandungan Amonia

Kandungan amonia dianalisis dengan metode Hach menggunakan prinsip spektrofotometri. Efisiensi penyisihan amonia dihitung dengan membandingkan banyaknya amonia yang dapat diikat oleh bahan pengikat terhadap jumlah logam awal yang terdapat pada umpan. Kuantitas amonia yang diikat oleh bahan pengikat dihitung sebagai selisih konsentrasi larutan amonia sebelum dan sesudah proses dilakukan.

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

b. Analisa 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 Terpadu UIN Syarif Hidayatullah. Analisis COD dilakukan dengan metode pengujian kadarkebutuhan 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.

$$\text{Pemisahan}(\%wt) = \frac{\text{COD dalam umpan} - \text{COD dalam effluent}}{\text{COD dalam umpan}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Analisa DO

Analisis DO atau Dissolved Oxygen penting untuk dilakukan dalam proses pengolahan limbah. Analisis ini erat kaitannya dengan analisis COD. Karena semakin banyak bahan organik yang terdapat pada limbah tersebut maka semakin kecil oksigen terlarut yang terdapat pada air limbah tersebut. Nilai DO diukur dengan menggunakan DO meter.

c. Analisa pH

Nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter. Nilai pH yang diperkenankan untuk limbah cair industri adalah 6,0 – 9,0.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

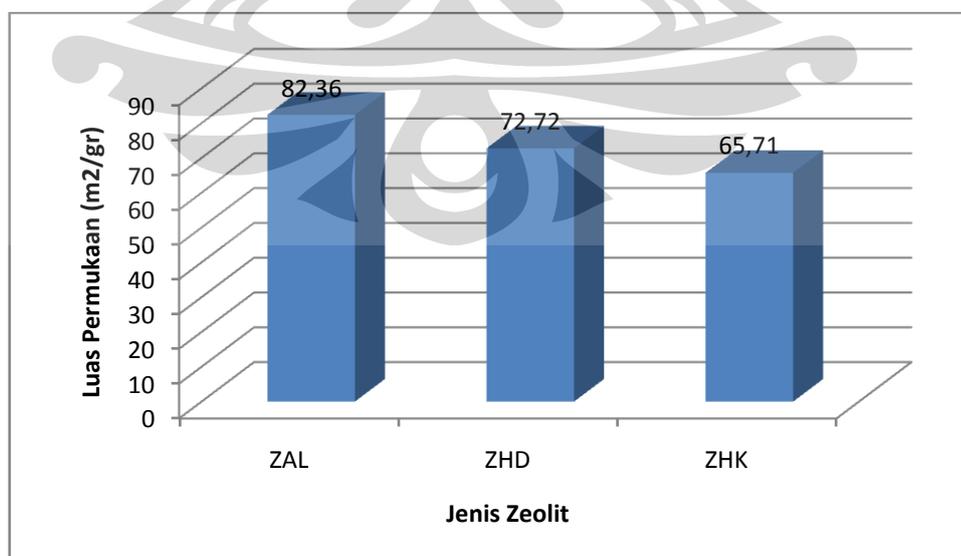
Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan beserta pembahasannya. Penelitian ini menggunakan metode flotasi udara dengan menggunakan zeolit alam lampung sebagai *bonding agent*. Bahan kimia tambahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sodium Lauryl Sulfate (SLS)* sebagai surfaktan.

Penelitian ini dilakukan dengan dengan beberapa macam variasi preparasi dan aktivasi zeolit untuk mendapatkan kondisi optimum zeolit sebagai adsorban dalam proses flotasi udara untuk mereduksi amonia dalam limbah cair. Selain variasi preparasi dan aktivasi zeolit, dilakukan juga variasi ukuran dan dosis zeolit guna mendapatkan kondisi yang paling optimum.

4.1 HASIL KARAKTERISTIK

4.1.1 Karakteristik Zeolit Alam

Uji analisis dengan menggunakan BET Autosorb dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dari Zeolit yang akan digunakan sebagai *bonding agent*. Hasil dari uji BET Autosorb yang telah dilakukan memberikan data tentang luas permukaan zeolit yang dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.1 Pengaruh Aktivasi Pada Luas Permukaan Zeolit Alam Lampung

Dari grafik diatas terlihat bahwa luas permukaan terbesar diperoleh pada zeolit alam lampung alami,hal ini menunjukkan bahwa proses pemanasan yang dilakukan pada suhu 200⁰C telah mampu mengurangi kandungan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit yang mana dengan berkurangnya kandungan air tersebut dapat memperluas permukaan pori zeolit. Selain itu, proses pemanasan ini juga dapat menghilangkan zat organik yang terdapat di dalam zeolit sehingga penyerapan dapat dilakukan dengan baik. Grafik 4.1 juga memperlihatkan bahwa ZHK belum dapat secara maksimal membantu dalam memperluas permukaan pori dari zeolit alam lampung alami. Dari grafik dapat dilihat bahwa (ZHK) memiliki luas permukaan pori yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena beberapa faktor antara lain yaitu, pada proses pertukaran ion yang pada suhu kamar, sehingga kapasitas tukar kation menjadi kurang optimal. Hal ini didasarkan pada pengaruh suhu yang jika dinaikkan akan dapat meningkatkan kapasitas tukar ion ke dalam zeolit (Ariyo P,2008). Pengaruh proses kalsinasi pada suhu yang terlalu tinggi 500⁰C telah merusak sturktur kristal zeolit. Hal Zeolit berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh (Roekmijati,1999).

No	Suhu kalsinasi (⁰ C)	Kapasitas Jerapan (mg NH ₄ ⁺ /g zeolit)
1	120	1,5968
2	300	1,9922
3	550	1,6545
4	700	1,5870

(Sumber : Roekmijati,1999)

Tabel diatas memperlihatkan bahwa kapasitas serapan tertinggi dicapai pada suhu 300⁰C. Pada suhu rendah, belum semua zat volatil pengotor dapat teruapkan sehingga masih menutupi pori-pori zeolit. Akibatnya kapasitas adsorbsinya masih rendah. Sedangkan pada suhu tinggi struktur kristal zeolit mengalami kerusakan dan zeolit menjadi rapuh sehingga mengurangi kemampuan menyerap ion-ion yang berada di larutan.

Pada ZHD penambahan HF dengan konsentrasi 1% menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam membantu memperluas permukaan zeolit, jika dibandingkan dengan penggunaan HF 3% pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ariyo P,2007). Pada penggunaan HF 3% diperoleh data luas permukaan zeolit yang lebih kecil jika dibandingkan dengan penggunaan HF dengan konsentrasi 1%.

Tabel 4.1 Perbandingan Konsentrasi HF Pada Proses Dealuminasi Terhadap Peningkatan Luas Permukaan Zeolit Alam Lampung.

Jenis Zeolit	Dealuminasi (konsentrasi HF)	Luas Permukaan (m ² /gr)
ZHD	3%	61,13
ZHD	1%	72,72

4.1.2 Persiapan Limbah Sintetik Dan Bahan Kimia Lainnya.

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



Bahan kimia tambahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) sebagai surfaktan. 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 aktifnya dari permukaan molekulnya akan bermuatan listrik negatif, setelah senyawa tersebut larut dalam air. Penambahan SLS sebagai surfaktan ini juga memiliki pengaruh yang cukup besar dalam mereduksi kandungan amonia pada proses flotasi. Pada proses flotasi ammonia 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.

4.2 UJI KINERJA ZEOLIT UNTUK PROSES FLOTASI

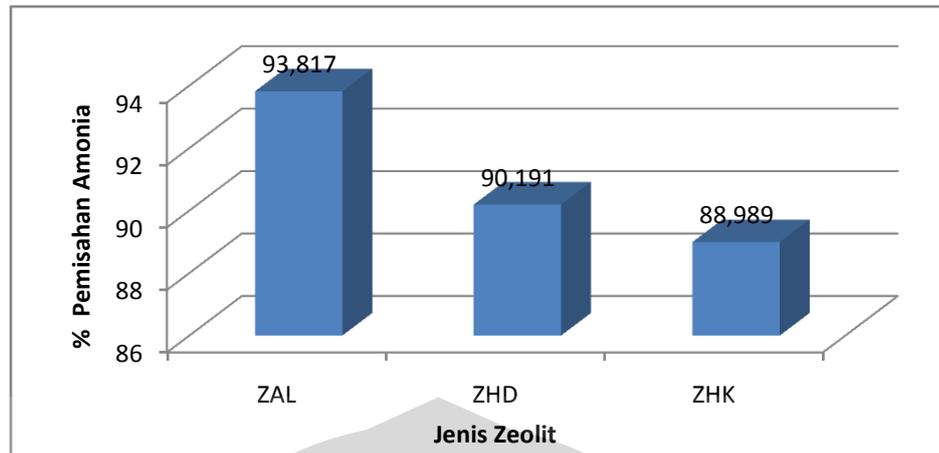
Larutan umpan berupa limbah sintesis yang mengandung amonia dengan konsentrasi awal 100 ppm. Sebelum diumpankan, larutan dicampur dengan serbuk zeolit sebagai bahan pengikat dan SLS sebagai surfaktan sebanyak 0,4 gr/L, selama 20 menit dengan kecepatan sekitar 140 RPM dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat (35 RPM) selama 10 menit. Dari tangki pencampur yang dilengkapi dengan agitator, umpan masuk ke tangki flotasi. Udara diumpankan ke dalam tangki flotasi melalui diffuser pada bagian bawah tangki. Selama proses flotasi, froth yang terbentuk diambil dengan cara dialirkan melalui pipa paralon dan dilengkapi elbow yang dipasang pada permukaan kolom flotasi. Sampel yang akan diambil adalah sampel larutan amonia sebelum ditambahkan bahan pengikat dan bahan tambahan lainnya, sampel campuran limbah (amonia, *bonding agent*, dan surfaktan), dan sampel campuran limbah setelah di flotasi selama 25 menit. Parameter yang divariasikan dalam pengujian flotasi meliputi: jenis preparasi dan aktivasi zeolit, ukuran zeolit dan dosis zeolit.

4.2.1 Pengaruh Preparasi Zeolit Terhadap Penyisihan Amonia

Pada subbab ini akan dibahas tentang bagaimana pengaruh penggunaan zeolit alam lampung sebagai *bonding agent* dan SLS sebagai surfaktan dalam proses flotasi udara untuk mereduksi kandungan amonia dalam limbah cair.

Kondisi operasi :

Volume limbah	: 3L
Dosis Zeolit	: 6 gr/L
Ukuran Partikel	: 1,7mm
Jenis Zeolit	: ZAL,ZHD,ZHK
Laju Alir Udara	: 200 L/hour
Waktu Flotasi	: 25 menit
Konsentrasi Awal Limbah	: 100 ppm



Gambar 4.2 Grafik Presentasi Penyisihan Amonia Untuk Berbagai Jenis Zeolit

Gambar 4.2 dapat memperlihatkan bahwa ZAL memiliki kemampuan yang paling baik dalam mereduksi kandungan amonia pada proses flotasi jika dibandingkan dengan ZHD dan ZHK. Hal ini Sesuai dengan hasil uji analisa BET Autosorb dilakukan untuk mengetahui luas permukaan Zeolit yang akan digunakan sebagai *bonding agent*. Hasil uji BET memperlihatkan bahwa ZAL memiliki luas permukaan terbesar dibandingkan dengan ZHD dan ZHK. Luas permukaan yang dimiliki ZaL ini sangat berperan penting pada kemampuannya dalam menyerap kandungan amonia pada limbah. Dengan luas permukaan yang cukup besar pada ZAL memungkinkan penyerapan amonia dalam bentuk ion-ion ion amonium (NH_4^+), dan juga memungkinkan adanya pertukaran ion-ion alkali yang terdapat pada zeolit dengan ion-ion amonium pada amoniak sehingga dapat mereduksi kandungan amonia yang terdapat pada limbah. Gambar 4.2 juga memperlihatkan belum optimumnya kinerja dari ZHD dan ZHK dalam penyerapan amonia pada limbah cair. Hasil uji BET juga menunjukkan bahwa ukuran diameter pori ZAL yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran diameter pori amonia (NH_3) (diameter pori $\text{NH}_3 = 0,148 \text{ nm}$). Perberdaan ukuran diameter inilah yang memungkinkan pertukaran ion dapat terjadi dengan baik. Ukuran diameter pori berdasarkan hasil uji BET untuk berbagai jenis aktivasi zeolit dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

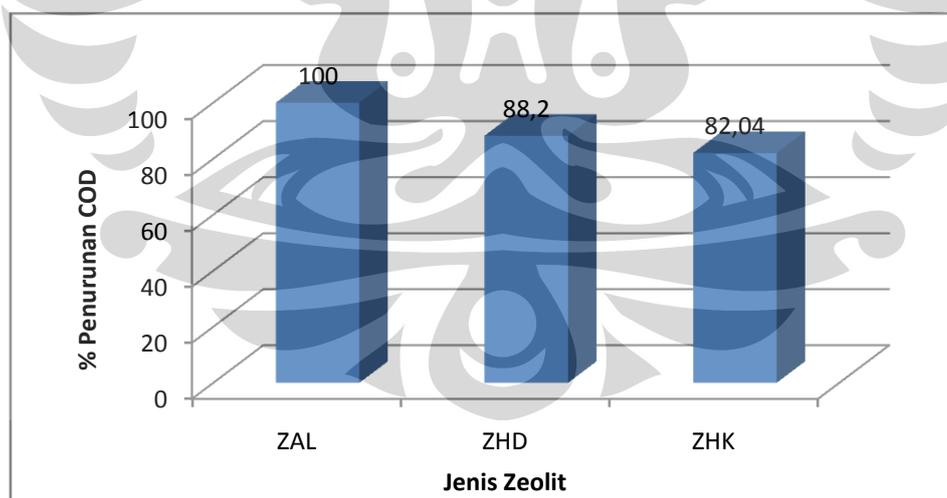
Tabel 4.2 Pengaruh Aktivasi Zeolit Terhadap Diameter Pori

Parameter	ZAL	ZHD	ZHK
Ukuran Diameter Pori (nm)	96,12 A ⁰ = 9,612nm	94,98A ⁰ = 9,498nm	106,2A ⁰ = 1,062nm

4.2.2 Pengukuran Kandungan COD

Tabel 4.3 Hasil Uji kandungan COD dalam limbah cair

No	Kode Sample	C awal COD (mg/L)	C akhir COD (mg/L)	% Pemisahan
1	ZAL	378,66	ND	100
2	ZHD	484,38	57,16	88,20
3	ZHK	527,97	94,80	82,04

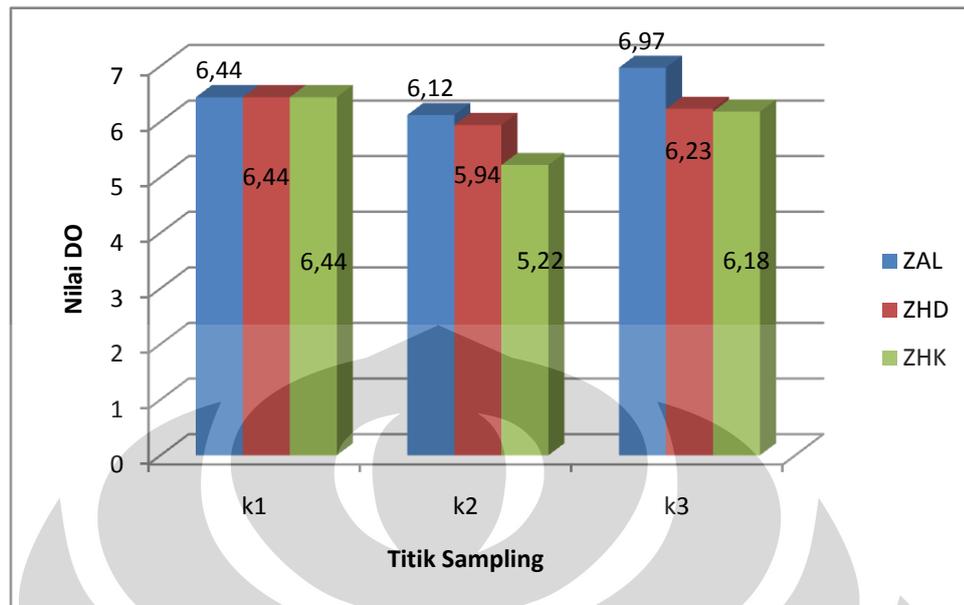


Gambar 4.3 Grafik Presentasi Penyisihan COD Untuk berbagai Jenis Zeolit

Analisis COD atau *chemichal 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 yang organik dalam air limbah tersebut. Salah satu cara untuk menghilangkan senyawa organik dalam limbah dapat dilakukan melalui proses flotasi. Dari tabel diatas kita dapat melihat bahwa pada COD awal kandungan COD dari masing-masing jenis variasi berebeda-beda walaupun dosis SLS yang digunakan pada setiap variasi adalah sama yaitu 0,4 gr/L. Hal ini disebabkan karena sampel diambil setelah proses pengadukan campuran limbah,zeolit dan SLS. Proses pengadukan inilah yang menyebabkan nilai COD awal dari masing-masing jenis variasi berbeda-beda. Perbedaan nilai COD ini mengindikasikan adanya proses penyerapan bahan-bahan organik yang ada di dalam limbah oleh zeolit sebagai absorban. Pada tabel juga dapat dilihat bahwa nilai kandungan COD akhir pada tiap Variasi aktivasi zeolit (ZAL,ZHD, ZHK) mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena berkurangnya senyawa surfaktan yang merupakan suatu derivatik zat organik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya nilai COD diawal proses dan juga adanya penyerapan bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah oleh zeolit sebagai *bonding agent*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses flotasi dengan penggunaan zeolit sebagai *bonding agent* dapat mengurangi jumlah atau kandungan senyawa organik dalam air limbah.

4.2.3 Pengukuran Kandungan DO



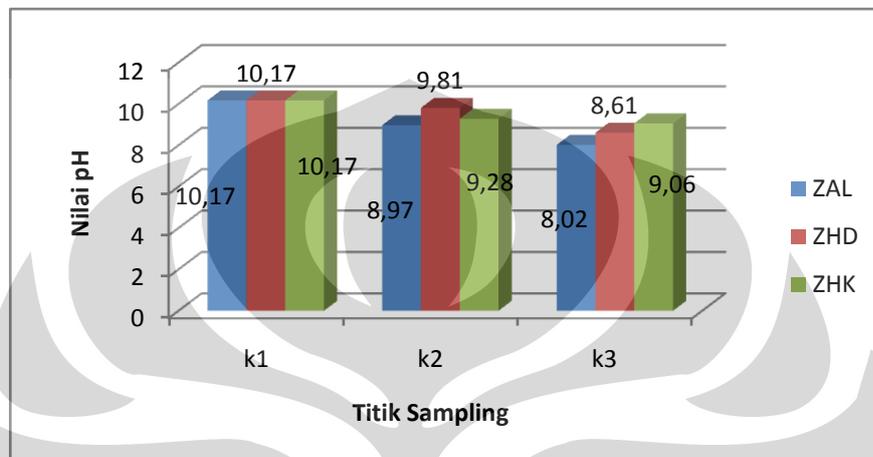
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai DO Pada 3 titik sampling pada proses flotasi Dengan Berbagai Jenis Zeolit

Oksigen terlarut (dissolved oxygen, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (Oxygen demand) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O₂) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Oleh sebab pengukuran parameter ini sangat dianjurkan disamping parameter lain seperti BOD dan COD.

Analisis oksigen terlarut penting untuk dilakukan dalam proses pengolahan limbah. Analisis ini erat kaitannya dengan analisis COD. Karena semakin banyak bahan organik yang terdapat pada limbah tersebut maka semakin kecil oksigen terlarut yang terdapat pada air limbah tersebut. Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa terjadi penurunan kandungan DO dari K1 ke K2, hal ini disebabkan karena pada K2 dilakukan penambahan SLS sebagai surfaktan yang merupakan suatu

derivatik zat organik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya nilai COD. Pada K3 nilai DO mengalami kenaikan, hal ini mengindikasikan bahwa proses flotasi dapat mengurangi kandungan COD pada limbah sehingga dapat menstabilkan atau meningkatkan kandungan oksigen terlarut pada limbah.

4.2.4 Pengukuran pH



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai pH Pada 3 titik sampling pada proses flotasi Dengan Berbagai Jenis Zeolit

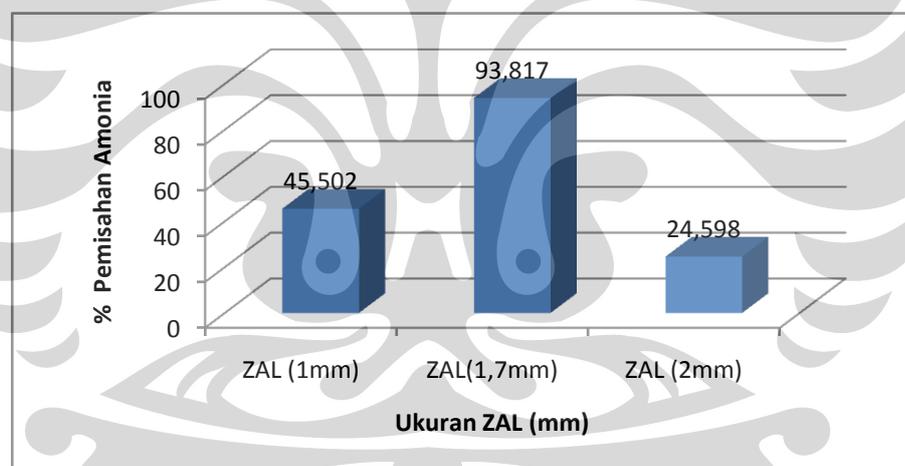
Hasil analisis diatas dapat dilihat bahwa penggunaan zeolit alam lampung dengan jenis aktivasi ZAL dan penambahan SLS memberikan hasil yang paling baik dalam penurunan nilai pH dibandingkan dengan ZHK dan ZHD. Pengukuran nilai pH ini sangat penting untuk dilakukan karena berpengaruh pada kinerja proses flotasi. Pada tabel dapat dilihat nilai pH pada K1 dan K2, menunjukkan perubahan nilai yang semakin menurun atau berada pada nilai pH <10. Penurunan nilai pH ini telah cukup baik dalam membantu kinerja zeolit dalam proses flotasi. Karena ketika amonia terlarut dalam air, sebagian besar amonia akan terurai membentuk ion amonium. Reaksi kesetimbangan yang terjadi mengandung senyawa amonia (NH_3), ion amonium (NH_4^+), dan ion hidroksida (OH^-). Pada kondisi ph < dari 7, amonia berada dalam bentuk ion amonium. Sedangkan pada kondisi ph 9,3 terdapat sekitar 50% amonia dalam bentuk NH_3 dan 50% dalam bentuk ion amonium. Pada kondisi ph > 11, amonia berada dalam bentuk NH_3 (Cattrall, et al, 1997). Sehingga dengan kondisi ini lebih memudahkan terjadinya proses pertukaran ion yang mendominasi dalam proses flotasi ini. Gambar 4.5

memperlihatkan bahwa ZAL memiliki nilai pH yang paling kecil, hal ini sangat membantu dalam proses penyerapan amonia karena pada $\text{pH} < 10$ maka terdapat sekitar 50% amonia dalam bentuk NH_3 dan 50% dalam bentuk ion ammonium. Sehingga selain proses penyerapan dilakukan dalam bentuk penyerapan pada NH_3 , penyerapan juga dilakukan dalam bentuk pertukaran ion. Proses pertukaran ion ini dimungkinkan karena sesuai dengan hasil uji BET yang telah dilakukan dimana diameter pori zeolit lebih besar dibandingkan dengan diameter pori dari NH_3 .

4.3 VARIASI UKURAN ZEOLIT

4.3.1 Pengukuran Kandungan Amonia

Pada subbab ini akan dibahas tentang bagaimana pengaruh variasi ukuran zeolit terhadap keefektifan proses flotasi dalam memisahkan amonia dari air limbah. Ukuran zeolit yang digunakan pada variasi ini adalah 1 mm dan 2mm.

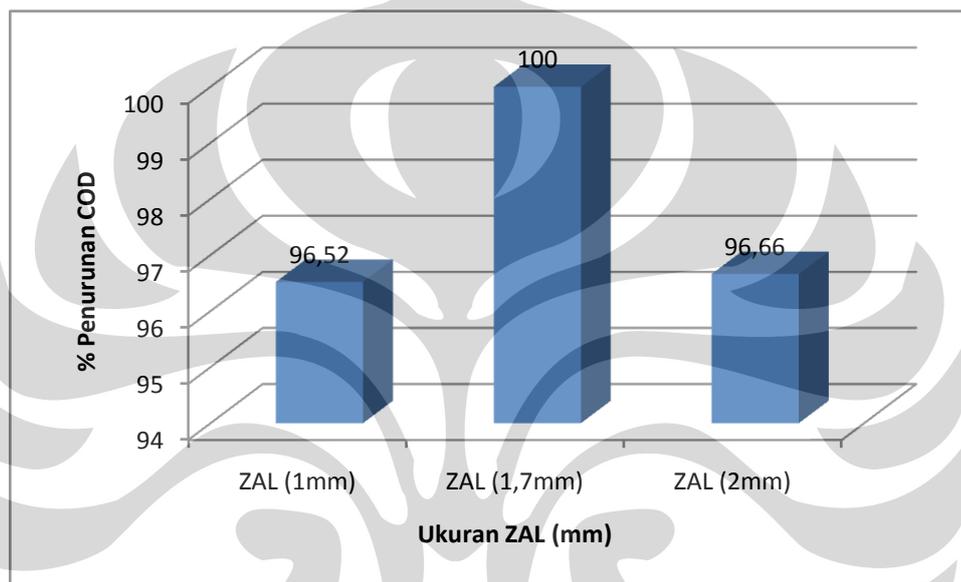


Gambar 4.6 Grafik Variasi Ukuran ZAL terhadap % Pemisahan Amonia.

Gambar 4.6 memperlihatkan bahwa zeolit dengan ukuran 1,7 mm memiliki kemampuan penyerapan amonia yang lebih baik dibandingkan dengan zeolit ukuran 1mm dan 2 mm. Kurang maksimalnya kinerja ZAL ukuran 1mm pada proses penyerapan amonia pada proses flotasi disebabkan karena terlalu kecilnya ukuran partikel zeolit pada proses flotasi. Kecilnya ukuran partikel zeolit ini menyebabkan pada proses flotasi dengan laju alir 200L/hr ZAL ikut keluar dari kolom flotasi sehingga menyebabkan proses penyerapan amonia tidak

berjalan secara maksimal. Sedangkan pada zeolit ukuran 2mm, kurang maksimalnya kinerja ZAL pada proses penyerapan amonia disebabkan karena terlalu besarnya ukuran partikel zeolit pada proses flotasi. Hal ini menyebabkan pada proses flotasi dengan laju alir 200 L/hr zeolit tidak dapat terangkat oleh gelembung udara yang berasal dari *difusser* sehingga proses penyerapan amonia tidak berjalan secara maksimal.

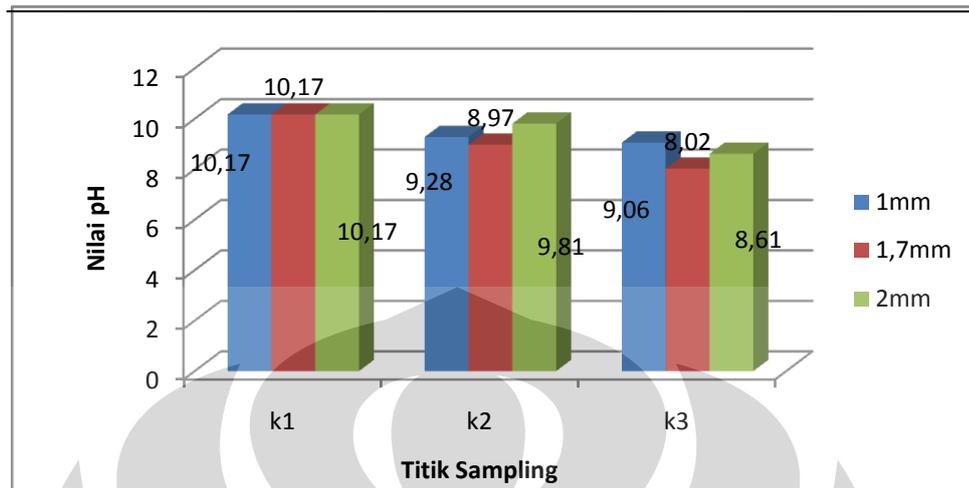
4.3.2 Pengukuran Kandungan COD



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Variasi Ukuran Zeolit % Pemisahan COD

Gambar 4.7 memperlihatkan bahwa, zeolit dengan ukuran 1,7 mm memiliki kinerja terbaik dalam membantu penurunan kandungan COD pada proses flotasi. Hal ini dimungkinkan karena ukuran partikel zeolit yang sesuai dengan laju air udara yang digunakan sehingga proses penyerapan bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah akibat dari penggunaan SLS sebagai surfaktan dapat dilakukan secara optimal. Sedangkan untuk zeolit dengan ukuran 1mm dan 2 mm belum dapat menunjukkan kinerja yang optimal dalam membantu menurunkan kandungan COD dalam limbah pada proses flotasi. Hal ini disebabkan karena adanya ketidak sesuaian antara ukuran partikel zeolit dengan laju alir udara yang digunakan pada proses flotasi.

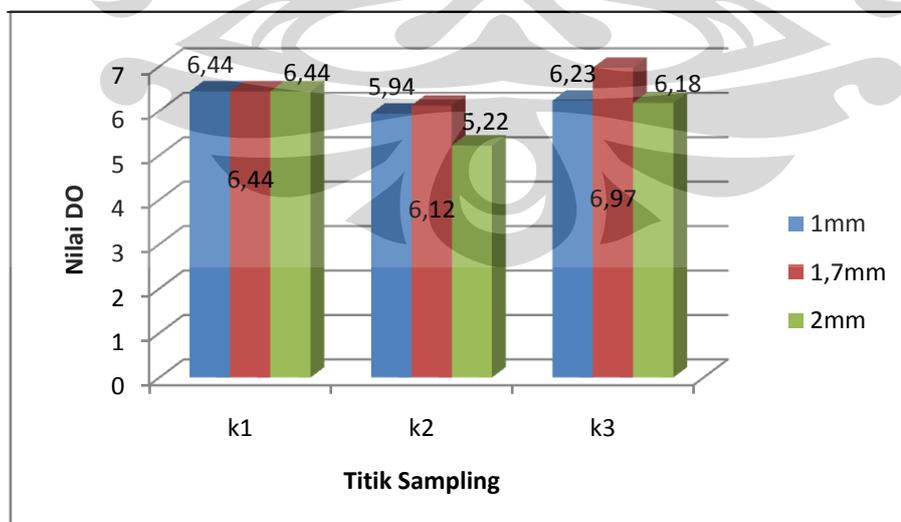
4.3.3 Pengukuran Nilai pH



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Variasi Ukuran Zeolit Nilai pH

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa ZAL dengan ukuran partikel 1,7 memiliki kandungan pH terendah jika dibandingkan dengan ZAL 1mm dan ZAL 2mm. Hal ini disebabkan karena ukuran ZAL yang terlalu kecil untuk 1mm dan terlalu besar untuk ukuran 2mm pada proses flotasi dengan kondisi operasi yang digunakan, sehingga menyebabkan kinerja zeolit dalam proses flotasi tidak berlangsung secara optimum.

4.3.4 Pengukuran Kandungan DO

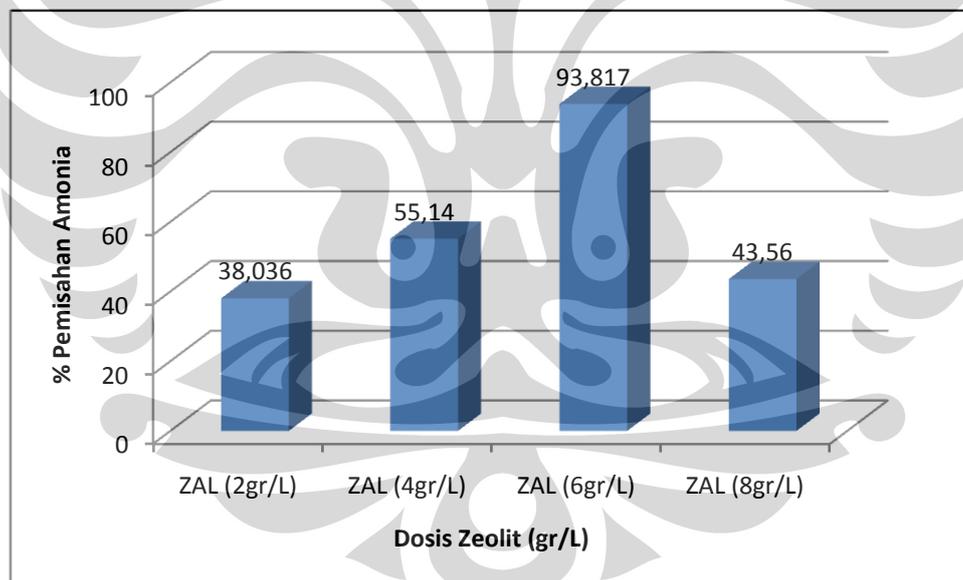


Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Variasi Ukuran ZAL Nilai DO

Gambar 4.9 memperlihatkan bahwa, ZAL dengan ukuran 1,7 mm memiliki kinerja terbaik dalam membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut pada proses flotasi. Hal ini dimungkinkan karena ukuran partikel zeolit yang sesuai dengan laju air udara yang digunakan sehingga proses penyerapan bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah akibat dari penggunaan SLS sebagai surfaktan dapat dilakukan secara optimal. Sedangkan untuk zeolit dengan ukuran 1mm dan 2 mm belum dapat menunjukkan kinerja yang baik dalam membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam limbah pada proses flotasi. Hal ini disebabkan karena adanya ketidak sesuaian antara ukuran partikel zeolit dengan laju alir udara yang digunakan pada proses flotasi.

4.4 VARIASI DOSIS ZEOLIT

4.4.1 Pengukuran Kandungan Amonia

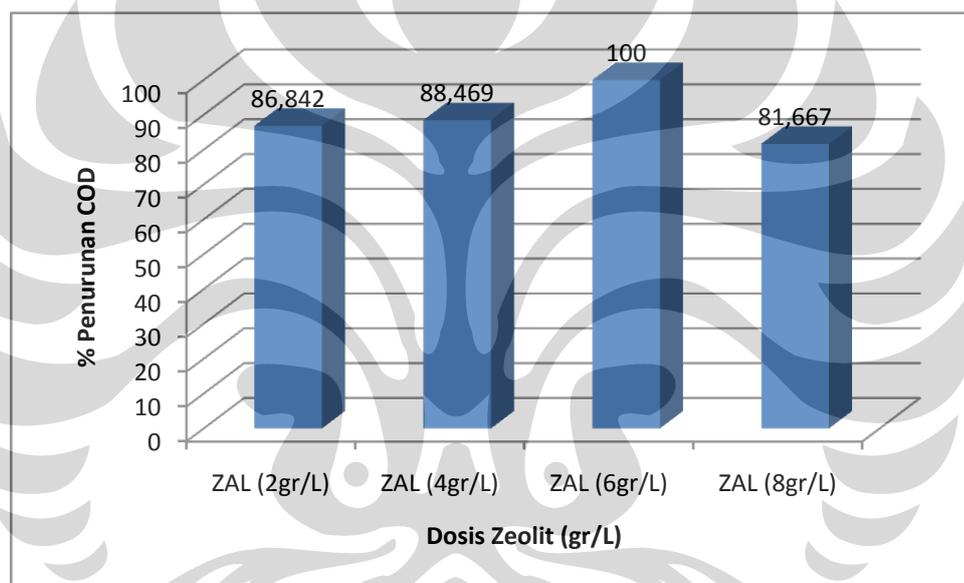


Gambar 4.10 Grafik Variasi Dosis Zeolit terhadap % Pemisahan Amonia.

Gambar 4.10 juga memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan persentasi penyerapan amonia dari dosis 2 gram ke dosis 6 gram, tetapi ketika dosis zeolit ditambahkan menjadi 8 gram, kinerja penyerapan zeolit pada proses flotasi mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses difusi partikel yang terjadi pada penambahan dosis ZAL dari dosis 2gr/L sampe ke dosis 6gr/L masih

dalam batas normal sehingga proses difusi partikel masih dapat berjalan dengan baik. Hal ini disebabkan karena masih terdapat banyak ruangan kosong di dalam kolom sehingga jarak antara molekul yang satu dengan molekul yang lainnya masih tidak terlalu berdekatan. Sedangkan pada dosis ZAL 8gr/L, terlihat bahwa penurunan persentasi penyerapan amonia. Hal ini disebabkan karena Jarak antar molekul-molekul yang sudah terlalu berdekatan di dalam kolom akibat dari penambahan dosis ZAL sehingga menyebabkan proses difusi tidak dapat berjalan secara maksimal.

4.4.2 Pengukuran Kandungan COD

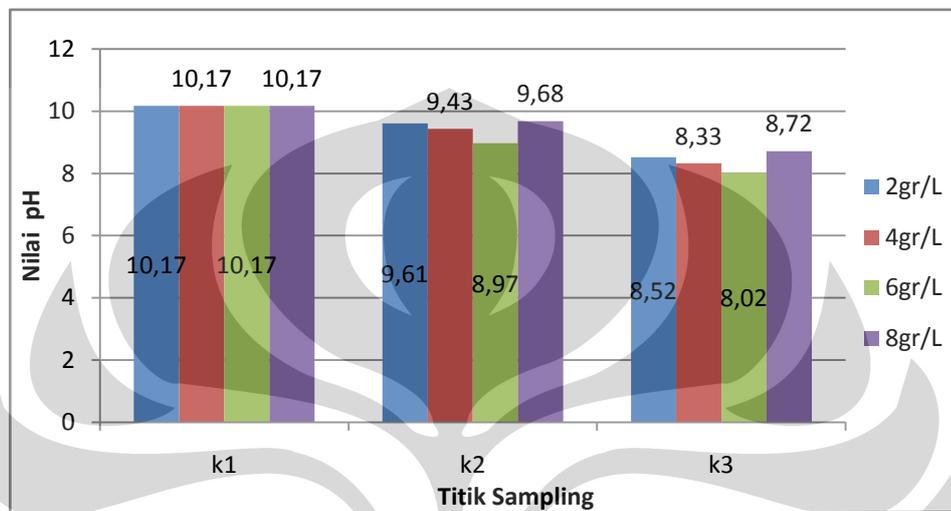


Gambar 4.11 Grafik Variasi Dosis Zeolit terhadap % Pemisahan COD.

. Gambar 4.11 memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan persentasi penyerapan COD dari dosis 2 gram ke dosis 6 gram, tetapi ketika dosis zeolit ditambahkan menjadi 8 gram, kinerja penyerapan zeolit pada proses flotasi mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses difusi partikel yang terjadi pada penambahan dosis ZAL dari dosis 2gr/L sampe ke dosis 6gr/L masih dalam batas normal sehingga proses difusi partikel masih dapat berjalan dengan baik. Hal ini disebabkan karena masih terdapat banyak ruangan kosong di dalam kolom sehingga jarak antara molekul yang satu dengan molekul yang lainnya masih tidak terlalu berdekatan. Sedangkan pada dosis ZAL 8gr/L, terlihat bahwa

penurunan persentasi penyerapan amonia. Hal ini disebabkan karena Jarak antar molekul-molekul yang sudah terlalu berdekatan di dalam kolom akibat dari penambahan dosis ZAL sehingga menyebabkan proses difusi tidak dapat berjalan secara maksimal.

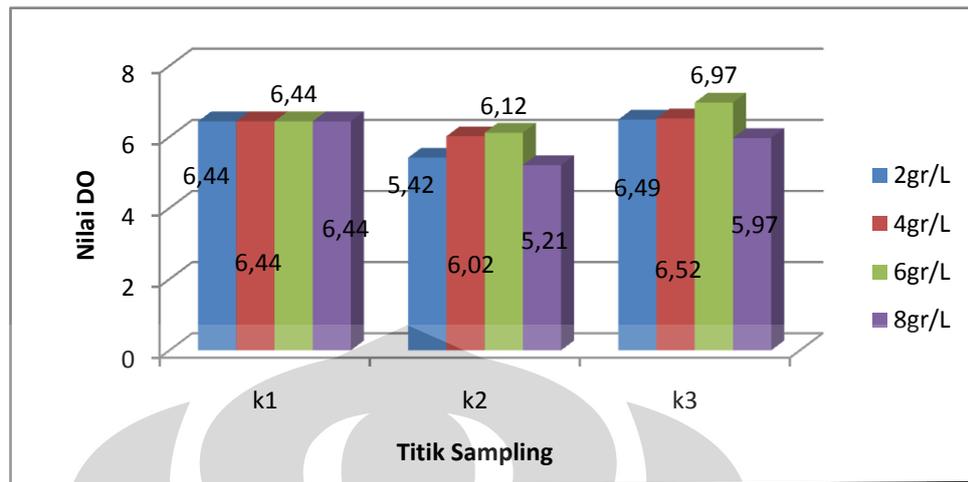
4.4.3 Pengukuran Nilai pH



Gambar 4.12 Grafik Variasi Dosis Zeolit Terhadap Nilai pH.

Gambar 4.12 memperlihatkan bahwa, ZAL dengan dosis 6gr/L memiliki kinerja terbaik dalam membantu menurunkan nilai pH pada proses flotasi. Hal ini dimungkinkan karena dosis 6gr/L merupakan dosis optimum untuk proses flotasi dengan menggunakan zeolit sebagai bonding agent dan dengan kondisi operasi yang sesuai yaitu pada laju air udara 200L/hr, partikel-partikel zeolit dapat terangkat secara maksimal dan dapat memaksimalkan kinerjanya sebagai *boding agent* dalam proses flotasi udara.

4.4.4 Pengukuran Kandungan DO



Gambar 4.13 Grafik Variasi Dosis Zeolit Terhadap Nilai DO.

Gambar 4.13 memperlihatkan bahwa, ZAL dengan dosis 6gr/L memiliki kinerja terbaik dalam membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut pada proses flotasi. Hal ini dimungkinkan karena dosis partikel zeolit yang sesuai dengan laju air udara yang digunakan sehingga proses penyerapan bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah akibat dari penggunaan SLS sebagai surfaktan dapat dilakukan secara optimal. Sedangkan untuk zeolit dengan dosis 8gr/L mengalami penurunan kinerja pada proses flotasi dalam meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam limbah pada proses flotasi. Hal ini mengindikasikan bahwa zeolit telah mengalewati batas dosis optimum pada kondisi operasi yang digunakan.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

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

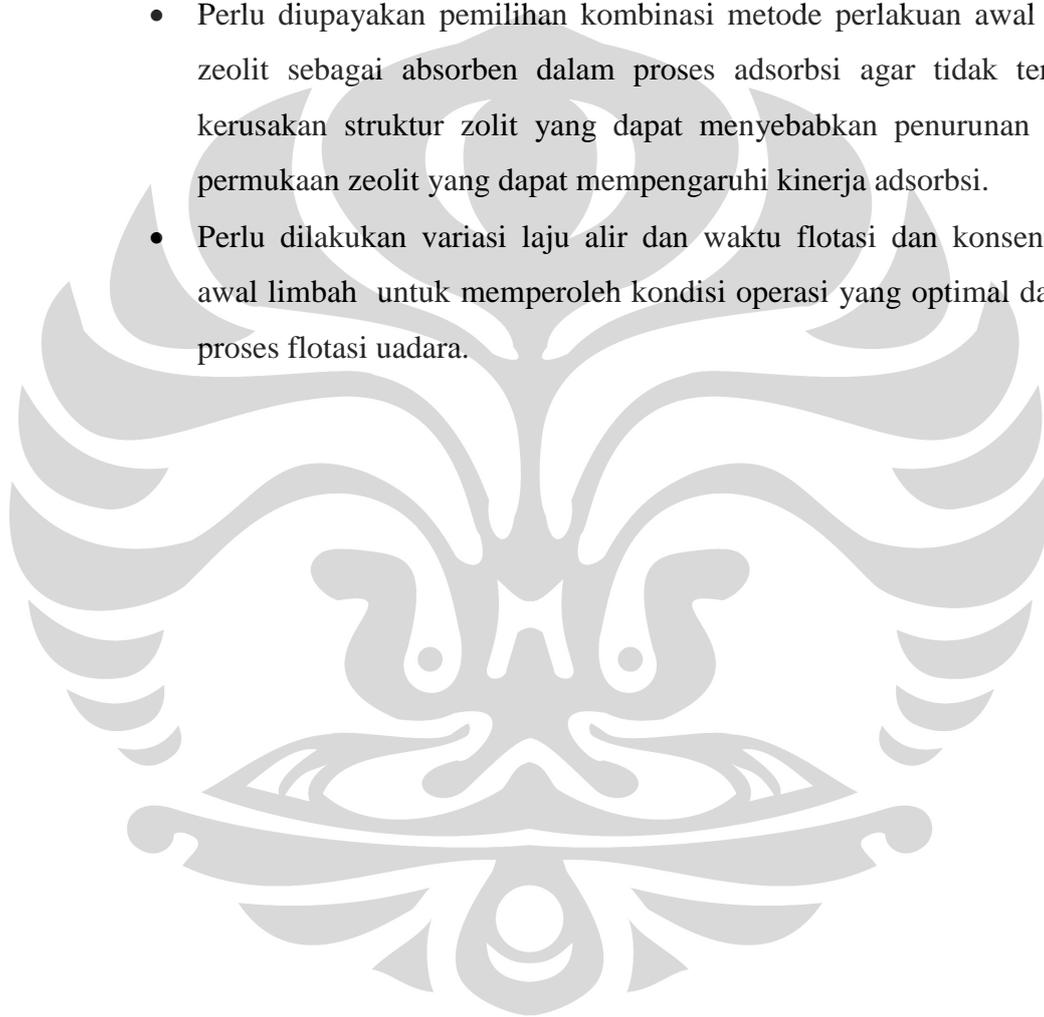
- Dari berbagai jenis variasi aktivasi yang dilakukan pada Zeolit Alam Lampung diperoleh hasil bahwa luas permukaan pori terbesar dimiliki oleh ZAL yaitu $82,36\text{m}^2/\text{gr}$ dan luas permukaan pori terkecil dimiliki oleh ZHK yaitu sebesar $65,71\text{m}^2/\text{gr}$. Penurunan konsentrasi HF dari 3% menjadi 1% pada proses dealuminasi terbukti dapat meningkatkan luas permukaan ZHD dari ukuran sebesar $61,13\text{m}^2/\text{gr}$ menjadi $72,72\text{m}^2/\text{gr}$.
- Dari hasil flotasi udara menggunakan berbagai jenis variasi zeolit diperoleh data hasil analisis % pemisahan amonia terbesar dimiliki oleh ZAL yaitu 93,817%, begitu pula dengan hasil analisa parameter-parameter kimia dan fisika lainnya sebagai paramater pendukung pada baku mutu limbah cair seperti (COD,DO dan pH) diperoleh data pengukuran dengan hasil terbaik dimiliki oleh ZAL.
- Untuk variasi ukuran partikel ZAL pada proses flotasi udara, diperoleh data hasil analisis bahwa ukuran partikel 1,7mm adalah ukuran partikel yang optimum dalam proses flotasi udara dengan menggunakan ZAL sebagai *bonding* agent, dengan hasil % penyisihan amonia sebesar 93,817%, begitu pula dengan hasil analisa parameter-parameter kimia dan fisika lainnya sebagai paramater pendukung pada baku mutu limbah cair seperti (COD,DO dan pH) diperoleh data pengukuran dengan hasil terbaik dimiliki oleh ZAL dengan ukuran partikel 1,7mm.
- Untuk variasi dosis ZAL pada proses flotasi udara, diperoleh data hasil analisis bahwa dosis 6gr/L adalah dosis ZAL yang optimum dalam proses flotasi udara dengan menggunakan ZAL sebagai *bonding* agent, dengan hasil % penyisihan amonia sebesar 93,817%, begitu pula dengan hasil

analisa parameter-parameter kimia dan fisika lainnya sebagai parameter pendukung pada baku mutu limbah cair seperti (COD,DO dan pH)

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, hal-hal yang dapat disarankan untuk memperoleh hasil yang lebih baik yaitu :

- Perlu diupayakan pemilihan kombinasi metode perlakuan awal dari zeolit sebagai adsorben dalam proses adsorpsi agar tidak terjadi kerusakan struktur zeolit yang dapat menyebabkan penurunan luas permukaan zeolit yang dapat mempengaruhi kinerja adsorpsi.
- Perlu dilakukan variasi laju alir dan waktu flotasi dan konsentrasi awal limbah untuk memperoleh kondisi operasi yang optimal dalam proses flotasi udara.



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>.
- Eckenfelder, W.Wesley. (1989). *Industrial Water Pollution Control 2nd ed*, New York. McGraw-Hill Book Company.
- Fatwa, Hari. (2004). *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*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Fessenden, Ralp J; Fessenden, Joan, S. (1999). *Kimia Organik*. Edisi III, Jilid 2, Penerbit Erlangga.
- Finch, J.A, Dobby, G.S. (1990). *Column Flotation*, Pergamon Press.
- Mardisantoso, Ilham. (2002). *Pemanfaatan ZAL (Hasil Pengolahan Metode Baru Untuk Penyisihan Logam Berat dan Amonia Dalam Air Limbah*, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Notodarmodjo, Suprihanto, et al. (2004). *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.
- Permana, Danar. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Amonia Dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Dengan Metode Flotasi Udara*. Skripsi, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- P, Aryo. (2008). *Preparasi Zeolit Alam Lampung Sebagai Penyangga Biofilter Untuk Proses Pemisahan Sulfur*. Skripsi, Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- Robin. (2001). *Perbaikan Proses Adsorpsi Amonia Unggun Tetap dengan Zeolit Alam Lampung*, TGP-FTUI, Depok.
- Rosen, Milton J. (1988). *Surfactant and Inter facial Phenomena 2nd Edition*, New York: John Wilie & Sons, Inc.
- Soemantojo, Roekmijati W.(2000). *Buku I Laporan Riset RUT V Bidang Ilmu Teknologi Perlindungan Lingkungan 1997-2000*, Kantor Menristek dan Dewan Riset Nasional, Jakarta.
- Soemantojo, Roekmijati W. (2000). *Buku II (Lampiran) Laporan Riset RUT V Bidang Ilmu Teknologi Perlindungan Lingkungan 1997-2000*, Kantor Menristek dan Dewan Riset Nasional, Jakarta.
- Sudarsono, Arief, dan Humala ,Farli.(2006). *Analisis Ukuran Buih Pada Berbagai Konsentrasi Reagen Pembuih Untuk Flotasi Tembaga Sulfida*, *Journal JTM Vol. XIII No. 1*.
- Thamzil Las, *Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif*, [online] diambil dari <http://www.batan.go.id/ptlr> .
- Widaningroem, Roekmijati. (2004). *Diktat Kuliah Pengolahan Limbah dan Pencegahan Pencemaran*, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia FT-UI.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

RANGKAIAN ALAT FLOTASI UDARA



Lampiran 2.**BAHAN DAN SAMPEL :**

Surfaktan (SLS)



Zeolit Alam Lampung



Sampel Limbah

Lampiran 3.**DATA HASIL UJI BET PADA BERBAGAI JENIS ZEOLIT**







Lampiran 4.

DATA HASIL PENELITIAN

- Pengukuran Kandungan Amonia

Kondisi operasi :

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL, ZHK, ZHD
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

No	Kode Sample	C awal Amonia (K1) (ppm)	C Amonia (K2) (ppm)	C akhir Amonia (K3) (ppm)	% Pemisahan
1	ZAL	100	67,387	6,183	93,817
2	ZHD	100	73,296	9,809	90,191
3	ZHK	100	79,085	11,011	88,989

No.	Ukuran diameter ZAL (gr/L)	C awal Amonia (K1) (ppm)	C Amonia (K2) (ppm)	C akhir Amonia (K3) (ppm)	% Pemisahan
1	1mm	100	79,137	54,498	45,502
2	1,7mm	100	67,387	6,183	93,817
3	2mm	100	90,830	75,402	24,598

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 2 gr/L, 4gr/L, 6gr/L, 8gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L

No.	Dosis ZAL (gr/L)	C awal Amonia (K1) (ppm)	C Amonia (K2) (ppm)	C akhir Amonia (K3) (ppm)	% Pemisahan
1	2	100	92,361	61,964	38,036
	4	100	94,020	44,860	55,140
	6	100	67,387	6,183	93,817
	8	100	64,662	56,440	43,560

- **Pengukuran Kandungan COD**

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL, ZHK, ZHD
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

No	Kode Sample	C awal COD (mg/L)	C akhir COD (mg/L)	% Pemisahan
1	ZAL	378,66	ND	100
2	ZHD	484,38	57,16	88,20
3	ZHK	527,97	94,80	82,04

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1mm, 1,7mm, 2mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

No.	Ukuran diameter ZAL (gr/L)	C awal COD (mg/L)	C akhir COD (mg/L)	% Pemisahan
1	1mm	403	14	96,52
2	1,7mm	378,66	ND	100
3	2mm	494	16,50	96,66

Volume limbah : 3L
 Ukuran partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 2 gr/L, 4gr/L, 6gr/L, 8gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

No.	Dosis ZAL (gr/L)	C awal COD (mg/L)	C akhir COD (mg/L)	% Pemisahan
1	2	570	75	86,842
	4	503	58	88,469
	6	378,66	ND	100
	8	600	110	81,667

- **Pengukuran Kandungan pH**

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL, ZHK, ZHD
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Pengukuran pH	k1	k2	k3
ZAL	10,17	8,97	8,02
ZHD	10,17	9,81	8,61
ZHK	10,17	9,28	9,06

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1mm, 1,7mm, 2mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Ukuran Partikel ZAL (mm)	k1	k2	k3
1mm	10,17	9,28	9,06
1,7mm	10,17	8,97	8,02
2mm	10,17	9,81	8,61

Volume limbah : 3L
 Ukuran partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 2 gr/L, 4gr/L, 6gr/L, 8gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Dosis ZAL (gr/L)	k1	k2	k3
2	10,17	9,61	8,52
4	10,17	9,43	8,33
6	10,17	8,97	8,02
8	10,17	9,68	8,72

• **Pengukuran Kandungan DO**

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL, ZHK, ZHD
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Pengukuran DO	k1	k2	k3
ZAL	6,44	6,12	6,97
ZHD	6,44	5,94	6,23
ZHK	6,44	5,22	6,18

Volume limbah : 3L
 Ukuran Partikel : 1mm, 1,7mm, 2mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 6 gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Ukuran Partikel ZAL (mm)	k1	k2	k3
1mm	6,44	5,94	6,23
1,7mm	6,44	6,12	6,97
2mm	6,44	5,22	6,18

Volume limbah : 3L
 Ukuran partikel : 1,7mm
 Jenis Zeolit : ZAL
 Dosis Zeolit : 2 gr/L, 4gr/L, 6gr/L, 8gr/L
 Laju Alir Udara : 200 L/hour
 Waktu Flotasi : 25 menit
 Konsentrasi Awal Limbah : 100 ppm
 SLS : 0,4 gr/L.

Dosis ZAL (gr/L)	k1	k2	k3
2	6,44	5,42	6,49
4	6,44	6,02	6,52
6	6,44	6,12	6,97
8	6,44	5,21	5,97

Lampiran 5.
DATA & PERHITUNGAN LAIN

- Perhitungan Stoikiometri Larutan *HF 1%* pembuatan zeolit dealuminasi

HF 40% dari laboratorium DPK diperlukan untuk membuat larutan HF 1% (pengenceran):

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ &= 400 \times 0,01 \\ V_1 \cdot 0,4 &= 4 \\ V_1 &= 10 \text{ ml} \end{aligned}$$

- Perhitungan Stoikiometri pada pembuatan NH_4SO_4 untuk sampel ZHK

N = Jumlah mol/L

$$0,1N = \frac{\text{gram } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{\text{Mr} \times L}$$

$$0,1 N = \frac{\text{gram } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{132 \times 0,6 L}$$

$$0,1N = \frac{\text{gram } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4}{79,2}$$

$$\text{gram } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 7,92 \text{ gram}$$

- Perhitungan Stoikiometri Larutan NaOH 0,1 N pembuatan ZHK

NaOH 0,4N dari laboratorium DPK diperlukan untuk membuat larutan NaOH 0,1M (pengenceran):

$$0,4N = \frac{\text{gram NaOH}}{\text{Mr} \times L}$$

$$0,4 N = \frac{\text{gram NaOH}}{40 \times 0,5 L}$$

$$0,4 N = \frac{\text{gram NaOH}}{20}$$

$$\text{gram NaOH} = 8 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
 &= 400 \times 0,1 \\
 V_1 \cdot 0,4 &= 40 \\
 V_1 &= 100 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Ukuran Diameter Amonia

H 0,37						
Li 1,225	Be 0,889	B 0,80	C 0,771	N 0,74	O 0,74	F 0,72
Na 1,572	Mg 1,364	Al 1,248	Si 1,173	P 1,10	S 1,04	Cl 0,994
						Br 1,142
						I 1,334

Tabel jari-jari atom beberapa unsur (dalam Angstrom dengan $1\text{A}^\circ = 10^{-8}\text{cm}$) jari-jari atom N = $0,74\text{A}^\circ$, atom H = $0,37\text{A}^\circ$

Diameter senyawa NH_3 adalah:

$$= (0,74 + (0,37 \times 3))$$

$$= 0,74 + 1,11$$

$$= 1,85\text{A}^\circ = 0,185 \text{ nm}$$

